UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor/a: **Carlos Manuel de la Peña Espinoza**

Tutor/a: **Alicia Perdigones Borderias**

Noviembre de 2024

Título del Trabajo de Fin de Grado:

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Índice general del proyecto:

DOCUMENTO I. MEMORIA Y ANEJOS DE LA MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

ANEJO 1. ANÁLISIS DEL SECTOR

ANEJO 2. INGENIERÍA DEL PROCESO

ANEJO 3. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

ANEJO 4. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

ANEJO 5. INGENIERÍA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ANEJO 6. ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

ANEJO 7. ANÁLISIS ASPECTOS ÉTICOS, ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES

ANEJO 8. EVALUACIÓN ECONÓMICO - FINANCIERA

DOCUMENTO II. PLANOS

DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO IV. PRESUPUESTO

DOCUMENTO I. MEMORIA Y ANEJOS DE LA MEMORIA

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL DOCUMENTO I.

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

ANEJO 1. ANÁLISIS DEL SECTOR

ANEJO 2. INGENIERÍA DEL PROCESO

ANEJO 3. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

ANEJO 4. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

ANEJO 5. INGENIERÍA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ANEJO 6. ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

ANEJO 7. ANÁLISIS ASPECTOS ÉTICOS,
ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES

ANEJO 8. EVALUACIÓN ECONÓMICO - FINANCIERA

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO.

1. OBJETIVOS Y CONDICIONANTES. 1

1.1 Objetivos del proyecto. 1

1.2 Condicionantes del proyecto. 2

2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO. 3

3. CONDICIONANTES LEGALES. 4

4. ANÁLISIS DEL SECTOR. 5

4.1 Producción de cerveza. 5

4.2 Consumo de cerveza. 6

5. INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO. 7

5.1 Descripción del producto. Cerveza estilo Märzen. 7

5.2 Materias primas, envases y materiales auxiliares. 7

5.3 Proceso productivo. 10

5.3.1 Diagrama de flujo. 10

5.3.2 Alternativas y especificaciones técnicas de las operaciones unitarias. 11

5.3.3 Balance de materias primas, envases, material auxiliar y subproductos. 12

5.4 Planificación de la producción. 13

5.4.1 Condicionantes y calendario de producción. 13

5.4.2 Rotación y abastecimiento. 14

5.4.3 Maquinaria. 15

6. INGENIERÍA DEL DISEÑO. 17

6.1. Determinación de áreas funcionales y cálculo de superficies. 17

6.2 Distribución en planta. 18

6.3 Diseño final. 20

7. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO. 22

7.1 Impacto y potencial de la automatización del proceso. 22

7.2 Equipos implicados en la automatización del proceso. 22

8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. 26

8.1 Diseño alumbrado interior. **26**
8.2 Cálculo y dimensionamiento de las líneas eléctricas. **27**
8.3 Aparamenta eléctrica. **30**
9. ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS Y DE CONTROL. **31**
9.1 Programa de Prerrequisitos (PGH). **32**
9.2 Sistema APPCC. **33**
10. EVALUACIÓN DE ASPECTOS ÉTICOS, ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES. **37**
11. EVALUACIÓN FINANCIERA. **39**
12. PRESUPUESTO. **40**

ÍNDICE DE FIGURAS DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO.

Figura 1. - Situación de la parcela sobre ortofoto de Las Rozas de Madrid (Escala 1:5000). 3
Figura 2. – Producción de cerveza anual en España en Hectolitros. 5
Figura 3. – Datos de consumo de cerveza en España. 6
Fuente. – Informes Socioeconómico del sector de la cerveza en España (Cerveceros en España). 6
Figura 4. – Diagrama de flujo del proceso productivo. 10
Figura 5. – Calendario de producción anual 14
Figura 6. – Diagrama relacional de las áreas funcionales. 19
Figura 7. – Diseño final de la distribución en planta de la nave. 21

ÍNDICE DE TABLAS DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO.

Tabla 1. – Parámetros cerveza estilo Märzen..... 7

Tabla 2. – Justificación de la selección de proveedores y productos..... 9

Tabla 3. – Justificación alternativas tecnológicas y especificaciones técnicas de cada etapa. 11

Tabla 4. – Balance de materias primas y subproductos/residuos. 12

Tabla 5. – Rotación y planificación del abastecimiento..... 15

Tabla 6. – Resumen de la maquinaria. 16

Tabla 7. – Áreas funcionales y su superficie mínima requerida. 17

Tabla 8. – Código alfabético para la relación de proximidad..... 18

Tabla 9. – Tabla relacional de actividades de proximidad 18

Tabla 10. – Simbología del diagrama relacional..... 19

Tabla 11. – Resumen de la ubicación de los sensores y actuadores. 25

Tabla 12. – Resumen de resultados de la iluminación por áreas. 26

Tabla 13. – Datos de la distribución de líneas y cuadros secundarios. 27

Tabla 14. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas. 29

Tabla 15. – Resumen de resultados en aparenta por líneas. 30

Tabla 16. – Tabla de valoración del riesgo (RIESGO = GRAVEDAD x PROBABILIDAD). 34

Tabla 17. – Análisis de peligros significativos. 35

Tabla 18. – Cuadro de gestión de PCCs..... 36

1. OBJETIVOS Y CONDICIONANTES.

1.1 Objetivos del proyecto.

El objetivo principal de este proyecto es el diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada con una capacidad productiva de 80.000 litros de cerveza estilo Märzen al año, enfocándose en la eficiencia operativa y en la calidad del producto. Este proyecto no solo busca establecer una planta funcional, sino que también se enfoca en garantizar una producción que cumpla con los estándares de seguridad alimentaria, maximizando la calidad y eficiencia mediante la automatización de procesos clave.

Para asegurar la viabilidad y el rendimiento de la planta, los objetivos específicos incluyen:

- **Calcular y dimensionar la instalación eléctrica,** para que soporte el proceso productivo automatizado y mantenga la continuidad operativa. Esto incluye la implementación de un sistema eléctrico adecuado que permita la optimización energética y el funcionamiento eficiente de toda la instalación.

- **Realizar un análisis de puntos críticos de control (APPCC),** para garantizar la seguridad y calidad del producto final en todas las etapas del proceso productivo. Este análisis busca prevenir riesgos para la salud pública y asegurar el cumplimiento de las normativas de seguridad alimentaria.

- **Optimizar los procesos de producción, distribución y comercialización,** mediante el desarrollo de una línea de producción y envasado automatizada que permita maximizar la productividad y reducir los costos operativos. Esta línea se diseña con un margen para futuras ampliaciones de capacidad productiva. La estrategia incluye un análisis logístico detallado que optimiza tanto el abastecimiento de materias primas como el control de inventario del producto terminado, garantizando una gestión adecuada de las vidas útiles.

- **Realizar un estudio de viabilidad económica y rentabilidad a largo plazo**, analizando los costes y proyecciones financieras para garantizar la sostenibilidad y competitividad de la microcervecería en el mercado.

1.2 Condicionantes del proyecto.

Los condicionantes del proyecto establecen los parámetros técnicos, la eficiencia operativa y los requisitos iniciales necesarios para el desarrollo adecuado de la microcervecería, en función de su ubicación y de las necesidades productivas.

- **Ubicación y Propiedad**. La microcervecería se instala en una nave industrial de titularidad del promotor, ubicada en el Polígono Industrial Europólis en Las Rozas de Madrid. Esta localización ofrece las infraestructuras necesarias y facilita el control sobre las adaptaciones que se requieran en el espacio.

- **Automatización y flexibilidad de producción**. El proceso productivo debe estar completamente automatizado, permitiendo una operación eficiente y controlada. La línea de producción y envasado se ha de diseñar con capacidad para futuras ampliaciones, asegurando que pueda responder a incrementos de demanda o variaciones en el portafolio de productos.

- **Infraestructura eléctrica y respaldo operativo**. La instalación eléctrica debe estar dimensionada para sostener la automatización, con capacidad de operación en doble turno. Además, el proyecto requiere un sistema de respaldo que asegure la continuidad operativa ante interrupciones del suministro, minimizando el riesgo de paradas en la producción.

- **Sostenibilidad y eficiencia energética**. Los procesos de la microcervecería se orientarán a la eficiencia en el uso de recursos y la gestión de residuos, buscando un impacto ambiental mínimo. Se integrarán prácticas y tecnologías que permitan una operación energética y ambientalmente sostenible.

- **Cumplimiento normativo integral**. El proyecto debe adherirse estrictamente a las normativas de producción, etiquetado y gestión de residuos, así como a las regulaciones de seguridad y calidad alimentaria. Este cumplimiento asegura que se opere bajo un marco legal adecuado y responsable.

Estos condicionantes técnicos y operativos son esenciales para asegurar que el proyecto se desarrolle bajo altos estándares de calidad, sostenibilidad y seguridad desde el inicio, con flexibilidad para adaptarse a necesidades futuras.

2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.

El proyecto de la microcervecería se ubicará en de la calle Cabo Rufino Lázaro 11, en Las Rozas de Madrid, municipio de la Comunidad de Madrid situado a aproximadamente 19 kilómetros de la capital española. El emplazamiento específico es en el Polígono Industrial Tecnológico Europólis, que ofrece ventajas logísticas relevantes al estar conectado a través de la carretera M-505.

La parcela cuenta con una superficie total de 1.472 m², de los cuales 861 m² corresponden a la nave industrial de una única planta, con el resto del área (611 m²) destinada a espacios accesibles para vehículos. Esta disposición facilita tanto la logística interna como la recepción y expedición de productos, ofreciendo un entorno adecuado para las operaciones de la microcervecería.

Figura 1. - Situación de la parcela sobre ortofoto de Las Rozas de Madrid (Escala 1:5000). Fuente. – Google Maps.

Para entrar en más detalle de la situación de la parcela y la localización véase la descripción del *Anejo 1* y en el *Documento II* el plano *Nº 1 Plano de localización* y el plano *Nº 2 Situación de la parcela sobre ortofoto y mapa topográfico*.

3. CONDICIONANTES LEGALES.

La producción de cerveza en España debe cumplir con un marco legal detallado que abarca aspectos de calidad del producto, ingeniería del proyecto, fiscalidad y medio ambiente. Estos condicionantes aseguran que todo el proceso productivo se realice dentro de los estándares regulatorios y de seguridad requeridos.

- **Calidad del Producto.**
  La producción de cerveza sigue el Real Decreto 678/2016, que establece estándares de calidad, y los reglamentos europeos 178/2002 y 852/2004 para asegurar seguridad alimentaria y trazabilidad.

- **Envasado y Etiquetado.**
  El envasado se regula por el Real Decreto 1055/2022 y el etiquetado por el Real Decreto 1334/1999 y el Reglamento (UE) 1169/2011, garantizando información clara y control de calidad en el empaquetado.

- **Normativa Urbanística.**
  La instalación cumple con la Ley 9/2001 del Suelo de la Comunidad de Madrid y el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Las Rozas, asegurando uso adecuado del suelo.

- **Fiscalidad.**
  La Ley 38/1992 de Impuestos Especiales y su reglamento con el Real Decreto 1165/1995 que detalla la aplicación de la ley, establecen los impuestos sobre la producción de cerveza, basados en el contenido de alcohol del mosto.

- **Medioambiente.**
  La normativa ambiental incluye regulaciones sobre la contaminación (Real Decreto Legislativo 1/2016 y la Ley 21/2013) y gestión de residuos (Real Decreto 1055/2022), exigiendo un Plan de Prevención de Residuos de Envases para reducir el impacto ambiental de la producción.

Estos requisitos aseguran que la microcervecería cumpla con las normativas de calidad, seguridad y sostenibilidad en todas las etapas del proceso productivo. Para ver más detalle ver el *Anejo 1. Análisis del sector*.

4. ANÁLISIS DEL SECTOR.

En el *Anejo 1. Análisis del sector* se analizan los aspectos más relevantes sector cervecero en España y Europa, mostrando una dinámica de crecimiento y cambio impulsada por factores de producción y consumo.

4.1 Producción de cerveza.

En 2022, España registró 491 industrias cerveceras, aunque el número de pequeñas cerveceras, especialmente las artesanales con producciones menores a 50.000 hectolitros, ha disminuido un 3% respecto al año anterior. Sin embargo, se observa un incremento en las cerveceras de menor volumen dentro de este segmento. La producción total de cerveza en España alcanzó un máximo histórico de 41,1 millones de hectolitros, consolidando al país como el segundo mayor productor de cerveza en la Unión Europea y el noveno a nivel mundial. Este aumento en la producción se atribuye, en parte, a la recuperación del turismo postpandemia y a una mayor demanda tanto en bares como en el consumo doméstico, asociándose al mayor consumo de cervezas artesanales.

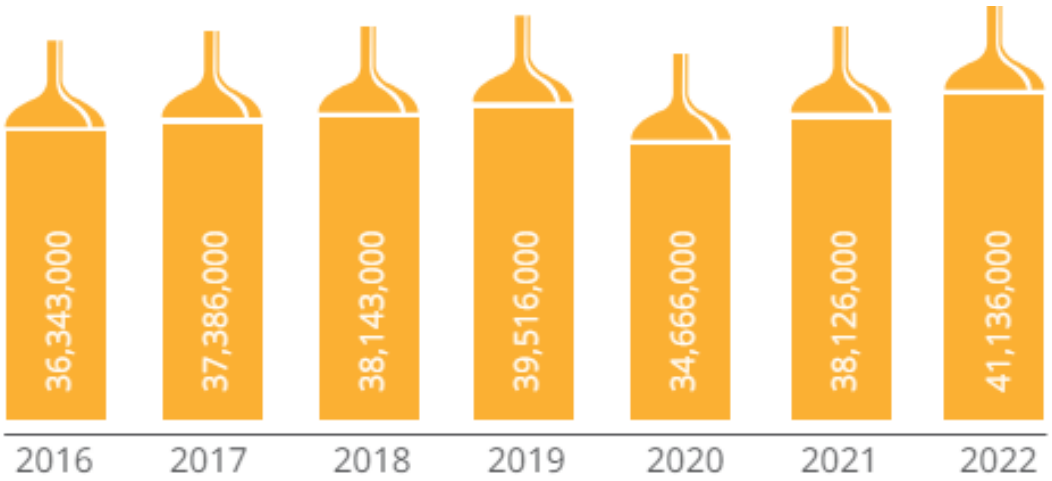


Figura 2. – Producción de cerveza anual en España en Hectolitros.
Fuente. – Key Figures 2022 of Spain (The Brewers of Europe).

4.2 Consumo de cerveza.

El consumo de cerveza en España mantiene una tendencia ascendente llegando a máximos históricos en 2023 con más del 60% del consumo realizado fuera del hogar, especialmente en el sector de la hostelería. Este sector representa alrededor del 25% de la facturación de los servicios de restauración, siendo la cerveza la bebida fría más consumida en contextos sociales. España se sitúa en el tercer puesto de consumo total en Europa, aunque el consumo per cápita es relativamente bajo en comparación con otros países europeos, indicando un potencial de crecimiento en el mercado interno. Sin embargo, esto ha supuesto un impulso por parte de las organizaciones hosteleras en las acciones de venta para este 2024.

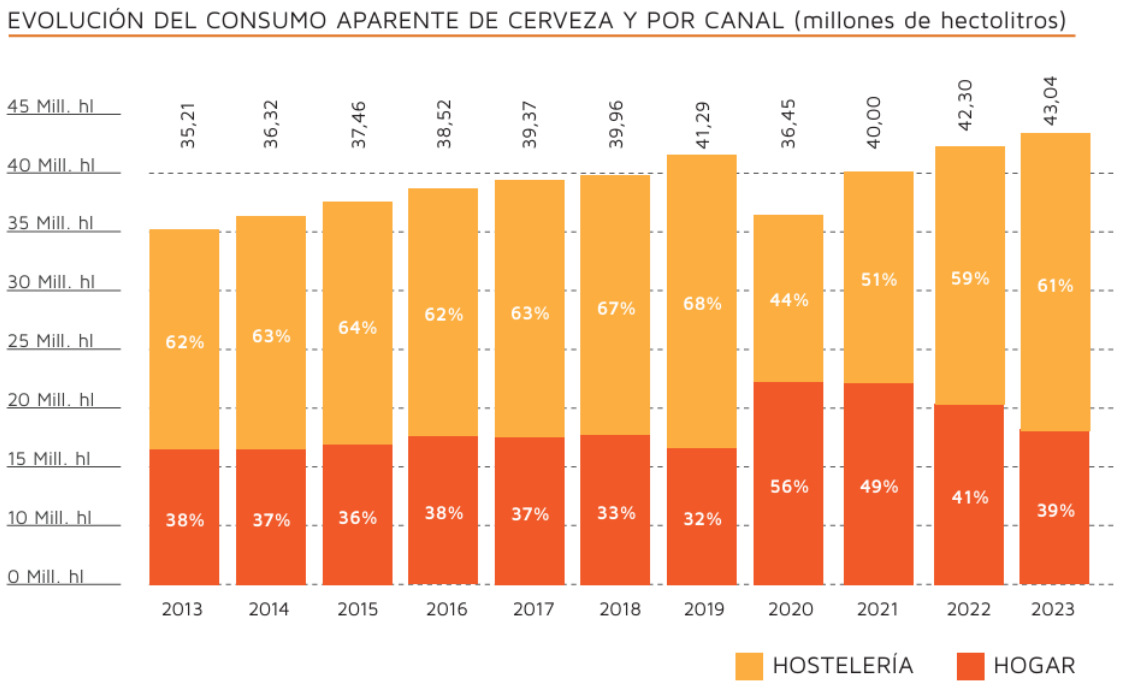


Figura 3. – Datos de consumo de cerveza en España.

Fuente. – Informes Socioeconómico del sector de la cerveza en España (Cerveceros en España).

5. INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO.

5.1 Descripción del producto. Cerveza estilo Märzen.

En el *Anejo 1. Análisis del sector* se detalla en profundidad la descripción de la cerveza y del estilo Märzen. La cerveza, según el Real Decreto 678/2016, se define como el resultado de la fermentación de un mosto cervecero, elaborado a partir de materias primas naturales, mediante levaduras seleccionadas. La normativa establece requisitos específicos de calidad, incluyendo un pH máximo de 5,5 y un amargor mínimo de 5 mg/l de α-ácidos iso-alfa (equivalente a 1 IBU). Además, debe elaborarse con al menos un 50% de malta de cebada y utilizar lúpulo como aromatizante, asegurando así que el producto final cumpla con los estándares legales de calidad y composición.

Concretamente la cerveza estilo Märzen, o Märzenbier, presenta las siguientes características técnicas:

Familia	Denominación	ABV (%vol)	Amargor (IBU)	Densidades		Color (EBC)
				ESP	ESF	
Amber Lager	Märzen	5,6%-6,3%	18-25	1.054-1.060	1.010-1.014	8-17

Tabla 1. – Parámetros cerveza estilo Märzen.
Fuente. – BJCP (Beer Judge Certification Program).

5.2 Materias primas, envases y materiales auxiliares.

Para la producción de la cerveza estilo Märzen, se emplean las siguientes materias primas específicas cuidadosamente seleccionadas para lograr el perfil característico de este estilo.

- **Agua**: Es el componente mayoritario de la cerveza y debe cumplir con estándares de potabilidad. Además, el perfil mineral del agua es ajustado para emular las características del agua de Múnich, resaltando el carácter maltoso de la Märzen.

- **Malta de cebada**: La receta de Märzen emplea una combinación de maltas, especialmente malta Múnich como base para un perfil maltoso, junto con Pilsner o 2-Row, y ocasionalmente malta Viena, que añade complejidad en sabor y color.

- **Lúpulo**: Las variedades de lúpulo nobles, como Hallertauer, Saaz, Tettnanger y/o Liberty, proporcionan un amargor suave y equilibrado que complementa el dulzor de la malta sin sobreponerse a él.

- **Levadura**: Se emplean cepas de levadura de baja fermentación, como la SAfLager S-23 o White Labs WLP820, que producen un perfil limpio y resaltan las notas maltosas de la cerveza Märzen.

- **Otros ingredientes:** Para ajustar el perfil mineral y emular el agua de Múnich, se emplean los siguientes compuestos: Sulfato de Calcio ($CaSO_4$), Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$), Cloruro de Calcio ($CaCl_2$) y Ácido Láctico ($C_3H_6O_3$).

Además, se precisa en el proceso productivo de distintos tipos de envases y materiales auxiliares para el envasado y etiquetado del producto final.

- **Envase primario:** Consiste en botellas de vidrio y/o latas de aluminio, que aseguran la protección del producto y conservan sus características organolépticas. Estos envases son resistentes, reutilizables (en el caso de las botellas) y reciclables, asegurando una opción sostenible.

- **Envase secundario:** Conformado por cajas de cartón o bandejas termoencogibles que agrupan las botellas o latas, facilitando su manipulación y transporte. Estos materiales protegen los envases primarios durante el almacenamiento y distribución.

- **Envase terciario:** Se utilizan palets de madera o plástico, envueltos con film estirable, que permiten agrupar y movilizar varios envases secundarios, optimizando la logística en el almacén y en el transporte de venta.

- **Materiales auxiliares (etiquetas):** Las etiquetas adhesivas se aplican en los envases primarios e incluyen información obligatoria como ingredientes, fecha de caducidad y datos del fabricante. Se diseñan para resistir condiciones de humedad y mantener la legibilidad, cumpliendo así con las normativas.

A continuación, se presenta una tabla con las materias primas seleccionadas, incluyendo sus proveedores, formato y la razón de elección:

Materia Prima	Proveedor	Formato	Justificación
Agua	Canal de Isabel II	Red de suministro	Cumple con estándares de potabilidad y permite el ajuste del perfil mineral.
Malta Munich	Castle Malting	Sacos de 25 kg	Proveedor unificado y confiable asegurando consistencia en calidad y servicio. Formato fácil de almacenar y manipular, optimizando espacio y costo. Perfiles de malta estilo Märzen.
Malta Pilsner	Castle Malting	Sacos de 25 kg	
Malta Viena	Castle Malting	Sacos de 25 kg	
Lúpulo Hallertauer	Crosby Hops	Paquetes 1 kg	Proporciona amargor suave y aroma delicado, envasado al vacío para conservar frescura.
Levadura White Labs Märzen WLP820	Rolling Beers	Bote 70 mL	Levadura líquida de mayor calidad y especializada para el estilo Märzen Facilita una fermentación controlada
Sulfato de Calcio	Vadefood	Sacos de 25 kg	Añade calcio, mejora la claridad del agua y la estabilidad de la espuma.
Sulfato de Magnesio	Vadefood	Sacos de 25 kg	Aumenta el magnesio, equilibra el amargor sin dominar el perfil maltoso.
Cloruro de Calcio	Vadefood	Sacos de 25 kg	Aumenta la percepción de maltosidad, ideal para estilos centrados en el perfil de malta.
Ácido Láctico	Vadefood	Bidones de 25 L	Permite ajustar el pH, optimizando la extracción de azúcares y el balance general de sabores.
Envases	**Proveedor**	**Formato**	**Justificación**
Latas de metal	Ardagh Group	Palet europeo	Con respecto a las botellas de vidrio, menor peso y mayor resistencia reduciendo costos y riesgos de rotura; además de mejora en la preservación
Caja 12 latas	Smurfit Kappa	Palet europeo	Proveedor con costes optimizados, servicio y calidad certificada
Palet europeo	JPG Pallets	Palets remontados	
Film retráctil	RF Comercial Packaging	Cajas de 6 uds	
Material auxiliar	**Proveedor**	**Formato**	**Justificación**
Etiquetas PP 10x9 cm	Labels Dorel	Cajas de 1.000 uds	Proveedor unificado para facilitar la operativa y optimizar costes Etiquetas PP por su resistencia a la humedad, adherencia y a la abrasión Reciclables junto con otros plásticos
Etiquetas Anon 15x20 cm	Labels Dorel	Cajas de 1.000 uds	

Tabla 2. – Justificación de la selección de proveedores y productos.
Fuente. – Elaboración propia.

La selección de estas materias primas, envases y materiales auxiliares asegura el cumplimiento de los estándares de calidad y optimiza tanto el perfil de sabor de la Märzen como la eficiencia del proceso productivo. Para entrar en mayor detalle al respecto véase el *Anejo 2. Ingeniería del proceso*.

5.3 Proceso productivo.

En el *Anejo 2. Ingeniería del proceso* se detalla en profundidad las características y especificaciones de las operaciones unitarias del proceso productivo requerido para la fabricación de la cerveza estilo Märzen en la microcervecería.

5.3.1 Diagrama de flujo.

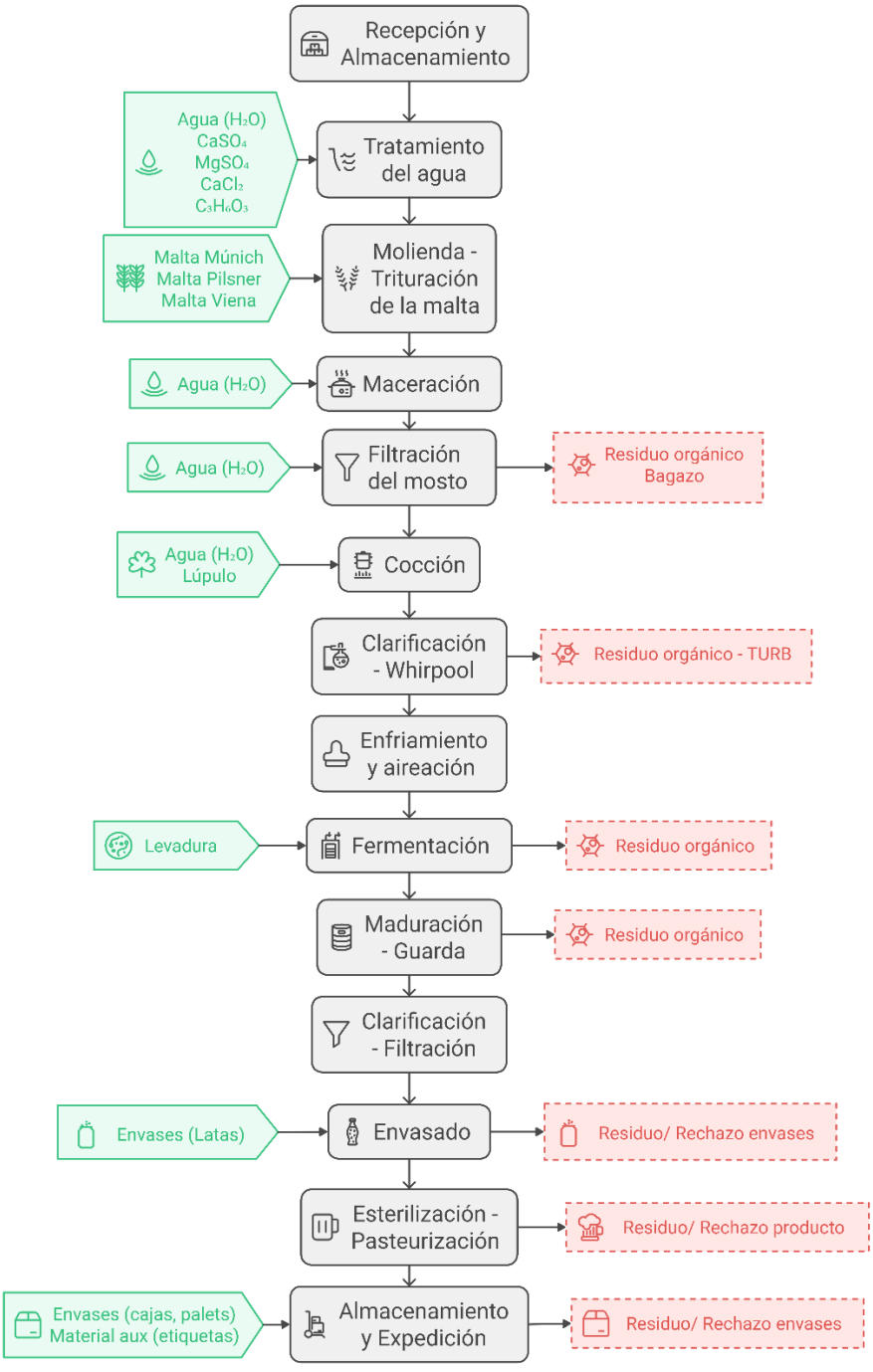


Figura 4. – Diagrama de flujo del proceso productivo.
Fuente. – Elaboración propia (Napkin).

5.3.2 Alternativas y especificaciones técnicas de las operaciones unitarias.

El proceso productivo de la cerveza estilo Märzen incluye varias etapas críticas, en cada etapa, se han evaluado y seleccionado alternativas tecnológicas que optimizan el proceso para alcanzar la calidad deseada, reducir costos y maximizar la eficiencia. A continuación, se presenta una tabla que justifica estas decisiones en el contexto del proceso productivo junto a las especificaciones técnicas de cada operación.

ETAPA -ALTERNATIVA TECNOLÓGICA	JUSTIFICACIÓN	TIEMPO	Tª
Recepción y Almacenamiento	La Tª mantiene la cerveza a una temperatura óptima hasta su distribución.	Indet.	10ºC
Tratamiento del agua	Asegura la potabilidad y ajuste del perfil mineral para la cerveza Märzen.	120 minutos	20ºC
Molienda - Seca	Menor consumo de agua y energía, evita el riesgo de contaminación microbiológica.	60 minutos	20ºC
Maceración- Infusión múltiple	Permite alcanzar diferentes perfiles de sabor y mejorar la extracción de azúcares de la malta.	10 minutos	45ºC
		20 minutos	52ºC
		30 minutos	63ºC
		30 minutos	72ºC
		10 minutos	78ºC
Filtración del mosto - en Caldera de extracción	Mejora la eficiencia en la extracción de azúcares, optimizando el rendimiento de la producción.	90 minutos	72ºC
Cocción - con dos adicciones	Asegura un perfil de amargor equilibrado y mejora la estabilidad del aroma del lúpulo.	60 minutos	110ºC
Clarificación - Whirpool	Proceso de separación de sólidos tras la cocción, garantizando la claridad del mosto.	40 minutos	85ºC
Enfriamiento y aireación	Prepara el mosto para la fermentación, enfriándolo a una temperatura segura para la levadura.	45 minutos	11ºC
Fermentación	Mantiene la presión y permite la carbonatación natural, mejorando la calidad de la cerveza.	2 semanas	11ºC
Maduración - carbonatación natural	Proporciona un perfil de carbonatación más suave y evita la necesidad de CO_2 externo.	7 semanas	2ºC
Clarificación - Filtración por placas	Proporciona un filtrado más preciso y evita el uso de tierras diatomeas, facilitando la limpieza.	240 minutos	2ºC
Pasteurización - flash	Menor exposición al calor, preservando mejor el sabor y calidad del producto.	2 minutos	70ºC
Envasado	Asegura el cierre hermético del producto, manteniendo su frescura y calidad.	90 minutos	20ºC
Almacenamiento y Expedición	La Tª mantiene la cerveza a una temperatura óptima hasta su distribución.	5 minutos	10ºC

Tabla 3. – Justificación alternativas tecnológicas y especificaciones técnicas de cada etapa.
Fuente. – Elaboración propia.

Estas elecciones contribuyen a optimizar el proceso de producción de la Märzen, maximizando la eficiencia y preservando las características organolépticas propias del estilo.

5.3.3 Balance de materias primas, envases, material auxiliar y subproductos.

En cada ciclo de producción, se fabrica un lote de 1.000 litros de cerveza estilo Märzen. A continuación, se presenta un balance de las materias primas, envases y material auxiliar empleados y los subproductos generados, calculado en función de diferentes volúmenes de producción. Esta información resume los recursos necesarios y permite una planificación eficiente del proceso productivo y un dimensionamiento efectivo de la maquinaria y la distribución de la nave.

Balance		Lote 1.000 L	Semanal 1.538 L	Mensual 6.667 L	Anual 80.000 L
Malta	Malta Múnich	75,60 kg	116,31 kg	504,00 kg	6.048,00 kg
	Malta Pilsner	75,60 kg	116,31 kg	504,00 kg	6.048,00 kg
	Malta Viena	16,80 kg	25,85 kg	112,00 kg	1.344,00 kg
Agua		3.329,77 L	5.122,72 L	22.198,47 L	266.381,60 L
Lúpulo	Hallertau Mittelfrüh	3.294,44 g	5,07 kg	21,96 kg	263,56 kg
Levadura	White Labs Märzen WLP820	8,40 L	12,92 L	56,00 L	672,00 L
Otros ingredientes	Sulfato Cálcico ($CaSO_4$)	131,60 g	202,46 g	877,33 g	10,53 kg
	Sulfato Magnesio ($MgSO_4$)	13,16 g	20,25 g	87,73 g	1,05 kg
	Sulfato Magnesio ($MgSO_4$)	6,58 g	10,12 g	43,87 g	0,53 kg
	Ácido Láctico ($C_3H_6O_3$)	9,87 L	15,18 L	65,80 L	789,60 L
Envases primarios (latas/ botellas)		3.031 uds	4.664 uds	20.207 uds	242.480 uds
Envases secundarios (cajas máster)		253 uds	390 uds	1.687 uds	20.240 uds
Envase terciario	Palets (botellas)	7 uds	11 uds	47 uds	560 uds
	Palets (latas)	2 uds	4 uds	14 uds	160 uds
	Film retráctil	268,20 g	0,41 kg	1,79 kg	21,46 kg
Material auxiliar	Etiquetas PP	3.031,00 uds	4.664,00 uds	20.207,00 uds	242.480,00 uds
	Etiquetas Anónimas	3.031,00 uds	4.664,00 uds	20.207,00 uds	242.480,00 uds
Subproductos	Bagazo (+H_2O)	210,00 kg	323,08 kg	1.400,00 kg	16.800,00 kg
	TURB	0,57 kg	0,88 kg	3,80 kg	45,60 kg
	Levadura (+H_2O)	49,73 kg	76,51 kg	331,53 kg	3.978,40 kg

Tabla 4. – Balance de materias primas y subproductos/residuos.
Fuente. – Elaboración propia.

Para obtener un análisis más detallado sobre las cantidades aplicadas en cada etapa del proceso productivo, véase el *Anejo 2. Ingeniería del proceso.*

5.4 Planificación de la producción.

En el *Anejo 2. Ingeniería del proceso* también se detalla la organización de la producción para alcanzar la capacidad anual proyectada de 80.000 litros de cerveza estilo Märzen. La planificación de la producción se diseña considerando los tiempos y requerimientos específicos de cada etapa del proceso productivo, así como los días laborables en Las Rozas de Madrid. Este enfoque asegura una operación eficiente y un uso óptimo de los recursos productivos.

5.4.1 Condicionantes y calendario de producción.

Para establecer un calendario de producción adecuado, se deben tomar en cuenta los condicionantes específicos del proceso productivo y el calendario laboral. Dado que la microcervecería produce en **lotes de 1.000 litros de cerveza**, se requieren **80 lotes anuales** para alcanzar la producción objetivo. La producción de cada lote implica un tiempo total de aproximadamente **64 días**, considerando todas las etapas del proceso, desde el tratamiento del agua hasta el almacenamiento y expedición del producto terminado envasado.

Para manejar esta carga de trabajo, se ha determinado que la microcervecería debe contar con **4 fermentadores** para la fermentación primaria y **13 tanques de maduración**. Esta configuración permite una rotación eficiente de los lotes sin comprometer la capacidad de producción, maximizando el uso de los tanques y minimizando tiempos de espera entre etapas.

La producción sigue una planificación de fabricación cíclica que se adapta a los días festivos y permite una rotación continua de los lotes. El esquema de producción se organiza de la siguiente manera:

- **Semana 1**: Producción los lunes y miércoles.
- **Semana 2**: Producción los martes y jueves.
- **Semana 3**: Producción los lunes y miércoles.
- **Semana 4**: Producción el martes.

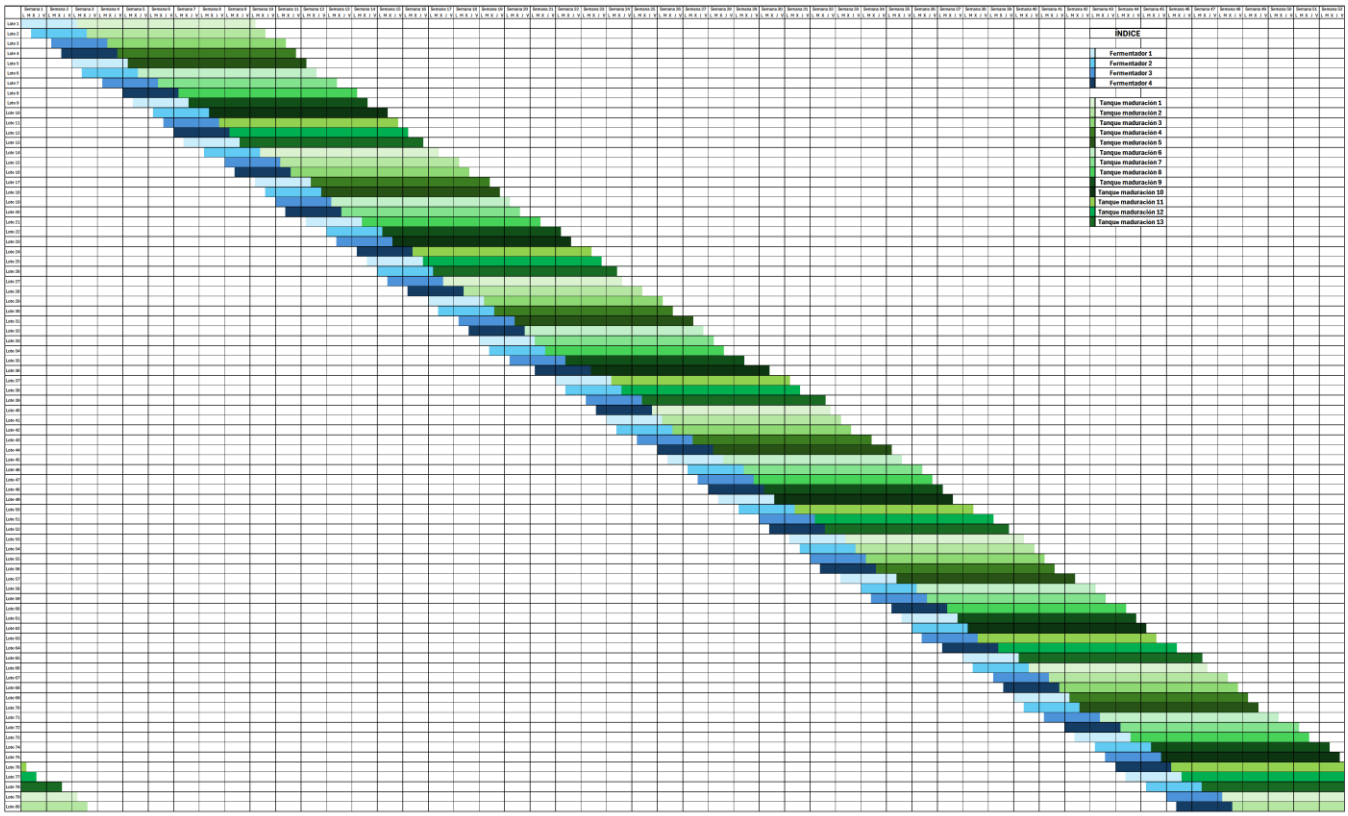


Figura 5. – Calendario de producción anual

Fuente. – Elaboración propia.

Este ciclo alterno permite una flexibilidad en el calendario para adaptarse a los días no laborables y evitar interrupciones en la producción. Esta planificación asegura el máximo aprovechamiento de los recursos y la continuidad en el proceso productivo, logrando la meta anual de producción sin contratiempos.

5.4.2 Rotación y abastecimiento.

Para garantizar un suministro continuo y eficiente de materias primas, envases y materiales auxiliares en la microcervecería, se ha implementado una gestión de inventario basada en SKUs (*Stock Keeping Units*). Los SKUs son códigos únicos asignados a cada referencia, lo que facilita el control y seguimiento de cada producto en el inventario. Este sistema de referenciación mejora la precisión en el manejo del stock, optimiza el proceso de reposición y permite un control detallado de la rotación de cada elemento. Además, la implementación de SKUs facilita la trazabilidad de los productos y el control de calidad, asegurando que se cumplan los estándares de calidad en cada etapa del proceso productivo y que se pueda rastrear cualquier incidencia en el inventario.

A continuación, se presenta una tabla que detalla la rotación y el abastecimiento planificado para las materias primas, envases y materiales auxiliares. Este sistema permite planificar el inventario de forma eficiente, ajustando el periodo de compra según la caducidad de cada referencia y optimizando el espacio de almacenamiento.

SKU	Descripción	MOQ	Rotación mensual	Abastecimiento	
				Periodo	Cantidad
MP-CACO4	Sulfato cálcico	25 kg	877,33 g	28 meses	25 kg
MP-MGSO4	Sulfato de magnesio	25 kg	87,73 g	284 meses	25 kg
MP-CACL2	Cloruro cálcico	25 kg	43,87 g	569 meses	25 kg
MP-C3H6O3	Ácido láctico	25 L	65,80 L	9 meses	600 L
MP-MAL-MUN	Malta Múnich	25 kg	504,00 kg	55 días	1.000 kg
MP-MAL-PIL	Malta Pilsner	25 kg	504,00 kg	55 días	1.000 kg
MP-MAL-VIE	Malta Viena	25 kg	112,00 kg	30 días	125 kg
MP-LUP-HM	Lúpulo Hallertauer Mittelfrüh	1 kg	21,96 kg	30 días	25 kg
MP-LEV-WLM	Levadura White Labs Märzen	70 mL	56,00 L	30 días	60 L
ENV-1-LAT-MET	Latas de metal	100.000 uds	20.207 uds	140 días	100.000 uds
ENV-2-CAJ-LAT	Caja 12 latas	5.000 uds	1.687 uds	80 días	5.000 uds
ENV-3-PAL-EUR	Palet europeo	50 uds	14 uds	5 meses	70 uds
ENV-3-FILM	Film retráctil	6 uds	2 kg	8 meses	6 uds
AUX-ETQ-LAT	Etiquetas PP 10x9 cm	3.000 uds	20.207 uds	15 días	12.000 uds
AUX-ETQ-ANO	Etiquetas Anon. 15x20 cm	3.000 uds	20.207 uds	50 días	3.000 uds

Tabla 5. – Rotación y planificación del abastecimiento.
Fuente. – Elaboración propia.

Este enfoque de rotación y abastecimiento garantiza un flujo constante de insumos para la producción, permitiendo un correcto dimensionamiento del almacén al anticipar las necesidades de reposición y optimizar el espacio disponible.

5.4.3 Maquinaria.

La selección de la maquinaria para la microcervecería se ha realizado bajo criterios de eficiencia, calidad y adaptabilidad al proceso productivo de la cerveza estilo Märzen. Se ha priorizado el uso de equipos que optimicen el consumo de energía y recursos, garanticen un control preciso en cada etapa y sean fáciles de mantener. Además, se ha considerado la adaptabilidad de la

maquinaria a futuras ampliaciones de capacidad y a las condiciones de automatización previstas en el diseño de la planta.

A continuación, se presenta la maquinaria seleccionada para cada etapa del proceso, detallando las unidades y las dimensiones de cada equipo:

Etapa	Maquinaria	Unidades	Dimensiones (alto x ancho x profundidad)
Recepción	Carro elevador	1	1.720 x 800 x 2.100 mm
	Transpaleta manual	1	1.540 x 540 x 1.220 mm
Almacenamiento	Cámara frigorífica	1	1.320 x 2.120 x 1.320 mm
	Estantería	44	4.500 x 2.800 x 1.100 mm por módulo
Tratamiento del agua	Tanque 1.200 L	1	1.250 mm (diámetro) x 2.000 mm (alto)
Molienda	Molino 6 rodillos	1	1.500 x 1.300 x 1.100 mm
Preparación del mosto	Sala de cocción	1	2.790 x 4.250 x 2.510 mm
Enfriamiento y aireación	Intercambiador de calor	1	1.500 x 600 x 2.000 mm
Fermentación	Fermentador isobárico	4	1.050 mm (diámetro) x 3.009 mm (alto)
Maduración	Tanque horizontal 1.000 L	13	860 mm (alto) x 2.384 mm (profundidad)
Filtración	Filtro de placas	1	2.000 x 1.200 x 1.000 mm
Pasteurización	Pasteurizador flash	1	2.000 x 3.200 x 1.500 mm
Envasado	Llenadora - enjuagadora	1	2.300 x 3.500 x 1.200 mm
	Etiquetadora	1	1.600 x 2.000 x 1.200 mm
	Empaquetadora	1	2.000 x 5.000 x 1.600 mm
	Robot paletizador	1	2.200 x 2.500 x 1.900 mm
	Retractiladora	1	3.000 x 3.100 x 1.800 mm
Limpieza	Depósitos 500 L	2	1.200 mm (diámetro) x 1.800 mm (alto)

Tabla 6. – Resumen de la maquinaria.
Fuente. – Elaboración propia.

La tabla anterior detalla la maquinaria esencial para cada etapa, permitiendo una visión general del equipo requerido para el proceso productivo de la microcervecería. Esta selección asegura que cada etapa del proceso esté soportada por equipos de calidad, optimizando tanto el espacio en planta como los recursos operativos.

Para obtener más información específica sobre los modelos y características técnicas de cada equipo, consulte el *Anejo 2. Ingeniería del proceso*.

6. INGENIERÍA DEL DISEÑO.

Para el diseño de la distribución en planta de la microcervecería, se ha empleado la metodología Systematic Layout Planning (SLP), la cual facilita una organización espacial óptima de las áreas funcionales y equipos dentro de la instalación. Este enfoque sistemático permite identificar las interrelaciones entre áreas y optimizar el flujo de trabajo, minimizando tiempos y desplazamientos innecesarios. La aplicación de esta metodología garantiza un diseño que maximiza la eficiencia operativa y facilita la adaptación a posibles futuras ampliaciones, asegurando además el cumplimiento de las normativas de seguridad y ergonomía.

6.1. Determinación de áreas funcionales y cálculo de superficies.

El criterio de cálculo de las superficies mínimas de cada área en la microcervecería se basa en los requisitos operativos y funcionales específicos de cada etapa del proceso productivo, así como en el cumplimiento de normativas de seguridad, la norma de espacio de Richard Muther, ergonomía y flujo eficiente de trabajo. En la siguiente tabla se recogen las superficies mínimas necesarias para las áreas funcionales, cada área ha sido planificada para asegurar un flujo de trabajo continuo, minimizando posibles cuellos de botella y facilitando la interacción eficiente entre los diferentes procesos.

Área / Zona	Superficie mínima (m^2)
1. Recepción/ expedición	31,38
2. Tratamiento del agua	7,42
3. Molienda	7,05
4. Procesado del mosto	59,37
5. Maduración	47,04
6. Envasado	100,06
7. Almacenamiento	214,30
8. Limpieza	31,74
9. Laboratorio	19,66
10. Administrativa	23,33
11. Aseos y vestuarios	26,07
12. Comedor	18,87
TOTAL	**586,29**

Tabla 7. – Áreas funcionales y su superficie mínima requerida.
Fuente. – Elaboración propia.

Para entrar en más detalle de la identificación de las áreas funcionales y el cálculo de sus superficies véase el *Anejo 3. Distribución en planta*.

6.2 Distribución en planta.

El diseño eficiente de una planta de microcervecería no solo depende de la disposición correcta de cada área, sino también de la comprensión profunda de las interrelaciones entre ellas. La relación de proximidad entre áreas clave es fundamental para optimizar el flujo de trabajo, minimizar desplazamientos innecesarios y garantizar un proceso productivo eficiente. En las dos siguientes tablas se determina la relación entre las áreas funcionales.

Código alfabético	Relación de proximidad	Descripción
A	Absolutamente necesario	Deben estar muy cerca una de la otra.
E	Especialmente importante	Es recomendable que estén cerca para mejorar el flujo de trabajo o procesos relacionados.
I	Importante	Pueden estar relativamente cerca, pero no es crítico que estén adyacentes.
O	Ordinario	No es necesario que estén cerca, pero tampoco se debe evitar su proximidad.
U	Innecesario	No es importante que estén cerca, la proximidad o lejanía no afecta el proceso.
X	Evitar	Deben estar lo más alejadas posible, ya que su cercanía puede ser perjudicial o inconveniente.

Tabla 8. – Código alfabético para la relación de proximidad.
Fuente. – Elaboración propia.

ÁREA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Recepción/Expedición	-	O	E	E	I	A	A	U	I	O	U	U
2. Tratamiento del agua	O	-	I	A	O	O	U	U	I	U	U	U
3. Molienda	E	I	-	A	O	X	U	U	X	U	U	U
4. Procesado del mosto	E	A	A	-	I	O	U	E	E	U	U	U
5. Maduración	I	O	O	I	-	A	O	U	I	U	U	U
6. Envasado	A	O	X	O	A	-	E	U	I	U	U	U
7. Almacenamiento	A	U	U	U	O	E	-	U	U	U	U	U
8. Área de limpieza	U	U	U	E	U	U	U	-	E	U	U	U
9. Laboratorio	I	I	X	E	I	I	U	E	-	U	U	U
10. Zona administrativa	O	U	U	U	U	U	U	U	U	-	E	E
11. Aseos y vestuarios	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	-	I
12. Comedor	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	I	-

Tabla 9. – Tabla relacional de actividades de proximidad.
Fuente. – Elaboración propia.

A partir de la tabla relacional de proximidad de actividades, se puede establecer un diagrama de relación de actividades que visualiza las interacciones entre áreas, identificando aquellas que deben estar en cercanía para optimizar el flujo de materiales y reducir esfuerzos innecesarios. Este diagrama emplea el código alfabético (A, E, I, O, U, X) y una gama de colores, facilitando la visualización y toma de decisiones sobre la ubicación de zonas clave.

Código	Relación	Tipo de línea
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinario	
U	Innecesario	(Ninguna línea)
X	Evitar	

Tabla 10. – Simbología del diagrama relacional.
Fuente. – Elaboración propia.

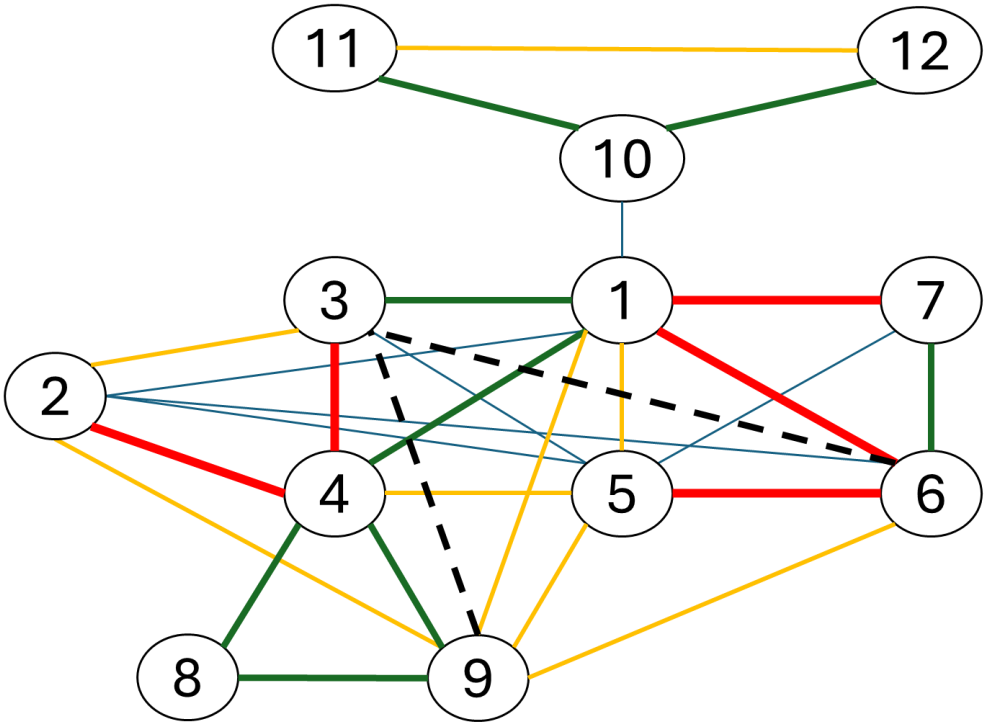


Figura 6. – Diagrama relacional de las áreas funcionales.
Fuente. – Elaboración propia.

6.3 Diseño final.

Tras el análisis realizado a partir del cálculo de las superficies y el establecimiento de relaciones de proximidad entre las áreas funcionales se han propuesto dos alternativas de distribución en planta:

- **Alternativa 1**: Se basa en las relaciones de proximidad entre áreas y en el cumplimiento de las superficies mínimas necesarias.

- **Alternativa 2**: Alineada con una visión a largo plazo, se ha diseñado para permitir ampliaciones en áreas clave, como la zona de procesado del mosto y la de maduración, anticipando posibles incrementos en la capacidad productiva. Además, permite un acceso fluido de los operarios y maquinaria con la incorporación de un pasillo central.

El diseño definitivo seleccionado es la Alternativa 2, ya que no solo optimiza el uso del espacio disponible, sino que también facilita el cumplimiento de los objetivos de seguridad, eficiencia y flexibilidad. La distribución elegida permite un flujo de trabajo ordenado y continuo, y ha sido planificada para facilitar la accesibilidad y seguridad en la operación diaria.

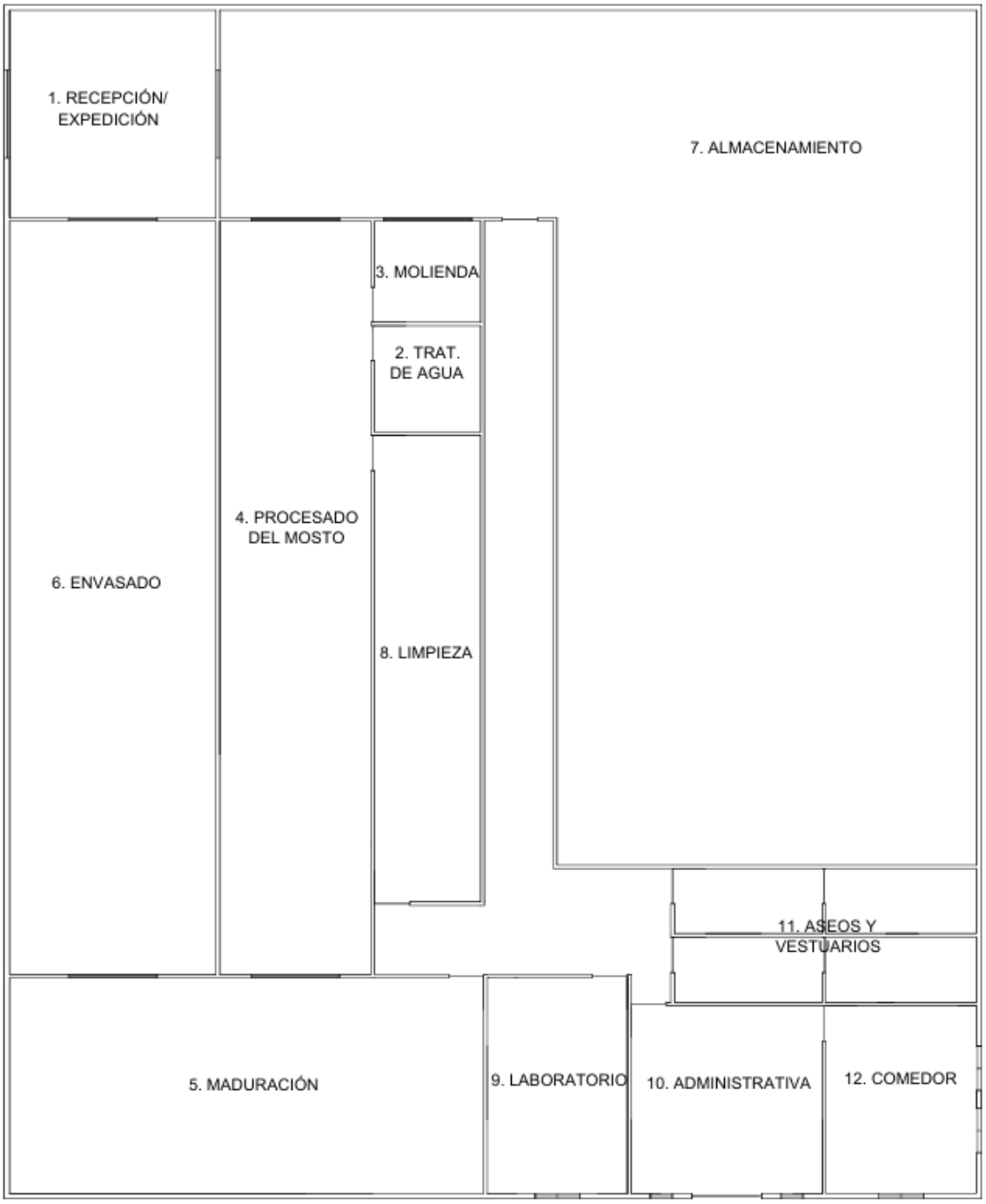


Figura 7. – Diseño final de la distribución en planta de la nave.
Fuente. – Elaboración propia.

Para poder ver con detalle el diseño final, véase el *Documento II* el plano *Nº 3 Planta de distribución* y el plano *Nº 4 Planta de cotas y superficies*.

7. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO.

7.1 Impacto y potencial de la automatización del proceso.

La automatización del proceso productivo de la microcervecería tiene como objetivo principal optimizar la eficiencia operativa y la calidad del producto. Esto se logra mediante la integración de tecnologías avanzadas que permiten un control constante y preciso de variables críticas en cada etapa de producción. Entre los componentes esenciales de este sistema están los sensores junto con actuadores que gestionan el flujo de materiales, manteniendo parámetros estandarizados para asegurar un producto final de alta calidad y reducir al mínimo la intervención manual.

El impacto de la automatización en el proceso es significativo, no solo mejora la consistencia del producto, sino que también aumenta la eficiencia al reducir tiempos de ciclo y optimizar el uso de recursos como agua y energía. Además, el sistema automatizado facilita la trazabilidad y el cumplimiento de normas de seguridad alimentaria, ya que monitorea y registra en tiempo real todos los datos relevantes, permitiendo una respuesta rápida ante cualquier desviación.

Con la implementación de un sistema de control centralizado) la planta puede supervisar y ajustar rápidamente los procesos, adaptarse a diferentes estilos de cerveza o responder a demandas cambiantes del mercado. Esta flexibilidad y capacidad de escalabilidad asegura que la microcervecería no solo sea eficiente en el presente, sino que esté preparada para futuras expansiones o adaptaciones sin la necesidad de grandes cambios en su infraestructura. Para detalles técnicos específicos sobre el sistema y los modelos de sensores y actuadores, véase el *Anejo 4. Automatización del proceso*.

7.2 Equipos implicados en la automatización del proceso.

La automatización del proceso productivo en la microcervecería se basa en un sistema centralizado de control compuesto por un SCADA integrado con el ERP (*Enterprise Resource Planning*), combinado con un PLC - HMI. Este sistema coordina y supervisa todas las etapas de producción de manera eficiente y precisa:

- **PLC (*Programmable Logic Controller*)**: Es el núcleo de la automatización, encargado de procesar la información recibida de los sensores y enviar instrucciones a los actuadores. El PLC garantiza que cada fase del proceso se realice en las condiciones óptimas, manteniendo el control sobre variables críticas en tiempo real.

- **HMI (*Human Machine Interface*)**: A través de esta interfaz visual, los operarios pueden monitorear el estado del proceso y realizar ajustes en los parámetros operativos de manera intuitiva. La HMI facilita la interacción con el PLC, permitiendo una respuesta rápida a cualquier cambio o alerta sin intervención física directa en los equipos.

- **SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*)**: SCADA centraliza el monitoreo de la planta, recopilando datos en tiempo real para su análisis y almacenamiento. Este sistema es fundamental para la trazabilidad y el control de calidad, permitiendo la generación de informes, el seguimiento de condiciones históricas y la identificación temprana de posibles fallos, además de asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad alimentaria.

Complementando estos sistemas de control, los sensores y actuadores desempeñan funciones esenciales en el monitoreo y regulación de las condiciones de producción. El proceso productivo está planificado en el sistema centralizado de control, utilizando la información proporcionada por los sensores para activar el actuador correspondiente indicado en la programación.

Sensores:

- **Sensores de Temperatura**: Aseguran que la temperatura se mantenga en los rangos adecuados durante la maceración, fermentación y maduración, garantizando la consistencia y calidad del producto.

- **Sensores de pH**: Monitorean la acidez en diferentes etapas, manteniendo el equilibrio de sabor y las condiciones microbiológicas del producto.

- **Sensores de Nivel**: Controlan el volumen de líquidos en los tanques para evitar desbordamientos o faltantes, garantizando un flujo de producción continuo.

- **Sensores de Oxígeno**: Miden el oxígeno disuelto en el mosto, crucial para la fermentación y prevención de oxidación.

- **Sensores de Presión:** Monitorean la presión en los tanques de fermentación y maduración, ayudando a controlar la carbonatación natural y garantizar condiciones de seguridad.

- **Sensores de Flujo:** Miden el caudal de líquidos durante el traslado entre tanques, asegurando una dosificación precisa.

- **Temporizadores:** Permiten programar intervalos precisos para cada etapa del proceso, como los tiempos de maceración y fermentación, asegurando que se cumplan los tiempos de cada fase sin desviaciones.

- **Contadores:** Llevan un registro exacto del del número de envases llenados, facilitando el control de producción y el inventario.

Actuadores:

- **Electroválvulas**: Regulan el paso de líquidos entre etapas de forma automática, evitando pérdidas y mejorando la eficiencia del flujo.

- **Bombas de Flujo**: Permiten el traslado preciso de líquidos entre tanques, asegurando un proceso fluido sin intervención manual.

- **Agitadores**: Facilitan la mezcla uniforme durante la maceración, maximizando la extracción de azúcares y otros compuestos deseados.

En resumen, hay un total de 132 sensores y 97 actuadores implicados en la automatización del proceso productivo de la cerveza. A continuación, se detalla en la tabla 11 la ubicación de los sensores y actuadores requeridos en cada etapa.

	SENSOR							ACTUADOR		
ETAPA	Nivel	Temperatura	Presión	Flujo	Oxígeno	Temporizador	Contador	Bomba	Calentador	Electroválvulas
Tratamiento del agua	N1, N2	T1	-	-	-	-	-	B1	Q1	V1, V2
Molienda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Preparación del mosto	N3... N6	T2, T3	-	-	-	T´1, T´2	-	B2, B3	Q2, Q3	V3... V6
Enfriamiento y aireación	-	T4	-	F1	O1	-	-	-	-	V7
Fermentación	N7... N14	T5... T8	P1... P4	-	-	T´3... T´6	-	B4, B5	-	V8... V23
Maduración	N15... N30	T9... T21	P5... P17	-	-	T´7... T´19	-	B6, B7	-	V24... V75
Clarificación – Filtración	-	-	P18, P19	F2, F3	-	-	-	-	-	V76, V77
Esterilización – Pasteurización	-	T22, T23	P20	F4, F5	-	T'20	-	-	-	V78... V80
Envasado	N31, N32	-	P21	-	-	-	C1, C2	-	-	V81, V82
Etiquetado, Empaquetado, Paletizado	N33	-	-	-	-	-	C3...C9	-	-	-
Limpieza y desinfección (CIP)	N34, N35	T24, T25	P22, P23	F6, F7	-	T´21, T´22	-	B8	-	V83... V86
TOTAL	**35**	**25**	**23**	**7**	**1**	**22**	**9**	**8**	**3**	**86**

Tabla 11. – Resumen de la ubicación de los sensores y actuadores.
Fuente. – Elaboración propia.

Este sistema integral de PLC, HMI, SCADA, sensores y actuadores permite una automatización robusta que optimiza la producción, garantiza la calidad y permite futuras expansiones o adaptaciones según las necesidades de la microcervecería. Para entrar en detalle de las funciones de los equipos en cada etapa, véase el *Anejo 4. Automatización del proceso*.

8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

8.1 Diseño alumbrado interior.

El diseño del sistema de alumbrado interior se realiza con programa DIALux EVO, utilizando el método del flujo luminoso de acuerdo con la normativa UNE-EN 12464-1. Los resultados obtenidos de la distribución de luminarias se muestran en la siguiente tabla, para entrar en detalle véase el *Anexo 1 del Anejo 5. Instalación eléctrica*.

Área	Sup. (m^2)	$\bar{E}$ (lx)	$\bar{U}$	Ptotal (W)	Φtotal (lm)	Ptotal / Sup. (W/m^2)	N° lum. (distri)
Zona de recepción/ expedición	31,58	271	0,69	160	22.978	5,07	1 (1x1)
Zona de tratamiento del agua	8,29	427	0,82	160	22.978	19,30	1 (1x1)
Zona de molienda	7,89	433	0,91	160	22.978	20,28	1 (1x1)
Zona de procesado del mosto	83,89	246	0,41	320	45.956	3,81	2 (1x2)
Zona de maduración	75,23	324	0,51	320	45.956	4,25	2 (2x1)
Zona de envasado	114,58	524	0,63	800	114.890	6,98	5 (5x1)
Zona de almacenamiento	251,81	466	0,52	1.600	229.780	6,35	10 (1x4, 2x3)
Área de limpieza	36,49	351	0,62	320	45.956	8,77	2 (1x2)
Laboratorio	22,23	554	0,61	174	21.600	7,83	2 (1x2)
Zona administrativa	26,42	599	0,66	232	28.800	8,78	8 (2x4)
Aseos masculinos	7,27	221	0,42	29	3.600	3,99	1 (1x1)
Vestuarios masculinos	7,10	226	0,44	29	3.600	4,08	1 (1x1)
Aseos femeninos	7,27	220	0,45	29	3.600	3,99	1 (1x1)
Vestuarios femeninos	7,10	227	0,46	29	3.600	4,08	1 (1x1)
Comedor	20,77	216	0,40	58	7.200	2,79	3 (1x3)
Pasillos	54,14	165	0,49	174	21.600	3,21	6 (3x2)
TOTAL / PROMEDIO	**762,06**	342	0,6	**4.594**	**645.072**	**6,03**	**47**

Tabla 12. – Resumen de resultados de la iluminación por áreas.
Fuente. – DIALux EVO.

El cálculo de la distribución eléctrica en la microcervecería asegura una iluminancia nominal ($\bar{E}$) adecuada, superando el mínimo requerido en todas las áreas, lo que garantiza un nivel de luz suficiente para las actividades. Además, la uniformidad ($\bar{U}$) de la luz es correcta, proporcionando una distribución homogénea en todas las zonas de trabajo. En total, se instalaron 47 luminarias con una potencia total de 4.594 W, logrando una eficiencia de 6,03 W/m^2, cumpliendo con el Documento Básico HE de Ahorro de Energía.

8.2 Cálculo y dimensionamiento de las líneas eléctricas.

Para la distribución eléctrica en la microcervecería, este apartado aborda el cálculo y dimensionamiento de las líneas de alimentación para luminarias y las líneas de fuerza que suministran energía a la maquinaria. Cada línea se dimensiona en función de la caída de tensión permitida y la intensidad máxima admisible, asegurando el cumplimiento de las normativas de seguridad y la eficiencia del sistema para soportar la demanda energética de cada área. A continuación, se muestra la distribución de las líneas en cuadros secundarios.

Línea	Abastecimiento	Descripción	Potencia (W)	Mono/ trifásica	Longitud (m)	Longitud máxima (m)
Cuadro Secundario 1. Áreas de Recepción / Expedición y Almacenamiento						
L.1.1	Tomas de corriente	6 tomas de corriente (2.500 W)	15.000	Trifásica	65,37	34,43
L.1.2	Luminarias	11 Luminarias GentleSpace Gen 3 (160 W)	1.760	Monofásica	66,93	42,09
L.1.3	Motores	Cámara frigorífica	1.879	Trifásica	6,38	6,38
Cuadro Secundario 2. Áreas de maduración y envasado						
L.2.1	Tomas de corriente	8 tomas de corriente (2.500 W)	20.000	Trifásica	48,80	29,18
L.2.2	Luminarias	7 Luminarias GentleSpace Gen 3 (160 W)	1.120	Monofásica	40,44	17,76
L.2.3	Motores	Equipos maduración	1.540	Trifásica	19,46	18,66
L.2.4	Motores	Equipos y maquinaria envasado	36.451	Trifásica	34,29	27,26
Cuadro Secundario 3. Áreas de tratamiento del agua, molienda, procesado del mosto y limpieza						
L.3.1	Tomas de corriente	10 tomas de corriente (2.500 W)	25.000	Trifásica	45,23	29,84
L.3.2	Luminarias	6 Luminarias GentleSpace Gen 3 (160 W)	960	Monofásica	38,65	27,8
L.3.3	Motores	Equipos y maquinaria tratamiento del agua	11.509	Trifásica	4,90	4,78
L.3.4	Motores	Equipos y maquinaria molienda	5.500	Trifásica	6,53	6,53
L.3.5	Motores	Equipos y maquinaria procesado del mosto	24.421	Trifásica	32,3	28,27
L.3.6	Motores	Equipos y maquinaria limpieza	1.646	Trifásica	1,83	1,83
Cuadro Secundario 4. Áreas de laboratorio, administrativas y comedor						
L.4.1	Tomas de corriente	10 tomas de corriente (1.500 W)	15.000	Monofásica	27,43	12,43
L.4.2	Luminarias	13 Luminarias CoreLine Panel G4 (29 W)	377	Monofásica	42,97	11,45
Cuadro Secundario 5. Áreas de vestuarios, aseos y pasillos						
L.5.1	Tomas de corriente	6 tomas de corriente (1.500 W)	9.000	Monofásica	30,65	14,31
L.5.2	Luminarias	10 Luminarias CoreLine Panel G4 (29 W)	290	Monofásica	47,27	19,51
		POTENCIA TOTAL (W)	**171.453**	**Long. TOTAL (m)**	**559,43**	

Tabla 13. – Datos de la distribución de líneas y cuadros secundarios.
Fuente. – Elaboración propia.

Para el cálculo y dimensionamiento de las líneas eléctricas en la microcervecería se utiliza el método de Boucherot y se divide el diseño dos tipos de líneas principales: líneas de iluminación y líneas de fuerza, cada una adaptada a las necesidades específicas de las diferentes áreas de la planta.

Las líneas de iluminación utilizan conductores de cobre monofásicos con aislamiento de 2 x PVC y una tensión nominal de 230 V. El dimensionamiento se realiza considerando la potencia de las luminarias, la longitud de la línea y la caída de tensión permitida, asegurando un consumo energético optimizado y una distribución uniforme de la luz en cada área.

Las líneas de fuerza alimentan las tomas de corriente los motores y equipos de producción. Para estas áreas industriales, se han instalado líneas trifásicas de conductores de cobre con aislamiento de 3 x PVC y con una tensión nominal de 400 V, canalizadas de manera similar a las líneas de iluminación. A excepción de las líneas para tomas de corriente de las áreas administrativas, que instalan líneas de cobre monofásicas con una tensión nominal de 230 V. Estas líneas permiten un suministro de potencia estable y seguro, adecuado para soportar las cargas elevadas de los equipos. El dimensionamiento tiene en cuenta la potencia de cada motor, la longitud de la línea y la caída de tensión máxima permitida, garantizando el funcionamiento eficiente y seguro de los sistemas de automatización y maquinaria en toda la microcervecería.

Por último, se realiza el cálculo y el dimensionamiento de las líneas del cuadro principal y secundarios, también por el método de Boucherot, que tienen en cuenta de las líneas que se derivan de cada cuadro secundario. Para estas líneas se han instalado conductores trifásicos de polietileno reticulado (3 x XLPE) con una tensión nominal de 400 V. En cambio, para la línea que conecta el cuadro general con el centro de transformación se escoge una línea trifásica enterrada bajo tubo corrugado de PVC, con conductor de cobre y recubrimiento de XLPE.

Este diseño asegura que tanto las áreas de trabajo como las áreas de producción cumplan con los requisitos de seguridad, eficiencia energética y continuidad operativa en la planta. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de cada una de las líneas respecto a la sección del conductor (s) y la caída máxima de tensión (δ), haciendo uso del método de Boucherot.

Línea	P (W)	I (A)	U (V)	S (mm)	L (m)	δ adm. (V)	δ (V)
L.1.1	15.000	8,66	400	1,5	34,43	20	15,37
L.1.2	1.760	13,77	230	2,5	42,09	6,9	4,60
L.1.3	1.879	3,39	400	1,5	6,38	20	0,36
L.2.1	20.000	11,55	400	1,5	29,18	20	17,37
L.2.2	1.120	8,77	230	1,5	17,76	6,9	2,06
L.2.3	1.540	2,78	400	1,5	18,66	20	0,86
L.2.4	36.451	65,77	400	25	27,26	20	1,77
L.3.1	25.000	14,43	400	2,5	29,84	20	13,32
L.3.2	960	7,51	230	1,5	27,80	6,9	2,76
L.3.3	11.509	20,76	400	4	4,78	20	0,61
L.3.4	5.500	9,92	400	1,5	6,53	20	1,07
L.3.5	24.421	44,06	400	16	28,27	20	1,93
L.3.6	1.646	2,97	400	1,5	1,83	20	0,09
L.4.1	15.000	26,09	230	6	12,43	11,5	7,24
L.4.2	377	2,95	230	1,5	11,45	6,9	0,45
L.5.1	9.000	15,65	230	2,5	14,31	11,5	8,00
L.5.2	290	2,27	230	1,5	19,51	6,9	0,59
LCS1	10.730	16,00	400	1,5	22,26	20	14,22
LCS2	40.207	71,87	400	16	9,38	20	2,10
LCS3	46.016	81,78	400	25	14,71	20	2,42
LCS4	6.611	9,55	400	1,5	14,31	20	5,63
LCS5	4.070	5,88	400	1,5	20,06	20	4,86
LCP	107.634	182,04	400	70	10	4	1,37

Tabla 14. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas.
Fuente. – Elaboración propia.

En conclusión, el cálculo y dimensionamiento de las líneas eléctricas de la microcervecería asegura un suministro energético eficiente y seguro para todas las áreas operativas. Las líneas de iluminación y fuerza fueron diseñadas para cumplir con los requisitos de consumo y potencia de cada área para garantizar una caída de tensión controlada y un rendimiento optimizado.

Por último, hay que añadir que debido a que la potencia requerida supera el límite permitido para instalaciones sin un centro de transformación propio, es obligatorio instalar un centro de transformación, conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). El centro de transformación seleccionado tiene una capacidad de 160 kVA, aunque la potencia contratada será de 120 kW, acorde con los requerimientos de la instalación, cumpliendo los estándares de seguridad y eficiencia energética necesarios para la operación continua.

Para poder ver con mayor detalle la distribución de las luminarias y el dimensionamiento de las líneas, véase el *Documento II* el plano *Nº 5 Distribución de luminarias y líneas de alumbrado* y el plano *Nº 6 Distribución de líneas de fuerza*.

8.3 Aparamenta eléctrica.

Para asegurar la protección y el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica de la microcervecería, se ha seleccionado la aparamenta adecuada para cada línea. Esto incluye interruptores magnetotérmicos, que protegen las líneas contra sobrecargas y cortocircuitos y diferenciales, para proteger contra fugas de corriente. Estos son calculados y dimensionados en función de la intensidad real de cada línea (I real), la intensidad admisible (I adm.) y el tipo de curva de protección requerida para cada equipo. La siguiente tabla muestra el resultado del cálculo para cada línea de la microcervecería.

Línea	I real (A)	I adm. (A)	Int. Magnetotérmico		Int. Diferencial	
			Tipo de curva	I nominal (A)	Sensibilidad (mA)	Retardo (s)
L.1.1	8,66	13,5	D	10	30	0,1
L.1.2	13,77	15	C	14	30	0,1
L.1.3	3,39	13,5	D	10	30	0,1
L.2.1	11,55	13,5	D	13	30	0,1
L.2.2	8,77	21	C	16	30	0,1
L.2.3	2,78	13,5	D	10	30	0,1
L.2.4	65,77	77	D	70	30	0,1
L.3.1	14,43	17,5	D	16	30	0,1
L.3.2	7,51	15	C	10	30	0,1
L.3.3	20,76	24	D	22	30	0,1
L.3.4	9,92	13,5	D	10	30	0,1
L.3.5	44,06	59	D	50	30	0,1
L.3.6	2,97	13,5	D	10	30	0,1
L.4.1	26,09	36	D	27	30	0,1
L.4.2	2,95	15	C	10	30	0,1
L.5.1	15,65	21	D	17	30	0,1
L.5.2	2,27	15	C	10	30	0,1
LCS1	16,00	18	D	17	30	0,1
LCS2	71,87	80	D	75	30	0,1
LCS3	81,78	106	D	90	30	0,1
LCS4	9,55	18	D	13	30	0,1
LCS5	5,88	18	D	10	30	0,1
LCP	182,04	220	C	200	100	1

Tabla 15. – Resumen de resultados en aparenta por líneas.
Fuente. – Elaboración propia.

9. ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS Y DE CONTROL.

Mediante el sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) se desarrolla un enfoque preventivo y estructurado para asegurar la inocuidad alimentaria en la microcervecería. Este sistema, implementado siguiendo las normativas internacionales como el Codex Alimentarius, permite identificar y gestionar los posibles riesgos en cada etapa de producción, garantizando así un producto seguro para el consumidor final.

El sistema APPCC se fundamenta en siete principios clave:

1. **Análisis de peligros**: Identificación de riesgos biológicos, químicos y físicos que puedan afectar la seguridad del producto.

2. **Determinación de Puntos de Control Crítico (PCC)**: Definición de etapas específicas donde se aplican controles efectivos para mitigar peligros.

3. **Establecimiento de límites críticos**: Valores específicos de parámetros (como temperatura y pH) que deben mantenerse en cada PCC para asegurar el control de los peligros.

4. **Sistema de vigilancia**: Monitoreo constante en cada PCC para asegurar el cumplimiento de los límites críticos.

5. **Acciones correctivas**: Procedimientos específicos a seguir cuando un PCC no cumple con los límites establecidos, previniendo así el riesgo de contaminación.

6. **Verificación del sistema**: Comprobaciones periódicas para asegurar la efectividad del sistema y la adecuación de las medidas preventivas.

7. **Documentación y registros**: Mantenimiento de registros de todas las acciones de control y medidas correctivas, garantizando la trazabilidad y facilitando auditorías e inspecciones

9.1 Programa de Prerrequisitos (PGH).

El sistema APPCC incluye un Programa de Prerrequisitos (PGH), que establece las condiciones de higiene y seguridad necesarias en las instalaciones y en el personal, facilitando un entorno de producción controlado. Este programa reduce significativamente los riesgos de contaminación y se asegura un producto final consistente y de alta calidad, garantizando la seguridad y calidad del proceso productivo. En el caso de la microcervecería del proyecto se establecen los siguientes planes de prevención:

- **Plan de control de agua**: Este plan asegura que el agua utilizada cumpla con los requisitos de calidad mediante análisis periódicos de parámetros como el pH, dureza y contenido de minerales. Además, se implementan sistemas de filtración y desinfección para garantizar que el agua no aporte contaminantes al producto final.

- **Plan de limpieza y desinfección**: Este plan detalla los procedimientos de limpieza para cada área (maceración, fermentación, envasado, etc.) y equipo, así como los productos químicos permitidos y las frecuencias de limpieza para evitar la acumulación de residuos y la proliferación de microorganismos que podrían afectar el sabor o la seguridad de la cerveza.

- **Plan de control de plagas**: La presencia de plagas como roedores o insectos podría contaminar el producto o dañar las materias primas. Este plan incluye medidas preventivas, como la colocación de trampas en puntos críticos y la realización de inspecciones regulares, así como acciones correctivas en caso de detectar alguna plaga.

- **Plan de formación del personal**: a calidad de la cerveza depende en gran medida de la correcta ejecución de cada etapa del proceso. Este plan garantiza que el personal esté capacitado en buenas prácticas de higiene, manipulación de alimentos, seguridad y el funcionamiento de los equipos automatizados.

- **Plan de control de proveedores**: La selección y evaluación de proveedores de materias primas es fundamental para asegurar un producto consistente y de calidad. Este plan establece los criterios para seleccionar proveedores confiables y las inspecciones o análisis de las materias primas al recibirlas.

- **Plan de trazabilidad**: este plan permite rastrear cada lote de cerveza desde las materias primas hasta el producto final. La trazabilidad asegura que, en caso de detectar un problema en un lote, se pueda identificar rápidamente la causa y retirar el producto afectado.

- **Plan de gestión de residuos**: Este plan establece procedimientos para la recolección y gestión de estos residuos, asegurando su eliminación responsable y sostenible. Además, se busca minimizar el impacto ambiental mediante el reciclaje o la reutilización de materiales cuando sea posible, cumpliendo con la normativa ambiental.

- **Plan de análisis del producto**: Para asegurar que cada lote de cerveza cumple con los estándares de calidad, este plan define los análisis necesarios en el producto final, como pruebas de contenido de alcohol, pH y sabor. También se realizan controles microbiológicos para detectar posibles contaminantes.

- **Plan de mantenimiento de las instalaciones**: El correcto funcionamiento de los equipos de producción es clave para evitar paradas inesperadas o problemas de calidad. Este plan define un calendario de mantenimiento preventivo para equipos críticos como fermentadores, líneas de envasado y sistemas de refrigeración.

Véase el *Anejo 6. Análisis de Puntos Críticos de Control* para ver en detalle la aplicación de los prerrequisitos en la microcervecería.

9.2 Sistema APPCC.

El sistema APPCC en la microcervecería comienza con la **identificación de peligros** en cada etapa del proceso productivo. Estos peligros pueden ser de origen biológico, químico o físico y se analizan para determinar su relevancia en la seguridad del producto.

Una vez identificados, los peligros se **evalúan en términos de riesgo** utilizando la tabla de valoración de riesgo. En esta tabla, se calcula el riesgo como el producto de la probabilidad de ocurrencia y la gravedad del peligro. Los riesgos con una puntuación de 5 o superior se consideran **riesgos altos y significativos**, requiriendo atención prioritaria.

		PROBABILIDAD		
		BAJO (1)	**MEDIO (3)**	**ALTO (5)**
GRAVEDAD	**BAJO (1)**	BAJO (1)	MEDIO (3)	ALTO (5)
	MEDIO (3)	MEDIO (3)	ALTO (9)	ALTO (15)
	ALTO (5)	ALTO (5)	ALTO (15)	MUY ALTO (25)

Tabla 16. – Tabla de valoración del riesgo (RIESGO = GRAVEDAD x PROBABILIDAD).
Fuente. – Elaboración propia.

En tercer lugar, se establecen las **medidas de control** necesarias para mitigar o eliminar estos peligros. Estas medidas buscan reducir los riesgos a niveles aceptables y asegurar que no representen un peligro significativo para la calidad y seguridad del producto.

En la tabla 16 se presentan los peligros significativos, que serán sometidos a una evaluación adicional para determinar si deben clasificarse como Puntos Críticos de Control (PCC). Para identificar los PCC, se utiliza el árbol de decisiones de Codex Alimentarius CXC 1-1969 rev., que guía el proceso con preguntas clave:

1. **¿Puede el peligro mantenerse en un nivel aceptable mediante medidas de prerrequisitos (PPR)?** Si es así, no se considera un PCC.

2. **¿Existen medidas de control específicas en esa fase para el peligro detectado?** Si no las hay, se evalúa si una fase posterior puede controlarlo.

3. **¿Una fase posterior elimina o reduce el peligro a un nivel aceptable?** Si es así, esa fase se considera un PCC.

4. **¿Puede esta fase eliminar o reducir significativamente el peligro?** Si la respuesta es afirmativa, se clasifica como un PCC.

Este proceso asegura que los peligros significativos sean controlados en puntos específicos del proceso, garantizando la seguridad y calidad del producto final.

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	CAUSA	MEDIDAS DE CONTROL	P*	G*	SIG.*	ÁRBOL DE DECISIONES				PPR PPRO PCC
							P1	P2	P3	P4	
RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
MOLIENDA	**B:** Presencia de moho o bacterias	Cebada mal almacenada o contaminada por microorganismos durante la molienda.	Plan de control de proveedores Buenas prácticas de almacenamiento Plan de control de plagas Inspección visual previa	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
	F: Polvo en suspensión (riesgo de explosión o inhalación de partículas)	Generación de polvo excesivo durante la molienda.	Sistemas de extracción de polvo. Uso de equipos de protección personal para los operarios Plan de limpieza y desinfección	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
	Q: Contaminación química (residuos de productos químicos)	Residuos de productos de limpieza o lubricantes en el molino.	Uso de productos de limpieza aptos para uso alimentario Plan de limpieza y desinfección	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
PROCESADO DEL MOSTO	**Q**: Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
FERMENTACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
MADURACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
	B: Presencia de bacterias u otros microorganismos en el tanque de maduración	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Control de temperatura y limpieza del equipo	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
	Q: Presencia de sulfitos, en cantidad >10 mg/kg o 10mg/L en cerveza cuyo etiquetado no contenga la declaración de sulfitos	Formación de sulfitos en exceso en la fermentación	Plan de formación del personal Control de sulfitos durante el proceso Plan de análisis del producto	1	5	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
CLARIFICACIÓN/ FILTRACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en conductos y mangueras	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
PASTEURIZACIÓN FLASH	**Q:** Presencia de productos químicos refrigerantes	Fugas en el sistema de refrigeración (glicol)	Plan de mantenimiento de equipos Control de proceso (cambios en la presión) Uso de productos aptos para el contacto alimentario Plan de análisis del producto	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
	Q: Presencia de restos producto de limpieza en pasteurizador	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
ENVASADO (latas)	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en envasadora	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual).	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
	F: Presencia de cuerpos extraños (insectos, metales, plásticos)	Golpes en el proceso que dañen la lata. Rotura durante el llenado. Explosión de latas durante el llenado.	Buenas prácticas de fabricación. Procedimiento de actuación ante roturas en línea.	1	5	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
ALMACENAMIENTO Y EXPEDICIÓN	**Q:** Presencia de alérgenos/ alcoholes no declarados en el etiquetado	Etiquetas erróneas Fallo de control de etiquetado	Plan de control de proveedores Buenas prácticas de fabricación Plan de formación del personal	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR
	F: Rotura/explosión de latas	Explosión de latas por tratamiento térmico insuficiente o golpes	Buenas prácticas de fabricación Plan de control de proveedores	1	5	SÍ	SÍ	-	-	-	PPR

***** P= Probabilidad G= Gravedad SIG.= Riesgo significativo

Tabla 17. – Análisis de peligros significativos.

Fuente. – Elaboración propia.

Tras identificar los PCCs, se define un procedimiento que incluye límites críticos específicos para cada riesgo, asegurando la seguridad del producto. Cada PCC cuenta con un sistema de vigilancia continuo, y si se detecta una desviación, se aplican medidas correctivas preestablecidas para mantener el control y evitar riesgos. Toda la información, incluidas las acciones de vigilancia y correcciones, se documenta y registra para asegurar la trazabilidad y facilitar auditorías. Además, se establece un sistema de verificación continuo y conjunto para todos los PCCs, que garantiza la efectividad continua de las medidas de control.

A continuación, se detalla en el cuadro el manejo de cada PCC, incluyendo medidas preventivas, límites críticos, medidas correctivas y registros en cada fase crítica. Para más información y detalle, véase el *Anejo 6. Análisis de Puntos Críticos de Control*.

FASE	TIPO DE PELIGRO	CAUSA	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITES CRÍTICOS	PROCEDIMIENTOS DE VIGILANCIA			MEDIDAS CORRECTORAS	REGISTRO DOCUMENTOS
					MÉTODO	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
MADURACIÓN	**Q:** Presencia de sulfitos, en cantidad >10 mg/kg o 10mg/L en cerveza cuyo etiquetado no contenga declaración de sulfitos	Formación de sulfitos en exceso en la fermentación	Plan de formación del personal Control de sulfitos durante el proceso Plan de análisis del producto	Nivel máximo de 10 mg/L de sulfitos en el producto si no se declara en el etiquetado.	Análisis rutinario de muestras al inicio y final del proceso de maduración.	Al inicio y fin de cada proceso.	Responsable de control de calidad.	Retención y análisis del lote afectado, reetiquetado o eliminación del producto, según el caso.	Documentación de resultados de análisis y decisiones tomadas.
PASTEURIZACIÓN FLASH	**Q:** Presencia de restos producto de limpieza en pasteurizador	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/ conductividad	Ausencia total de residuos de productos de limpieza en el pasteurizador, con el pH controlado.	Inspección y pruebas de detección de residuos tras cada limpieza.	Al inicio y final de cada operación de pasteurización.	Operario de producción capacitado en inspección y detección química.	Detención de la pasteurización, re-limpieza, y retención del producto procesado durante la desviación.	Resultados de verificación de limpieza y acciones correctoras.
ENVASADO (latas)	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en envasadora	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual).	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/ conductividad	Ausencia total de residuos de productos de limpieza, pH controlado.	Inspección y pruebas de detección de residuos tras cada limpieza.	Antes de cada proceso de envasado.	Operario de producción capacitado en inspección y detección química.	Detención del envasado, re-limpieza, y revisión de los productos envasados.	Documentación de resultados y medidas correctoras.
	F: Presencia de cuerpos extraños (insectos, metales, plásticos)	Golpes en el proceso que dañen la lata. Rotura durante el llenado. Explosión de latas durante el llenado.	Buenas prácticas de fabricación. Procedimiento de actuación ante roturas en línea.	Ausencia total de cuerpos extraños.	Detección mediante sistemas de rayos X o detectores de metales y verificación visual.	Inspección continua y verificación al inicio y fin de cada producción.	Operario de producción capacitado.	Detención de la línea, inspección y limpieza, revisión de productos.	Registro de inspecciones y acciones correctivas.

Tabla 18. – Cuadro de gestión de PCCs.
Fuente. – Elaboración propia.

10. EVALUACIÓN DE ASPECTOS ÉTICOS, ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES.

En el desarrollo del *Anejo 7. Análisis Aspectos éticos, Económicos, Sociales y Ambientales* busca evaluar el impacto y la responsabilidad que este negocio tiene en su entorno. Este apartado se centra en identificar cómo la microcervecería afecta tanto a la comunidad local como al ambiente y la economía en general, con un enfoque que va más allá de los beneficios comerciales, abarcando el compromiso ético y profesional de ofrecer un producto que respete principios de sostenibilidad y responsabilidad social.

En primer lugar, se reconocen las responsabilidades éticas inherentes a la producción de alimentos y bebidas. Esto implica no solo cumplir con los estándares de seguridad alimentaria y calidad, sino también asumir un compromiso con el bienestar de los consumidores y empleados, promoviendo prácticas laborales justas, consumo responsable y transparencia en la cadena de suministro. Además, se evalúa cómo la microcervecería puede influir en la comunidad local y contribuir al desarrollo socioeconómico de la región, creando empleo y colaborando con proveedores locales.

- **Impacto ambiental.**

Uno de los objetivos principales de la microcervecería es minimizar su huella ambiental. El uso de tecnologías avanzadas reduce significativamente el consumo de recursos como agua y energía. La implementación de sistemas de recirculación de agua permite un aprovechamiento óptimo de este recurso, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y 13. La gestión de residuos sólidos, como el bagazo y las levaduras, se realiza promoviendo la economía circular, reutilizándolos en alimentación animal, y reduciendo los desechos en vertederos. Además, el uso de envases de aluminio reciclable contribuye a una menor generación de residuos y reduce la huella de carbono del proyecto.

- **Impacto económico.**

El proyecto también genera un impacto económico positivo, impulsando el empleo local y promoviendo la colaboración con proveedores de la región,

fortaleciendo la economía de Las Rozas. Al priorizar insumos y servicios locales, se estimula el desarrollo de pequeñas y medianas empresas, contribuyendo al crecimiento económico y social de la comunidad. La automatización de los procesos permite una mayor eficiencia operativa, optimizando el uso de recursos y reduciendo los costos. Esto hace que el modelo de negocio sea competitivo y económicamente viable a largo plazo, beneficiando tanto a los consumidores como a la economía local.

- **Impacto social.**

En el ámbito social, la microcervecería contribuye al bienestar de la comunidad mediante la creación de empleos y la incorporación al equipo de personas con discapacidad, fomentando un ambiente laboral inclusivo y diverso. Además, al producir cerveza de alta calidad y de origen local, se refuerza la identidad cultural de la región y se promueve el consumo responsable. El proyecto también incluye campañas de sensibilización sobre el consumo moderado de alcohol, educando a los consumidores y promoviendo un estilo de vida saludable, en línea con el ODS 3.

- **Impacto en la Salud.**

En términos de salud, se prioriza la seguridad de los trabajadores mediante la automatización y la implementación de protocolos de higiene y seguridad, reduciendo la exposición a riesgos laborales. Esto no solo protege a los empleados, sino que también crea un ambiente laboral seguro y productivo. Además, el enfoque en la calidad de los ingredientes y el proceso de producción contribuye a un producto más saludable, fomentando el consumo responsable entre los clientes.

En conclusión, la microcervecería representa un modelo de negocio comprometido con la sostenibilidad, responsabilidad social y eficiencia económica. La evaluación de los impactos en estos cuatro aspectos demuestra que el proyecto no solo es viable, sino que también tiene un efecto positivo en el entorno local. La integración de prácticas sostenibles fortalece el compromiso ético y social del proyecto, consolidándolo como un ejemplo de sostenibilidad integral en la industria cervecera.

11. EVALUACIÓN FINANCIERA.

En el *Anejo 8. Evaluación económico – financiera* se analiza la viabilidad económica del proyecto de microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid y proyecta el retorno de la inversión. Abarca el cálculo de la inversión inicial, flujos de caja anuales, y los criterios financieros esenciales: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación (Payback).

- **Inversión inicial**: La implementación del proyecto demanda una inversión de **613.674,96 €**, incluyendo el presupuesto de maquinaria, infraestructura, y otros activos clave, además de los honorarios del proyectista. Este valor es fundamental para el análisis de flujos y rentabilidad a largo plazo.

- **Flujos de Caja**: Los flujos de caja proyectados, tanto de cobros ordinarios (destacando la venta de la cerveza Märzen a 2,28 €/ud) como extraordinarios, muestran una tendencia positiva a lo largo de los 20 años de vida útil del proyecto. La microcervecería alcanzaría estabilidad financiera tras el primer año completo de operación y considera una renovación de maquinaria en el año 10, manteniendo la operatividad y estándares de calidad.

- **Criterios de Evaluación**: Los indicadores de rentabilidad evaluados son:

1. **VAN**: Calculado en 279.193,35 €, lo cual indica una rentabilidad positiva, demostrando que la inversión inicial genera beneficios adicionales descontados al 10% del interés de la inversión.

2. **TIR**: Estimada en un 16%, sobrepasando la tasa exigida del 10%. Esto refleja un retorno adecuado para el nivel de inversión y una rentabilidad superior.

3. **Payback**: El período de recuperación es de aproximadamente 5,3 años, lo cual resulta razonable en relación con la vida útil del proyecto, establecida en 20 años. Este criterio asegura que el proyecto comenzará a generar beneficios netos tras el sexto año.

Estos resultados sugieren que el proyecto es financieramente viable y rentable, permitiendo a la microcervecería recuperar la inversión inicial y generar retornos sostenibles a lo largo de su operación.

12. PRESUPUESTO.

El presupuesto realizado para el presente proyecto se encuentra en el *Documento IV. Presupuesto*, en donde queda recogidos, explicados y descritos con exactitud los elementos que componen el presupuesto y las instalaciones que se han tenido en cuenta.

Por un lado, se expone el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) con I.V.A., G.G. y B.I. que asciende a 130.625,42 €. Compuesto por el capítulo 02 Instalación Eléctrica y el capítulo 04 Carpintería.

Por otro lado, se expone el Presupuesto de Ejecución por Administración (PEA) con I.V.A. que asciende a 471.016,70 €. Compuesto por el capítulo 01 Maquinaria y Equipos y el capítulo 03 Mobiliario.

Finalmente siendo entonces:

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL con I.V.A…..... 601.642,12 €

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SEISCIENTOS UN MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS con DOCE CÉNTIMOS.

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

Las Rozas de Madrid, a 12 de noviembre de 2024.

ANEJO 1. ANÁLISIS DEL SECTOR

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 1.

1. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA 1

1.1 Introducción 1

1.1.1 Objetivo del proyecto 1

1.2 Condicionantes del proyecto 2

1.2.1 Situación actual (Localización) 3

1.3 Criterios de valor 6

2. ANÁLISIS DEL SECTOR CERVECERO EN ESPAÑA 7

2.1 Introducción al sector cervecero 7

2.1.1 Definición de cerveza 7

2.1.2 Características Nutricionales 8

2.1.3 Tipos de cerveza 10

2.1.4 Märzenbier 14

2.2 Microcervecería 16

2.3 Estudio socioeconómico del sector 17

2.3.1 Producción 18

2.3.2 Consumo 24

2.3.3 Comercio Internacional 28

3. LEGISLACIÓN 30

3.1 Marco legislativo referente al producto 30

3.2 Marco legislativo referente a la ingeniería del proyecto 30

3.2.1 Marco legislativo referente al proceso de envasado 30

3.2.2 Marco legislativo referente al proceso de etiquetado 30

3.2.3 Marco legislativo referente a la normativa urbanística 31

3.3 Marco legislativo referente a la fiscalidad 31

3.4 Marco legislativo referente al medioambiente 31

4. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 1. 32

ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEJO 1.

Figura 1. - Situación de la parcela con respecto al municipio de las Rozas de Madrid. **4**

Figuras 2 y 3.- Imágenes del edificio A de la parcela 5 con su colindante. **5**

Figura 4. – Escala de color de la cerveza EBC..... **10**

Figura 5. – Toneladas de cebada cervecera cultivadas y de malta de cebada elaboradas. **19**

Figura 6. – Toneladas de lúpulo cultivado en España. **20**

Figura 7. – Cuota de producción de las cerveceras que elaboran < 50.000 HL... **21**

Figura 8. – Producción de cerveza anual en España en Hectolitros..... **22**

Figura 9. – Número de microcervecerías activas en el año 2022. ..... **23**

Figura 10. – Datos de consumo de cerveza en España. **24**

Figura 11. – Datos de consumo de cerveza en España. **25**

Figura 12. – Ranking por países del consumo de cerveza en el año 2022. ..... **27**

Figuras 13. – Datos de exportaciones de cerveza en España. **29**

Figuras 14. – Datos de importaciones de cerveza en España. **29**

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 1.

Tabla 1. – Composición de la cerveza por 100g de porción comestible..... **9**

Tabla 2. – Escala de amargor valorado en IBU. **10**

Tabla 3. – Escala de graduación alcohólica en ABV. **11**

Tabla 4. – Clasificación cervezas según su ESP. **11**

Tabla 5. – Concentración de iones en el agua de perfil Märzen (mg/L). **16**

Tabla 6. – Parámetros Märzenbier. **16**

1. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

1.1 Introducción

En el presente anejo, se expondrán los datos socioeconómicos del sector cervecero en España, un contexto técnico del producto, así como la legislación aplicable en la realización de este proyecto. También, se realizará un estudio identificativo de los distintos problemas del proyecto considerando los condicionantes y criterios de valor establecidos para el proyecto. A partir de las cuales, se seleccionarán distintas alternativas estratégicas para finalmente definir las directrices del proyecto.

1.1.1 Objetivo del proyecto

El objetivo principal del proyecto es el estudio del diseño y el dimensionamiento de la planta de una industria cervecera con una capacidad productiva de 80.000 L/año, siendo este proceso productivo automatizado.

Además, se precisa calcular la instalación eléctrica necesarias de la industria y realizar un análisis de los puntos críticos de control del proceso productivo de la cerveza. De esta forma se garantiza la producción de cervezas de alta calidad, cumpliendo con estándares y normativas de seguridad alimentaria.

Con esto se consigue, además, la optimización en los procesos de producción, distribución y comercialización, reduciendo costos operativos y maximizando la productividad. Para ello se realizará un análisis de abastecimiento logístico junto a un análisis del control de stock de las vidas útiles. Considerando tanto de las materias primas como del producto terminado para su almacenamiento.

Finalmente, se llevará a cabo un estudio financiero que sirva para establecer la viabilidad económica y la rentabilidad a largo plazo de la microcervecería.
Todos estos objetivos deberán garantizar el cumplimiento de todas las regulaciones y normativas legales relacionadas con la producción de cerveza, la gestión de residuos, la seguridad alimentaria y cualquier otra ley pertinente.

1.2 Condicionantes del proyecto

A continuación, se exponen los distintos condicionantes establecidos por el promotor para la realización del proyecto.

- La localización de la microcervecería debe estar localizada en una nave industrial de titularidad propia del promotor. Esta está ubicada en el Polígono Industrial Europólis en Las Rozas de Madrid (Madrid), concretamente en el edificio A de la parcela 5 de la calle Cabo Rufino Lázaro 11.

- La capacidad máxima de producción de la industria debe ser de 80.000 L/año.

- El producto terminado tiene que ser la cerveza de estilo Märzen siguiendo la fabricación dentro de lo posible la receta tradicional, manteniendo la posibilidad en la línea de producción de fabricar otros estilos de cervezas.

- El envasado del producto se tiene que realizar en botellas de vidrio y/o latas.

- La microcervecería debe contar con una línea de producción que asegure cervezas de alta calidad, estableciendo estándares rigurosos de control de calidad a lo largo de todo el proceso.

- Establecimiento de una línea de producción automatizada.

- El proceso productivo debe realizarse íntegramente en la nave industrial de la microcervecería, a excepción del proceso de malteado.

- La instalación eléctrica debe tener la capacidad de abastecer la producción automatizada de la cerveza durante 5 días a la semana con posibilidad de establecer doble turno. Además, tiene que establecerse un plan alternativo ante la posibilidad de cortes la red eléctrica, asegurando la continuidad de la producción.

- Implementación de tecnologías y prácticas que optimicen la eficiencia en los procesos de abastecimiento, producción y distribución.

- Como condición indispensable, se debe garantizar el cumplimiento estricto de todas las regulaciones y normativas locales y nacionales relacionadas con la producción de cerveza y el sector de alimentación y bebidas.

- También se debe establecer el cumplimiento de las normas medioambientales, realizando un plan de gestión de residuos.

- Como condición fundamental, se tiene que desarrollar un plan financiero sólido que asegure la viabilidad económica y la rentabilidad a largo plazo.

Estos condicionantes proporcionan un marco inicial para el desarrollo del proyecto, asegurando que se alinee con los valores y objetivos del promotor.

1.2.1 Situación actual (Localización)

El emplazamiento de la nave corresponde al edificio A de la parcela 5 de la calle Cabo Rufino Lázaro 11, 28230, Las Rozas de Madrid siendo esta una parcela con varios inmuebles.

La localidad de Las Rozas de Madrid es un municipio de la Comunidad de Madrid a unos 19 kilómetros de distancia de la capital española, con una población de más de 95.550 habitantes. La parcela se encuentra dentro del Polígono Industrial Tecnológico Europólis La Puentecilla y Los Majuelos, con una gran accesibilidad al estar a 300 metros de la salida número 2 de la carretera M-505. La cual nace en el kilómetro 18 de la autovía A6, una de las principales ramas de la ciudad de Madrid conectándola con el noroeste de la Península Ibérica. Además, tiene conexión en el kilómetro 3 con la Circunvalación de Madrid (M50) a la altura del kilómetro 80.

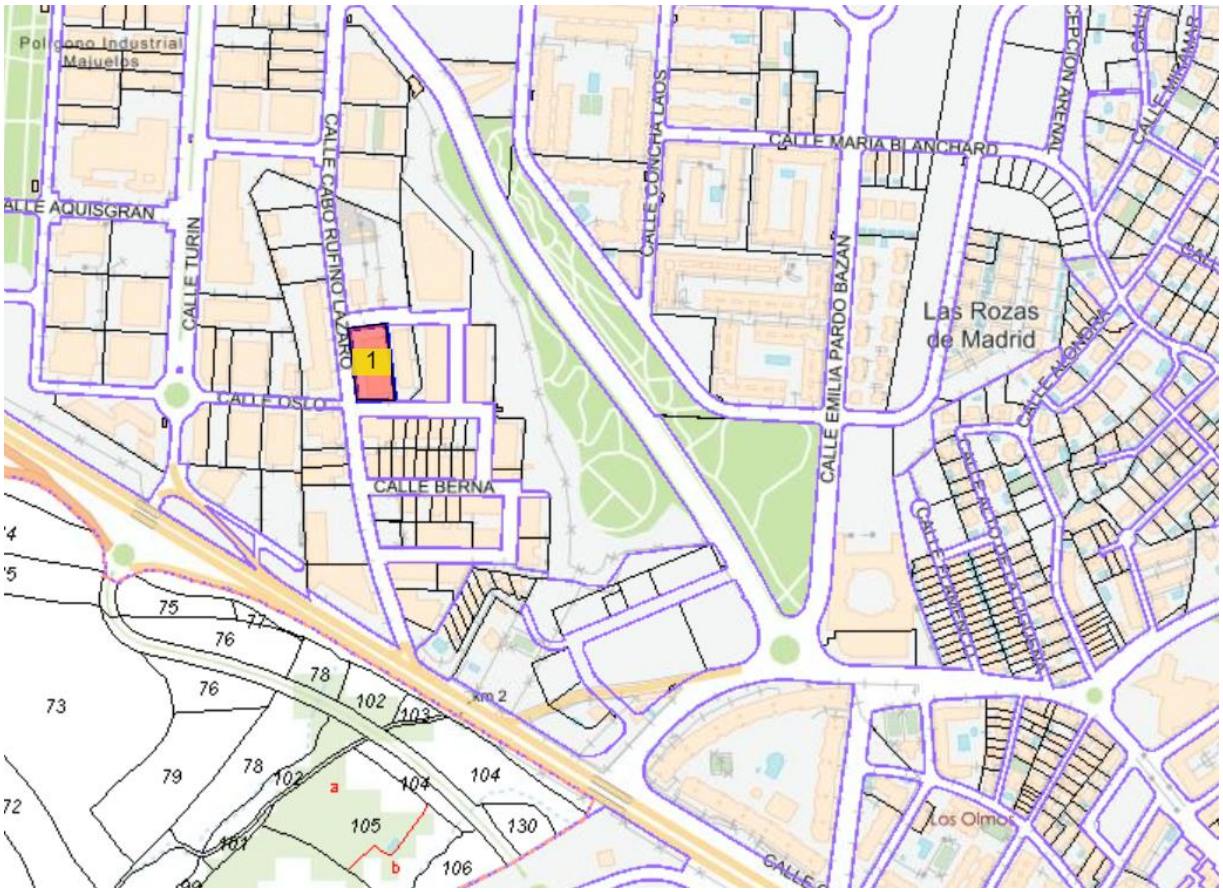


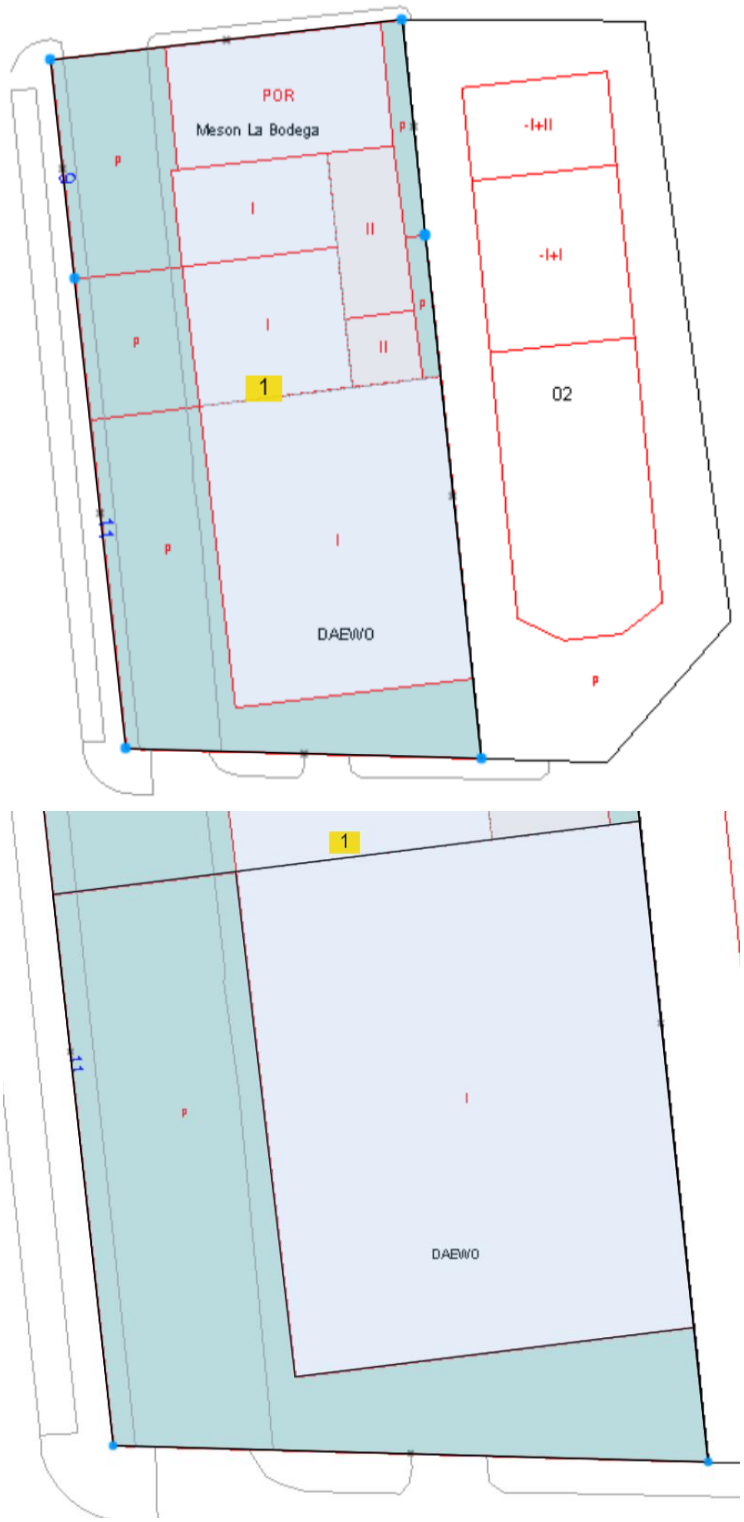
Figura 1. - Situación de la parcela con respecto al municipio de las Rozas de Madrid.
Fuente. - Sede electrónica del Catastro

La nave de uso industrial corresponde con la referencia catastral 4936605VK2843N0001QO con una superficie construida de 861 m² en una única planta. Esta se encuentra a una altitud de 693,01 metros en las coordenadas WGS84 (World Geodetic System 1984):

Latitud: 40º 30' 0'' N

Longitud: 3º 53' 24'' W

La totalidad de la parcela correspondiente al edificio A, ya edificado, está compuesta por una superficie de 1.472 m². Siendo los 611 m² restantes, superficie accesible para vehículos.



Figuras 2 y 3.- Imágenes del edificio A de la parcela 5 con su colindante.
Fuente. - Sede electrónica del Catastro.

Para un conocimiento más detallado de la parcela véase el plano Nº1 Plano de localización y el plano Nº2 Situación de la parcela sobre ortofoto y mapa topográfico dentro del Documento II. Planos.

1.3 Criterios de valor

El proyecto debe tener una estrategia de la producción y del funcionamiento de la industria considerando los diferentes criterios de valor, que se exponen a continuación, para el desarrollo del diseño y el dimensionamiento.

Con respecto a la calidad del producto final. Se debe asegurar una selección de proveedores confiables para la obtención de materias primas de alta calidad, lo que contribuya a la diferenciación del producto en el mercado. Estableciendo estrictos estándares de calidad durante todo el proceso productivo para asegurar la calidad de los productos finales.
La optimización del proceso productivo se tiene que maximizar buscando la eficiencia energética. Para ello el diseño y dimensionamiento de la microcervecería tienen que optimizar el consumo de energía y reducir los tiempos del proceso de producción. A su vez, priorizando la reducción de costes de producción en el largo plazo, incluso a costa de una mayor inversión inicial.
Además, la tecnología empleada debe ser accesible y mantenible en la medida de lo posible. Seleccionando una tecnología que sea fácil de usar y mantener para garantizar la eficiencia operativa y la calidad del producto final. Utilizando sistemas automatizados que permitan una gestión eficiente de la producción y respalden el mantenimiento regular sin comprometer la calidad del producto.
También se tienen que implementar medidas de seguridad operativa para proteger tanto a los trabajadores como a la infraestructura de la microcervecería. Cumpliendo con la normativa y estándares de seguridad en el sector de alimentos y bebidas.
Por otro lado, se debe establecer un entorno sostenible. Incorporando prácticas en el diseño y las operaciones de las microcervecerías para reducir el impacto ambiental. Adicionalmente, teniendo en consideración la posibilidad de utilizar tecnologías más limpias y eficientes energéticamente.

Por último, se debe diseñar una microcervecería que le permita adaptarse a futuras expansiones o cambios de producción. Integrando tecnologías flexibles y equipos capaces de adaptarse a los diferentes requerimientos de producción. Tanto de ampliación en la capacidad productiva como el aumento en el porfolio de estilos de cervezas como producto terminado.

2. ANÁLISIS DEL SECTOR CERVECERO EN ESPAÑA

2.1 Introducción al sector cervecero

2.1.1 Definición de cerveza

La Real Academia Española define la cerveza como bebida alcohólica fabricada con granos germinados de cebada u otros cereales fermentados en agua, y aromatizada con lúpulo.

En el Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta, y cuyo objeto es establecer la normativa básica de calidad para la elaboración y comercialización de la cerveza y de las bebidas de malta. La cerveza se define como alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales.

Además, establece que la cerveza debe presentar un pH inferior o igual a 5,5 y un amargor superior a 5 mg/l (1 mg/l de α isoácidos en cervezas equivale a una unidad de amargor IBU). Luego están prohibidas las siguientes prácticas en la elaboración. Manipulación y venta al consumidor final:

1. La transformación del almidón en azúcares, mediante hidrólisis exclusivamente ácida.
2. Cualquier manipulación o trasvase fuera de las instalaciones productivas, salvo que se realice con autorización de la empresa cervecera elaboradora.
3. La adición de alcohol, excepto el procedente del propio proceso de fermentación y elaboración de la cerveza.
4. La sustitución del lúpulo o sus derivados por otros principios amargos.
5. La neutralización después del proceso de fermentación.

En conclusión, podemos definir la cerveza como un alimento elaborado a partir de granos germinados de cereales fermentados mediante levaduras seleccionadas en agua, debiendo tener un mínimo en su composición de un 50% de malta de cebada además de lúpulo como aromatizante.

2.1.2 Características Nutricionales

Investigaciones biomédicas recientes han revelado que el consumo de cerveza moderado puede ser beneficioso para la salud. Como se puede ver en la tabla 1, la cerveza tiene un contenido alcohólico bajo (aproximadamente 4°–5°), no contiene grasas y tiene un aporte calórico moderado de alrededor de 45 kcal por cada 100 ml. Resaltan los siguientes componentes positivos para la salud de la cerveza:

- Carbohidratos: contiene fibra soluble y maltodextrinas, carbohidratos complejos de absorción lenta que al metabolizarse liberan glucosa.

- Proteínas: aunque la cerveza tiene un contenido proteico bajo, contiene todos los aminoácidos esenciales y muchos no esenciales.

- Minerales: la cerveza es rica en más de 30 minerales y elementos traza, destacan el magnesio, fósforo y potasio, es baja en sodio y actua como una bebida diurética.

- Vitaminas: la cerveza contiene vitaminas del grupo B, así como vitaminas A, D y E, siendo una fuente significativa de B6, B2 y B3. Un litro de cerveza cubre de las necesidades diarias el 35% de vit. B6, el 20% de la B2 y el 65% de la B3 niacina.

- Gas carbónico: la presencia de CO2 proporciona una sensación refrescante y promueve la circulación sanguínea, la salivación y una buena digestión.

- Polifenoles: contiene polifenoles con propiedades antioxidantes.

Energía (Kcal)	33
Proteínas (g)	0,3
Lípidos totales (g)	0
AG saturados (g)	0
AG monoinsaturados (g)	0
AG poliinsaturados (g)	0
ω-3 (g)	0
C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	0
Colesterol (mg/1000 kcal)	0
Hidratos de carbono (g)	2,4
Fibra (g)	0
Agua (g)	97,3
Calcio (mg)	7
Hierro (mg)	0,01
Yodo (µg)	—
Magnesio (mg)	6
Zinc (mg)	0,02
Sodio (mg)	11
Potasio (mg)	43
Fósforo (mg)	20
Selenio (µg)	Tr
Tiamina (mg)	Tr
Riboflavina (mg)	0,03
Equivalentes niacina (mg)	0,4
Vitamina B_6 (mg)	—
Folatos (µg)	4,1
Vitamina B_{12} (µg)	0,14
Vitamina C (mg)	0
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	Tr
Vitamina D (µg)	0
Vitamina E (mg)	0
Alcohol (g)	3,1

Tabla 1. – Composición de la cerveza por 100g de porción comestible.
Fuente. – Moreiras y col., (2013) *Tablas de Composición de Alimentos.*

2.1.3 Tipos de cerveza

En la actualidad, se encuentran disponibles una amplia gama de cervezas debido a la diversidad de ingredientes y procesos de elaboración disponibles. Además, existen múltiples criterios para clasificarlas, como el tipo de levadura utilizada (ale, lager), el país de origen (Belga, Alemana, Inglesa-Británica, Rusa, Americana, Báltica, Pilsen, Checa, Irlandesa, Vienesa, Berlinesa, Lambic, entre otras), el color o apariencia (pálida, ámbar, rubia, dorada, roja, marrón, helles, dunkel), el sabor o carácter (ligera, fuerte, stout, dubbel, tripel, añeja, amarga, frutal, agria, salada), los ingredientes utilizados (pilsner, trigo, centeno) e incluso la temporada de consumo (saison, Oktoberfest, entre otras). A nivel cuantitativo se establecen parámetros básicos para llevar a cabo la clasificación:

- Color.
  Se valora en "EBC" (European Brewery Convention), escala de la figura 4.

Figura 4. – Escala de color de la cerveza EBC

- Contenido en amargor.
  Valorado en "IBU" (International Bitterness Units).
  1 IBU = 1 mg de iso-α-ácidos del lúpulo por litro de cerveza.

Escala	Grado de amargor
5-20 IBU	Poco amarga
21-35 IBU	Amarga
36 - 50 IBU	Bastante amarga
> 50 IBU	Muy amarga

Tabla 2. – Escala de amargor valorado en IBU.

- Contenido en alcohol, valorado en % en alcohol o "ABV".
  El término significa "Alcohol by Volume" o "Alcohol por Volumen", es una medida que indica la proporción de alcohol presente en una cerveza. Se expresa en forma de porcentaje, representando la cantidad de alcohol contenida en 100 mililitros de cerveza. Además de indicar el nivel de alcohol,

el ABV también influye en el sabor, el cuerpo y la sensación alcohólica percibida al beber la cerveza.

ABV	Graduación alcohólica
<4,5%	Baja
4,5%-6,0%	Normal
6,1%-7,5%	Elevada
7,6%-10,0%	Alta
>10,0%	Muy Alta

Tabla 3. – Escala de graduación alcohólica en ABV.

- Densidades, valorado en "ESP" o "ESF" (Extracto Seco Primitivo o Final).
  El ESP también conocido como extracto del mosto original es el porcentaje de ingredientes orgánicos presentes en el mosto antes de que comience el proceso de fermentación en la producción de cerveza. Este valor incluye principalmente azúcares, proteínas, minerales y otros componentes disueltos que se derivan de los granos de malta y otros ingredientes utilizados durante la maceración. El ESP es crucial en la elaboración de cerveza ya que influye en el contenido de alcohol final y en las características sensoriales del producto terminado, como el cuerpo, la dulzura y la profundidad de sabor. Cuanto mayor sea el valor de ESP, mayor será la cantidad de azúcares presentes en el mosto, lo que generalmente resultará en una cerveza más robusta y con un mayor contenido de alcohol. Por otro lado, un bajo valor de ESP puede indicar una cerveza más ligera y refrescante.

  Según el Real Decreto 678/2016 se clasifican por lo expuesto en la tabla 4 a continuación. Por otro lado, el ESF representa el porcentaje de ingredientes orgánicos que hay en la cerveza tras el proceso de fermentación.

ESP	Clasificación
<13,0%	Cerveza normal
13,1% -14,9%	Cerveza especial
>15,0%	Cerveza extra

Tabla 4. – Clasificación cervezas según su ESP.

Sin embargo, en el aspecto industrial se clasifican los tipos de cerveza por el tipo de fermentación empleado, pudiendo ser de tres tipos:

- Alta fermentación ALE

Este tipo de cervezas se somete a un proceso de fermentación primaria a temperaturas relativamente altas, que oscilan entre los 13°C y los 25°C. Durante esta etapa, se utilizan levaduras de acción rápida, principalmente la Saccharomyces cerevisiae, lo que permite que el proceso de fermentación se complete en un período relativamente corto, normalmente entre dos y cinco días. La elección de temperaturas más cálidas para la fermentación está vinculada a las cervezas que tienen su origen en climas templados.

Después de la fermentación primaria, la cerveza pasa a través de una fase de fermentación secundaria y maduración, que puede llevarse a cabo en barriles o en botellas, y suele durar entre una y dos semanas. Durante este proceso, las células de levadura tienden a ascender hacia la superficie debido a su menor tamaño y a la producción de CO2, lo que permite que se puedan recolectar fácilmente al finalizar el proceso.

Es importante destacar que las cervezas de fermentación alta suelen caracterizarse por su amplia gama de sabores y aromas, así como por su complejidad, que se desarrolla gracias al proceso de fermentación a temperaturas más altas y a la utilización de levaduras específicas.

Existe un amplio número de estilos de cervezas de alta fermentación, entre ellas destacan: las de la familia Pale Ale, las IPA, las Amber-Red, las Porter-Stout, las Abbey o las Rye Beer.

- Baja fermentación LAGER

Este tipo de cervezas se fermentan a temperaturas menores de unos 8-16ºC, por lo que la velocidad de fermentación es menor, requiriendo de al menos 7 días y hasta 3 semanas. Se suele utilizar la levadura *saccharomyces pastorianus* o *saccharomyces Carlsbergensi*, que se depositan al fondo del tanque tras realizar la fermentación. Este tipo de levaduras son más delicadas y no tienen la capacidad de formar esporas. Debido a su proceso de atenuación más lento de los azúcares, estas cervezas tienden a tener un perfil de sabor más dulce.

Para su desarrollo óptimo, estas cervezas requieren un período de maduración prolongado, conocido como período de guarda, en el que se lleva a cabo a una segunda fermentación de los azúcares residuales a temperaturas bajas, generalmente entre 0 y 10°C, y una etapa de maduración adicional a 0°C. La duración del período de guarda puede variar significativamente, desde unas pocas semanas hasta varios meses, dependiendo del estilo y las preferencias del cervecero.

Debido a su asociación con climas más fríos, estas cervezas son apreciadas en regiones donde las temperaturas son más frescas. Además, son consideradas las cervezas más elaboradas a nivel industrial, debido a su proceso de producción más exigente y prolongado. Destacando dentro de este grupo las cervezas de la familia Pilsner, Amber Lager, Dark Lager o las Bock.

- Fermentación espontánea LAMBIC

Finalmente, existe un estilo de cerveza conocido como "fermentación espontánea" o "lambic". La principal característica de las cervezas lambic es que no utilizan cepas seleccionadas de levadura para su fermentación, sino que dependen de microorganismos presentes de forma espontánea en el ambiente. Especialmente se utiliza la levadura silvestre *Brettanomyces*, que se encuentran de forma natural en el ambiente donde se lleva a cabo la fermentación. Esta fermentación ocurre en recipientes abiertos diseñados específicamente para permitir el desarrollo del proceso de manera natural.

Las cervezas lambic suelen estar elaboradas a partir de una mezcla de malta de cebada y trigo, y en ocasiones se les añade fruta, como cerezas o fresas, durante una segunda fermentación. Normalmente, incluye alrededor del 30% al 40% de trigo crudo y el resto de cebada ligeramente malteada y se utiliza lúpulo de al menos tres cosechas anteriores para su elaboración. Esto les confiere sabores ácidos característicos que las distinguen.
Las lambic básicas tienden a tener muy poco gas y, por lo tanto, generan poca espuma. Tienen un contenido de alcohol que oscila entre el 4% y el 6% y son conocidas por ser muy secas. Algunos ejemplos de estas cervezas ácidas son las de estilo Gueze, Faro, Mars, Kriek lambic o Framboeze.

2.1.4 Märzenbier

La Märzenbier es una cerveza maltosa lager ámbar de origen alemán por lo tanto de la categoría de lager de baja fermentación.

La historia de la Märzenbier se remonta a sus raíces como una cerveza fuerte, elaborada originalmente en marzo y luego acondicionada en cuevas frías durante el verano. Su nombre, "Märzen", significa literalmente "marzo" en alemán, reflejando su histórica conexión con este mes de elaboración. Las versiones modernas de esta cerveza tienen sus inicios en la creación de Spaten en 1841, aunque el nombre "Märzen" ya estaba en uso antes de esta fecha. Inicialmente, estas cervezas eran de un color marrón oscuro, y en Austria, el término "Märzen" implicaba un nivel de resistencia específico (medido en grados Plato, 14°P), más que referirse a un estilo en particular.

Durante su evolución, la Märzenbier se convirtió en una lager ámbar alemana, que se ajustaba al estilo vienés de la época. Esta variante de la Märzenbier fue servida por primera vez en la Oktoberfest en 1872, marcando el inicio de una tradición que perduró hasta 1990. Durante casi un siglo, la Märzenbier fue la bebida emblemática de este festival de la cerveza en Múnich, Alemania. Sin embargo, en 1990, la cerveza estándar del festival cambió a la Festbier dorada, aunque muchas cervecerías todavía elaboran Märzen especiales para la Oktoberfest y otros eventos tradicionales.

Esta evolución histórica muestra cómo la Märzenbier ha pasado de ser una cerveza de elaboración estacional a convertirse en un estilo icónico y una parte integral de la cultura cervecera alemana.

Las cervezas Märzen se sitúan dentro de la amplia categoría de Lager Maltosa Ámbar Europea, según la guía BJCP. Estas cervezas presentan una variedad de tonos y colores, desde tonos ámbar hasta variantes más claras como las Helles Märzen y las más oscuras dunkles Märzen. La tonalidad puede variar dependiendo de la receta y el proceso de elaboración, y mientras que algunas versiones modernas de Oktoberfest alemanas tienden a ser más doradas, las más tradicionales suelen mostrar tonalidades más profundas y ricas, acercándose a los tonos clásicos de la Märzen.

En lo que respecta al sabor, las Märzen se caracterizan por su enfoque en la malta, que proporciona un perfil de sabor limpio y distinto, con notas de pan tostado y corteza de pan. Aunque el amargor del lúpulo está presente para equilibrar el dulzor y los sabores a caramelo, no es el protagonista, y las Märzen tienden a tener un final seco. La claridad en su apariencia es notable, con una espuma persistente que complementa su presentación visual.

En cuanto al contenido de alcohol, las Märzen generalmente oscilan alrededor del 6%, aunque pueden encontrarse variaciones que superan este porcentaje o caen por debajo de él, dependiendo del estilo específico de la cerveza. Esta variedad en el contenido de alcohol ofrece opciones para una amplia gama de paladares y ocasiones de consumo.

- Receta de la cerveza estilo Märzen.

Por lo general, la receta de un Oktoberfest/Märzen implica una cuidadosa combinación de diferentes tipos de malta para lograr su distintivo perfil de sabor y color. Las maltas Munich, 2-Row o Pilsner y Viena son las más comúnmente utilizadas en su elaboración. La malta Munich constituye típicamente alrededor del 50% de la mezcla, mientras que las maltas Pilsner o 2-Row contribuyen con el resto de los granos. Además, se puede sustituir entre un 10% y un 15% de la malta Munich por malta de Viena, lo que puede agregar matices adicionales al sabor y color de la cerveza.

Para enriquecer aún más el perfil de sabor y color, se pueden agregar otros tipos de maltas en cantidades menores. Por ejemplo, una pequeña cantidad de malta Crystal en un rango del 5 al 10% puede aportar notas sutiles de caramelo y dulzura. Asimismo, se puede incluir malta Múnich oscuro y/o Caravienne para intensificar el color sin agregar demasiado sabor a caramelo. Para mejorar la retención del cuerpo y la espuma, algunos cerveceros optan por añadir hasta un 5% de malta Cara-pils a la mezcla.

Tradicionalmente su utiliza la técnica de puré de decocción, aunque actualmente los cereales están bien modificados y es innecesario.
Respecto a la levadura, Se pueden utilizar Wyeast Bavarian lager 2308, Oktoberfest Blend 2633 y White Labs Oktoberfest/Märzen WLP820. También SAfLager S-23 puede funcionar bien si utiliza levadura seca.

El lúpulo desempeña un papel crucial en la elaboración de las cervezas Oktoberfest/Märzen, ya que su presencia equilibra el dulzor maltoso característico de este estilo sin dominar el perfil de sabor general. Según las pautas del BJCP (Beer Judge Certification Program), las cervezas Oktoberfest/Märzen no deben presentar un aroma pronunciado a lúpulo, sino más bien un sabor bajo a lúpulo y un amargor moderado en el paladar.

Para lograr este equilibrio adecuado, es importante seleccionar variedades de lúpulo nobles con bajos niveles de ácidos alfa. Entre las opciones más comunes se encuentran los lúpulos Hallertauer, Saaz y Tettnanger, conocidos por su suavidad y delicadeza en el sabor y el aroma. Además, variedades como Liberty y Mt. Hood también pueden ser adecuadas para este estilo, aportando matices sutiles que realzan el carácter maltoso de la cerveza sin dominarlo.

El perfil del agua sugerido por el BJCP para la cerveza Märzen debe ser blanda, del estilo del agua de Múnich. A continuación, se detalla en la tabla 6 la cantidad de iones en ppm.

Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO^{3-}
40	20	4	75	52	29

Tabla 5. – Concentración de iones en el agua de perfil Märzen (mg/L).
Fuente. – BJCP (Beer Judge Certification Program)

Por último, es importante saber los parámetros cuantitativos de este estilo de cerveza para poder fabricar la receta. En la tabla 7 se pueden ver los parámetros establecidos por el BJCP para una Märzenbier.

Familia	Denominación	ABV (%vol)	Amargor (IBU)	Densidades		Color (EBC)
				ESP	ESF	
Amber Lager	Märzen	5,6%-6,3%	18-25	1.054-1.060	1.010-1.014	8-17

Tabla 6. – Parámetros Märzenbier.
Fuente. – BJCP (Beer Judge Certification Program).

2.2 Microcervecería

Una microcervecería se define típicamente como una fábrica que produce una cantidad limitada de cerveza, con límites específicos que varían según el país. En

Estados Unidos, por ejemplo, una microcervecería produce menos de 15.000 barriles de cerveza al año, teniendo que vender al menos el 75% de su cerveza fuera del lugar de elaboración. Mientras que, en el Reino Unido, este límite es de menos de 5.000 hectolitros al año. Actualmente, The Brewers of Europe (representante de las asociaciones nacionales de cerveceros ante la Unión Europea) establece el límite de producción anual en 1.000 hectolitros y un mínimo de 240 hectolitros. Estas cervecerías tienen que ser de propiedad independiente, y se suelen centrar en la elaboración de cervezas únicas y de alta calidad, utilizando ingredientes y métodos tradicionales en su producción.

Las microcervecerías pueden operar bajo diferentes modelos de venta:

- Sistema de tres niveles: la microcervecería vende a un mayorista, quien vende a un minorista, quien vende al consumidor
- Sistema de dos niveles: la microcervecería actúa como el mayorista y le vende al minorista, quien vende al consumidor.
- Venta directa: la microcervecería vende al consumidor para llevar o a través de un restaurante o "tap room".

El auge de las microcervecerías se remonta a las décadas de los 70 y 80 en Estados Unidos y el Reino Unido, marcando el inicio de un movimiento que cambiaría el panorama cervecero a nivel mundial. Inspiradas en la tradición artesanal y la innovación, estas cervecerías empezaron a ganar popularidad, ofreciendo una alternativa a las cervezas comerciales producidas en masa.

En España y en Europa, el crecimiento de las microcervecerías ha sido notable en los últimos años, impulsado por una creciente demanda entre los consumidores de cerveza. La revolución de las cervezas artesanales ha llevado a un aumento significativo en la diversidad de productos disponibles en el mercado, así como a una mayor competencia y dinamismo en el sector. Desde su inicio en Barcelona hasta su expansión a otras regiones de España, el movimiento de las microcervecerías ha transformado el panorama cervecero llegando a abarcar en el año 2022 el 24% de la producción.

2.3 Estudio socioeconómico del sector

El sector cervecero es un componente clave de la industria alimentaria y de bebidas en España y en toda Europa. Para comprender mejor su impacto socioeconómico, este estudio se basa en datos proporcionados por Cerveceros de

España y Brewers of Europe, dos organizaciones líderes en la representación y promoción del sector cervecero en sus respectivos territorios.

En España, el sector cervecero está integrado en la Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB), que colabora estrechamente con diversos organismos europeos como la Confederación de Cerveceros Europeos (CBMC), la Confederación Europea de la Industria de Alimentación y Bebidas (CIAA) y la Convención de Técnicos Cerveceros Europeos (EBC), esta última dedicada a la investigación y mejora de la calidad del producto.

Además, los malteros en España están representados por la Asociación Sectorial Independiente, que forma parte de la Asociación Europea de Malteros (EUROMALT) y colabora con la EBC y el Comité Europeo de Normalización (CEN), demostrando el compromiso del sector con los estándares de calidad y la cooperación internacional.

2.3.1 Producción

- Producción de materias primas en España

En el año 2022, España destacó por su extenso cultivo de cebada, abarcando entre 2.4 y 2.5 millones de hectáreas dedicadas a este cultivo. De esta impresionante cosecha, aproximadamente 770,000 toneladas de cebada fueron destinadas específicamente a la producción de malta, un ingrediente fundamental en la fabricación de cerveza. La producción total de malta alcanzó las casi 550,000 toneladas, representando un valor económico que superó los 300 millones de euros. Como se puede observar en la figura 5 esto viene de una tendencia ascendente desde el año 2020, en la que hubo una recesión por la pandemia del COVID 19.

Además, es importante destacar que España es uno de los principales productores de cebada en Europa y un actor relevante en el mercado mundial de la malta. La calidad de la cebada española y la experiencia en su transformación en malta hacen que el país sea un importante proveedor para la industria cervecera, tanto a nivel nacional como internacional.

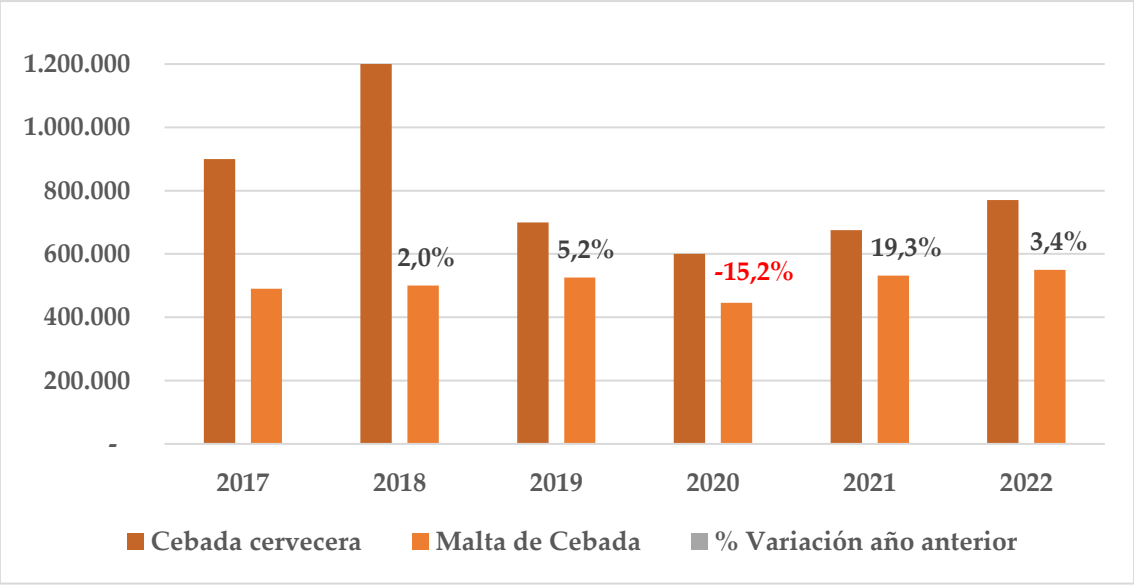


Figura 5. – Toneladas de cebada cervecera cultivadas y de malta de cebada elaboradas.
Fuente. – Informes Socioeconómico del sector de la cerveza en España (Cerveceros en España).

En España, el cultivo de lúpulo se concentra principalmente en la región de Castilla y León, que representa más del 90% del total de la producción nacional. Otras comunidades autónomas como Galicia, Cataluña, La Rioja, Navarra, País Vasco y Andalucía también contribuyen al cultivo de esta planta.

Durante el año 2022, la superficie cultivada de lúpulo en España alcanzó aproximadamente las 580 hectáreas, mostrando un ligero aumento con respecto al año anterior. Esta tendencia, como se puede observar en la figura 6, también se reflejó en la cosecha global, que se estima rondó las 1,000 toneladas de lúpulo en flor, según datos proporcionados por la principal empresa comercializadora de esta planta en el país (Hopsteiner).

Es relevante mencionar que, según los datos del 2021 del informe 2021/2022 de BarthHaas Group Report, España ocupaba el sexto lugar como productor de lúpulo en Europa, y el quinto en la Unión Europea, excluyendo al Reino Unido. Esta posición destaca la importancia del país en la producción de este componente esencial para la industria cervecera, tanto a nivel nacional como en el contexto europeo.

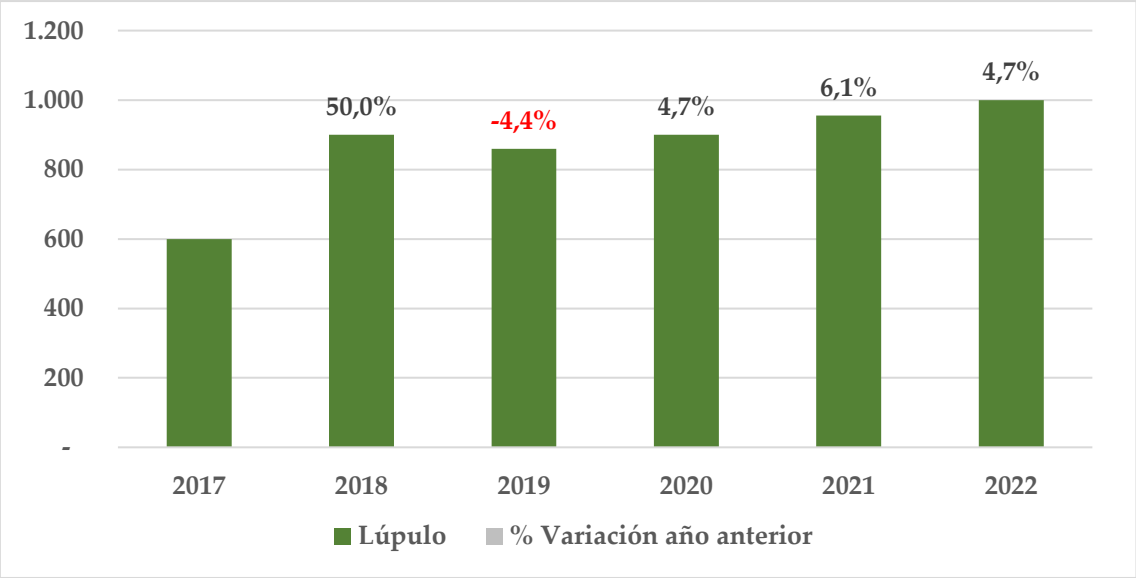


Figura 6. – Toneladas de lúpulo cultivado en España.
Fuente. – Informes Socioeconómico del sector de la cerveza en España (Cerveceros en España).

En 2019, el sector cervecero español se propuso una serie de objetivos ambiciosos para alcanzar para el año 2025, centrados en cuatro áreas clave: envases, energía, agua y reducción de la huella de carbono.

En cuanto a los envases, el sector ha estado trabajando para aumentar el uso de envases reutilizables en la hostelería, y en 2022 logró alcanzar casi el 79% del volumen de cerveza comercializada en este tipo de envases, acercándose al objetivo del 80%. Otro objetivo en esta área es incrementar el uso de botellas de vidrio reciclado al 80%, aunque actualmente se sitúa en el 70%, mostrando una mejora constante.

En materia de energía, el sector cervecero ha realizado avances significativos, con el 98,22% de la electricidad utilizada proveniente de fuentes renovables, lo que lo acerca a su meta de utilizar exclusivamente energía renovable antes de 2025. Además, se han superado otros objetivos, como que el 10% de la energía térmica consumida en la producción sea generada a partir de fuentes renovables, y se ha logrado un aumento del 40% en las compras que cumplen con requisitos ambientales.
El sector también está comprometido con la reducción de residuos, trabajando hacia el objetivo de residuo cero en la producción. En este sentido, se ha alcanzado el 99,2% de dicho objetivo. Destaca el caso del bagazo, que antes se consideraba un residuo, pero ahora se valora como un coproducto gracias a los

controles de calidad y sanitarios aplicados por las cerveceras. El bagazo, el cereal resultante del mosto utilizado en la producción de cerveza, ahora se utiliza en múltiples usos en la industria alimentaria, contribuyendo así a la economía circular del sector.

- Producción de cerveza en España

En 2022, se registraron un total de 491 industrias cerveceras en el Registro Sanitario en España, lo que representa una disminución de 16 respecto al año anterior. La comunidad autónoma con la mayor concentración de centros de producción sigue siendo Cataluña, con un total de 110, seguida de cerca por Andalucía con 72, y luego Castilla y León y la Comunidad Valenciana, ambas con 41 centros.

Si nos enfocamos en los centros que producen cerveza de manera regular y tienen actividad comercial, asociados a empresas cerveceras con una producción inferior a los 50.000 hectolitros, se estima que hay alrededor de 270 en funcionamiento. Es importante destacar que este sector experimenta un crecimiento dinámico, con nuevas microcervecerías y cervecerías artesanales emergiendo continuamente en todo el país. Este fenómeno refleja el creciente interés de los consumidores por la cerveza artesanal y la diversidad de sabores y estilos que ofrece el mercado cervecero español. Este tipo de cervecerías representaron en el año 2022 un 0,14% de la cuota de mercado, distribuido por el tipo de cervecerías según su cuota de producción como en la figura 7.

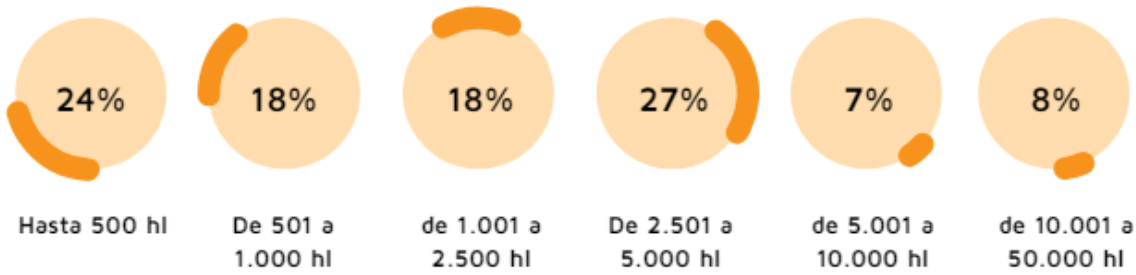


Figura 7. – Cuota de producción de las cerveceras que elaboran < 50.000 HL

Fuente. – Informe Socioeconómico del sector de la cerveza 2022 (Cerveceros en España).

Además, el año 2022 no ha sido favorable para las cerveceras con producciones menores a los 50.000 hectolitros, ya que se ha registrado un descenso del 3% tanto en la producción como en el número de centros operativos. En comparación con

el periodo prepandemia, se ha observado una disminución del 35% en el número de cerveceras y una reducción del 20% en la producción.

Es crucial destacar que la reactivación del consumo en el sector de la hostelería es de gran relevancia para este segmento, ya que constituye la principal vía de comercialización y consumo de las cervezas artesanales.

En este contexto, es interesante notar que el 76% de la cerveza elaborada en este segmento proviene del 20% de las fábricas. Asimismo, se ha observado un incremento tanto en el número de cerveceras como en la producción en el tramo de 501 a 1.000 hectolitros de producción. Esto sugiere una dinámica de crecimiento en ciertos segmentos del mercado cervecero artesanal, a pesar de los desafíos enfrentados por el sector en su conjunto.

Es de destacar que la tendencia de recuperación postpandemia llegó en el 2022 a datos de producción máximos en España, 41.136 hectolitros. En la figura 8 se puede ver los datos de producción anual considerando todos los tipos de cervezas, incluyendo sin alcohol, de bajo contenido en alcohol y mixtas. Esta tendencia supone un auge en del sector cervecero español a nivel nacional e internacional.

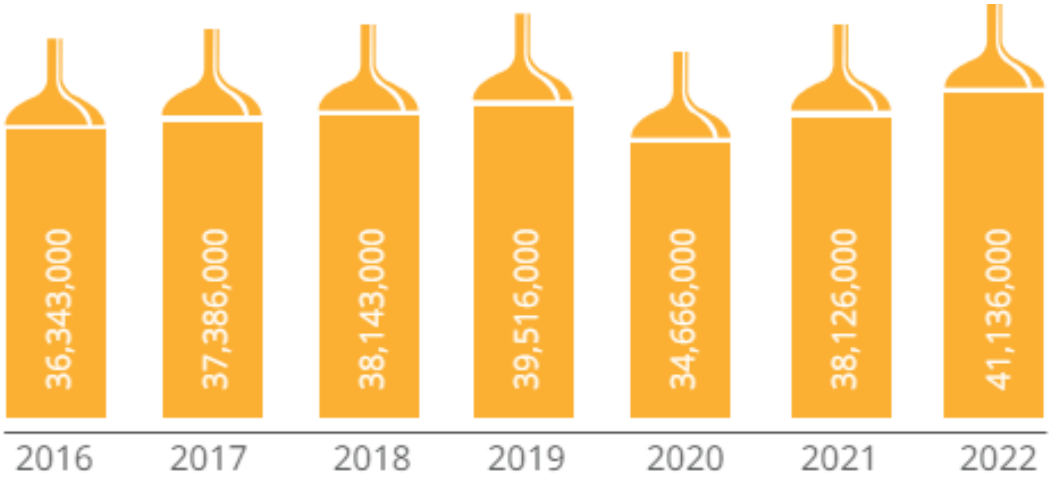


Figura 8. – Producción de cerveza anual en España en Hectolitros.
Fuente. – Key Figures 2022 of Spain (The Brewers of Europe).

- Producción de cerveza en Europa

En el año 2022, España alcanzó una producción récord de 41,1 millones de hectolitros de cerveza, lo que representa un notable aumento del 7,9% en

comparación con el año anterior. Este incremento consolida a España como el segundo mayor productor de cerveza dentro de la Unión Europea, quedando únicamente por detrás de Alemania, y como noveno a nivel mundial. En general Europa continúa creciendo en términos de producción de cerveza, con una tendencia del 5,6% llegando a los 401.945 millones de hectolitros.

Este notable logro se atribuye a diversos factores, entre los que se incluye la recuperación del turismo, que impulsó la demanda tanto en bares y restaurantes como en el consumo doméstico. Asimismo, la permanencia de los hábitos de consumo adquiridos durante la pandemia, donde el consumo de cerveza en el hogar ganó popularidad, ha contribuido significativamente a este crecimiento. Además, otro factor clave ha sido el notable incremento en las exportaciones de cerveza española durante el año 2022. El reconocimiento internacional de la calidad y variedad de las cervezas españolas ha impulsado su demanda en los mercados extranjeros, consolidando la presencia de España como un importante actor en el mercado cervecero a nivel global.

Las microcervecerías españolas a nivel europeo se encuentran en 7º puesto respecto al número de fábricas, como se puede observar en la figura 9. Siendo la tendencia a nivel europeo ascendente, habiendo crecido en el año 2022 un 43,5% desde el año 2016

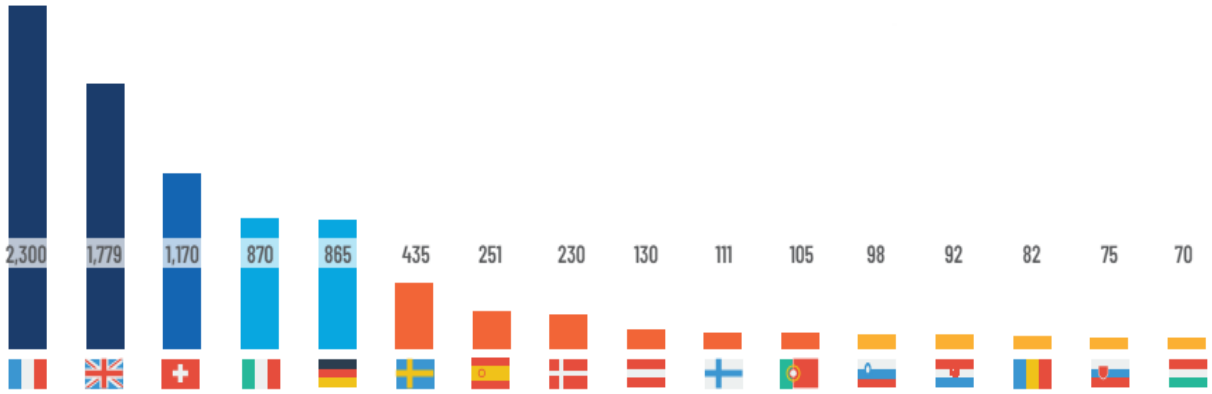


Figura 9. – Número de microcervecerías activas en el año 2022.
Fuente. – Statistics report of European beer trends 2023 (The Brewers of Europe).

2.3.2 Consumo

- Consumo de cerveza en España

A pesar de los desafíos experimentados por el sector cervecero español en el último año, con un descenso del 8,6% en las ventas con respecto al 2022 (figura 10). A pesar de ello el sector cervecero representa aproximadamente el 1,3% del Producto Interior Bruto (PIB) de España, además de desempeñar un papel crucial en la generación de empleo y la recaudación fiscal, contribuyendo con un 2,6% y un 2,7%, respectivamente. Concretamente, se mantuvieron alrededor de 540.000 puestos de trabajo en 2022.

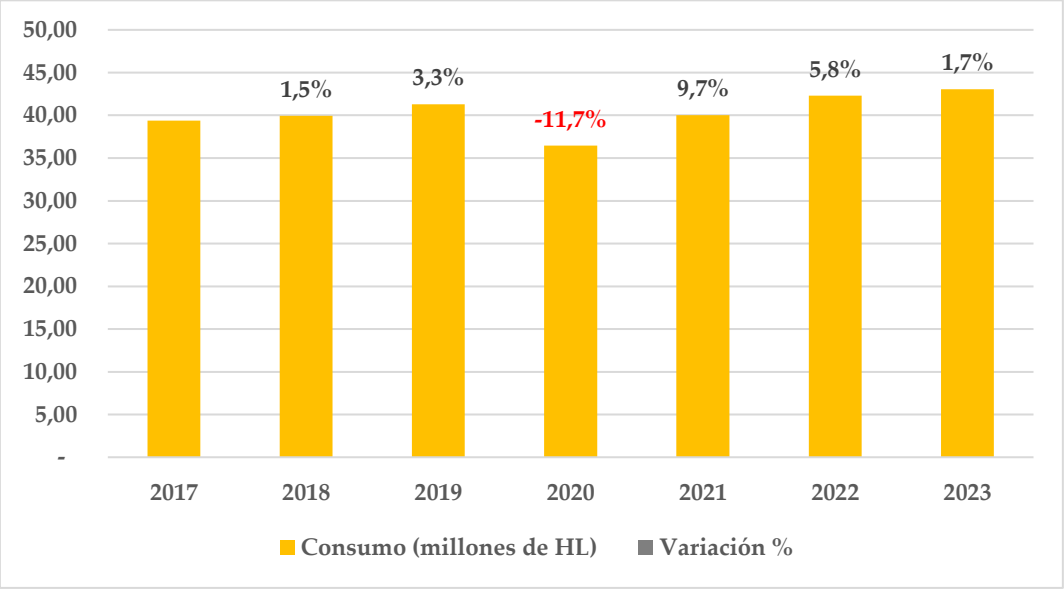


Figura 10. – Datos de consumo de cerveza en España.
Fuente. – Informes Socioeconómico del sector de la cerveza en España (Cerveceros en España).

Los datos del 2023 son los más altos desde la pandemia del 2020, suponiendo un impulso por parte de las organizaciones hosteleras en las acciones de venta para este 2024. De hecho, en este primer trimestre han aumentado las ventas hasta 8,2 millones de hectolitros de cerveza. Lo que representa una subida del 0,9% respecto al año anterior y un 6,9% comparado con el mismo periodo del 2022.

La importancia de la cerveza en la economía se refleja también en su impacto en el sector de la hostelería, donde representa aproximadamente el 25% de la facturación total de los servicios de restauración. Este papel es especialmente relevante en las zonas rurales, donde aproximadamente el 30% de los bares

podrían considerarse cervecerías, contribuyendo así a la dinamización económica y social de estos territorios.

En 2023, con un crecimiento cercano al 32%, se han alcanzado niveles máximos históricos en España. En línea con esta situación, el consumo de cerveza, estrechamente ligado a la hostelería, ha experimentado una evolución positiva pero no ha logrado recuperar las cifras previas a la pandemia. Mientras que, en 2019, cerca del 70% del consumo de cerveza se realizaba fuera del hogar, en 2023 este porcentaje se redujo a poco más del 60% (figura 11). A pesar de ello, la cerveza sigue siendo la bebida fría más consumida en hostelería, donde el 94% del consumo se lleva a cabo en un contexto social. Bebiendo de media la población española 58 litros de cerveza al año, datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

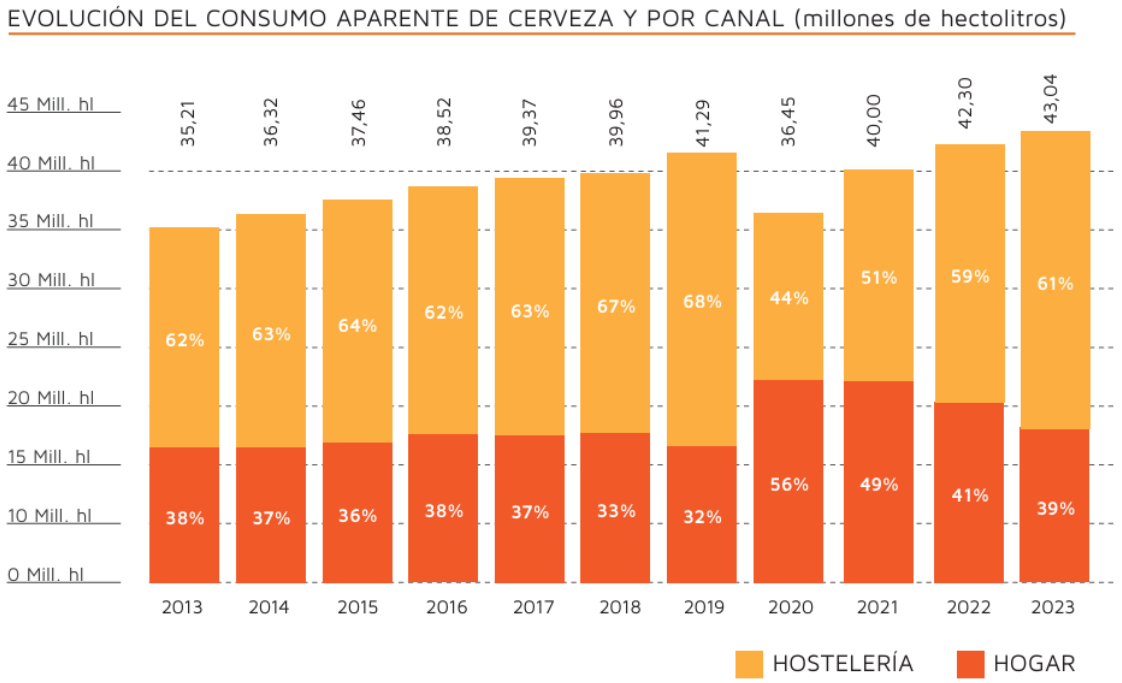


Figura 11. – Datos de consumo de cerveza en España.
Fuente. – Informes Socioeconómico del sector de la cerveza en España (Cerveceros en España).

Por otro lado, los datos muestran que la cerveza sin alcohol está ganando popularidad, representando casi el 13% del total del consumo de cerveza en España. Esta tendencia sugiere un cambio en las preferencias del consumidor, donde se valora el sabor y la frescura de la cerveza sin alcohol, especialmente en situaciones donde se requiere abstenerse de consumir alcohol, como al conducir.

Esto refleja una alta responsabilidad por parte de los consumidores españoles y una adaptación a estilos de vida más saludables y conscientes.

- Consumo de cerveza en Europa

Un análisis exhaustivo de las tendencias del sector cervecero en 2023 revela un dato inusual: por primera vez desde la vuelta a la normalidad posterior al Covid-19, se registró una disminución del 0,7% en las ventas globales de cerveza en comparación con el año anterior. Sin embargo, a nivel europeo, el consumo continúa siendo un 5,3% superior a los niveles registrados en 2020, lo que sugiere una tendencia positiva en el continente.

En el contexto europeo, España ocupó el tercer lugar en consumo de cerveza en 2022, solo por detrás de Alemania y el Reino Unido (figura 12). Sin embargo, cuando se considera el consumo per cápita, España se sitúa en el puesto 16 a nivel europeo, con un consumo que representa aproximadamente el 58% menos que el líder del ranking, la República Checa, que registra un consumo de 136 litros por habitante.

A pesar de ocupar un lugar destacado en el consumo total de cerveza en Europa, el consumo per cápita en España aún está por debajo de muchos otros países europeos, lo que sugiere un potencial de crecimiento en el mercado interno. Además, la disminución en las ventas globales de cerveza en 2023 en comparación con años anteriores podría indicar la necesidad de adaptarse a cambios en las preferencias del consumidor o a nuevas dinámicas del mercado.

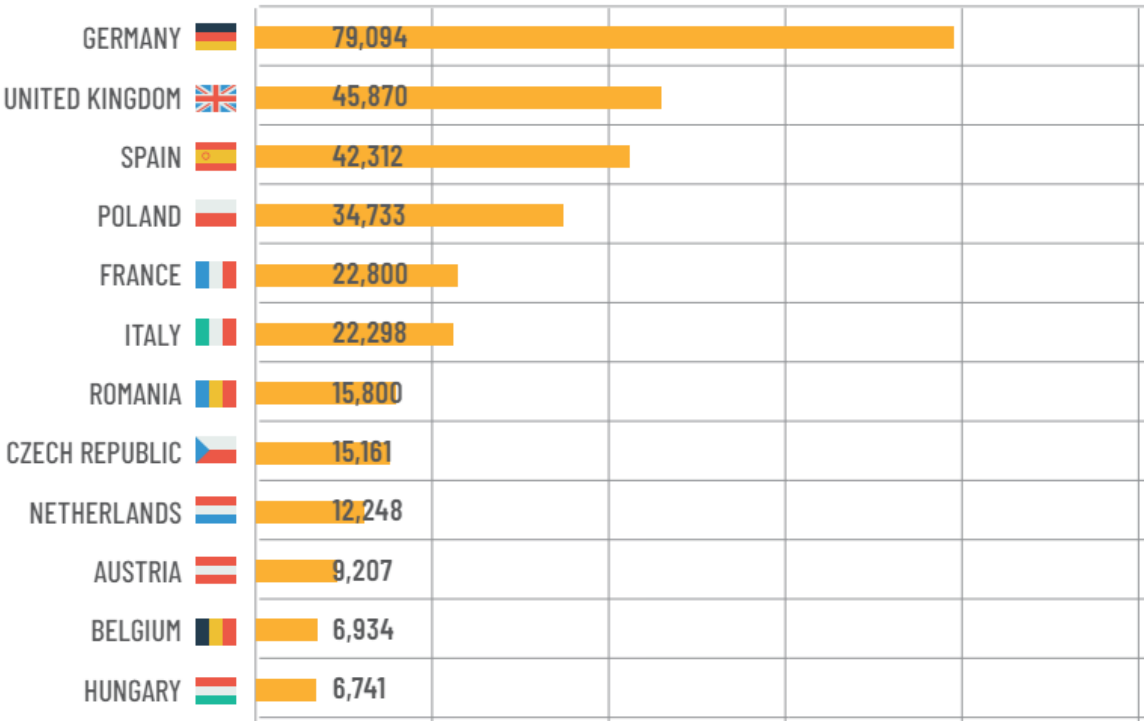


Figura 12. – Ranking por países del consumo de cerveza en el año 2022.
Fuente. – Statistics report of European beer trends 2023 (The Brewers of Europe).

El análisis del consumo y las ventas en el sector de la hostelería no solo revela tendencias en el mercado, sino que también influye en los tipos de envases utilizados para comercializar la cerveza. En establecimientos de hostelería, los formatos de barril representan la opción preferida, alcanzando el 47,5% del mercado, seguidos de las botellas reutilizables, que representan el 31,2%. Esta preferencia por los envases reutilizables ha llevado a que aproximadamente el 79% de la cerveza servida en este canal se distribuya en envases de este tipo. En cuanto al panorama general de la cerveza comercializada, los envases reutilizables han ganado terreno, representando el 40,2% del total, en comparación con el 35% registrado en 2021. A pesar de este aumento, aún no se ha alcanzado el nivel de distribución por envase observado en 2019, que ascendía al 44,5%.

En cuanto al material de los envases, el vidrio sigue siendo el más utilizado, con un 38% de la cerveza comercializada en botellas de vidrio, seguido de cerca por la lata, que representa otro 38% del mercado. Por otro lado, los barriles representan el 24% del mercado, mostrando una recuperación de más de cuatro puntos porcentuales con respecto al año anterior.

2.3.3 Comercio Internacional

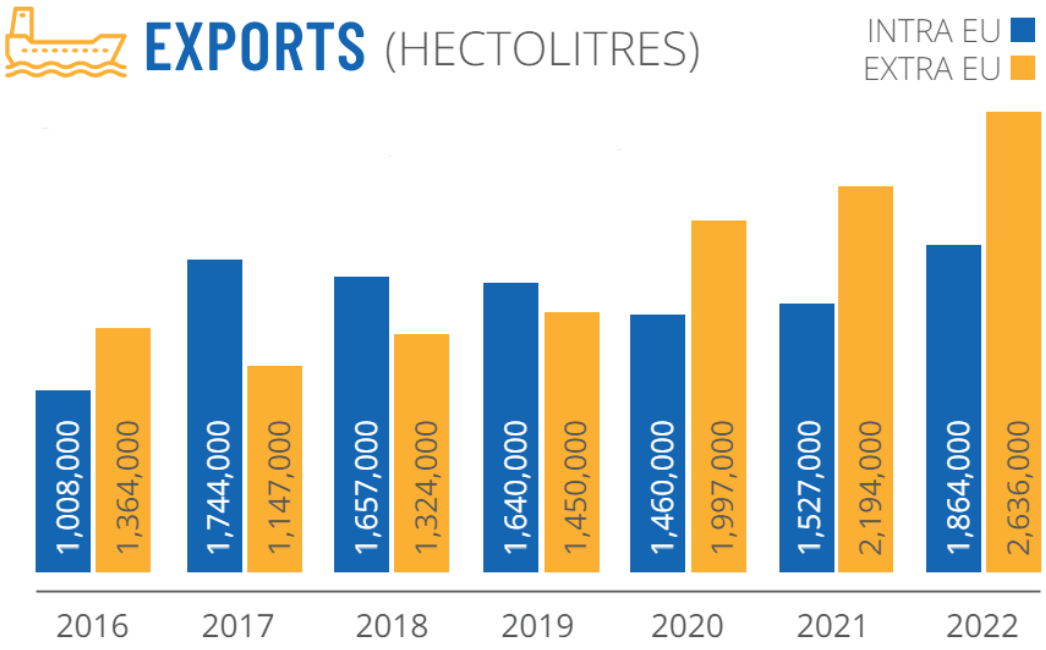
Durante el año 2022, se consolidó la tendencia alcista de las exportaciones de cerveza española, experimentando un incremento del 13,4% en comparación con el ejercicio anterior, lo que llevó el volumen total exportado a alcanzar los 4,2 millones de hectolitros. Este crecimiento se suma a la notable expansión registrada en el último trienio, acumulando un aumento del 36,8% con respecto a 2019 (figura 13). Estos datos refuerzan la reputación y calidad de las cervezas españolas, consolidando nuestro sector como un referente internacional.

Es importante destacar que las exportaciones de cerveza española abarcan diversos destinos internacionales. Durante el año 2022, Portugal se mantuvo como el principal mercado importador, representando el 28% del total de las exportaciones y experimentando un crecimiento del 16% en comparación con el año anterior. En segundo lugar, se encuentra Reino Unido, que importa el 13% de las cervezas españolas exportadas. Otros destinos relevantes incluyen China y Guinea Ecuatorial.

Sin embargo, es importante señalar que tanto China como Guinea Ecuatorial mostraron una reducción en su cuota de importación de cerveza española durante el año 2022. China redujo sus importaciones en un 3%, mientras que Guinea Ecuatorial experimentó una disminución del 13% en comparación con el año anterior. Estas variaciones pueden estar influenciadas por una variedad de factores, como cambios en las preferencias del consumidor, fluctuaciones en la demanda del mercado y condiciones económicas globales.

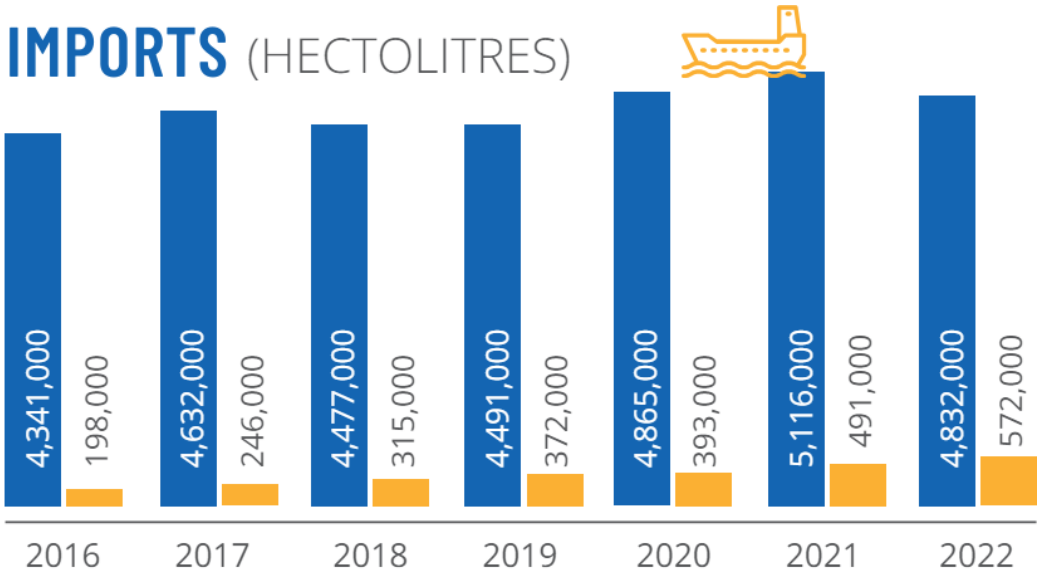
En contraste con el aumento de las exportaciones, las importaciones de cerveza en España experimentaron una ligera disminución en el año 2022, reduciéndose en un 3,63% con respecto al año anterior, alcanzando un total de 5,4 millones de hectolitros (figura 14).

Entre los países de origen de las importaciones, Bélgica se mantiene como el principal proveedor de cerveza importada a España, con un volumen de 2 millones de hectolitros, lo que representa un incremento del 9% con respecto a 2021. Sin embargo, es importante destacar las reducciones significativas en las importaciones procedentes de otros países europeos, como Francia, Portugal y los Países Bajos. Francia experimentó una disminución del 10%, mientras que Portugal y los Países Bajos redujeron sus envíos en un 20% cada uno, en comparación con el año anterior.



Figuras 13. – Datos de exportaciones de cerveza en España.

Fuente. – Statistics report of European beer trends 2023 (The Brewers of Europe).



Figuras 14. – Datos de importaciones de cerveza en España.

Fuente. – Statistics report of European beer trends 2023 (The Brewers of Europe).

3. LEGISLACIÓN

3.1 Marco legislativo referente al producto

El marco legal para la producción de cerveza en España se establece principalmente a través del Real Decreto 678/2016, el cual define los estándares de calidad para la cerveza y las bebidas de malta.

Además, el Reglamento (UE) nº 178/2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, es de aplicación directa y no requiere ser transpuesto a la normativa nacional. Este reglamento establece los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria, incluida la creación de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y los procedimientos relacionados con la seguridad alimentaria. Este reglamento se fundamenta en dos pilares fundamentales: el análisis de riesgos y la trazabilidad, aspectos de vital importancia en la industria alimentaria.

Además, desde el 1 de enero de 2006, se aplica el Reglamento (UE) nº 852/2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, que aborda específicamente la higiene de los productos alimenticios, garantizando altos estándares de seguridad en la producción de alimentos, incluida la cerveza.

3.2 Marco legislativo referente a la ingeniería del proyecto

3.2.1 Marco legislativo referente al proceso de envasado

El envasado de la cerveza está regulado por el Real Decreto 1055/2022, que establece normas sobre las cantidades nominales para productos envasados y el control de su contenido efectivo. Además, el Reglamento (CE) N°1935/2004 y el Real Decreto 703/1988 especifican las características de los recipientes utilizados para envasar la cerveza.

3.2.2 Marco legislativo referente al proceso de etiquetado

El etiquetado de la cerveza sigue las normativas establecidas en el Real Decreto 1334/1999 y el Real Decreto 1472/1989, que aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios. Además, el Reglamento (UE) No 1169/2011 proporciona información alimentaria al consumidor.

3.2.3 Marco legislativo referente a la normativa urbanística

La normativa urbanística aplicable a las instalaciones de producción de cerveza se rige por la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid: Esta ley regula el régimen del suelo y ordenación territorial en la Comunidad de Madrid, estableciendo los principios y criterios para la ordenación y gestión del suelo, así como los instrumentos de planeamiento urbanístico. Además, se debe cumplir el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Las Rozas de Madrid y la normativa urbanística municipal específica.

3.3 Marco legislativo referente a la fiscalidad

La fiscalidad relacionada con la producción de cerveza se encuentra regulada por la Ley 38/1992, de Impuestos Especiales, que establece los impuestos sobre el alcohol y otros productos relacionados. Regula los impuestos relacionados con la producción de cerveza, basándose en el extracto seco primitivo del mosto original. El Real Decreto 1165/1995, de 7 de julio, establece las condiciones detalladas de aplicación de la Ley en forma de Reglamento.
Los tipos impositivos se actualizan mediante la Ley General de Presupuestos del Estado.

3.4 Marco legislativo referente al medioambiente

La producción de cerveza está sujeta a regulaciones ambientales establecidas en el Real Decreto Legislativo 1/2016 y la Ley 21/2013, que abordan la prevención y control integrados de la contaminación. Además, la Ley 34/2007 y el Real Decreto 100/2011 establecen normativas sobre la calidad del aire y la protección de la atmósfera. Las actividades relacionadas con la gestión de residuos están reguladas por el Real Decreto 1055/2022 y otros decretos específicos relacionados con la gestión de residuos peligrosos. En este se establece que hay que reducir el peso de los residuos de envases producidos del 13% en 2025, y del 15% en 2030, respecto a los generados en 2010. Teniéndose que establecer un Plan Empresarial de Prevención de residuos de envase (PEP), con recomendaciones establecidas por Ecovidrio de la mano de Cerveceros de España.

4. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 1.

Añón, A. Dª. (2021). Tema 11 La Industria cervecera, Procesos y tecnología en la industria de cereales. Grado en Ingeniería Alimentaria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

Balmaseda, I. (2021). Seminario: Adjuntos en cervecería. ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

Beer judge certification program. (2024). https://www.bjcp.org/?s=marzen

Caballero J.M., Cuesta J. M., (2024, 9 de febrero). BOE. *Código de la Cerveza*.

Cervecistas (2016, agosto 17). Cervecistas - Conocer, saber y compartir cervezas. https://www.loscervecistas.es/

Cerveceros en España. (2024, febrero 8) Las ventas del sector cervecero español caen por primera vez tras la pandemia. https://cerveceros.org/noticias/las-ventas-del-sector-cervecero-espanol-caen-por-primera-vez-tras-la-pandemia

Cerveceros en España. (2024, abril 11). Últimas cifras disponibles de Cerveceros de España. Recuperado 15 de mayo de 2024, de https://cerveceros.org/uploads/65a6b2269daa9__16.01.24.pdf

Cerveceros en España. (2023, junio 19). Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España en 2022. https://cerveceros.org/uploads/649013fb45149__Informe_Socioeconomico_Cerveza2022.pdf

Cerveceros en España. (2024, junio 12). Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España en 2023. https://cerveceros.org/uploads/6669bc999bca5__Informe%20Socioeconomico%202023%20final%20pgs%20simples.pdf

Cerveceros en España. (s. f.). *Transparencia* - Recuperado 15 de mayo de 2024, de https://cerveceros.org/transparencia

Cervezódromo (2022, enero 10); Perfiles de agua para cerveza. https://cervezodromo.es/agua/

Fernández, D. (2022, enero 8). *¿Cuál es la cerveza más antigua de España? La Razón.* https://www.larazon.es/cataluna/20220107/g4rjl6ty4va67axqndatx3mxry.html

Golden. (2020, noviembre 30). Historia de la cerveza en España. https://www.cerveceriagolden.com/historia-cerveza-espana/

Hieronymus, S. (2012). *For the love of hops: The practical guide to aroma, bitterness & the culture of hops*. Brewers Publications.

Peel, A. (2020, abril 14). Historia de la cerveza en España y su origen. Bon Viveur. https://www.bonviveur.es/preguntas/la-cerveza-en-espana-origen-e-historia

Red, B. in. (2011, septiembre 1). *Historia de la cerveza, origen, tipos, elaboración. Barmaninred.com*. https://www.barmaninred.com/2011/09/historia-de-la-cerveza-origen-tipos.html

Sánchez, C. L., Franco, L., Bravo, R., Rubio, C., Rodríguez, A. B., Barriga, C., & Cubero, J. (2010). *Cerveza y salud, beneficios en el sueño. Revista Española de Nutrición Comunitaria*.

Thanos, S. (2023, octubre 8). How to brew Oktoberfest beer [märzen]: Malty magic of Bavarian biergartens. Homebrew Academy; Homebrew Academy LLC. https://homebrewacademy.com/oktoberfest-marzen-recipe/

The Brewers of Europe. (2023, noviembre 30). European beer trends, statistics report | 2023 edition. https://brewersofeurope.eu/wp-content/uploads/2023/11/european-beer-trends-2023-web.pdf

ANEJO 2. INGENIERÍA DEL PROCESO

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 2.

1. INTRODUCCIÓN. **1**

2. MATERIAS PRIMAS. **2**

2.1 Características de las materias primas. **2**

2.1.1 Agua. 2

2.1.2 Malta de cebada. 8

2.1.3 Levadura. 15

2.1.4 Lúpulo. 19

2.1.5 Adjuntos. 26

2.1.6 Otros ingredientes. 29

2.2 Aprovisionamiento de materias primas. **30**

2.2.2 Agua. 30

2.2.2 Malta de cebada. 31

2.2.3 Levadura. 33

2.2.4 Lúpulo. 34

2.2.5 Otros ingredientes. 35

3. ENVASES Y MATERIALES AUXILIARES. **36**

3.1 Características de envases y materiales auxiliares. **36**

3.1.1 Envases primarios. 36

3.1.2 Envases secundarios. 40

3.1.3 Envases terciarios. 41

3.1.4 Materiales auxiliares. 42

3.2 Aprovisionamiento de envases y materiales auxiliares. **47**

3.2.1 Envases primarios. 47

3.2.2 Envases secundarios. 50

3.2.3 Envases terciarios. 51

3.2.4 Materiales auxiliares. 52

4. PROCESO PRODUCTIVO. **54**

4.1 Operaciones unitarias del proceso productivo. **54**

4.1.1 Recepción de materias primas y almacenamiento. 54

4.1.2 Tratamiento del agua. 55
4.1.3 Molienda – Trituración de la malta. 56
4.1.4 Maceración. 58
4.1.4.1 Filtración del mosto (Caldera de extracción). 60
4.1.6 Cocción. 62
4.1.7 Clarificación – Whirpool. 63
4.1.8 Enfriamiento y aireación (Filtración). 64
4.1.9 Fermentación. 66
4.1.10 Maduración - Guarda. 67
4.1.11 Clarificación – Filtración. 68
4.1.12 Carbonatación. 69
4.1.13 Esterilización – Pasteurización. 71
4.1.14 Envasado. 73
4.1.15 Almacenamiento y expedición. 75
4.1.16 Limpieza y desinfección. 77
4.2 Balance de materias primas, envases y materiales auxiliares. 79
4.3 Diagrama de flujo del proceso productivo. 88
5. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. 90
5.1 Condicionantes y calendario de producción. 90
5.2 Selección de materias primas, envases y material auxiliar. 93
5.3 Selección de la maquinaria y equipos. 96
5.3.1 Recepción de materias primas y almacenamiento. 96
5.3.2 Tratamiento del agua. 101
5.3.3 Molienda – Trituración de la malta. 103
5.3.4 Preparación del mosto: maceración, cocción y clarificación. 104
5.3.5 Enfriamiento y aireación (Filtración). 106
5.3.6 Fermentación. 107
5.3.7 Maduración - Guarda. 109
5.3.8 Clarificación – Filtración 110
5.3.9 Esterilización – Pasteurización. 111
5.3.10 Envasado. 112
5.3.11 Almacenamiento y expedición. 114

5.3.12 Limpieza y desinfección. 117
5.3.13 Resumen maquinaria. 120
5.4 Mano de obra. **121**
6. BIBLIOGRAFÍA ANEJO 2. ..... **123**

ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEJO 2.

Figura 1. - Balance de agua para la elaboración de 1 Hl de cerveza **3**
Figura 2. – Estructura de un grano de cebada. **9**
Figuras 3 y 4. – Cebada de 2 carreras y de 6 carreras. **11**
Figuras 5 y 6. – Gráficas de fases de crecimiento de la levadura y la variación de compuestos en la fermentación. **17**
Figuras 7 y 8. – Partes de la flor del lúpulo y composición de las glándulas de lupulina. **21**
Figura 9. – Clasificación de adjuntos cerveceros según el momento de adición.**28**
Figura 10. Cuotas de servicio fija de agua del uso industrial. **30**
Figura 11. Cuotas variables del agua de uso industrial **31**
Figuras 12 y 13. Tipos de envasado de la malta: (Big bag de 1.000 kg y saco de 25 kg). **32**
Figuras 14 y 15. Tipos de envasado de la levadura: (Sobre de levadura seca de 10g y vial de levadura líquida de 125 ml). **33**
Figura 16. – Tipología de botellas de vidrio para cerveza. **37**
Figura 17. – Ejemplo de etiqueta del envase primario. **44**
Figura 18. – Ejemplo de etiqueta del palet. **46**
Figura 19. – Diagrama de flujo del proceso productivo. **89**
Figura 20. – Calendario de producción. **92**
Figura 21. – Transpaleta manual AM 22. ..... **97**
Figura 22. – Carro elevador BT Staxio SWE120L. **98**
Figura 23 y 24. – Muelle de carga y plataforma ajustable. **99**
Figura 25. – Cámara frigorífica modular. **100**

Figura 26. – Ejemplo de estanterías selectivas de alta capacidad. **101**
Figura 27. – Tanque de 1.200 litros modelo ZT-1200. ..... **102**
Figura 28. –Molino de seis rodillos MMR-600. ..... **104**
Figura 29. –Sala de cocción Slowbeer Plus 2000HL. **105**
Figura 30. – Intercambiador de calor y aireador (PHE 1000). **107**
Figura 31. – Fermentadores atmosféricos termo-aislados de 1.000 litros. **108**
Figura 32. – Fermentadores atmosféricos termo-aislados de 1.000 litros. **109**
Figura 33. – Filtro de placas P-Series. **110**
Figura 34. –Pasteurizador flash. **112**
Figura 35. – Llenadora-enjuagadora automática Microbrew Canning Line. **113**
Figura 36. – Cinta transportadora X65 Conveyor System **113**
Figura 37. – Etiquetadora Modular Labeler **114**
Figura 38. – Empaquetadora Vega Wrap Around. **115**
Figura 39. – Robot paletizador automático M-410iB/160. ..... **116**
Figura 40. – Retractiladora para palets Rotoplat 3000 HD. **117**
Figura 42. – Depósitos de sosa y ácido PRFV para productos corrosivos. **118**
Figura 43. – Bomba de recirculación CR 10. ..... **119**
Figura 44. – Tuberías y válvulas Unique Mixproof. **120**

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 2.

Tabla 1. – Concentración de iones en el agua de Madrid el 01/04/2024 (mg/L). .. **7**
Tabla 2. – Concentración de iones en el agua de Múnich (mg/L). **8**
Tabla 3. – Concentración de iones en el agua perfil Märzen (mg/L). **8**
Tabla 4. – Tipos de adjuntos sólidos y sus preparados **27**
Tabla 5. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de malta de cebada. **32**
Tabla 6. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de levadura. **34**
Tabla 7. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de lúpulo. **35**

Tabla 8. – Comparación de los costes unitarios de los aditivos del agua. 35
Tabla 9. – Comparación de los costes unitarios de los aditivos del agua. 37
Tabla 10. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de botellas de vidrio. 48
Tabla 11. – Comparación de los costes unitarios de tapones corona. 49
Tabla 12. – Comparación de los costes unitarios de latas de metal 50
Tabla 13. – Comparación de los costes unitarios de envases secundarios. 51
Tabla 14. – Datos logísticos de los envases secundarios. 51
Tabla 15. – Comparación de los costes unitarios de envases terciarios. 52
Tabla 16. – Comparación de los costes unitarios de materiales auxiliares. 53
Tabla 17. – Etapas del proceso de maceración por infusión múltiple. 60
Tabla 18. – Tabla de valores de aprovechamiento del lúpulo (Ray Daniels). 84
Tabla 19. – Tabla resumen del balance de materias primas, envases y material auxiliar. 87
Tabla 20. – Tabla resumen de los tiempos del proceso productivo por etapas. . 91
Tabla 21. – Relación de referencias y SKUs. 94
Tabla 22. – Selección de materias primas, rotación y abastecimiento. 94
Tabla 23. – Información logística de las materias primas. 95
Tabla 24. – Selección de envases y material auxiliar, rotación y abastecimiento. 95
Tabla 25. – Información logística de los envases y materiales auxiliares. 96
Tabla 26. – Detalles técnicos del transpaleta manual AM 22 (Jungheinrich) 97
Tabla 27. – Detalles técnicos de la Carro elevador BT Staxio SWE120L (Toyota) 97
Tabla 28. – Detalles técnicos del muelle de carga de Loading Systems. 98
Tabla 29. – Detalles técnicos de la cámara frigorífica modular (Friocontrol) 99
Tabla 30. – Detalles técnicos de la estantería selectiva de alta capacidad (Mecalux). 100
Tabla 31. – Detalles técnicos del tanque de preparación de agua (Letina ZT-1200). 102

Tabla 32. – Detalles técnicos del molino de seis rodillos MMR-600 (Czech Mini Breweries). **103**

Tabla 33. – Detalles técnicos del equipo de cocción (Slowbeer Plus 2000HL).. **105**

Tabla 34. – Detalles técnicos del intercambiador de calor y aireador (Alfa Laval / PHE 1000). **106**

Tabla 35. – Detalles técnicos del fermentador de 1.000 litros (Slowbeer)..... **108**

Tabla 36. – Detalles técnicos del fermentador de 1.000 litros (Slowbeer)..... **109**

Tabla 37. – Detalles técnicos del filtro de placas P-Series (Ziemann International). **110**

Tabla 38. – Detalles técnicos del pasteurizador flash (Comac). **111**

Tabla 39. – Detalles técnicos de la llenadora-enjuagadora automática (Comac). **112**

Tabla 40. – Detalles técnicos de la cinta transportadora X65 Conveyor System (FlexLink). **113**

Tabla 41. – Detalles técnicos la etiquetadora Modular Labeler (LabelOn™).... **114**

Tabla 42. – Detalles técnicos de la empaquetadora Vega Wrap Around (OCME). **115**

Tabla 43. – Detalles técnicos del robot paletizador automático M-410iB/160 (Fanuc). **115**

Tabla 44. – Detalles técnicos de la retractiladora para palets Rotoplat 3000 HD (Robopac). **116**

Tabla 45. – Detalles técnicos de los depósitos de sosa y ácido PRFV (Biotanks). **118**

Tabla 46. – Detalles técnicos de la bomba de recirculación CR 10 (Grundfos). **119**

Tabla 47. – Detalles técnicos las tuberías y válvulas Unique Mixproof (Alfa Laval). **119**

Tabla 48. – Resumen de la maquinaria y equipos necesarios en la microcervecería. **120**

1. INTRODUCCIÓN.

En el presente anejo se desarrollará la ingeniería del proceso de una microcervecería automatizada con una capacidad de producción de 80,000 litros al año, ubicada en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid). Este documento detallará todas las fases involucradas en la producción de cerveza, desde la selección y aprovisionamiento de materias primas hasta la distribución del producto terminado.

Inicialmente, se procederá a la selección de las materias primas esenciales para la elaboración de la cerveza, incluyendo la identificación de proveedores y el análisis de costes asociados. Se abordarán también las necesidades de almacenamiento para garantizar la correcta conservación de estos insumos.

Seguidamente, se discutirá la elección de los envases y materiales auxiliares necesarios para el envasado y presentación del producto final. Este apartado incluirá la selección de proveedores, costes, y las necesidades de almacenamiento correspondientes.

El proceso productivo será descrito en detalle, abarcando las operaciones unitarias, la maquinaria requerida, y el balance de materias primas. Se presentará un diagrama de flujo que ilustrará cada etapa del proceso, facilitando la comprensión de las interacciones entre las diferentes fases de producción.

Finalmente, se abordarán los aspectos específicos de la ingeniería del proceso, incluyendo los condicionantes y calendario de producción, el cálculo y dimensionado de los equipos, y la gestión del almacenamiento, control de stock, y distribución del producto terminado. Este anejo proporcionará una visión completa y detallada del proceso productivo de la microcervecería, asegurando su viabilidad técnica y económica.

2. MATERIAS PRIMAS.

En la elaboración de la cerveza se requieren de cuatro materias primas esenciales como son el agua, la malta de cebada, la levadura y el lúpulo. Adicionalmente, se pueden utilizar adjuntos u otros ingredientes que aporten un valor extra al producto final.

A continuación, se entrará en detalle de las características de las materias primas específicas requeridas para el estilo de cerveza solicitado por el promotor, Märzenbier. Para ello, se realizará una comparativa y selección de proveedores considerando sus costes y sus necesidades de almacenamiento.

2.1 Características de las materias primas.

En este punto se va a detallar las características fisicoquímicas de todas las materias primas necesarias para la elaboración de la cerveza estilo Märzen.

2.1.1 Agua.

En la cerveza la materia prima mayoritaria tanto en su composición como en el proceso productivo es el agua. Como se puede observar en la figura 1 en su totalidad se emplean hasta 7-8 litros de agua por litro de cerveza, componiendo ente un 90-95% del producto final.

Es por lo tanto que el agua juega un papel fundamental en el proceso de la elaboración, siendo crucial la calidad del agua en las características organolépticas y calidad de la cerveza terminada. En la fabricación se diferencian tres tipos: el agua de elaboración, el agua de suministro y el agua de limpieza. Que como se observa a lo largo del balance de la figura 1, se distribuye a lo largo de todo el proceso productivo.

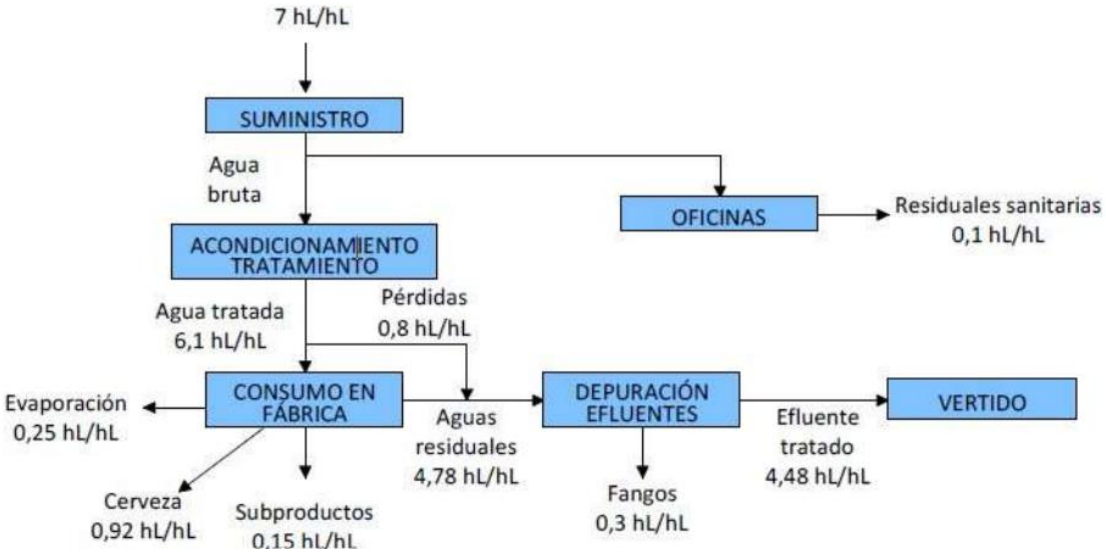


Figura 1. - Balance de agua para la elaboración de 1 Hl de cerveza

Fuente. – Briggs, D.E. (2004) *Brewing: Science and Practice*

Con respecto al agua de elaboración, se deben tener en cuenta las siguientes tres propiedades que afectan al sabor, aroma y calidad final de la cerveza:

- Composición mineral, el agua utilizada en la elaboración de la cerveza contiene sales minerales que pueden influir en el perfil de sabor de la cerveza. Las concentraciones de sales oscilan entre 10 mg/l y 2g/l, siendo el valor medio 500 mg/l. Normalmente estas sales están muy diluidas, disociadas en iones en el agua de los cuales se puede distinguir iones activos e inactivos en función de su interacción con la malta y su posible impacto en los cambios de pH.

  Los iones activos provienen de sales de calcio y magnesio y se clasifican según la dureza del agua. Estos reaccionan en contacto con la malta durante la maceración y alteran el valor del pH en la producción.

  Mientras que los iones inactivos provienen de sales de sodio y potasio como, por ejemplo; el Cloruro de Sodio (NaCl), el Cloruro de Potasio (KCl) o el Sulfato de Sodio (Na2SO4). Estos no reaccionan químicamente con la malta por tanto no generan ningún cambio en la cerveza, aunque en grandes cantidades pueden modificar el sabor.

  De estos iones compuestos en el agua destacan seis principalmente en la elaboración de cerveza:

- Calcio (Ca^{2+}), es importante para la dureza del agua y el pH del macerado. Este ión acidificante reacciona con el fosfato de la malta y hace que el mosto de malta (agua + malta) tenga un pH menor al del agua de partida. Además, actúa como cofactor enzimático favoreciendo la degradación de proteínas aumentando el nivel de nitrógeno amino libre (FAN), nutriendo y ayudando a la floculación de la levadura. El rango ideal en general es de 50-150 ppm, con 100 ppm como referencia.

- Magnesio (Mg^{2+}), tiene funciones similares al calcio, pero con un menor efecto acidificante. Disminuye el pH al reaccionar con el fosfato de la malta y actúa como nutriente para a la levadura. Además, resalta el sabor amargo de la cerveza en cantidades excesivas. El rango ideal en general es de 2-30 ppm, con 2-10 ppm como óptimo.

- Bicarbonato (HCO^{3-}), contribuye a la alcalinidad del agua afectando al pH del macerado. Su cantidad óptima varía según el tipo de cerveza, siendo importante para contrarrestar la acidez de maltas oscuras. El rango sugerido es de 0-250 ppm, dependiendo del color de la cerveza.

- Sulfatos (SO^{4-}), contribuyen a la dureza del agua y al sabor de la cerveza afectando a la percepción del amargor del lúpulo. La proporción con cloruros es importante para el equilibrio de sabor maltoso y amargo. El rango sugerido es de 10-700 ppm, dependiendo del estilo de la cerveza.

- Cloruros (Cl^{-}), incrementan la sensación maltosa y el sabor dulce de la cerveza. Son importantes para el equilibrio de sabor junto con los sulfatos. El rango sugerido es de 5-300 ppm, con proporciones específicas respecto a los sulfatos. Para cervezas maltosas una proporción 3:1 o 2:1 a favor de los cloruros y para cervezas lupuladas 3:1 o 2:1 a favor de los sulfatos.

- Sodio (Na^{+}), contribuye a la intensidad del sabor y la sensación en boca redondeando aromas y el sabor dulce de la malta. Es importante que se incluya en niveles bajos para evitar un sabor salado. El rango sugerido es de 0-150 ppm, preferiblemente en niveles bajos en combinación con sulfatos ya que intensifica la sensación de amargor.

- Dureza, se refiere a su contenido de minerales del agua, especialmente calcio y magnesio. Se diferencian dos tipos de aguas en este sentido: duras, con alto contenido en sales; blandas, con bajo contenido en sales.

  Un agua con elevada dureza permanente, que suele componerse de sulfatos y/o cloruros de calcio y magnesio, se vuelven más solubles a medida que aumenta la temperatura por lo que no se pueden eliminar por ebullición. Este tipo de agua produce cervezas con sabores fuertes, amargos, secos y muy aromáticos.

  En cambio, si el agua tiene una elevada dureza temporal, compuesta por el calcio y el magnesio que pueden asociarse con iones bicarbonato y ser eliminados por ebullición y posterior eliminación de precipitados formados por filtración. Con este tipo de agua se obtienen cervezas más oscuras, semisecas y dulces.

  La dureza temporal es la de mayor trascendencia a la hora de fabricar cerveza, esta no puede exceder los 25 mg/l. La suma de ambas conforma la dureza total, siendo las aguas duras las utilizadas para elaborar cervezas más oscuras y con menos lúpulo, que incluso se les añaden más sales para aumentar su dureza.

  Las aguas blandas son aquellas con cantidades menores a 75 ppm de $CaCO_3$ y se utilizan para elaborar cervezas más suaves, claras y ricas en lúpulo. De hecho, las aguas duras con alta proporción de dureza carbonatada son más perjudiciales cuanto más clara y rica en lúpulo sea la cerveza, por lo que suelen ablandar para elaborar este tipo de cervezas.

- Alcalinidad, se define como la capacidad amortiguadora de una solución, expresando cuánto ácido puede absorber sin modificar su pH. Refiriéndose a la concentración de carbonatos y bicarbonatos. Es crucial mantener la alcalinidad del agua utilizada en la producción de cerveza bajo control, y se recomienda reducirla a 50 ppm o menos. Esto se puede lograr mediante el uso de ácidos o mediante intercambio de iones.

Un alto nivel de alcalinidad puede contrarrestar los efectos positivos del calcio (Ca2+) y magnesio (Mg2+). Por lo que es importante evitar el uso de agua alcalina para el lavado del grano, ya que puede resultar en la extracción de polifenoles no deseados. Además, hay que prestar atención en la rehidratación del mosto al tener presentes los minerales y la alcalinidad del agua deshidratada, estaríamos añadiendo alcalinidad en la elaboración del extracto.

El pH óptimo en las etapas del proceso es de 5,2-5,5 durante la extracción, entre 5,4-5,5 durante la ebullición y al final mantenerlo en 5,2. Si el pH no alcanza 5,2 al finalizar la cocción, es probable que la calidad de la cerveza resultante sea deficiente, lo que puede requerir la adición de ácidos para corregir la acidez. Un pH=6 puede resultar en la extracción de una sacarificación deficiente, dificultando la filtración (ya que las aguas son más viscosas con un pH más alcalino), y dar lugar a un sabor amargo más pronunciado, pero de calidad inferior, y una menor resistencia a las bacterias.

Los distintos tratamientos del agua pueden modificar estas propiedades para adaptarlas a las necesidades específicas de la elaboración de la cerveza. Algunos de los tratamientos comunes son:

- Ajuste del pH, se pueden agregar productos químicos como ácidos o carbonato de calcio para ajustar el pH del agua y garantizar condiciones óptimas de maceración y fermentación.

- Desmineralización, el objetivo es eliminar o reducir la cantidad de minerales presentes en la cerveza, lo que permite un mayor control sobre la composición mineral de la cerveza. Pudiendo utilizar resinas de intercambio iónico para la eliminación selectiva de iones.

- Filtración, permite elimina impurezas y aromas no deseados que pueden afectar negativamente el sabor de tu cerveza. Se puede realizar por ósmosis inversa o con carbón activo.

- Tratamientos específicos: Dependiendo de las características del agua utilizada, se podrán utilizar otros tratamientos especiales, como la adición de sulfato o cloruro para ajustar la composición mineral o con adición de cal apagada para mejorar la carbonatación de la cerveza final. También se puede reducir la alcalinidad mediante aireación y pre-ebullición del agua o diluyéndola con agua destilada u ósmosis inversa.

En resumen, el agua es el ingrediente principal en la producción de cerveza y sus propiedades pueden tener un impacto significativo en el producto final. Los diferentes métodos de tratamiento del agua permiten controlar y modificar estas propiedades para obtener cerveza de alta calidad con el sabor y propiedades aromáticas deseadas.

En la Comunidad de Madrid el organismo principal encargado de la gestión del agua es el Canal de Isabel II, 173 de los 179 municipios de la provincia. Entre ellos se encuentra el municipio de las Rozas de Madrid, el cual es abastecido por el embalse Valmayor. El agua de las Rozas de Madrid tiene las características de la tabla 1. Se trata de un agua blanda de alcalinidad media-baja, con niveles de calcio y sulfato por debajo de lo idóneo para la fabricación de cerveza. Además, tiene un pH básico entorno al 7,8-8,6

Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO^{3-}
23	3	12	23	28	84

Tabla 1. – Concentración de iones en el agua de Madrid el 01/04/2024 (mg/L).
Fuente. – SINAC (Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo)

Como se mencionó en el anejo 1, el tipo de agua sugerido para la elaboración de la cerveza Märzen debe tener las características de la tabla 3 con un pH ligeramente básico en torno a 5,5-6. En el caso del agua de Múnich (ciudad de origen de la cerveza Märzen) este tiene una alta dureza temporal con las características de la tabla 2. Para llegar al perfil idóneo se trata el agua con cal apagada y la adición de cloruro de calcio y yeso.

Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO^{3-}
82	20	4	2	16	320

Tabla 2. – Concentración de iones en el agua de Múnich (mg/L).
Fuente. – BJCP (Beer Judge Certification Program)

Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO^{3-}
40	20	4	75	52	29

Tabla 3. – Concentración de iones en el agua perfil Märzen (mg/L).
Fuente. – BJCP (Beer Judge Certification Program)

Para poder obtener las características idóneas del agua a partir del agua de Madrid, esta deberá ser tratada previamente a su utilización para fabricar la cerveza. Se añadirá una mezcla de sulfato cálcico, sulfato de magnesio y cloruro cálcico para aumentar los valores del calcio, magnesio, cloro y sulfato y disminuir también la alcalinidad del agua. Entrando en detalle en el apartado de otros ingredientes más adelante.

2.1.2 Malta de cebada.

La malta se define como el producto final obtenido de los granos de cebada o de otros cereales una vez sometidos al proceso de malteo: Remojo, germinación y ulterior desecación y tostados en condiciones tecnológicamente adecuadas. Se designará con la denominación del cereal de procedencia. Según el Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta.

Para la producción de cerveza, la malta es la segunda materia prima más utilizada teniendo que ser al menos un 50% de cebada y el porcentaje restante puede ser de otros cereales como el trigo. Estos cereales y principalmente la cebada germinada se someten a un proceso de malteado con el fin de activar el poder enzimático, para ello es de suma importancia la selección de granos uniformes y óptimos. Buscando así, los nutrientes que la levadura necesitará para la fermentación y que estarán presentes en el mosto: carbohidratos, proteínas, fibra, grasas. y sales minerales. Posteriormente se procede a la fase de secado/tostado donde obtiene la malta su color característico.

El grano de cebada (*Hordeum sativum o vulgare*) posee una composición química diversa, que se puede analizar para comprender mejor sus propiedades. Aquí se presentan los resultados de un análisis típico:

- Agua: Representa entre el 11% y el 15% del peso del grano.

- Hidratos de carbono: Son el componente más abundante, comprendiendo entre el 70% y el 85% del grano.

  - Almidón: Constituye entre el 50% y el 65% de los hidratos de carbono y sirve como fuente de energía durante la germinación. Son gránulos de almidón simples.
  - Hemicelulosas (β -glucanos): Representan entre el 4% y el 10% y forman las paredes celulares del endospermo.
  - Celulosa: Aproximadamente del 5% al 6%, presente en la cáscara del grano.
  - Azúcares simples: Representan entre el 1,8% y el 2% del grano.

- Proteínas: Constituyen entre el 9,5% y el 11,5% del grano y se encuentran en las paredes celulares del endospermo.

- Lípidos: Representan entre el 1,5% y el 2% y se encuentran principalmente en la capa de aleurona y en el embrión.

- Otros compuestos orgánicos (vitaminas, polifenoles, etc.): Representan entre el 1% y el 2%.

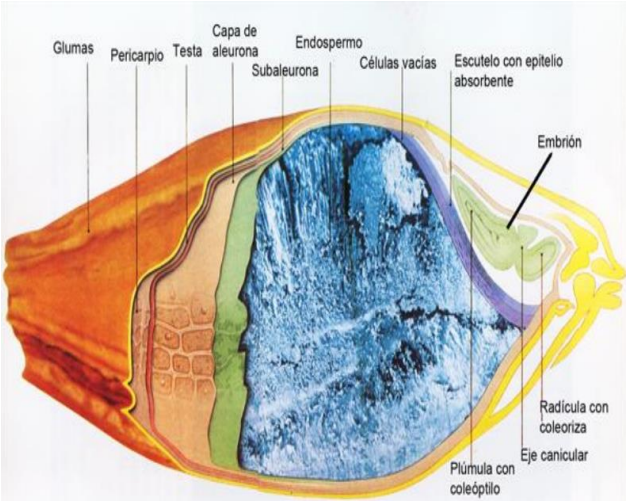


Figura 2. – Estructura de un grano de cebada.

Los hidratos de carbono, siendo el grupo mayoritario, son esenciales para la calidad del producto final. El almidón es la principal fuente de energía durante la germinación, mientras que las hemicelulosas y la celulosa tienen funciones estructurales.

Las proteínas, presentes en las paredes celulares del endospermo, influyen en la calidad de la cerveza, especialmente en la estabilidad de la espuma. Sin embargo, también pueden contribuir a la formación de turbidez en la cerveza.

Las grasas, concentradas en la capa de aleurona y el embrión, incluyen ácidos grasos que pueden afectar la calidad de la espuma. Los ácidos grasos de cadena media, en particular, se forman durante la fermentación y se eliminan durante la maduración de la cerveza.

Existen distintas variedades de cebada, que se suelen clasificar principalmente de dos formas:

Según calendario de siembra:

- Cebada de invierno: Siembra a principios de septiembre y octubre al ser resistentes al frio hasta aproximadamente -15ºC.

- Cebada de primavera: se plantan a finales de invierno de febrero a marzo y tienen un ciclo de crecimiento más corto.

Según el número de granos por nudo:

- Cebada de seis carreras: caracterizada por la producción de 6 granos de cebada fértiles de cada nudo. Mantienen las tres espiguillas de forma que tiene tres granos por nudo del raquis, impidiendo un crecimiento uniforme. Se utiliza en menor medida en la industria cervecera ya que tiene proteínas de bajo peso molecular y polifenoles. En cambio, tiene excelentes propiedades alimentarias para animales además que tiene un rendimiento productivo aproximado de 6 t/ha. También denominada cebada caballar o forrajera por su aplicación animal.

- Cebada de dos carreras: se caracteriza por la producción de 2 granos de cebada fértiles de cada nudo, quedando las otras cuatro líneas en forma de espiguilla estéril visible. Los granos son uniformes y de mayor tamaño, además de tener una cáscara delgada y arrugada. Por lo tanto, esta cebada tiene mayor contenido de extracto y menos taninos, La mayoría de las variedades de cebada malteada entran en este grupo también denominado cebada cervecera, con un rendimiento de 4 t/ha.

Figuras 3 y 4. – Cebada de 2 carreras y de 6 carreras.

Entonces, la malta son los granos de cereales procesados a través de las siguientes etapas del denominado malteado:

1. Fase de remojo o humectación: El objetivo de esta fase es humedecer los granos para que puedan germinar. Necesitan aumentar la humedad del 10-15% al 45%.

2. Fase de germinación: el propósito de esta fase es producir las enzimas necesarias para utilizar los granos malteados en el proceso de elaboración de la cerveza. Las enzimas metabolizan las reservas contenidas en el grano para que la levadura pueda absorberlas. Después del remojo, las semillas comienzan a germinar (aparecen embriones y una parte de las raíces, llamadas radículas). La humedad y la temperatura se mantienen constantes hasta que el embrión tenga aproximadamente la misma longitud que la semilla. Esta etapa dura de 4 a 6 días y se denomina “malta verde”.

3. Etapa de secado y tostado: El objetivo de esta etapa es finalizar el proceso de germinación para que el embrión no agote todos los materiales almacenados. Esto se consigue calentando las semillas en un horno o tostadora, pasando la humedad del 45% y sólo el 3-5%.
   El método de secado afectará el tipo de malta que deseado. El secado lento a bajas temperaturas (sin alcanzar temperaturas superiores a 80-85°C) produce una malta clara con un alto contenido de enzimas, mientras que el secado rápido a altas temperaturas (a 95-105°C) produce una malta más oscura y un bajo contenido de enzimas.
   En esta etapa se producen reacciones entre los azúcares y las proteínas del grano, dando lugar a la formación de una serie de sustancias que afectan el color, olor y sabor final de la cerveza.

4. Fase de desgerminación: El objetivo de esta fase es destruir las radículas formadas durante el proceso de germinación. Para ello, las semillas secas se pasan a través de plataformas vibratorias para que las raíces puedan soltarlas fácilmente. Estas raíces son perjudiciales para la cerveza y se utilizarán en la alimentación animal porque son ricas en proteínas.

Dependiendo de la tecnología utilizada, tiempo y temperatura empleada en la etapa de secado, podemos dividir a grandes rasgos varios tipos de malta:

- Malta base: Suele ser una malta clara, porque la temperatura de secado es más baja que otras maltas. Estas temperaturas "más suaves" significan que no se destruyen ni los materiales de reserva del grano (principalmente almidón) ni las enzimas producidas durante la germinación. Tratándose de maltas con altas reservas y concentraciones de enzimas Por esta razón, la malta base se utiliza en todas las recetas y en proporciones mucho mayores que otras maltas (normalmente el 85% utilizado en la cerveza es malta base).

- Malta tostada: Este tipo de malta ha pasado por un proceso de tostado más completo que la malta básica. Este proceso de tostado se realiza en un horno a altas temperaturas, dando lugar a la famosa reacción de Maillard. Estas reacciones tienen lugar entre los azúcares y proteínas que se encuentran en el grano y son las responsables del color oscuro y el sabor tostado que produce esta malta para la cerveza.

- Malta caramelo/cristal: este es un tipo de malta tostada, pero pasa por un proceso de secado y tostado diferente al proceso anterior. La cebada (malta verde) germinada de 4 a 6 días se envía directamente al tostador (un tambor giratorio). Esta malta verde aún está en crecimiento y tiene un alto contenido de humedad (45%). Los tanques giran y se calientan lentamente hasta que el grano alcanza una temperatura de 65°C. Las enzimas contenidas en las semillas se activarán y convertirán el almidón en azúcares simples. Debido a que hay poca humedad, este azúcar "pegajoso" permanece en el centro del grano. Una vez que se completa el proceso de conversión del almidón, la máquina de malta aumentará la temperatura y comenzará a tostar la malta. El azúcar contenido en las semillas se condensa y al cabo de 15-20 minutos alcanzan una temperatura suficiente para la caramelización (efecto del azúcar y el calor). Por tanto, la caramelización domina la reacción de Maillard.

Para desarrollar el proceso productivo de la cerveza es esencial comprender la composición del almidón presente en la malta. El almidón, es un polisacárido que es el componente principal de cereales, leguminosas y tubérculos. Su estructura radial está compuesta principalmente por dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina, cuya proporción varía según la fuente.

Los gránulos de almidón se rompen debido a la hidrólisis, que es el proceso de ruptura molecular causado por la acción del agua y la temperatura. Esta ruptura de las paredes del gránulo expone la amilosa y la amilopectina a la acción de las enzimas, las cuales las transforman en sacáridos de peso molecular reducido. Pasando del almidón nativo a un almidón gelatinizado el cual es susceptible a la acción de las amilasas.

Este proceso se denomina la degradación del almidón, produciéndose la ruptura enzimática del mismo, perdiendo su orientación molecular, para pasar de polisacárido a mono, di y trisacáridos solubles y que puedan ser asimilables durante procesos de fermentación. La degradación se divide en tres fases:

1. Gelatinización. Cuando se calienta el almidón con agua, los gránulos permanecen sin cambios hasta que se llega a la temperatura de gelatinización, esta difiere de cada tipo de cereal, lo que influye en los distintos procesos

industriales. A partir de este punto, los gránulos de almidón comienzan a deshacer su estructura organizada. La energía térmica rompe los enlaces que mantienen los gránulos unidos, permitiendo que el agua penetre en ellos, lo que provoca un aumento en su volumen y en la viscosidad de la mezcla. Este proceso debilita la estructura del gránulo, alcanzando así la máxima viscosidad. Posteriormente, la viscosidad empieza a disminuir. En este punto, las moléculas de almidón quedan expuestas y son susceptibles al ataque de las enzimas.

2. Licuefacción. la enzima α-amilasa descompone las cadenas largas de almidón en fragmentos más pequeños, lo que conduce a una rápida disminución de la viscosidad y la masa gelatinizada. Esto resulta en la formación de dextrinas, compuestas por 7 a 12 moléculas de glucosa cada una, a temperaturas entre 67-73°C. Por otro lado, Si las cadenas de almidón no se rompen durante este proceso, tienden a cristalizar y permanecer insolubles, lo que puede ocasionar una pérdida de rendimiento y una cerveza final turbia.
3. Sacarificación. las β-amilasa actúa específicamente dividiendo dos moléculas de los extremos de las cadenas largas de dextrinas, produciendo glucosa (monosacárido), maltosa (disacárido), maltotriosa (trisacárido) a temperaturas entre 55-66°C. Las dextrinas al ser azúcares no fermentables proporcionan cuerpo a la cerveza al permanecen presentes en el mosto durante todo el proceso.

La elaboración de una cerveza Märzen implica una cuidadosa selección y combinación de maltas que le otorgan sus características distintivas de sabor, aroma y color. A continuación, se detalla el porcentaje de cada tipo de malta a utilizar en la receta de Märzenbier de un total de 5,75 kg de malta por 20 litros de mosto, junto con sus características específicas:

- **Malta Múnich** (35-50%).

La malta Múnich aporta un color ámbar oscuro y un rico sabor a malta, con notas de pan tostado y nueces. Este tipo de malta es fundamental para el estilo Märzen, ya que contribuye significativamente al carácter maltoso y al cuerpo de la cerveza, creando una experiencia de sabor más profunda y compleja.

- **Malta Pilsner** (35-55%).

La malta Pilsner es la base de muchas cervezas alemanas. Se caracteriza por su color claro y un perfil de sabor suave y dulce. Aporta un cuerpo ligero y una buena fermentabilidad, lo que la convierte en una excelente base para la Märzenbier, proporcionando un fondo limpio que permite que otras maltas especializadas destaquen.

- **Malta Viena** (10-15%).

Similar a la malta Múnich, pero más ligera en color, la malta Viena añade un suave sabor a malta y una ligera dulzura tostada. Aporta notas de galleta y caramelo que complementan y equilibran el sabor más intenso de la malta Múnich, enriqueciendo el perfil global de la cerveza.

La combinación de estas maltas crea una cerveza bien equilibrada con un cuerpo medio a completo, un color que puede variar de ámbar claro a cobre oscuro y un sabor distintivo a malta tostada. La malta Pilsner proporciona una base clara y fermentable, la malta Múnich añade riqueza y profundidad y la malta Viena equilibra con su dulzura ligera.

El equilibrio entre estas maltas es crucial para lograr el perfil tradicional de una Märzenbier, una cerveza que es rica y maltosa, pero sin ser abrumadoramente dulce, y que posee un carácter limpio y bien definido gracias a la fermentación lager.

2.1.3 Levadura.

Las levaduras son hongos microscópicos predominantemente unicelulares capaces de realizar la fermentación generalmente alcohólica. Las levaduras cerveceras pertenecen a la subfamilia *Saccharomycetoideae*, género *Saccharomyces*.

En la industria cervecera las cepas son sistemáticamente aisladas y multiplicadas para seleccionar cultivos puros dependiendo del tipo de cerveza. Generalmente la *Saccharomyces cerevisiae* es la encargada desencadenar la fermentación del mosto cervecero, convirtiendo los azúcares en etanol y dando lugar a la cerveza. Además de esta función primordial, la levadura ejerce un impacto significativo en el sabor y la personalidad de la cerveza, por lo que es crucial comprender sus componentes.

La célula de levadura está predominantemente compuesta de agua en un 75%, la parte de materia seca contiene:

- Proteínas: 45 – 60%
- Carbohidratos: 25-35%
- Grasas: 4-7%
- Minerales: 6-9%

Además de estos componentes, la levadura es una fuente rica de nutrientes, incluyendo vitaminas B, potasio, hierro, zinc, cromo y magnesio.

La reproducción y crecimiento de las levaduras se realiza principalmente mediante gemación. En una fábrica de cerveza, al transferir microorganismos a una solución nutriente, comienza la fermentación del mosto con la levadura, pasando por seis fases de crecimiento. La duración e intensidad de cada fase varía según el substrato, temperatura y estado de la levadura.

1. Fase de latencia: Se activa el metabolismo y ocurre la primera división celular. La duración de esta fase varía mucho dependiendo de las condiciones y edad del cultivo.

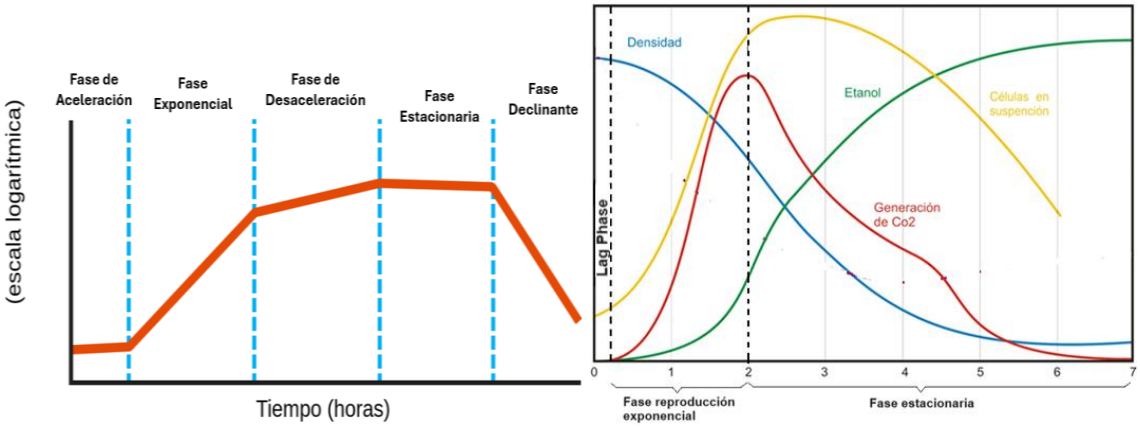
2. Fase de aceleración: Comienza tras la primera división celular, aumentando en esta fase la velocidad de división.

3. Fase exponencial: La división celular alcanza su máximo, con duplicación constante del número de células.

4. Fase de deceleración: La velocidad de crecimiento disminuye debido al agotamiento de nutrientes o acumulación de productos metabólicos que inhiben el crecimiento.

5. Fase estacionaria: El número de microorganismos se mantiene constante, habiendo un equilibrio entre células muertas y nuevas.

6. Fase declinante: Muere más células de las que se crean, reduciendo el número total.



Figuras 5 y 6. – Gráficas de fases de crecimiento de la levadura y la variación de compuestos en la fermentación.

Normalmente se busca que las levaduras tengan una fermentación rápida sin un exceso de crecimiento celular y eficiente uso de maltosa y maltotriosa convirtiéndolas en etanol. Además de que tengan resistencia al estrés por etanol y presión osmótica. También se valora la reproducción precisa de los compuestos de aroma y sabor, la floculación adecuada según el proceso cervecero, y buen manejo, incluyendo viabilidad durante el almacenamiento y estabilidad genética.

Existe una gran diversidad de levaduras, pero en la elaboración de cerveza se emplean principalmente dos tipos de levaduras:

- Levaduras de fermentación alta como *Saccharomyces cerevisiae*. Las levaduras ascienden a la superficie del fermentador con el mosto, formando hasta el final de la fermentación una gran capa de espuma junto a una gran producción de CO_2. Realizan el proceso a una temperatura de 15-22ºC y dan lugar a cervezas de tipo ALE.

- Levaduras de fermentación baja como *Saccharomyces pastorianus* o *Saccharomyces carlsbergensis*. Las levaduras se van precipitando al fondo del tanque y en la superficie se crea una pequeña capa de espuma al producir menos CO_2. Fermentan a temperaturas más bajas en torno a 4-12ºC y dan lugar a cervezas tipo LAGER.

Por otro lado, la capacidad de las levaduras cerveceras para flocular es crucial en la elaboración de la cerveza. Este rasgo, determinado genéticamente, puede ser influenciado por factores externos como la composición del mosto. La floculación se refiere a la habilidad de las células de levadura para agruparse y formar

flóculos, que sedimentan rápidamente en levaduras de fermentación baja o flotan en la superficie en las de fermentación alta. Las levaduras altamente floculantes tienden a sedimentar rápidamente, mientras que las pulverulentas permanecen suspendidas, resultando en una fermentación más rápida, mayor atenuación (consumo de azúcares) y mayor turbidez en el caso de las levaduras pulverulentas, y una fermentación más lenta, menor atenuación y una cerveza más clara en el caso de las floculantes. Normalmente, se utiliza una mezcla de ambos tipos de levaduras para buscar un equilibrio

La selección de la levadura es un componente crucial en la elaboración de una cerveza Märzenbier, ya que influye significativamente en el perfil de sabor, aroma y textura de la cerveza. Existen varias cepas de levadura que son adecuadas para este estilo de cerveza, cada una con sus propias características. A continuación, se detallan los tipos de levadura recomendados, las cantidades y sus características específicas:

- **Wyeast Bavarian Lager 2308**.

La cantidad necesaria es de 1 paquete (125 ml) por cada 20 litros de mosto.
Esta cepa de levadura es conocida por su capacidad para producir cervezas lager tradicionales con un perfil de sabor limpio y bien definido. La Wyeast 2308 genera un carácter maltoso y suave, resaltando los sabores de las maltas Munich y Viena. Además, tiene una atenuación media-alta, lo que contribuye a un acabado seco y una buena claridad en la cerveza.

- **Wyeast Oktoberfest Blend 2633**.

Se requiere de 1 paquete (125 ml) por cada 20 litros de mosto.
La Oktoberfest Blend 2633 es una mezcla de diferentes cepas de levadura lager, diseñada específicamente para estilos como Märzen y Oktoberfest. Proporciona un perfil de sabor rico y complejo, con un buen equilibrio entre maltosidad y atenuación. Esta mezcla permite una fermentación más rápida y eficiente, logrando una cerveza limpia y bien definida en menos tiempo.

- **White Labs Oktoberfest/Märzen WLP820**.

Se aplica 1 vial (35 ml) para 20 litros de mosto.
La cepa WLP820 de White Labs es ideal para cervezas Märzen y Oktoberfest. Esta levadura produce un perfil de sabor maltoso con un toque dulce, destacando las

notas de caramelo y tostado de las maltas. Tiene una atenuación media, lo que deja un cuerpo más robusto y una sensación en boca más rica.

- **SAfLager S-23 (Levadura Seca)**.

Se utiliza 1 paquete (11.5 g) para 20 litros de mosto.
La SAfLager S-23 es una levadura seca lager de fermentación baja, conocida por su versatilidad y facilidad de uso. Esta cepa produce cervezas limpias y crujientes con un perfil de sabor ligeramente frutal. Es una excelente opción para quienes prefieren utilizar levadura seca en lugar de líquida. La S-23 ofrece una buena atenuación y es capaz de fermentar a temperaturas más amplias, lo que puede ser útil en diferentes condiciones de elaboración. Es importante destacar que en este caso sería necesario rehidratar la levadura. Habría que añadirle agua estéril a 25-30ºC a la levadura durante 15-30 minutos antes de añadirla al mosto.

La elección de la levadura impacta directamente en el carácter final de la Märzenbier. Las cepas líquidas como Wyeast 2308, Wyeast 2633 y White Labs WLP820 tienden a producir perfiles de sabor más complejos y definidos, con una clara maltosidad y un acabado limpio. Por otro lado, la levadura seca SAfLager S-23 ofrece una solución conveniente sin comprometer significativamente la calidad, proporcionando una cerveza equilibrada con una ligera frutalidad.

2.1.4 Lúpulo.

El *Humulus lupulus* es una planta perenne, trepadora y dioica de la familia de las cannabinaceas. Los conos femeninos de la planta son los utilizados en cervecería, estas inflorescencias de las plantas contienen resinas responsables del aporte aromático y amargo a la cerveza. Además, tienen poder antibacteriano aportando estabilidad y permiten que tenga más cuerpo la espuma de la cerveza manteniendo las burbujas más juntas.

Después de la cosecha, el lúpulo se somete a un proceso de secado y posterior procesamiento para su almacenamiento. La cosecha se lleva a cabo en un momento de madurez técnica, generalmente entre agosto y septiembre, y debe completarse en un plazo de 14 días desde su inicio. Al momento de ser cosechado, el lúpulo contiene entre un 75% y un 80% de agua, lo que lo hace inapropiado para el almacenamiento, por lo que se procede a secarlo de inmediato. El proceso de secado se realiza a una temperatura de 50 ºC hasta que

el contenido de agua alcanza alrededor del 8% al 12%, luego se compacta en diferentes formatos. Debido a la degradación de ciertos compuestos del lúpulo, su conservación es crucial y se deben seguir indicaciones precisas para garantizar su buena conservación, incluyendo control de temperatura, exposición y tiempo máximo de almacenamiento. El lúpulo se presenta en tres diferentes formatos:

- Lúpulo Flor: constituido por las inflorescencias secas del lúpulo, aunque su uso es limitado debido al espacio que ocupa. Los conos secos pueden presentarse en su estado natural o prensados para reducir su volumen.

- Pellets de lúpulo: Son ampliamente utilizados debido a su facilidad de manejo, transporte y adición. Se elaboran a partir de los conos secos de lúpulo, que se muelen y luego se paletizan, presentándose como pequeños cilindros de alta densidad.

- Extracto de lúpulo: Se obtiene a partir de la flor, polvo o pellets de lúpulo, utilizando solventes como el etanol. El producto final es un líquido viscoso de color entre amarillo y verde. Este extracto mantiene una buena estabilidad a lo largo del tiempo y puede conservarse durante períodos prolongados si se envasa correctamente.

La mayor parte de la cosecha se convierte en pellets y extracto debido a su mejor conservación, mientras que una pequeña parte se comercializa como lúpulo natural.

La composición del lúpulo, al igual que la de todos los ingredientes que conforman la cerveza, ejerce una influencia significativa en la calidad final del producto. El lúpulo está compuesto por:

- Celulosa: Representa aproximadamente el 40-50% de su composición.

- Aceites esenciales: Constituyen alrededor del 0,3-0,8% del lúpulo. Aportan la fracción aromática.

- Taninos: Presentes entre un 2-3,5%.

- Proteínas: Comprenden alrededor del 16-17% del lúpulo.

- Resinas: Varían entre un 14% y un 20%. Dan el aporte amargo.

- Agua: Constituye entre un 11% y un 12,5%.

Figuras 7 y 8. – Partes de la flor del lúpulo y composición de las glándulas de lupulina.

En cuanto a los compuestos amargos, las plantas de lúpulo tienen dos tipos de resinas dentro de las glándulas de lupulina, siendo las resinas blandas las que proporcionan mayor amargor y de mejor calidad. Estas poseen entre un 3,5-10% de α-ácidos y un 6-7% de β-ácidos. Las plantas de lúpulo producen β-ácidos poco amargos durante su desarrollo. Pero con el tiempo, durante la maduración, estos β-ácidos se convierten en α-ácidos, que son las que notablemente aportan más amargor.

Durante la cocción los α-ácidos se convierten en iso-α-ácidos de forma proporcional, variando en un 0-40% de rendimiento dependiendo de los factores de la cocción. Estos iso-α-ácidos son mucho más solubles en la cerveza aportando el sabor amargo, la influencia positiva en la espuma y las propiedades bacteriostáticas. Están presentes en la cerveza en concentraciones entre 15 y 100 mg/L y su umbral para la detección sensorial es de 5 mg/L.
Para poder medir el amargor del lúpulo, se utilizan unidades internacionales de amargor (IBU-International Bitterness Units), siendo:

1 IBU = 1 mg de iso-α-ácidos por litro de cerveza

Para la fabricación, hay que tener en cuenta que la utilización de pellets aporta mayor cantidad de α-ácidos a la cerveza. Además de que cierta cantidad de los iso-α-ácidos se pierde durante la fermentación

Respecto al aroma, los aceites esenciales del lúpulo durante el proceso de cocción de la cerveza se volatilizan gradualmente lo que genera pérdidas de parte de los más de 250 compuestos que conforman los aceites esenciales. Estos se clasifican principalmente en: hidrocarburos terpenoides (50-80%), hidrocarburos oxigenados (20-50%), hidrocarburos azufrados (1%).

La proporción final de aceites es lo que puede hacer variar el aroma de la cerveza. Entonces, para conservar una parte del aroma característico del lúpulo, se puede agregar más tarde en la elaboración de la cerveza, especialmente en aquellas en las que se busca un aroma y sabor intensificados.

Los taninos presentes en el lúpulo tienen algunas características negativas para el producto final, como la posible formación de turbidez en la cerveza y pequeños cambios en el color y sabor.

En cuanto a las variedades de lúpulo, estas pueden clasificarse en tres categorías:

- Aromáticas: Con un aroma de lúpulo distintivo al tener un contenido de alfa-ácidos bajo en torno al 4-7% y destacar los ácidos esenciales. Además, tienen una estabilidad en la conservación baja. Ejemplos incluyen Saazer, Tettnanger y H-3.

- Amargas: Con un contenido de alfa-ácidos aproximado de 7-9% y una estabilidad en la conservación buena, como Brewers Gold y Northern Brewer.

- Muy amargas: Con un contenido de alfa-ácidos alto, alrededor del 15% y una estabilidad en la conservación muy buena, como Nugget y Target.

El momento de empleo del lúpulo en la elaboración de la cerveza varía según el tipo de lúpulo utilizado y afecta la cantidad de aroma, sabor y amargor en el producto final. En general, el momento de incorporación es en la caldera de cocción del mosto en una dosis de 80 a 130g /HL de mosto. Está prohibida su sustitución completa por otros compuestos amargos por el Real Decreto 678/2016. Es obligatoria la adición de un mínimo de 5 mg/L de amargor.

Para producir amargor, el lúpulo debe isomerizar los alfa-ácidos, lo cual aumenta con la duración de la ebullición durante el proceso de hervido. En cuanto al aroma y sabor, estos son generados por los aceites esenciales del lúpulo, que disminuyen a medida que avanza el tiempo de hervido.
Por ello existen dos técnicas principales de incorporación del lúpulo:

- Aplicación fraccionada, es una técnica de incorporación fraccionada en tres veces.

1. Primera adición: Consiste en añadir aproximadamente el 10% del total de lúpulo al principio de la ebullición del mosto en la caldera. Este proceso, que suele durar entre 60 y 90 minutos según el tipo de cerveza, tiene como objetivo principal prevenir la formación de espuma y evitar proyecciones fuera de la caldera.

2. Segunda adición: Esta etapa implica agregar entre el 60% y el 70% del total de lúpulo aproximadamente de 20 a 40 minutos antes de que el mosto salga de la caldera. Esta adición proporciona el amargor característico a la cerveza.

3. Tercera adición: Se realiza cerca del final del proceso de ebullición, con alrededor del 25% del total de lúpulo, justo antes de extraer el mosto de la caldera, alrededor de 5 minutos antes. En esta fase, se selecciona el lúpulo que posee el mejor aroma, lo que contribuye significativamente al sabor final de la cerveza.

- Adición de la totalidad del lúpulo, se incorpora el 100% del lúpulo en la caldera al principio del proceso de cocción del mosto. Se busca aprovechar al máximo la isomerización de los α-ácidos para obtener el sabor amargo más limpio y seco, pero no astringente.

Actualmente, el lúpulo también se puede añadir en la etapa de maduración en frío, conocida como "dry hopping". Esta técnica, especialmente efectiva con lúpulos florales, permite realzar los sabores aromáticos sin incrementar la amargura obtenida durante la etapa de hervido.

En la elaboración de las cervezas Oktoberfest/Märzen el lúpulo juega un papel fundamental, equilibrando el dulzor maltoso característico de este estilo sin dominar el perfil general de sabor. Según las pautas del BJCP (Beer Judge Certification Program), las cervezas Märzen deben tener un aroma bajo a lúpulo, un sabor sutil a lúpulo y un amargor moderado. Para lograr este equilibrio, es esencial seleccionar variedades de lúpulo nobles con bajos niveles de ácidos alfa. Entre las variedades con este tipo de características se encuentran las siguientes:

- **Hallertauer Mittelfrüh**.

Para 20 litros de mosto se requieren 60 g del lúpulo (adición a los 60 minutos).
El lúpulo Hallertauer Mittelfrüh es una de las variedades nobles más tradicionales y apreciadas en la elaboración de cervezas alemanas. Tiene un contenido de ácidos alfa bajo (3-5%), lo que proporciona un amargor suave y equilibrado. Sus características incluyen aromas y sabores herbales, florales y especiados, que complementan perfectamente el perfil maltoso de una Märzenbier.

- **Tettnanger**.

Se necesotan 20 g para 20 litros de mosto (adición a los 30 minutos)
Otro lúpulo noble alemán, el Tettnanger, es conocido por su suavidad y delicadeza. Tiene un contenido de ácidos alfa similar al Hallertauer (3-5%), aportando un amargor sutil y equilibrado. El Tettnanger añade notas herbales y especiadas con un toque de cítrico, que se integran armoniosamente en el perfil maltoso de la cerveza, realzando su complejidad sin dominarla.

- **Saaz**.

Puede ser utilizado en lugar del Tettnanger o en combinación con él, en cantidades similares (20 g para sabor).
El lúpulo Saaz, una variedad noble originaria de la región de Bohemia, es apreciado por su suavidad y perfil aromático delicado. Tiene un contenido de ácidos alfa muy bajo (2-4%), lo que lo convierte en una excelente opción para añadir complejidad sin aumentar significativamente el amargor. Con notas terrosas y especiadas, el Saaz complementa el carácter maltoso de la Märzenbier.

- **Liberty**.

Puede sustituir a cualquiera de los lúpulos anteriores en cantidades similares (60 g para amargor o 20 g para sabor).
Características: El lúpulo Liberty, desarrollado en los Estados Unidos, es una buena alternativa a las variedades nobles europeas. Tiene un contenido de ácidos alfa bajo (3-5%) y ofrece un perfil de sabor suave y floral con un toque de especias, similar al Hallertauer. Es adecuado para cervezas lager tradicionales, aportando un amargor moderado y una complejidad sutil.

La selección y combinación adecuada de estos lúpulos nobles aseguran que la Märzenbier mantenga su carácter maltoso predominante, equilibrado con un amargor moderado y un sabor sutil a lúpulo. La adición de lúpulos en diferentes etapas del hervido permite ajustar el amargor y el perfil de sabor de la cerveza, logrando una armonía perfecta entre maltosidad y amargor.

2.1.5 Adjuntos.

Según el Food Standards Comitee (UK) los adjuntos son cualquier fuente de carbohidratos diferente a la malta de cebada que aporte azúcares al mosto. Estos elementos no malteados, se incorporan al proceso del mosto cervecero para agregar azúcares o características especiales. Su uso principal es sustituir un porcentaje de sémola de malta por un extracto más económico, reduciendo costos y dando cualidades que la malta sola no puede proporcionar. Sin embargo, se debe tener en consideración la composición química que determinará su forma de empleo y el estado del almidón ya que tiene que estar preparado para la actuación de las enzimas amilásicos.

Los adjuntos se clasifican por el estado de la materia en la que se encuentran, y después como se puede ver en la figura 12 por el momento en el que se añaden al proceso productivo de la cerveza:

- Adjuntos sólidos. Se incorporan durante el proceso de maceración, aunque en algunos casos es necesaria una cocción previa para modificar la estructura del almidón (pregelatinización o micronación) y que las enzimas amilásicos puedan degradarlo. A su vez, en función de si disponen de enzimas necesarias para degradar el almidón se subdividen en:

- Adjuntos malteados, (contienen enzimas) malta de trigo, avena y centeno.

- Adjuntos no malteados, (carecen de enzimas) arroz, maíz y sorgo. En este caso, normalmente se benefician del exceso de enzimas de la malta de cebada para degradar el almidón.

  Como ventajes, este tipo de extracto más barato y mejor capacidad espumante (contiene glicoproteínas). Sin embargo, tiene como desventaja que requiere manipulación, molienda y en algunos casos precocción.

Adjunto	Proceso	Forma	Punto de adición
Cebada	Sin procesar	Grano entero	Malta molida
	Micronizado	Grano entero/troceado	Malta molida
	Torrefacto	Grano entero/troceado	Malta molida
	Cocido a vapor	Troceado	Malta molida
	Tostado	Grano entero	Malta molida
	Molido	Harina	Malta molida
	Extracto	Jarabe de cebada	Caldera
	Extracto de malta	Jarabe de malta	Caldera
	Especialidades de malta	Grano entero	Malta previa a la molienda
Trigo	Sin procesar	Grano entero	Malta molida
	Micronizado	Grano entero/troceado	Malta molida/ previa a molienda
	Torrefacto	Grano entero/troceado	Malta molida/ previa a molienda
	Almidón	Seco/mezcla/jarabe	Malta molida/ caldera de adjuntos/caldera de mosto
	Molido	Harina/bolas	Malta molida
	Malteado	Grano entero/molido	Malta molida/ previa a molienda
Maíz	Molido grueso	Gritzs	Cocedor de adjuntos
	Micronizado	Gritzs troceados	Malta molida
	Cocido a vapor	Gritzs troceados	Malta molida
	Almidón	Seco/ mezcla	Cocedor de adjuntos
	Hidrolizado	Jarabe	Cocedor de mosto
Arroz	Pulido/roto	Grano entero/roto	cocedor de adjuntos
	Molido grueso	Gritzs	cocedor de adjuntos
Sorgo	Sin procesar	Entero	cocedor de adjuntos
	Molido grueso	Gritzs	cocedor de adjuntos
	Molido fino	Harina	cocedor de adjuntos
Centeno	Sin procesar	Grano entero	Malta molida
	Sin procesar	Grano entero	Malta molida
Avena	Malteado	Grano entero malteado	Malta previa a la molienda

Tabla 4. – Tipos de adjuntos sólidos y sus preparados
Fuente. – Balmaseda Galán, Ismael (2021) *Seminario: Adjuntos en cerveceria*

- Adjuntos líquidos. son soluciones altamente concentradas de carbohidratos fermentables, de fácil almacenamiento y conservación. Contienen azúcares solubles y se añaden directamente durante la cocción, en el remolino posterior o después de la fermentación para ajustes finales. Se encuentran disponibles en una amplia variedad de azúcares y jarabes, obtenidos de caña de azúcar, remolacha, trigo o maíz, siendo los más comunes glucosa y fructosa. Su composición varía según el método de hidrólisis empleado, generalmente con enzimas comerciales. Algunos de estos adjuntos solo aumentan el contenido de alcohol sin aportar proteínas, color ni sabor. Se utilizan en pequeñas cantidades, típicamente menos del 10% del total.

  Sus principales ventajas son la facilidad de empleo, la estabilidad del producto, una mejor y más corta filtración, una menor turbidez, que elevan la densidad del mosto, un ahorro en instalaciones y en mano de obra. Sin embargo, presenta como desventajas que algunas cepas de levadura dificultades para fermentar mostos ricos en glucosa y el coste de la materia prima más elevado.

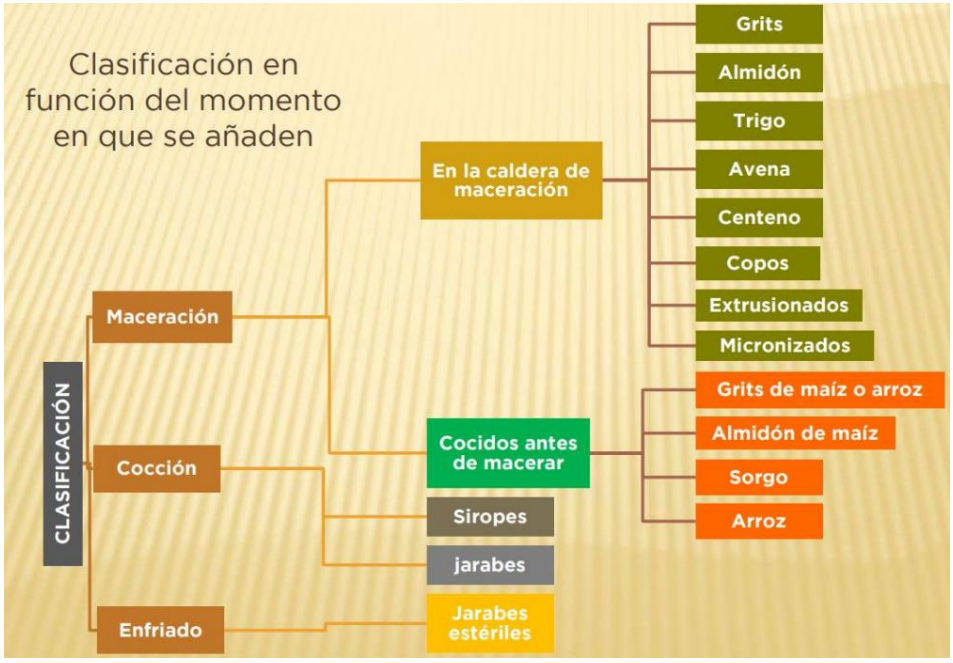


Figura 9. – Clasificación de adjuntos cerveceros según el momento de adición.
Fuente. – Balmaseda Galán, Ismael (2021) *Seminario: Adjuntos en cervecería.*

En general los adjuntos tienen un gran número de ventajas frente a sus inconvenientes, de ahí que la mayoría de las cervecerías utilicen distintos tipos

A nivel económico reducen el coste con respecto a utilizar sólo malta de cerveza y el costo de producción del mosto. Además, hay una mayor disponibilidad de materias primas e incrementan los rendimientos. Además, en cuanto a la calidad tecnológica: mejoran la calidad de la cerveza, se obtienen mostos más densos, actúan como diluyentes de proteínas (ventajas e inconvenientes), favorecen la estabilidad coloidal, reducen la turbidez, aumentan la vida útil, mejoran la estabilidad organoléptica, amplían la variedad de estilos de cerveza, generan cervezas menos saciantes y más refrescantes, y producen cervezas más claras y brillantes.

Por el contrario, los adjuntos dificultan la filtración, generan una pérdida de cuerpo en la cerveza, una menor estabilidad de la espuma, una fermentación más lenta al haber menos nitrógeno asimilado y pueden descompensar los aromas.

En el caso de esta industria, no se implementarán ningún tipo de adjuntos al no seguir la receta tradicional de Märzenbier como establece el promotor.

2.1.6 Otros ingredientes.

Según el Real Decreto 678/2016 cualquier otro ingrediente utilizado en alimentación humana o, en su caso, autorizado de conformidad con la normativa relativa a nuevos alimentos, distinto de los propios de cerveza o de su proceso de elaboración, siempre que no exceda el 2% en peso del producto final. El límite establecido no incluye los aditivos, aromas, enzimas o coadyuvantes empleados en el proceso de fabricación.

Como se ha comentado anteriormente, serán necesarios aditivos para ajustar el perfil de iones del agua y que sea la idónea para la elaboración de Märzenbier. A continuación, se detallan las cantidades necesarias para tratar 20 litros de agua:

- Sulfato Cálcico ($CaSO_4$).

Se precisan 2 g para 20 litros de agua para ajustar los niveles de calcio y sulfato para mejorar la fermentación y clarificación, y resaltar los sabores maltosos.

- Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$).

Hay que incluir 0.2 g para 20 litros de agua para ajustar los niveles de magnesio y sulfato para equilibrar el perfil de sabor y mejorar la fermentación.

- Cloruro Cálcico ($CaCl_2$).

Se añaden 0.1 g para 20 litros de agua con el fin de conseguir los niveles necesarios de calcio y cloruro para mejorar la estabilidad de la levadura y resaltar el sabor maltoso.

- Ácido Láctico ($C_3H_6O_3$) 88%.

Para conseguir el pH deseado, entorno al 5,5. Es necesario utilizar aproximadamente 150 mL de ácido láctico al 80% por cada 20 litros de agua para neutralizar la alcalinidad. Después habría que añadir ácido poco a poco hasta alcanzar el valor deseado.

2.2 Aprovisionamiento de materias primas.

En este apartado, se procederá a realizar un estudio de proveedores y costes para todas las materias primas necesarias en el proceso de elaboración de la cerveza estilo Märzen. Como mínimo siempre se tendrán al menos dos proveedores validados de cada materia prima para poder tener alternativas ante cualquier incidencia en la recepción o ante el desabastecimiento de un proveedor.

2.2.2 Agua.

Para solicitar el suministro del agua es necesario establecer un contrato de suministro con el Canal de Isabel II, que generalmente tiene una duración indefinida de no indicar lo contrario. Con este contrato se suministra un servicio garantizando la potabilidad del agua y un suministro del agua a una presión determinada.

En este caso, no será necesario abonar los gastos supuestos de una nueva instalación de punto de suministro, ya que al ser el reacondicionamiento de una nave existente esta ya estaba adaptada a la red. Únicamente habría que solicitar la modificación de la cantidad de agua suministrada si fuera oportuno además del cambio de titularidad del edificio.

La facturación del agua consumida del Canal de Isabel II se estable en un periodo bimensual a aplicar las siguientes tarifas de uso industrial. Estas se dividen en una cuota de servicio fija (figura 10) y en una cuota variable (figura 11).

Figura 10. Cuotas de servicio fija de agua del uso industrial.
Fuente. Tarifas 2024 del Canal de Isabel II

Aducción

Consumo	Invierno (1 octubre - 31 mayo)	Verano (1 junio - 30 septiembre)
BLOQUE 1	0,4057 euros/m³	0,4057 euros/m³
BLOQUE 2	0,5486 euros/m³	0,6855 euros/m³
BLOQUE 3	0,9709 euros/m³	1,4565 euros/m³

Alcantarillado

Consumo	Precio del metro cúbico
Hasta 25 m³/bimestre	0,1094 euros/m³
De 25 a 50 m³/bimestre	0,1203 euros/m³
Más de 50 m³/bimestre	0,1472 euros/m³

Distribución

Consumo	Precio del metro cúbico
BLOQUE 1	0,1335 euros/m³
BLOQUE 2	0,2103 euros/m³
BLOQUE 3	0,5016 euros/m³

Depuración

Consumo	Precio del metro cúbico
Hasta 25 m³/bimestre	0,3115 euros/m³
De 25 a 50 m³/bimestre	0,3556 euros/m³
Más de 50 m³/bimestre	0,5431 euros/m³

Figura 11. Cuotas variables del agua de uso industrial

Fuente. Tarifas 2024 del Canal de Isabel II

Las cuotas de servicio fijas corresponderán al diámetro del contador existente en la nave y las cuotas variables dependerán del consumo de agua en m³ bimestrales de la fábrica.

2.2.2 Malta de cebada.

La malta de cebada suele estar envasada en big bags de hasta 1.000 kg o en sacos de 25 kg. Los big bags (figura 12) suelen ir paletizados en palets americanos (120 x 100 cm) o en palets industriales especiales (110 x 110 cm). Estos suelen ser más económicos al ser pedidos de mayor cantidad, por el contrario, el transporte, el almacenaje y la manipulación se ven dificultados por las dimensiones del palet y el tipo de envasado. En cambio, el envasado en sacos de 25 kg (figura 13) facilita el manipulado de los operarios al no requerir de ninguna maquinaria adicional. Además, permite paletizar los sacos en palets europeos (120 x 80 cm) lo cual optimiza el almacenaje y por consiguiente abarata el precio final de la materia prima.

Para almacenar adecuadamente los sacos de malta de cebada, la temperatura ideal debe mantenerse entre 10 °C y 20 °C, y no debe exceder los 24 °C durante largos períodos para evitar la degradación y el crecimiento de plagas. La

humedad relativa debe ser inferior al 60%, sin superar el 70% para prevenir el moho y el deterioro del grano. Siguiendo estos criterios, la malta tiene una vida útil aproximada de 12 meses. También, es crucial almacenar los sacos en un área bien ventilada para evitar la acumulación de humedad y en un lugar oscuro o con poca luz para prevenir la degradación de compuestos sensibles a la luz. Los sacos deben mantenerse elevados del suelo, idealmente en palés, para prevenir la absorción de humedad y facilitar la circulación de aire, y deben almacenarse alejados de productos químicos y aromas fuertes. Se recomienda usar el método FIFO (First In, First Out) revisar periódicamente los sacos en busca de signos de daño, humedad o infestación, y mantener la zona de almacenamiento limpia y libre de polvo y residuos para prevenir la atracción de plagas.

Figuras 12 y 13. Tipos de envasado de la malta: (Big bag de 1.000 kg y saco de 25 kg).
Fuente. Google Imágenes

A continuación, se expondrán en la tabla 5 los costes DDP (Delivered Duty Paid), precio con transporte incluido, y el MOQ (cantidad mínima de pedido) de los 3 tipos de malta, comparándolos en 3 proveedores distintos. Todos estos productos considerando que cumplen con los criterios de calidad proporcionados en la ficha técnica y teniendo que comprobar las analíticas correspondientes por cada nuevo lote que se adquiera.

Proveedor	**Cervezinox**		**Más Malta**		**Castle Malting**	
Materia Prima	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**
Malta Múnich	25 kg	1,839 €/kg	25 kg	2,288 €/kg	25 kg	1,516 €/kg
Malta Pilsner	25 kg	1,432 €kg	25 kg	2,266 €/kg	25 kg	1,436 €/kg
Malta Viena	25 kg	1,448 €/kg	25 kg	2,285 €/kg	25 kg	1,476 €/kg

Tabla 5. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de malta de cebada.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

2.2.3 Levadura.

La levadura suele venderse en dos tipos de formatos para inocular entre 20 y 25 litros de mosto. Puede encontrarse en estado líquido, normalmente en viales o sobres, o en sobres de diferentes tamaños, normalmente de 11,5g, en estado seco.

En el caso de la levadura líquida es necesario un almacenamiento refrigerado (1-4ºC), lo que supone un mayor gasto energético a la hora de almacenarse. Además, suele tener entre 6 meses a 1 año de vida útil. En cambio, la levadura seca se suele almacenar a temperatura ambiente (preferiblemente por debajo de 15ºC) aunque se puede almacenar a temperatura controlada para durar más tiempo. Generalmente la vida útil es más larga que la levadura líquida, alrededor de 1 a 3 años, si se mantiene en estas condiciones adecuadas.

Para la fabricación de la cerveza, se utilizará la levadura seca en sobres ya que esta para producciones grandes, es más práctica y económica debido a su menor costo y facilidad de almacenamiento. Además, al utilizarse cepas de levaduras genéricas, todas ellas existen en formato seco en el mercado. Hay que añadir también que la levadura seca suele necesitar solo rehidratación, mientras que la líquida puede requerir un "starter" para asegurar la viabilidad y la cantidad adecuada de células, lo que simplifica su aplicación en la fabricación.

Figuras 14 y 15. Tipos de envasado de la levadura: (Sobre de levadura seca de 10g y vial de levadura líquida de 125 ml).
Fuente. Google Imágenes

En la tabla 6 se detallan los costes DDP y el MOQ de 3 proveedores europeos que disponen de las 4 opciones de levadura, que se pueden utilizar para fabricar la cerveza Märzen. Todas cumplen con los criterios de calidad proporcionados en la ficha técnica y teniendo que comprobar las analíticas correspondientes por cada nuevo lote que se adquiera.

Proveedor		**La Tienda del Cervecero**		**Rolling Beers**		**Cerveza Artesana**	
Materia Prima	**TIPO**	**Dósis/MOQ**	**Coste**	**Dósis/MOQ**	**Coste**	**Dósis/MOQ**	**Coste**
SAfLager S-23	Seco	11,50g	4,50 €	11,50g	4,75 €	11,50g	5,00 €
White Labs Märzen WLP820	Líquido	70ml	10,50 €	70ml	12,00 €	70ml	13,50 €
Wyeast Oktoberfest Blend 2633	Líquido	125ml	12,99 €	125ml	13,50 €	125ml	13,99 €
Wyeast Bavarian Lager 2308	Líquido	125ml	12,99 €	125ml	13,50 €	125ml	13,99 €

Tabla 6. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de levadura.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

2.2.4 Lúpulo.

El lúpulo debe almacenarse a temperaturas bajas para preservar sus ácidos alfa y aceites esenciales. Idealmente, se debe mantener entre -5°C y 5°C. Una refrigeración adecuada puede prolongar su vida útil hasta por dos años. Para almacenamiento a largo plazo, el lúpulo se puede congelar a temperaturas entre -18°C y -25°C. Este método es particularmente útil para cervecerías que compran en grandes volúmenes.

Por otro lado, el lúpulo es altamente susceptible a la oxidación, lo que puede degradar su calidad. Almacenar el lúpulo en paquetes sellados al vacío ayuda a mantener su frescura. Algunos productores de lúpulo utilizan envases con atmósfera modificada, en los que se reemplaza el oxígeno con nitrógeno o dióxido de carbono, para prolongar la vida útil del producto. Además, deben almacenarse en contenedores opacos para protegerlos de la luz, que puede degradar los compuestos esenciales del lúpulo. Los envases herméticos previenen la entrada de humedad y oxígeno.

En la tabla 7 se detallan los costes DDP y el MOQ de 3 proveedores europeos de los distintos tipos de lúpulo que se pueden utilizar para fabricar Märzenbier. Todas las referencias cumplen con los criterios de calidad proporcionados en la ficha técnica y teniendo que comprobar las analíticas correspondientes por cada nuevo lote que se adquiera.

Proveedor	Get Er Brewed		Crosby Hops		Lupulina	
Materia Prima	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**
Hallertauer Mittelfrüh	5 kg	48 €/kg	1 kg	45 €/kg	1 kg	50 €/kg
Liberty	5 kg	46 €kg	1 kg	43 €/kg	1 kg	47 €/kg
Saaz	5 kg	49 €/kg	1 kg	46 €/kg	1 kg	52 €/kg
Tettnanger	5 kg	47 €/kg	1 kg	44 €/kg	1 kg	48 €/kg

Tabla 7. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de lúpulo.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

2.2.5 Otros ingredientes.

En relación con todos los aditivos necesarios para el tratamiento del agua, se ha procedido a exponer en la tabla 8 de a continuación la comparación de tres proveedores con su MOQ (cantidad mínima de pedido) y el coste unitario DDP de los productos. Todos ellos considerando que la ficha de seguridad y la ficha técnica cumplen los requisitos para utilizarlos en el agua de cerveza y para su almacenamiento.

Proveedor	El secreto de la cerveza		Vadefood		Laboratoriumdiscounter	
Materia Prima	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**
Sulfato cálcico	1 kg	3,00 €/kg	25 kg	0,83 €/kg	25 kg	3,83 €/kg
Sulfato de magnesio	1 kg	3,40 €/kg	25 kg	2,23 €/kg	25 kg	1,54 €/kg
Cloruro cálcico	0,43 kg	20,55 €/kg	25 kg	1,04 €/kg	20 kg	3,35 €/kg
Ácido láctico	0,9 L	13,89 €/L	25 L	6,80 €/L	20 L	11,50 €/L

Tabla 8. – Comparación de los costes unitarios de los aditivos del agua.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

3. ENVASES Y MATERIALES AUXILIARES.

En la fabricación de cerveza, además de las materias primas esenciales, son necesarios diversos envases, tanto primarios como secundarios, y materiales auxiliares para el acondicionamiento, conservación y distribución del producto final. En este apartado se detallarán los diferentes tipos de envases y materiales a utilizar en la microcervecería, considerando tanto aspectos técnicos como logísticos.

3.1 Características de envases y materiales auxiliares.

En este punto se va a detallar las características de los envases y materiales auxiliaros necesarios para la fabricación de cerveza.

3.1.1 Envases primarios.

Un envase primario es aquel que está en contacto directo con el producto, conteniéndolo y protegiéndolo. A su vez, es el envase que se presenta directamente al consumidor, por lo que habitualmente se intenta que sea atractivo estéticamente.

En la industria cervecera generalmente se utilizan tres tipos de envases primarios: botellas de vidrio o plástico PET, latas de metal y barriles de metal. En el caso de este proyecto se planteará el uso de las botellas de vidrio y latas de metal como indica el promotor. A continuación, se entrará en detalle con cada tipo de envase primario describiendo sus características técnicas.

- Botellas de vidrio y tapones.

Por un lado, las botellas de vidrio son una opción común para envasar cerveza, especialmente en España, donde en 2021 se utilizó vidrio de un solo uso para el 24,24% de la cerveza y vidrio reutilizable para el 14,86%. Estas botellas se fabrican mediante la fusión de materias primas como arena de sílice, carbonato de sodio y caliza, que son abundantes en la naturaleza y su extracción no tiene un impacto ambiental significativo. Además, se incorpora vidrio reciclado (conocido como calcín) en el proceso de producción, lo que reduce el uso de nuevas materias primas y contribuye a la sostenibilidad. En la próxima figura 16, se pueden diferenciar los distintos tipos de botellas de vidrio utilizados para la industria cervecera.

Parámetros	Volumen (cl)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso mínimo catálogo (g)	Peso máximo catálogo (g)	Peso medio Sector (g)
			Cervezas			
Rango total	20-100	171-321	56,9-103	135	900	162-450
Categorías	20	171	56,9	-		142
	25	146,5-212	56,3-60,2	135	239	158
	33	156-238	56,6-78	135	390	217
	50	228-270	65-73,7	245	430	281
	65	280	76,6	-		384
	75	263-297	79,5-103	560	900	396
	100	321	85	-		449

➢ *Para elaborar esta tabla se han tenido en cuenta los catálogos de Verallia, Vidrala y O-I y los pesos medios registrados por las empresas en la declaración de envases a Ecovidrio de 2021.*

Figura 16. – Tipología de botellas de vidrio para cerveza.
Fuente. – Guía de Ecodiseño para el sector de la Cerveza (2023)

El color de las botellas de vidrio para cerveza impacta en la cantidad de vidrio reciclado (calcín) que se puede incorporar en su fabricación, lo que afecta la sostenibilidad del proceso. Las botellas de color verde o ámbar permiten un mayor porcentaje de calcín en la mezcla (tabla 9), ya que pueden tolerar mejor las impurezas de color que quedan en el vidrio reciclado, en comparación con las botellas incoloras, que requieren un vidrio más puro. Esto hace que las botellas de colores oscuros sean más beneficiosas para el medio ambiente al maximizar el uso de material reciclado y reducir la necesidad de nuevas materias primas.

Pero es que, además, las botellas incoloras, en comparación con las botellas oscuras, permiten un mayor traspaso de la luz ultravioleta por lo que se ven afectadas las cualidades organolépticas del producto (tabla 9). Por lo que es mejor utilizar botellas ámbar o verdes para mejorar la conservación del sabor y la calidad de la cerveza. y en el caso de las cervezas LAGER como la Märzenbier poder realizar una segunda fermentación en botella si fuera necesario.

Color de la botella	% Medio de calcín	% Impedimento luz UV
Incoloro	40%	10%
Ámbar	50%	90-95%
Verde	80%	50-70%

Tabla 9. – Comparación de los costes unitarios de los aditivos del agua.
Fuente. – Guía de Ecodiseño para el sector de la Cerveza (2023)

En resumen, las botellas de vidrio para cerveza son ideales debido a su naturaleza inerte, que preserva la calidad y el sabor sin reacciones químicas, y su resistencia mecánica, que soporta la presión interna y el manejo durante el transporte.

Además, son completamente reciclables sin pérdida de propiedades, lo que las hace sostenibles, y pueden ser fácilmente esterilizadas para garantizar la higiene. El vidrio fundido es maleable, permitiendo que se moldee en diversas formas y tamaños según las necesidades del producto, aunque su fragilidad es un desafío, ya que puede romperse si no se maneja con cuidado.

Por el otro lado, los tapones son parte fundamental del envasado en botellas de vidrio, cumplen una función crucial en mantener la frescura y evitar la contaminación. Los tapones, generalmente tapones corona de metal, aseguran un cierre hermético que impide la entrada de aire y la pérdida de carbonatación, preservando el sabor y las propiedades de la cerveza. Además, los tapones deben ser resistentes a la presión interna y fáciles de retirar para el consumidor. Algunos modelos incluyen un sistema "twist-off" que permite abrir la botella sin un abridor. Su importancia radica en mantener la integridad del producto durante su almacenamiento y transporte, garantizando que la cerveza llegue al consumidor en perfectas condiciones.

Los tapones corona están fabricados principalmente de acero o aluminio, teniendo un peso medio de 2,1 gramos. El proceso de fabricación del tapón involucra la laminación del metal, seguido de troquelado y moldeado, con un disco interior de plástico (*liner*) que sella el envase y protege el contenido. La producción de aluminio, aunque más intensiva en energía, y la obtención de acero a partir de mineral de hierro son fundamentales en la industria, destacando la importancia de estos tapones en la preservación y funcionalidad del producto final.

- Latas metálicas.

En el sector cervecero, las latas metálicas se han consolidado como un envase primario esencial. Según datos de Cerveceros España, en 2022, el 38% de la cerveza comercializada en el país se envasó en latas y otros envases no reutilizables distintos al vidrio. Las latas de cerveza se fabrican principalmente a partir de aluminio o acero, aunque en Europa el uso del acero ha disminuido considerablemente en favor del aluminio. Esta tendencia se debe a varias razones: el aluminio permite producir latas más ligeras, con mejores acabados de impresión, y ofrece una mayor estabilidad en el precio, dado que se puede

adquirir en mercados abiertos como el London Metal Exchange, a diferencia del acero, que depende de acuerdos bilaterales con pocos proveedores.

Las latas de cerveza pueden estar formadas por dos o tres piezas. En las latas de dos piezas, la base y el cuerpo cilíndrico son una única unidad a la que se añade la tapa, lo que ha permitido fabricar envases más ligeros y con mayor superficie para la impresión. En las latas de tres piezas, se distinguen el cuerpo, la base y la tapa, siendo siempre de aluminio el material utilizado para el cierre. En algunos casos, el cuerpo puede estar fabricado de acero, generalmente hojalata, que es acero recubierto de estaño.

Una ventaja significativa de las latas de metales, tanto el aluminio como el acero, es su capacidad de reciclaje infinito sin pérdida de propiedades, lo que los convierte en opciones sostenibles para el envasado. Además, el acero, aunque menos utilizado que el aluminio, consume menos energía por lata en su fabricación, emite menos CO2 y requiere menos materias primas. Este ciclo de reciclado cerrado asegura que los metales pueden reutilizarse continuamente sin necesidad de agregar materia prima virgen o aditivos, contribuyendo así a la sostenibilidad en la fabricación de envases para cerveza.

Además, en las latas se puede utilizar como alternativa al uso de etiquetas la impresión directa sobre el envase con la tecnología *dry offset* (impresión de tinta en seco). Esta técnica permite imprimir cada color individualmente en un rodillo con una plancha de impresión en relieve que transfiere la imagen al metal, seguida de un secado. Este proceso, que permite imprimir solo un envase a la vez, opera a velocidades muy altas para mantener la productividad. Entre las tintas utilizadas en este proceso se incluyen tintas al agua, tintas en base oleosa, tintas con disolventes y tintas de secado con UV, cada una con características específicas para diferentes aplicaciones y efectos en las latas.

3.1.2 Envases secundarios.

El envase secundario es aquel que alberga varias unidades de envase primario, ofreciendo una mayor protección y facilitando su transporte. En algunas ocasiones se ofrece el producto al consumidor en envases secundarios por lo que también deben tener en cuenta criterios estéticos. Este tipo de envases se fabrican principalmente con plástico o cartón, siendo el plástico reutilizable y el cartón generalmente de un solo uso. Además de estos materiales, se utilizan tintas para la impresión para los diseños y pegamentos para el sellado de los envases.

Los tipos más comunes de envases secundarios para cerveza incluyen las cajas de agrupación, especialmente en el sector HORECA. Existen dos tipos de cajas de cartón: las estandarizadas, que siguen medidas estándar sin ajustarse al producto, y las *wrap-around*, que se cierran y ajustan alrededor del producto durante el envasado. Otros elementos utilizados en los envases secundarios son los separadores de cartón, el film plástico retráctil para protección y las anillas de agrupación para mantener las latas o botellas juntas. Actualmente, también se pueden encontrar en el mercado packs de latas o botellas sin ningún envase secundario, simplemente pegadas entre sí.

En este caso, la legislación exige que el envase secundario incluya información esencial para facilitar la logística, manejo y trazabilidad del producto en toda la cadena de suministro, así como para garantizar que los productos lleguen al consumidor final en las mejores condiciones. Siendo la información mínima que debe contener una etiqueta de envase secundario la siguiente:

- Identificación del producto: Nombre del producto que contiene el envase secundario.

- Cantidad de unidades: Número de envases primarios que contiene el embalaje secundario.

- Volumen o cantidad neta: Indicación de la cantidad de contenido, generalmente en litros o mililitros.

- Datos del fabricante o distribuidor: Nombre, dirección y, en algunos casos, el país de origen del fabricante o distribuidor.

- Código de barras (EAN-14 o DUN-14): Siendo un código único identificativo de la caja máster del producto que permite la identificación del paquete completo en sistemas de inventario y puntos de venta.

- Lote o número de producción: Información para rastrear la producción de los productos contenidos en caso de problemas o retiradas del mercado.

- Fecha de caducidad o consumo preferente: Si es aplicable al producto contenido, la fecha límite para el consumo en óptimas condiciones.

- Instrucciones de almacenamiento y manipulación: Indicaciones sobre cómo almacenar y manejar el paquete (por ejemplo, "mantener en lugar fresco", "frágil", "no apilar").

- Información sobre reciclaje: Símbolos o indicaciones sobre cómo desechar o reciclar el envase secundario.

3.1.3 Envases terciarios.

El embalaje terciario se emplea para formar unidades de carga más grandes, agrupando el embalaje secundario con el propósito de mejorar la eficiencia en las operaciones de distribución y almacenamiento. A diferencia del embalaje secundario, los componentes del embalaje terciario rara vez llegan al consumidor final, ya que no están diseñados para funciones de venta.

Estos envases están destinados a proteger los productos que ya han sido envasados y empaquetados, asegurando que no sufran daños durante el transporte y el almacenamiento previo a la venta al cliente final. Su función principal es garantizar la integridad del producto a lo largo de la cadena de suministro, facilitando su manejo y optimizando la logística.

El proceso de paletización es el método más comúnmente utilizado en el embalaje terciario. Este proceso consiste en apilar de manera ordenada las cajas provenientes del embalaje secundario sobre palets, formando columnas de carga. Es fundamental asegurar la estabilidad de estas columnas, por lo que, generalmente, se envuelven con film plástico, se colocan planchas de cartón entre

las capas de cajas y se refuerza la estructura con flejes o cantoneras en las esquinas para evitar que el embalaje secundario se deforme. Es importante colocar correctamente las cargas sobre el palé para garantizar la estabilidad y, de esta forma, reducir la necesidad de elementos adicionales de sujeción.

La mayoría de los palets están hechos de madera, aunque también existen alternativas fabricadas con plástico o cartón, que ofrecen distintas ventajas según las necesidades de transporte y almacenamiento. La elección del tipo de palet puede depender de factores como la resistencia, el peso, la facilidad de manejo y las consideraciones medioambientales.

3.1.4 Materiales auxiliares.

Los materiales auxiliares son aquellos que complementan a los diferentes tipos de envases, añadiendo información adicional para su correcta identificación y almacenamiento. En el caso de la cerveza este grupo se compone de las diferentes etiquetas de los envases primarios y las etiquetas anónimas de los envases secundarios y del palet.

Las etiquetas de cerveza se fabrican con materiales como papel (estucado, verjurado o no estucado) y plásticos (PP, PE, PVC, PET, biopolímeros), o combinaciones innovadoras como el papel de piedra (80% de carbonato cálcico y un 20% de PEAD). Las tintas empleadas varían desde al agua hasta oleosas o de secado UV, mientras que los adhesivos pueden ser colas tradicionales, autoadhesivos o pegamentos de base acuosa, solventes, UV o hotmelt. Estas etiquetas deben permanecer adheridas durante todo el ciclo de vida del producto, resistiendo el transporte, el agua y las bajas temperaturas. Sin embargo, es crucial que puedan separarse fácilmente para facilitar el reciclaje, lo que representa un desafío en el ecodiseño, donde se busca un equilibrio entre durabilidad y separabilidad.

A continuación, se pueden encontrar detallas las características de los tres tipos de etiquetas que se emplean en la fabricación de la cerveza:

- Etiquetas del envase primario.

La etiqueta del envase primario es un componente fundamental por ser el principal canal de comunicación con el consumidor. A través del etiquetado se da información clave como el tipo de cerveza, el país de origen, el tipo de lúpulo o el grado alcohólico. Sin embargo, por legislación una etiqueta de envase primario debe incluir la siguiente información mínima:

- Nombre del producto: Identificación clara del producto (por ejemplo, nombre de la cerveza).

- Volumen o cantidad neta: Indicación de la cantidad de contenido, generalmente en litros o mililitros.

- Contenido de alcohol: Porcentaje de alcohol por volumen (% ABV) en el caso de bebidas alcohólicas.

- Ingredientes: Lista de ingredientes utilizados en la elaboración del producto, en orden de cantidad.

- Fecha de caducidad o consumo preferente: Indica la fecha límite para consumir el producto en óptimas condiciones.

- Datos del fabricante o distribuidor: Nombre, dirección y, a veces, el país de origen del fabricante o distribuidor.

- Código de barras (EAN 13): Siendo un código único identificativo del producto para facilitar el escaneo en puntos de venta, permitiendo una rápida identificación y gestión de inventarios.

- Lote o número de producción: Información para rastrear la producción en caso de problemas.

- Instrucciones de almacenamiento: Recomendaciones sobre cómo almacenar el producto (por ejemplo, "mantener en un lugar fresco y seco").

- Información sobre reciclaje: Símbolos o indicaciones sobre cómo desechar o reciclar el envase secundario.

- Advertencias legales o sanitarias: Cualquier advertencia requerida por ley, como advertencias sobre el consumo de alcohol o alérgenos.

Figura 17. – Ejemplo de etiqueta del envase primario.
Fuente. – Cervecería La Virgen.

- Etiquetas del envase secundario.

Una etiqueta de envase secundario es la etiqueta aplicada a un embalaje que contiene múltiples unidades de envases primarios, como una caja o paquete que agrupa varias botellas o latas. Normalmente, es una etiqueta blanca que sirve para complementar la información mínima que requiere por legislación la caja máster y normalmente incluye la información del código de barras (EAN-14 o DUN-14), lote o número de producción y fecha de caducidad o consumo preferente. Siendo estos los datos que puede variar de una fabricación a otra, permitiendo tener un diseño fijo para la caja máster con la información esencial. También, existen alternativas como la impresión directa en la caja máster de la información anteriormente mencionada.

1. Etiquetas del palet (GS1-128).

Se trata de una etiqueta anónima aplicada a un palet cargado con mercancía, en la que se complementa con información crucial para la identificación, manejo y

seguimiento del contenido del palet durante el transporte y almacenamiento. Los palets son utilizados en la logística para mover grandes cantidades de productos, y su etiqueta asegura que todos los involucrados en la cadena de suministro puedan identificar rápidamente el contenido y destino del palet. La información mínima que debe contener una etiqueta de un palet es:

- Identificación del producto: Descripción del contenido del palet, incluyendo el nombre del producto o productos.

- Cantidad de unidades: Número total de unidades o cajas contenidas en el palet.

- Código de barras: Generalmente un código GS1-128, que puede incluir información como el número de lote, fecha de caducidad, y la cantidad total, permitiendo una lectura rápida y precisa para el control de inventario y trazabilidad.

- Código SSCC: Código Seriado de la Unidad de Envío, siendo un código único identificativo del palet para su correcta trazabilidad en la cadena de suministro.

- Número de lote o producción: Información que permite rastrear la producción del producto para asegurar la trazabilidad.

- Fecha de caducidad o consumo preferente: Si aplica, la fecha límite en la que el producto debe ser consumido para garantizar su calidad.

- Datos del origen y destino: Información del remitente y destinatario, incluyendo direcciones y, en algunos casos, instrucciones de entrega.

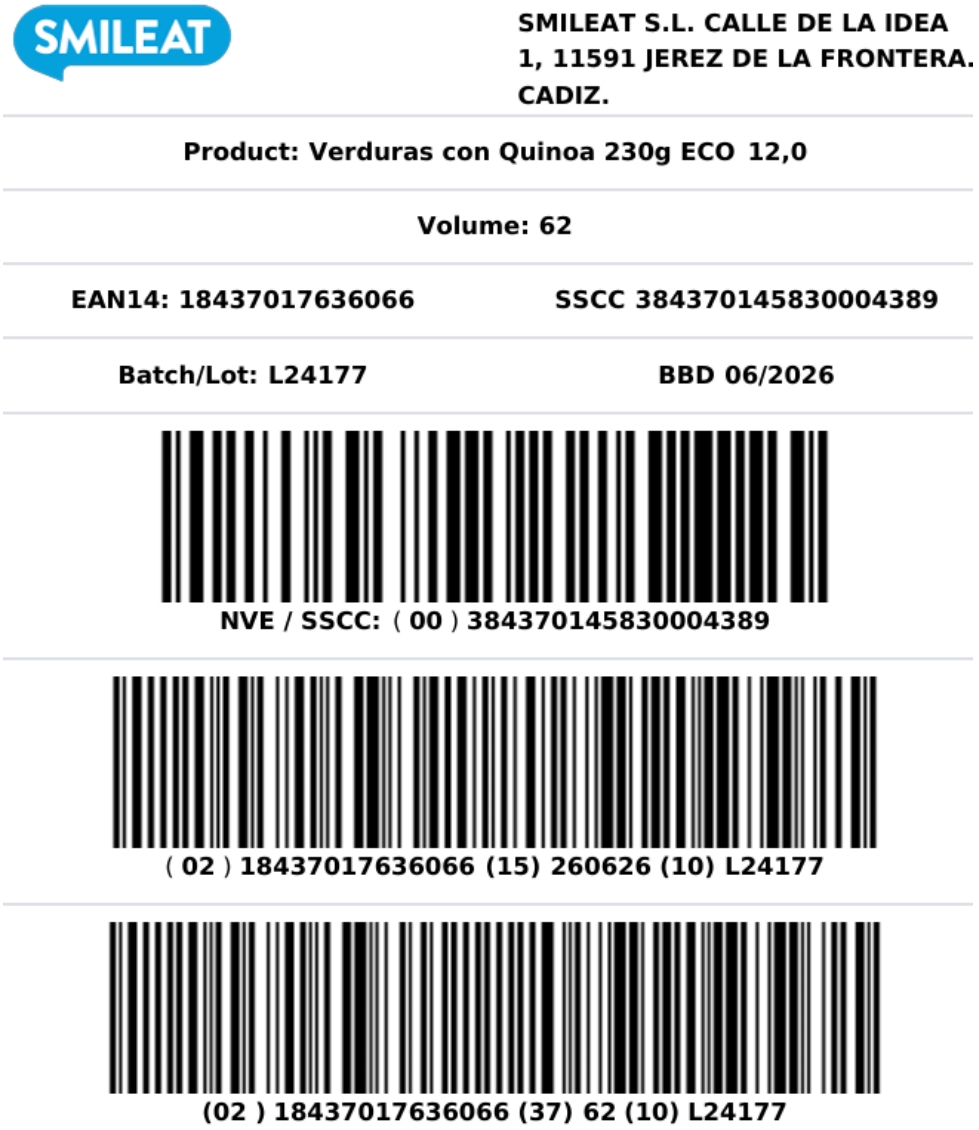


Figura 18. – Ejemplo de etiqueta del palet.
Fuente. – SMILEAT SL.

3.2 Aprovisionamiento de envases y materiales auxiliares.

En este apartado, se procederá a realizar un estudio de proveedores y costes para todos los envases y materiales auxiliares necesarios en el proceso de fabricación de la cerveza. Como mínimo siempre se tendrán al menos dos proveedores validados de cada envase o material auxiliar para poder tener alternativas ante cualquier incidencia en la recepción o ante el desabastecimiento de un proveedor.

3.2.1 Envases primarios.

Como se ha comentado anteriormente, existen distintos formatos de envases primarios. En el caso de este proyecto se utilizarán tanto botellas de vidrio de 33 cl como latas de metal de 33 cl, con la finalidad de unificar volúmenes para ambos tipos de envases.

2. Botellas de vidrio y tapones.

En la industria cervecera, las botellas de vidrio de 33 cl se paletizan de manera estándar, aunque pueden existir algunas variaciones según el fabricante o proveedor. Generalmente, una caja contiene 24 botellas de 33 cl. Un palet suele incluir entre 64 y 80 cajas, lo que equivale a un total de entre 1,536 y 1,920 botellas por palet, dependiendo del tamaño exacto de las cajas y la configuración del palet.

Las medidas típicas de una botella de 33 cl son de aproximadamente 23 cm de altura y 6 cm de diámetro. Las cajas que contienen 24 botellas suelen medir alrededor de 40 cm de largo, 30 cm de ancho y 24 cm de alto. Normalmente los proveedores paletizan en palet europeo con una altura limitada por el peso de entre 140 y 160 cm, dependiendo del número de cajas apiladas. Este límite se debe a que el máximo de carga de un europalet es de 1.000kg y peso el de una botella de vidrio de 33 cl puede pesar entre 200 y 250 gramos. Teniendo un peso total de un palet cargado que generalmente se sitúa entre 800 kg y 1,000 kg.

Las condiciones de almacenamiento de las botellas también son un factor crucial para garantizar la calidad del producto. Las botellas deben almacenarse en un lugar fresco, seco y protegido de la luz solar directa, ya que la exposición a la luz puede afectar negativamente a la calidad de la cerveza. Además, es fundamental mantener una temperatura constante, preferiblemente entre 5°C y 15°C, para preservar la integridad del contenido. También se recomienda evitar cambios

bruscos de temperatura y humedad, ya que pueden afectar tanto al vidrio como al líquido en su interior.

A continuación, se valorarán los distintos precios de los productos de distintos fabricantes, aunque se tendrá siempre presente las ventajas de composición reciclable e impedimento del paso de la luz ultravioleta de las botellas ámbar o verdes frente a las incoloras. Además, para reducir costos y minimizar el impacto ambiental sin comprometer la calidad de almacenamiento de la cerveza ni la resistencia durante el transporte, se optará por reducir el peso de las botellas de vidrio, ya que una menor masa implica un menor impacto ambiental y un costo más bajo por botella. También se sugiere eliminar cualquier componente que no cumpla una función específica, reduciendo así el uso innecesario de materiales

En la tabla 10 se presentan los costes DDP y el MOQ (Cantidad Mínima de Pedido) de tres proveedores europeos que ofrecen botellas de vidrio para envasar la cerveza. Todas las opciones cumplen con los criterios de calidad especificados en la ficha técnica.

Proveedor	Pont Europe		BA Glass		Vidrala	
Botella vidrio 33cl	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**
Incoloro	10.000 uds	0,45 €/ud	12.000 uds	0,50 €/ud	9.000 uds	0,46 €/ud
Verde	10.000 uds	0,47 €/ud	12.000 uds	0,52 €/ud	9.000 uds	0,48 €/ud
Ámbar	10.000 uds	0,50 €/ud	12.000 uds	0,55 €/ud	9.000 uds	0,51 €/ud

Tabla 10. – Comparación de los costes unitarios de los tipos de botellas de vidrio.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

En cuanto al tipo de tapón a emplear en la fabricación, se va a optar por el tapón estilo corona ya que es el que tiene mayor disponibilidad en el mercado y es el que mejor se adecúa a la botella de vidrio. Pero es que, además, facilita la separabilidad de la botella, permitiendo mejorar el reciclaje.

En términos de logística, un paquete estándar de tapones corona suele contener entre 10.000 y 15.000 unidades por caja, dependiendo del fabricante. Estas cajas se paletizan para facilitar su almacenamiento y transporte. Un palet típico puede contener entre 60 y 80 cajas, lo que equivale a un total de entre 600.000 y 1.200.000 tapones por palet, según el número de unidades por caja y la configuración del palet.

Las cajas que contienen los tapones corona suelen tener dimensiones aproximadas de 40 cm de largo, 30 cm de ancho y 25 cm de alto, aunque estas medidas pueden variar ligeramente, suelen estar paletizados en palets europeos con una altura total de entre 150 cm y 170 cm, dependiendo de la cantidad de cajas apiladas. Una caja de tapones corona puede pesar entre 15 y 20 kg, lo que significa que un palet cargado podría tener un peso total que varía entre 900 kg y 1.000 kg, dependiendo del número de cajas y tapones transportados. Individualmente, el peso medio del tapón corona es de 2,1 g y unas dimensiones de 26 mm de diámetro y de alrededor de 6 mm a 7 mm de altura, permitiendo así ajustarse perfectamente al cuello de las botellas, asegurando un cierre hermético.

Las condiciones de almacenamiento de los tapones corona son fundamentales para mantener su calidad y funcionalidad. Estos deben almacenarse en un lugar seco, con una humedad controlada para evitar la corrosión del metal, que podría comprometer la capacidad del tapón para sellar correctamente las botellas. La temperatura del almacén debe mantenerse preferiblemente entre 10°C y 25°C para evitar deformaciones o daños en el material de los tapones.

En la tabla 11 se detallan los costes DDP y la Cantidad Mínima de Pedido (MOQ) de tres proveedores europeos que suministran tapones corona para el envasado de cerveza. Todas las alternativas cumplen con los estándares de calidad indicados en la ficha técnica.

Proveedor	Crown Holdings, Inc.		Pelliconi & C. S.p.A.		Astir Crowns S.A.	
	MOQ	Coste	MOQ	Coste	MOQ	Coste
Tapón corona	100.000 uds	0,025 €/ud	50.000 uds	0,022 €/ud	30.000 uds	0,020 €/ud

Tabla 11. – Comparación de los costes unitarios de tapones corona.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

En cuanto a las latas de metal de 33 cl, estas tienen unas medidas estándar de aproximadamente 11.5 cm de altura y 6.5 cm de diámetro, con un peso que oscila entre 10 y 15 gramos por lata. Las cajas utilizadas para transportar 12 latas suelen medir alrededor de 24 cm de largo, 18 cm de ancho y 12 cm de alto, y el peso de una caja vacía se encuentra generalmente entre 400 y 600 gramos.

En términos de paletizado, puede contener entre 120 y 140 cajas, el número total de latas por palet sería entre 1.440 y 1.680 latas. La altura total del palet suele estar entre 160 y 180 cm y el palet completamente cargado puede pesar entre 300 y 500 kg.

Las condiciones de almacenamiento son cruciales para mantener la calidad del producto. Las latas deben almacenarse en un ambiente seco y fresco, idealmente con una temperatura constante entre 10°C y 25°C, para prevenir cualquier deterioro del aluminio y del contenido. Es fundamental evitar la exposición directa a la luz solar, que podría afectar tanto al envase como a la cerveza. Las cajas y palets deben colocarse sobre superficies planas y secas, evitando el contacto directo con el suelo para impedir la absorción de humedad.

A partir de tres proveedores europeos distintos, se ha realizado la comparativa en la tabla 12 de la cantidad mínima y del coste DDP por proveedor. Siempre teniendo en cuenta que cumplen los estándares de calidad.

Proveedor	**Smurfit Kappa**		**DS Smith**		**Mondi Group**	
Envase secundario	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**
Caja 12 botellas	5.000 uds	0,60 €/ud	10.000 uds	0,55 €/ud	3.000 uds	0,65 €/ud
Caja 12 latas	5.000 uds	0,50 €/ud	10.000 uds	0,45 €/ud	3.000 uds	0,55 €/ud

Tabla 12. – Comparación de los costes unitarios de latas de metal
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

3.2.2 Envases secundarios.

En el caso de los envases secundarios, se optará por hacer una comparativa de cajas *wrap-around* para 12 botellas de vidrio y de cajas estandarizadas de 12 latas de metal para optimizar el proceso de envasado y facilitar el almacenamiento. Ambas serán cotizadas con un diseño minimalista de la marca y con la información mínima de este tipo de envase.

Las cajas deben almacenarse en un ambiente seco, con una humedad relativa controlada para evitar daños en el cartón. La temperatura ideal es de 10°C a 25°C. Evitar la exposición directa a la luz solar y cambios bruscos de temperatura.

En la tabla 13 se presentan los costes DDP y la Cantidad Mínima de Pedido (MOQ) de tres proveedores europeos que ofrecen ambos tipos de envases secundarios. Todas las opciones cumplen con los estándares de calidad establecidos en la ficha técnica y respetan las especificaciones logísticas de la tabla 14.

Proveedor	Smurfit Kappa		DS Smith		Mondi Group	
Envase secundario	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**
Caja 12 botellas	5.000 uds	0,60 €/ud	10.000 uds	0,55 €/ud	3.000 uds	0,65 €/ud
Caja 12 latas	5.000 uds	0,50 €/ud	10.000 uds	0,45 €/ud	3.000 uds	0,55 €/ud

Tabla 13. – Comparación de los costes unitarios de envases secundarios.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

Tipo de Envase	Envase secundario			
	Largo (cm)	**Ancho (cm)**	**Alto (cm)**	**Peso (kg)**
Caja 12 botellas	40	30	25	0,6
Caja 12 latas	24	18	12	0,4

Tipo de Envase	Palet				
	Largo (cm)	**Ancho (cm)**	**Alto (cm)**	**Peso (kg)**	**Uds/palet**
Caja 12 botellas	120	80	160	800	80
Caja 12 latas	120	80	160	300	140

Tabla 14. – Datos logísticos de los envases secundarios.
Fuente. – Fichas logísticas de los proveedores.

3.2.3 Envases terciarios.

El principal envase terciario en la fabricación de cerveza es el palet europeo, esta estructura plana generalmente de madera es utilizada para el transporte y almacenamiento de mercancías. Sus medidas son de 120 cm x 80 cm y los que están certificados con calidad EUR pueden soportar por norma general hasta 1.000 kg. Adicionalmente, a la hora de paletizar la mercancía, se utiliza un film retráctil para asegurar la estabilidad del palet y asegurar la mercancía para que no se desplace durante el transporte. Además, realiza una función protectora frente a la suciedad y daños al ser una barrera física. Generalmente, el film tiene un peso entorno a los 2 y 4,5 kg dependiendo de su longitud entre 300 y 1.500 metros. Normalmente, el film va en una cajas de 6 unidades de aproximadamente 50 cm x 25 cm x 30 cm y suele pesar en torno a los 2,5 kg la unidad.

A continuación, en la tabla 15 se exponen distintos precios DDP de tres distintos proveedores y la Cantidad Mínima de Pedido (MOQ) para comprar palets europeos y film retráctil de plástico. En este caso, se buscarán proveedores cercanos a la nave ya que permite una mayor agilidad en la entrega, que el palet cumpla las especificaciones de calidad EUR y el film de plástico las especificaciones de calidad establecidas.

Envase terciario	MOQ	Coste	MOQ	Coste	MOQ	Coste
Proveedor	Embalajes San Miguel		JPG Pallets		Palecom	
Palet europeo	100 uds	7,50 €/ud	50 uds	6,90 €/ud	80 uds	7,00 €/ud
Proveedor	Moheda Group		RF Comercial Packaging		Controlpack Systems	
Film retráctil	6 uds	10,39 €/ud	6 uds	8,83 €/ud	6 uds	11,30 €/ud

Tabla 15. – Comparación de los costes unitarios de envases terciarios.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

3.2.4 Materiales auxiliares.

Para lograr un equilibrio entre sostenibilidad y calidad en el uso de etiquetas, se propone reducir su tamaño lo máximo posible. Es importante destacar que esta reducción en el tamaño de las etiquetas debe considerarse en función del cumplimiento de las normativas de etiquetado e información al consumidor. Además, se recomienda utilizar adhesivos con menor poder de adherencia para facilitar su desprendimiento.

Para cumplir con estas especificaciones, las etiquetas de las botellas de vidrio serán de papel de piedra autoadhesivas. Estas etiquetas presentan un menor impacto en el horno de fusión porque su principal componente, el carbonato cálcico, es un elemento común en el proceso de reciclaje de vidrio, lo que contribuye a mantener la integridad del nuevo vidrio. Además, continuando en búsqueda de la reducción del tamaño de la etiqueta primaria, se utilizará una etiqueta frontal de 10 cm de ancho por 9 cm de alto y una trasera con las mismas medidas, excluyendo la etiqueta del collarín habitual en otras marcas.

En el caso de la etiqueta del envase secundario y del palet, se optará por la utilización de etiquetas anónimas de plástico autoadhesivas ya que son imprescindibles para una correcta trazabilidad logística y son las que más expuestas se encuentran en el transporte. Al ser anónimas, son etiquetas en

blanco a las que se le imprime la información correspondiente a cada fabricación, el DUN 14 y la información de la mercancía cada palet respectivamente.

Las medidas de las etiquetas anónimas miden 15 cm x 20 cm y van 5.000 etiquetas por caja de 4 kg y medidas de 30 cm x 20 cm x 15 cm. En cambio, las etiquetas primarias van en rollos diferenciados de un ancho de pendiendo de la cantidad de etiquetas por rollo. Normalmente contienen de 500 a 1.000 etiquetas por rollo y tienen un ancho de 8 cm a 10 cm. Estas últimas, van en cajas por rollo de unas medias aproximadas de 30 cm x 30 cm x 10 cm y un peso de entre 3 kg y 5 kg.

En la tabla 16, se puede observar una comparativa de precios DDP y la Cantidad Mínima de Pedido (MOQ) de tres proveedores españoles distintos para ambos tipos de etiquetas cumpliendo con las especificaciones expuestas.

Proveedor	**Adhesivos Orcajada**		**Etimur**		**Labels Dorel**	
Materiales auxiliares	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**	**MOQ**	**Coste**
Etiquetas PP 10x9 cm	5.000 uds	0,150 €/ud	10.000 uds	0,160 €/ud	3.000 uds	0,145 €/ud
Etiquetas Anon 15x20 cm	5.000 uds	0,120 €/ud	10.000 uds	0,130 €/ud	3.000 uds	0,115 €/ud

Tabla 16. – Comparación de los costes unitarios de materiales auxiliares.
Fuente. – Elaboración propia (enlace de las webs de los proveedores).

4. PROCESO PRODUCTIVO.

En este apartado de desarrolla un estudio detallado del proceso productivo de la fabricación de cerveza estilo Märzen con una capacidad de 80.000 L/año. Este proceso implica la transformación de materias primas como el agua, lúpulo, levadura y malta de cebada en cerveza.

En primer lugar, se explican las operaciones unitarias implicadas en el proceso y posteriormente se realiza un balance de materias primas, envases, materiales auxiliares, subproductos, desechos y productos terminados. Finalmente, se realiza una selección de la maquinaria necesaria para la fabricación de la cerveza.

En términos generales el proceso implica varias etapas clave, comenzando con la molienda de las distintas maltas de cebada. Después se mezcla con agua caliente en la maceración, donde las enzimas convierten los almidones en azúcares fermentables, creando el mosto. Este mosto se hierve con lúpulo para añadir sabor y estabilidad, antes de ser enfriado y fermentado con levadura, que convierte los azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Después de la fermentación, la cerveza se madura, se filtra para clarificarla, y finalmente se envasa para su distribución y consumo.

4.1 Operaciones unitarias del proceso productivo.

A continuación, de describe y analizan las operaciones unitarias necesarias para llevar a cabo la producción de cerveza estilo Märzen.

4.1.1 Recepción de materias primas y almacenamiento.

La operación unitaria de recepción de la materia prima en el proceso productivo de la fabricación de cerveza es fundamental para garantizar la calidad del producto final. Este proceso abarca varias etapas clave que aseguran que todos los ingredientes necesarios lleguen en óptimas condiciones y cumplan con los estándares de calidad establecidos.

1. Recepción y verificación.

Al llegar las materias primas a la nave, como la malta de cebada, el lúpulo o la levadura, se procede a una inspección inicial. Esta incluye la verificación del estado de los envases y de la integridad de los sellos, así como la revisión de la

documentación asociada, como guías de remisión y certificados de calidad, que aseguren que los ingredientes cumplen con las especificaciones solicitadas.

2. Muestreo y control de calidad.

Posteriormente, se realizan muestreos aleatorios de los lotes recibidos. Estos muestreos permiten realizar pruebas de calidad, tales como análisis de humedad en la malta, verificación de alfa ácidos en el lúpulo, y comprobación de la pureza y viabilidad de la levadura. En el caso de encontrar alguna incidencia que impida la utilización de la materia prima para la producción, se realizará la reclamación oportuna al proveedor y se procederá con la recogida del lote de la materia prima afectada y la sustitución por un lote nuevo.

3. Registro y almacenamiento.

Una vez que los ingredientes han pasado los controles de calidad, se registran en el sistema de gestión de la planta, donde se documenta el lote recibido, la cantidad, y los resultados de las pruebas de calidad. Tras esto, las materias primas se trasladan a las áreas de almacenamiento correspondientes, bajo condiciones controladas que preserven su integridad. Por ejemplo, la malta se almacena en silos en ambientes secos y frescos, el lúpulo en cámaras frigoríficas para mantener su frescura, y la levadura en ambientes refrigerados para mantener su viabilidad. Estas condiciones deben venir indicadas en la ficha técnica elaborada por el proveedor

Este procedimiento asegura que solo los ingredientes de mayor calidad se utilicen en la producción, lo que es crucial para garantizar la consistencia y calidad de la cerveza producida. Además, un control estricto en esta etapa permite minimizar los riesgos de contaminación y la pérdida de calidad en el proceso productivo posterior.

4.1.2 Tratamiento del agua.

En el proceso de elaboración de una cerveza Märzen, la primera etapa fundamental es el tratamiento del agua. Este paso es crucial para ajustar la composición del agua local de Las Rozas de Madrid y alcanzar un perfil de agua que sea adecuado para producir una cerveza estilo Märzen.

El primer paso consiste en medir y preparar los aditivos minerales como sulfato cálcico ($CaSO_4$), sulfato de magnesio ($MgSO_4$) y cloruro cálcico ($CaCl_2$). Estos minerales se disuelven en una pequeña cantidad de agua caliente para garantizar una disolución completa y facilitar su incorporación al agua.

Una vez disueltos, los minerales se añaden al agua de Madrid en un recipiente adecuado, como un hervidor o un tanque de preparación de agua. Es crucial agitar bien la mezcla para asegurar que los minerales se distribuyan uniformemente, ajustando así los niveles de calcio, magnesio y cloruro según el perfil objetivo.

Para alcanzar el pH óptimo de 5,5, se prepara una solución de ácido láctico al 80%, diluido en una proporción manejable (por ejemplo, 10 mL de ácido láctico en 100 mL de agua destilada). Luego, se añaden cuidadosamente 1.513 mL de esta solución a cada 20 litros de agua, midiendo el pH tras la adición. Se ajusta según sea necesario hasta alcanzar el pH deseado de 5,5, lo que es esencial para optimizar la actividad enzimática durante la maceración y asegurar un correcto proceso de fermentación.

Finalmente, se verifica el perfil del agua para asegurarse de que los niveles de iones y el pH están dentro del rango óptimo para la producción de una Märzenbier. Este ajuste preciso del agua es fundamental para realzar los sabores maltosos y garantizar una cerveza de alta calidad.

En conclusión, el tratamiento del agua de Madrid mediante la adición de sulfato cálcico, sulfato de magnesio, cloruro cálcico y la reducción de la alcalinidad es esencial para lograr el perfil ideal para una Märzenbier. Este proceso puede tomar entre 1 hora y 30 minutos a 2 horas, asegurando que la cerveza resultante tenga el equilibrio perfecto de minerales, resaltando los sabores maltosos y proporcionando una experiencia de degustación auténtica y equilibrada, adecuada para este estilo clásico de cerveza.

4.1.3 Molienda – Trituración de la malta.

La operación unitaria de molienda o trituración de la malta es una de las primeras y más cruciales etapas en la elaboración de la cerveza, dado que de ella depende la eficiencia de las etapas posteriores como la maceración, la extracción de

azúcares, la filtración del mosto, la fermentación, la filtrabilidad de la cerveza o las características organolépticas de la cerveza final. Durante este proceso, la malta, que ha sido previamente almacenada en silos tras ser recibida desde las malterías, es enviada a los molinos trituradores.

Para la elaboración de una cerveza estilo Märzen, se utilizará una combinación específica de maltas: un 45% de malta Múnich, un 45% de malta Pilsner, y un 10% de malta Viena. Estas maltas pueden ser molidas conjuntamente, asegurando que la mezcla resultante tenga una consistencia adecuada para las etapas posteriores del proceso.

La molienda de la malta tiene como objetivo aumentar la superficie de contacto del endospermo con el agua durante la maceración, facilitando la actividad enzimática y la liberación de azúcares fermentables. Este proceso debe realizarse con cuidado para que las cáscaras de los granos de malta permanezcan lo más intactas posible, ya que estas actuarán como un lecho filtrante natural durante la filtración del mosto. Un equilibrio adecuado en el tamaño de las partículas es clave: si la molienda es demasiado fina, puede formarse una masa compacta que dificultará la filtración, mientras que una molienda demasiado gruesa puede reducir la eficiencia en la extracción de sustancias fermentables.

Existen dos métodos principales de molienda: la molturación en seco, que es la más común en la industria cervecera, y la molturación en húmedo. En el caso de la molturación en seco, la malta se tritura pasando a través de rodillos en pares, ajustando el tamaño de las partículas según el método de maceración que se empleará posteriormente. Dado que la cerveza Märzen se elabora tradicionalmente mediante maceración por decocción, se prefiere una molturación en seco obteniendo una molienda algo más gruesa para facilitar este proceso, durando este proceso normalmente entre 30 minutos y 1 hora.

En resumen, la correcta realización de la molienda de la malta es esencial para obtener un mosto de calidad, lo que a su vez influirá en el sabor, color y cuerpo de la cerveza final.

4.1.4 Maceración.

La maceración es una operación clave en la elaboración de la cerveza, en la que los granos de malta se mezclan con agua caliente para convertir los almidones en azúcares fermentables. Este proceso no solo afecta el perfil de la cerveza en términos de cuerpo y sabor, sino que también influye en la eficiencia general de la producción.

Existen varios tipos de maceración que se pueden emplear en la elaboración de cerveza, cada uno con sus particularidades:

- **Maceración por Infusión Simple.**

Se realiza añadiendo toda el agua de maceración al grano a la vez, manteniendo una temperatura constante por calentamiento indirecto sin llegar a la ebullición del empaste. Este método es más sencillo y adecuado para cervecerías que buscan un proceso de producción menos complejo.

- **Maceración por Decocción.**

Este método implica retirar una parte de la mezcla de granos y agua, hervirla y luego devolverla al macerador para aumentar la temperatura gradualmente. Es un proceso más laborioso y se utiliza principalmente para estilos de cerveza que requieren un mayor desarrollo de sabores maltosos.

- **Maceración por Infusión Múltiple.**

Similar a la infusión simple, pero implica una serie de aumentos de temperatura escalonados en los que el grano molido se somete a varias etapas de calentamiento en diferentes rangos de temperatura, cada uno de los cuales activa diferentes enzimas que descomponen los componentes del grano.

Para una microcervecería con una capacidad anual de 80,000 litros que elabora cerveza estilo Märzen, el método de maceración por infusión múltiple es el más recomendado. Este estilo de maceración es ideal debido a las características específicas de este estilo de cerveza, que requiere un perfil de sabor complejo y maltoso. La infusión múltiple permite un control más detallado sobre las distintas fases enzimáticas durante la maceración, optimizando la extracción de azúcares fermentables y la degradación de proteínas. También se adapta bien a la variabilidad de la malta y al ajuste del perfil del agua. Además, al estar

automatizado el proceso no implica mayor complejidad que la infusión simple ya que está todo programado.

El proceso de maceración por infusión múltiple consiste en cinco etapas que se ven resumidas en la tabla 17. Las etapas del proceso son las siguientes:

1. **Etapa de β -Glucanasas**

Se inicia el proceso de maceración añadiendo todas las materias primas y el agua previamente tratada a pH 5.5, lo que es crucial para preparar el entorno óptimo para la actividad enzimática en las siguientes etapas. Durante el proceso se establece una temperatura de 45°C y se mantiene durante 10 minutos, reduciendo así la viscosidad del mosto al romper las β-glucanasas, mejorando la clarificación.

2. **Etapa de proteínas.**

En esta fase se aumenta la temperatura a 52°C durante 20 minutos. En estas condiciones las proteínas presentes en la malta comienzan a degradarse, lo que mejora la claridad y la estabilidad de la espuma en la cerveza final. Esta etapa es crucial para la calidad del mosto ya que se producen aminoácidos, nitrógeno amino libre (FAN) esencial para la levadura y fermentación.

3. **Etapa de β-amilasas.**

En esta etapa, la beta-amilasa descompone los almidones en maltosa, un azúcar fermentable clave. Esto contribuye al cuerpo y a la producción de azúcares fermentables (maltosas). En este caso el proceso dura 30 minutos a una temperatura de 63°C.

4. **Etapa de α-amilasas.**

Se realiza un aumento de la temperatura a 72°C y se mantiene la temperatura durante 30 minutos que dura la etapa. Aquí, la α-amilasa descompone los almidones restantes en dextrinas poco fermentables, pero que aportan cuerpo y plenitud a la cerveza sin incrementar excesivamente el sabor dulce.

5. ***Mash Out* (Inactivación de Enzimas)**

Se eleva la temperatura del mosto a 78°C durante 10 minutos para desactivar las enzimas y preparar el mosto (la mezcla obtenida de malta y agua) para la

filtración. Esto asegura que los azúcares y otros componentes del mosto no sigan descomponiéndose, manteniendo el perfil de sabor deseado.

Etapa Macerado	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
Acidificación Inicial	45	10
Descanso de Proteínas	52	20
Descanso de β -amilasa	63	30
Descanso de α -amilasa	72	30
Mash Out	78	10
	TOTAL	**100**

Tabla 17. – Etapas del proceso de maceración por infusión múltiple.
Fuente. – Elaboración propia.

4.1.4.1 Filtración del mosto (Caldera de extracción).

Para poder realizar el proceso de maceración y filtración dentro de un mismo equipo es necesaria una caldera de infusión con amasador Steel. En este tipo de caldera, la filtración se realiza utilizando un sistema de filtros integrados que permiten la separación del mosto. Esto simplifica el proceso al integrar ambas etapas en una sola y permite controlar de manera precisa tanto las temperaturas de maceración como el proceso de filtrado sin la necesidad de transferir el mosto entre diferentes recipientes.

Por lo tanto, al finalizar la etapa de maceración dentro de la misma caldera se procede la filtración. Aquí se separa el mosto dulce, líquido que contiene los azúcares fermentables necesarios para la fermentación, del bagazo, residuos sólidos no fermentables principalmente compuesto por cáscaras de malta.

El proceso tiene una duración aproximada de una hora y media, manteniéndose la temperatura del *Mash Out* hasta la evacuación del bagazo. A continuación, se describen las cinco fases del proceso de filtración:

1. **Formación del Lecho Filtrante.**

Al finalizar la etapa de maceración, el sistema de amasado se detiene durante 15 minutos y las cáscaras de malta comienzan a asentarse en el fondo de la caldera, formando un lecho natural que servirá como filtro para el mosto.

2. Recirculación.

El mosto inicial es recirculado, durante 20 minutos, dentro de la caldera para aclarar el líquido. Esta recirculación ayuda a establecer el lecho filtrante y mejora la claridad del mosto para la siguiente etapa.

3. Filtración.

Una vez que el mosto ha sido clarificado a través del lecho filtrante de cáscaras, se extrae lentamente, aproximadamente 35 minutos, desde el fondo de la caldera. El diseño de la caldera de infusión con amasador Steel permite esta extracción controlada, evitando la obstrucción del lecho y garantizando un flujo constante y claro del mosto.

4. Lavado del grano (*Sparging*).

Después de la recolección del mosto principal, se añade agua caliente (a 72ºC) sobre el lecho de granos para extraer los azúcares restantes durante 20 minutos. El bagazo retiene algunos azúcares residuales, lo que podría llevar a una ligera pérdida de eficiencia si no es lavado.

5. Evacuación del bagazo.

Tras enfriarse el bagazo restante, se retira de la caldera para ser desechado o utilizado en otros fines, como alimentación animal o compostaje. La duración aproximada de esta etapa es de 10 minutos.

El sistema de filtros integrados en la caldera asegura que el mosto dulce se separe eficazmente del bagazo, logrando una clara separación de los azúcares fermentables necesarios para la fermentación. El diseño de la caldera permite mantener una temperatura constante de 72 °C durante el proceso, lo que optimiza la eficiencia en la extracción y clarificación del mosto.

4.1.6 Cocción.

La cocción del mosto se realiza en una caldera de cocción a presión que mediante el empleo de intercambiados de calor sucesivos permite un ahorro de energía al aprovechar el vapor que se produce y un ahorro de tiempo al realizarse la cocción a mayor presión y temperatura. Para ello se emplean temperaturas en torno a los 110ºC a una presión de 2 bares durante 60 minutos, reduciendo los tiempos de cocción tradicionales de 90-120 minutos. Este tipo de proceso de hervido o cocción del mosto a presión tiene los siguientes objetivos principales:

- **Esterilización del mosto**.

La cocción a presión asegura una esterilización eficaz, eliminando cualquier microorganismo que pueda afectar la fermentación.

- **Isomerización del lúpulo.**

La cocción a presión mejora la isomerización de los α-ácidos del lúpulo, aumentando la eficiencia en la extracción de amargor.

- **Reducción del tiempo de cocción.**

La mayor temperatura en una cocción a presión puede reducir el tiempo necesario para alcanzar los mismos objetivos que en una cocción a presión atmosférica.

- **Precipitación de proteínas y polifenoles.**

A temperaturas más altas, las proteínas y polifenoles se coagulan y precipitan de manera más eficiente, disminuyendo el pH del mosto.

El proceso de cocción se incluyen adiciones fraccionadas de lúpulo en momentos específicos para controlar el amargor y el aroma que se quiere proporcionar a la cerveza. En el caso de la cerveza Märzen se realizan dos adiciones:

1. **Primera adición (40').**

Se añaden Hallertau Mittelfrüh faltando 40 minutos antes del final de la cocción para extraer el amargor. Siendo la isomerización del lúpulo es más rápida de lo habitual debido a la mayor temperatura y con el objetivo de aportar unos 17,2 IBUs de amargor.

2. **Segunda adición (10').**

Se incluyen otra vez Hallertau Mittelfrüh cuando faltan 10 minutos antes del final para aportar aroma y una cantidad aproximada de amargor de 4,7 IBUs.

La cocción del mosto en una caldera a presión permite obtener un mosto esterilizado con un control preciso del amargor y aroma del lúpulo, y una mayor eficiencia en la precipitación de proteínas. Durante el proceso se intenta conseguir una tasa de evaporación entorno al 5% y el pH se ve reducido a un 5,2-5,3. El ajuste del balance de materias primas, incluyendo la adición de agua y el manejo del tiempo de cocción, asegura la obtención de un lote de cerveza Märzen con las características deseadas.

4.1.7 Clarificación – Whirpool.

La clarificación del mosto es una etapa crucial en el proceso productivo de la cerveza Märzen, ya que permite la eliminación del "turbio grueso" o Trub caliente, que es una mezcla amorfa de proteínas coaguladas, taninos, y restos de lúpulo que permanecen en suspensión tras la cocción. Esta etapa se realiza en un equipo llamado Whirlpool, un recipiente vertical cilíndrico diseñado para facilitar la sedimentación de estos sólidos en suspensión, asegurando que el mosto limpio pueda ser extraído para su posterior enfriamiento y fermentación.

El Whirlpool está diseñado específicamente para optimizar la clarificación del mosto. El fondo del Whirlpool es plano, pero con una pendiente mínima del 1% hacia la descarga, facilitando la recolección del Trub en el centro del recipiente mediante un movimiento rotatorio. Además, las paredes del Whirlpool están aisladas externamente para evitar que el mosto pierda calor durante el proceso, manteniendo su temperatura estable.

El proceso de clarificación en el Whirlpool consta de las siguientes etapas:

1. **Bombeo del mosto.**

Tras la cocción, el mosto se bombea desde la caldera de cocción al Whirlpool a alta velocidad (entre 3,5 y 4 m/s) a través de una tubería tangencial, situada a una altura mayor de 1/3 de la profundidad del tanque. Es crucial evitar que la bomba gire a alta velocidad o que sufra cavitación, ya que esto podría reintegrar el trub al mosto, enturbiándolo nuevamente.

2. Formación del flujo rotatorio.

La entrada tangencial del mosto crea un flujo rotatorio dentro del Whirlpool, generando un vórtice que provoca que los sólidos en suspensión, como el trub, migren hacia el centro de la base del tanque y se depositen allí.

3. Sedimentación y reposo.

El mosto permanece en reposo en el Whirlpool durante 25-30 minutos. Durante este tiempo, los sólidos en suspensión se sedimentan en el fondo del tanque, formando un cono de trub en el centro. Este proceso de sedimentación es vital para asegurar que el mosto limpio pueda ser extraído sin contaminación. Un reposo más breve reduce el tiempo de contacto del mosto con el trub caliente, lo que minimiza el aumento de coloración del mosto y mejora la estabilidad del sabor de la cerveza final.

4. Extracción del mosto limpio.

El mosto limpio se extrae lateralmente desde la parte superior del cono de trub, dejando los sólidos sedimentados en el centro. Esto asegura que el mosto clarificado, libre de sólidos no deseados, pase a la siguiente etapa de enfriamiento.

5. Recuperación del mosto en el Trub.

Opcionalmente, el mosto contenido en el trub puede ser recuperado utilizando un decantador centrífugo horizontal. Si no se recuperara, se podría perder entre un 1,5% y un 2% de la producción total de mosto.

En conclusión, el uso del Whirlpool en la clarificación del mosto es un proceso eficiente, de una duración de entre 30-40 minutos, y esencial para asegurar la calidad del producto final. La combinación de un diseño adecuado del tanque, con la correcta gestión del flujo rotatorio y el tiempo de reposo, permite la eliminación eficaz del trub, garantizando un mosto limpio que contribuye a la claridad, estabilidad y sabor óptimo de la cerveza Märzen. La capacidad de recuperar mosto adicional del trub a través de técnicas de decantación refuerza aún más la eficiencia del proceso.

4.1.8 Enfriamiento y aireación (Filtración).

El enfriamiento y la aireación del mosto son pasos críticos en la producción de cerveza Märzen, ya que preparan el mosto para la fermentación. Después de ser

clarificado en el Whirlpool, el mosto debe enfriarse rápidamente y de manera controlada para evitar la proliferación de microorganismos indeseados y para establecer las condiciones óptimas para la siembra de levadura.

El objetivo principal del enfriamiento es reducir la temperatura del mosto desde aproximadamente 85°C (tras la clarificación en el Whirlpool) hasta un rango de 10-15°C, que es ideal para la siembra de levadura Lager. Este enfriamiento rápido se logra utilizando un intercambiador de placas, un equipo eficiente que permite un enfriamiento rápido y controlado.

El enfriamiento debe realizarse lo más rápidamente posible, aproximadamente en 30 minutos, para evitar que el mosto permanezca en el rango de temperaturas intermedias (20-40°C), donde existe un alto riesgo de crecimiento microbiano no deseado que podría comprometer la calidad de la cerveza.

Durante el enfriamiento, se forma el "trub frío," un conjunto de partículas de taninos y proteínas que precipitan cuando el mosto se enfría por debajo de 60°C. Este trub frío es de menor importancia debido a la efectividad de la clarificación previa del trub caliente en el Whirlpool, y a la alta fermentabilidad de las levaduras utilizadas. Por esta razón, la extracción del trub frío se omite generalmente, ya que no impacta negativamente en la estabilidad del sabor y la espuma de la cerveza.

El agua utilizada para enfriar el mosto se calienta durante este proceso, alcanzando temperaturas de hasta 80°C. Esta agua caliente se almacena y reutiliza en procesos posteriores, como la maceración o el lavado del grano, contribuyendo al ahorro energético y a la eficiencia térmica de la cervecería.

Al finalizar el proceso de enfriamiento es necesaria la aireación del mosto para la propagación de la levadura durante la fermentación. Durante este proceso, se introduce oxígeno al mosto frío, lo que permite a las células de levadura sintetizar los ácidos grasos insaturados y los esteroles necesarios para la formación de membranas celulares saludables.

El proceso de aireación comienza con la incorporación del aire estéril o del oxígeno en el mosto enfriado utilizando técnicas como la nebulización del mosto

en el fermentador o la inyección directa en la corriente de mosto. La cantidad de oxígeno se añade en concentraciones controladas, generalmente entre 5-15 mg/L. Esta es la única ocasión durante el proceso de elaboración de la cerveza donde se introduce oxígeno de manera deliberada, ya que es consumido rápidamente por la levadura y no afecta negativamente la calidad del mosto. También, es crucial que la aireación se realice a la temperatura final de 11-12°C y siendo su duración de 15 minutos. Airear el mosto a temperaturas más altas podría causar oxidación, oscurecimiento del mosto y la aparición de sabores amargos no deseados.

En resumen, el enfriamiento rápido y eficiente del mosto hasta la temperatura óptima de fermentación Lager (11-12°C) es fundamental para asegurar una fermentación saludable y una alta calidad en la cerveza final. El uso del intercambiador de placas permite un control preciso de la temperatura, minimizando el riesgo de contaminación microbiana. Después, la aireación controlada del mosto frío con oxígeno asegura que la levadura tenga las condiciones necesarias para un crecimiento óptimo, lo que contribuye a la estabilidad del sabor y la calidad del producto final.

4.1.9 Fermentación.

A continuación del proceso de enfriamiento y aireación del mosto, la fermentación es el siguiente paso crucial en la producción de cerveza Märzen. Este proceso transforma los azúcares fermentables del mosto en alcohol y dióxido de carbono mediante la acción de la levadura. Además, durante esta fase se generan diversos compuestos que aportan aroma, sabor y textura a la cerveza.

La fermentación de la cerveza Märzen se lleva a cabo a temperaturas bajas, ya que es una cerveza Lager. Para obtener una buena fermentación, se recomienda fermentar el mosto a 11°C utilizando una levadura Lager, preferiblemente una diseñada para estilos como la Märzen, tal como la White Labs Märzen WLP820. La elección de esta levadura ayudará a conseguir los sabores maltosos característicos del estilo. El proceso de la fermentación se compone de las siguientes fases:

1. **Inoculación de la levadura.**

Tras la aireación del mosto, la levadura Lager se inocula en el fermentador. La cantidad de levadura utilizada es crucial para asegurar una fermentación

eficiente. El ratio de siembra para Lager suele estar entre 0,8 y 1,8 millones de células/mL/°P. Para la cerveza Märzen, se recomienda realizar un recuento de células de levadura y ajustar la cantidad en función del volumen de mosto y la densidad inicial (expresada en ° Plato).

2. Fermentación primaria.

La fermentación primaria se lleva a cabo a una temperatura baja, en torno a 11°C. Este rango es ideal para las levaduras Lager, que trabajan lentamente a bajas temperaturas, lo que permite desarrollar los sabores limpios y equilibrados característicos de las cervezas Märzen. A esta temperatura requieren aproximadamente 2 semanas, durante este tiempo, la levadura consume los azúcares del mosto, produciendo alcohol y dióxido de carbono. A lo largo de la fermentación, es necesario un sistema de refrigeración eficiente en el fermentador, ya que el proceso libera calor. El exceso de temperatura puede aumentar la velocidad de fermentación, generando compuestos no deseados, como alcoholes superiores y ésteres y afectar negativamente la calidad de la cerveza.

La atenuación, o porcentaje de azúcares fermentables convertidos en alcohol, es un indicador importante para monitorear el progreso de la fermentación. Para la Märzen, se espera una atenuación que permita obtener una cerveza bien equilibrada con un cuerpo medio y un contenido alcohólico moderado.

Durante todo el proceso de la fermentación, además de producir alcohol y dióxido de carbono, la levadura genera una variedad de subproductos que afectan el aroma y sabor de la cerveza. Entre ellos se incluyen alcoholes superiores, ésteres y compuestos azufrados. Controlar la temperatura y el tiempo es clave para evitar la producción excesiva de estos compuestos, que pueden impartir sabores no deseados si no se gestionan adecuadamente.

4.1.10 Maduración - Guarda.

Una vez que la fermentación primaria ha finalizado y la mayoría de los azúcares se han consumido, comienza la fermentación secundaria o fase de guarda. En esta etapa se busca la estabilización biológica de la cerveza. La levadura sigue actuando, pero a un ritmo mucho más lento, afinando los sabores y eliminando compuestos no deseados, como el diacetilo y ciertos aldehídos que pueden impartir sabores no deseados. Durante este proceso ocurre también una

carbonatación natural, dejándose deja perder parte del CO_2 para arrastrar sustancias volátiles no deseables y posteriormente se cierra herméticamente para que la cerveza se carbonate.

Este proceso también conocido como maduración o lagerización se realiza a temperaturas muy bajas, cercanas a la congelación, generalmente entre 0°C y 2°C. La guarda tradicional de una Märzen puede durar hasta 6 meses, lo que permite que los sabores se redondeen y que los compuestos indeseados, como los productos secundarios de la fermentación, se degraden o desaparezcan. Sin embargo, un tiempo más común y manejable es una maduración de entre 5 a 8 semanas, durante las cuales la cerveza continúa refinando sus características de sabor y aroma.

Este proceso requiere un refrigerador con control preciso de la temperatura para asegurar que la cerveza esté expuesta a las condiciones óptimas. La paciencia es clave en esta etapa, ya que una buena maduración dará como resultado una Märzen suave, limpia y con un sabor equilibrado, que es la recompensa de todo el proceso de elaboración.

En conclusión, la fermentación de la cerveza Märzen se caracteriza por su baja temperatura y su duración extendida, lo que permite desarrollar sabores suaves, limpios y complejos. Tras una fermentación primaria de aproximadamente 2 semanas a 11°C, la cerveza se somete a una fase de guarda en frío de hasta 8 semanas. Este proceso, combinado con un control riguroso de la temperatura y un manejo adecuado de la levadura, garantiza una cerveza final bien equilibrada, con los perfiles de sabor y aroma característicos de una Märzen tradicional.

4.1.11 Clarificación – Filtración.

Tras la fermentación y la maduración, la cerveza Märzen pasa por una etapa de clarificación que tiene como objetivo eliminar las partículas en suspensión y mejorar la limpidez de la cerveza. Estas partículas pueden ser restos de levadura, proteínas coaguladas o residuos del lúpulo que, si no se eliminan, pueden afectar la estabilidad microbiológica del producto y alterar la experiencia sensorial. Existen diferentes métodos para la clarificación de la cerveza como la decantación

natural o clarificantes finos, pero el método más efectivo y comúnmente utilizado para clarificar la cerveza Märzen es la filtración.

Para este proceso, se suelen utilizar filtros de tierras diatomeas o de placas. La filtración tiene como objetivo remover cualquier sedimento remanente en la cerveza, incluyendo levaduras, proteínas y partículas de lúpulo.

- Filtración con tierras diatomeas (*Kieselgur*).

Es el sistema de filtración más utilizado en la industria cervecera. Este método retiene las partículas finas en la cerveza, garantizando una alta claridad. Sin embargo, es un proceso costoso y requiere equipo especializado.

- Filtros de placas o membranas.

Consisten en una serie de placas o membranas que actúan como barreras físicas para las partículas en suspensión. Este método también ofrece buenos resultados y es más accesible para pequeñas cervecerías, aunque puede ser más lento llegando a las 4 horas de filtración.

Es importante realizar la filtración a una temperatura baja, cercana a la temperatura de guarda (alrededor de 0 °C a 2°C), para asegurar que las partículas en suspensión sean más fáciles de eliminar. Además, se debe prestar atención a no sobreoxigenar la cerveza durante este proceso, ya que el oxígeno puede deteriorar el sabor y la calidad del producto final.

Tras la clarificación y la filtración, junto con la guarda, se obtiene una Märzen de aspecto brillante y limpio, característica del estilo. El resultado es una cerveza lista para ser envasada, con una apariencia cristalina y una estabilidad microbiológica y sensorial asegurada.

4.1.12 Carbonatación.

La carbonatación es una etapa importante en el proceso productivo de la cerveza, donde se asegura que la bebida alcance los niveles deseados de dióxido de carbono (CO_2), lo que le confiere su efervescencia característica y contribuye a su percepción de frescura. La cantidad de CO_2 en la cerveza es uno de los atributos más importantes de calidad y debe estar cuidadosamente controlado tanto durante la fermentación como antes del envasado.

Existen dos métodos principales de carbonatación: carbonatación natural y carbonatación forzada o exógena. Ambos pueden ser utilizados en función del estilo de la cerveza, el equipo disponible y los objetivos del maestro cervecero.

- Carbonatación natural.

Durante la fermentación primaria, parte del CO_2 producido por la levadura durante la fermentación se disuelve naturalmente en la cerveza. Sin embargo, una vez que se inicia la fermentación secundaria o la guarda, este CO_2 puede escapar, y es necesario capturar una parte del mismo para permitir la carbonatación natural.

Al iniciarse la fermentación secundaria, se deja inicialmente escapar el CO_2 para que arrastre sustancias volátiles no deseadas, como compuestos de azufre, que pueden afectar negativamente el sabor y el aroma de la cerveza. Posteriormente, el tanque de fermentación se cierra herméticamente, permitiendo que el CO_2 producido por las levaduras que aún están activas se disuelva en la cerveza.

A presión atmosférica, los niveles típicos de CO_2 conseguidos oscilan entre 2,5 y 3,5 g/l. Para alcanzar niveles superiores de CO_2, se puede aplicar una contrapresión en tanques isobáricos, lo que permite retener más CO_2 en la cerveza.

- Carbonatación forzada o exógena

En muchos casos, especialmente en operaciones comerciales de gran escala, la cantidad de CO_2 presente después de la fermentación y la guarda no es suficiente para cumplir con los niveles óptimos para el envasado. En este caso, se realiza una carbonatación forzada antes de pasar al proceso de embotellado, enlatado o envasado en barriles.

La cerveza pasa por un equipo de carbonatación en línea antes del envasado. Este equipo atomiza CO_2 en el interior de largas tuberías que forman parte del sistema de transporte de la cerveza. El CO_2 se atomiza lo más fino posible para maximizar su superficie de contacto con el líquido y permitir su rápida disolución.

La velocidad del proceso depende de la longitud del trayecto que recorre la cerveza en las tuberías y de la eficiencia del sistema de carbonatación. Este proceso es rápido y suele completarse en minutos, ya que la cerveza ya está a

temperaturas cercanas a 0-4°C, lo que facilita la disolución del CO_2. La carbonatación forzada permite alcanzar niveles de CO_2 entre 4 y 6 g/l, adecuados para la mayoría de las cervezas envasadas en latas o botellas.

Para realizar los procesos correctamente es fundamental que el CO_2 utilizado sea de la mayor pureza posible, ya que la introducción de oxígeno en esta fase del proceso podría causar una oxidación prematura de la cerveza, afectando gravemente su sabor y calidad. También es de suma importancia que el equipo de carbonatación tenga una válvula de mantenimiento de presión constante, que asegura que la cerveza se carbonata a la presión adecuada sin fluctuaciones. La presión estática varía con el llenado del tanque de presión, y el equipo se ajusta para compensar esta variación. Además, al no haber filtros después del carbonatador, es crucial que el equipo esté en perfecto estado de limpieza. Cualquier contaminación con partículas podría reducir la estabilidad de la cerveza una vez envasada, afectando su vida útil.

En resumen, la carbonatación es un paso crucial en el proceso productivo de la cerveza, que puede llevarse a cabo de forma natural durante la fermentación y guarda, o de manera forzada utilizando equipos especializados. La temperatura, la presión y la pureza del CO_2 son factores clave que deben ser controlados cuidadosamente para asegurar una carbonatación óptima y una alta calidad en la cerveza final.

4.1.13 Esterilización – Pasteurización.

Una vez que la cerveza ha sido envasada, debe pasar por un proceso de pasteurización para garantizar que no haya microorganismos que puedan causar contaminación durante su almacenamiento o transporte. El objetivo de la pasteurización es extender la vida útil del producto sin afectar su calidad. Para conseguirlo, existen dos tipos de procesos de esterilización que se exponen a continuación.

- Pasteurización flash.

En la pasteurización flash, la cerveza es calentada rápidamente a una temperatura de 70°C durante 30-40 segundos. El calentamiento se realiza en un intercambiador de calor, donde la cerveza fluye a través de placas calientes. Esta etapa es clave para eliminar la mayoría de los microorganismos sin alterar el sabor ni la estructura química de la cerveza.
Inmediatamente después del calentamiento, la cerveza se enfría rápidamente a temperaturas entre 2 y 4°C para mantener su frescura y carbonatación. El enfriamiento rápido también ayuda a evitar cualquier deterioro en el sabor de la cerveza causado por el calor. Durante todo el proceso, la presión debe ser cuidadosamente controlada para asegurar que no se libere CO2 de la cerveza. Se utilizan bombas de alta presión (12 bar) para mantener una presión constante durante el calentamiento y enfriamiento.

Como principales ventajas de este proceso está la corta duración total, aproximadamente 2 minutos y que es eficiente para grandes volúmenes de producción. Además, el proceso flash es ideal para microcervecerías ya que permite un control preciso de la temperatura y presión, asegurando la eliminación de microorganismos sin afectar negativamente las propiedades organolépticas de la cerveza.

- Pasteurización en túnel.

En la pasteurización tipo túnel, la cerveza ya embotellada o enlatada se somete a un calentamiento gradual en un túnel pasteurizador. Este proceso puede durar entre 15 y 30 minutos, dependiendo del tamaño de los envases y del tipo de cerveza. La cerveza pasa por varias zonas dentro del túnel, donde se calienta gradualmente hasta alcanzar la temperatura de pasteurización, típicamente entre 60°C y 72°C. Una vez pasteurizada, la cerveza es enfriada nuevamente a una temperatura de almacenamiento adecuada.

En este caso el tiempo empleado es mayor, siendo a mayor temperatura, menor es el tiempo requerido para pasteurizar la cerveza. Por ejemplo, a 64°C se necesita un tiempo de 5,3 minutos, mientras que a 72°C el tiempo se reduce a 0,375 minutos para alcanzar 20 Unidades de Pasteurización (UP). La UP es una medida que representa la cantidad de calor a la que la cerveza ha sido expuesta durante el proceso de pasteurización. Para la mayoría de las cervezas, entre 20 y 27 UP son suficientes para garantizar la estabilidad microbiológica.

Respecto a las consideraciones técnicas, uno de los desafíos del proceso de pasteurización en túnel es asegurar una distribución uniforme del calor dentro de los envases, especialmente en las botellas de vidrio, ya que el vidrio es un mal conductor de calor. El control del núcleo frío de la botella (aproximadamente 1.5 cm por encima del fondo) es crucial para garantizar una pasteurización adecuada sin dañar la calidad del producto. Además, es importante controlar el mantener al menos un 4% de espacio vacío en las botellas, ya que la cerveza se expande durante el proceso de calentamiento. Si no se respeta este espacio, las botellas pueden romperse debido a la presión interna.

4.1.14 Envasado.

El envasado es determina en gran medida la estabilidad, calidad y frescura del producto final. En el caso de esta microcervecería que produce 80.000 litros anuales de cerveza Märzen, el envasado debe ser optimizado para evitar la exposición al oxígeno, controlar la presión y garantizar la seguridad microbiológica del producto. Además, hay que considerar que se plantean dos alternativas de envases establecidos por el promotor por lo que a continuación se entrará en detalle del proceso de envasado para latas y botellas.

- Envasado en botellas de vidrio.

Antes de ser llenadas las botellas tienen que pasar por proceso de limpieza y desinfección, generalmente con una solución ácida o alcalina, para eliminar cualquier residuo de impurezas. Para ello se procede a transportar las botellas a la llenadora a través de un sistema de cintas que debe operar sin interrupciones y a alta velocidad. Entonces es realizado el proceso de desinfección y posteriormente es necesario un proceso de desgasificación, ya que la presencia de oxígeno residual es uno de los principales riesgos para la calidad de la cerveza, ya que puede generar oxidación y afectar el sabor. Este proceso consiste en inyectar CO2 en el interior de la botella para desplazar el oxígeno y crear una atmósfera controlada.

A continuación, se realiza el llenado en las botellas, utilizando una máquina llenadora que introduce la cerveza bajo una presión controlada para minimizar la formación de espuma. El proceso incluye varias etapas: eliminación de oxígeno, creación de contrapresión, llenado con cerveza, y control de nivel de

llenado mediante sensores automáticos. Las válvulas de llenado están diseñadas para introducir la cerveza en el tubo de llenado largo, minimizando el contacto con el aire.

Este proceso debe completarse en pocos segundos para evitar la pérdida de CO2 disuelto en la cerveza, lo que mantendrá la carbonatación deseada. Una vez que la botella ha sido llenada, el nivel de CO2 se ajusta para evitar la sobresaturación que podría llevar a la formación excesiva de espuma.

Después del llenado, las botellas deben ser taponadas de inmediato para evitar la entrada de aire. Se utilizan tapones corona, que son chapas de metal con una capa interna de PVC que sella herméticamente la botella. Una vez taponada, se realiza un control automatizado para verificar que la botella está correctamente cerrada, sin fugas ni defectos en el taponado, y con la cantidad correcta de oxígeno residual. Este es un aspecto clave para evitar la oxidación y mantener la frescura del producto.

- Envasado en latas.

El proceso de envasado en latas es muy similar al de botellas, con algunas diferencias clave debido a las características del material.
En la preparación, las latas se transportan a través de un sistema de despaletizado y cintas transportadoras. Las latas vacías son enjuagadas con una solución estéril para eliminar cualquier residuo o polvo que pudiera haberse acumulado durante el almacenamiento o transporte. Al igual que con las botellas, las latas también se someten a una desgasificación y son llenadas bajo atmósfera de CO2 para eliminar el oxígeno y preservar la calidad del producto.

Posteriormente, el proceso de llenado en las latas se realiza a través de una máquina dosificadora que introduce la cantidad exacta de cerveza en cada lata. El sistema utiliza un método de contrapresión similar al de las botellas, donde el CO2 se utiliza para evitar la entrada de oxígeno. Una vez llenas, las latas son selladas con una tapa de aluminio mediante un proceso de sellado rápido que asegura que el contenido se mantenga fresco y sin riesgo de contaminación.

El envasado en latas tiene ciertas ventajas frente a las botellas de vidrio. Estas ofrecen una mayor protección contra la luz, lo que es beneficioso para evitar la

degradación de compuestos sensibles a la luz en la cerveza, como los lúpulos. Además, son más ligeras y resistentes a impactos en comparación con las botellas de vidrio. Además, debido a la conductividad térmica del aluminio, las latas permiten un enfriado más rápido de la cerveza, lo que mejora la experiencia del consumidor.

4.1.15 Almacenamiento y expedición.

El proceso de almacenamiento y expedición es la fase final de la producción de cerveza en una microcervecería. En este punto, se debe asegurar que el producto se mantenga en condiciones óptimas para preservar su calidad hasta el momento de la venta o distribución. A continuación, se describe el proceso específico para la cerveza envasada en botellas de vidrio y latas, que será paletizada y expedida.

- Almacenamiento.

Una vez que la cerveza ha sido envasada (en botellas o latas) y pasteurizada, debe ser almacenada temporalmente antes de su distribución. Para ello se ensamblan las unidades en las cajas máster correspondientes para poder ser paletizadas y posteriormente colocadas en las estanterías del almacén a la espera de la expedición.

Entonces, el producto envasado se coloca en palés europeos (EUR/EPAL), que son estándar en la industria. Las cajas con botellas o latas se organizan cuidadosamente en capas sobre los palés, de modo que se maximice el espacio disponible y se evite cualquier daño a los envases. El número de cajas por palé depende del tamaño y peso del envase. En el caso de botellas, se utilizan separadores entre capas para evitar el choque entre botellas durante el transporte. Las latas, por ser más ligeras y resistentes, permiten una mayor densidad en los palés sin riesgo de rotura. Una vez organizadas las cajas sobre los palés, estos son envueltos en plástico retráctil o cinta de embalaje para asegurar su estabilidad durante el transporte y evitar desplazamientos o caídas de las cajas.

Para el almacenamiento, la cerveza no requiere refrigeración, ya que ha sido pasteurizada, lo que garantiza la eliminación de microorganismos que puedan estropearla. El almacenamiento a temperatura ambiente es suficiente,

manteniendo las condiciones de temperatura constante para evitar fluctuaciones que puedan afectar el sabor y la estabilidad del producto. Aunque es de suma importancia que las botellas estén protegidas de la exposición a la luz, ya que puede degradar los ácidos alfa del lúpulo, generando compuestos indeseados Las latas de aluminio, por su parte, son opacas y ofrecen protección total contra la luz, lo que las hace ideales para un almacenamiento prolongado sin deterioro. Adicionalmente, se debe garantizar que el lugar de almacenamiento no presente altos niveles de humedad que puedan afectar los envases o las etiquetas, especialmente en las botellas de vidrio. Esto es particularmente importante en el caso de los empaques de cartón que podrían debilitarse en condiciones húmedas.

En cuanto a la rotación del inventario, es importante evitar que las cervezas permanezcan almacenadas durante períodos prolongados. Para ello es fundamental tener un control de las caducidades de los lotes de cerveza e implementar un sistema FEFO (*First Expired, First Out).* De esta forma, las cervezas que caducan primero en el almacén son las primeras en ser expedidas, lo que garantiza que el producto llegue al consumidor dentro de su periodo óptimo de frescura y no se quede stock antiguo en el almacén.

- Expedición.

Finalmente, la fase de expedición implica la preparación del producto para su distribución a puntos de venta o clientes finales. Este proceso debe garantizar que la cerveza llegue a su destino en perfectas condiciones, para ello los siguientes aspectos son clave en el proceso:

- Logística de expedición.

Los palés con cerveza en botellas o latas se cargan en camiones de transporte. Es importante asegurarse de que los palés estén bien asegurados para evitar desplazamientos durante el transporte. En algunos casos, se utilizan sistemas de amortiguación adicionales para proteger los envases de posibles vibraciones o impactos durante el transporte. Además, es fundamental que cada lote de cerveza vaya acompañado de la documentación correspondiente, incluyendo información sobre el número de lote, fecha de producción, tipo de cerveza y destino de entrega. Esta documentación es clave para el seguimiento del producto y la trazabilidad en caso de incidencias.

- Transporte.

En el caso de realizar el transporte, hay que tener en cuenta que la cerveza no requiere refrigeración, por lo que puede ser transportada en camiones sin control de temperatura. Sin embargo, es importante evitar la exposición prolongada a temperaturas extremas, ya que pueden afectar la calidad del producto, especialmente en largos trayectos. Además, es recomendable que el tiempo de entrega sea lo más corto posible, minimizando la exposición a factores externos que puedan influir en la estabilidad del producto. Aunque la pasteurización garantiza la estabilidad microbiológica, una exposición prolongada a temperaturas muy altas o bajas puede alterar las características organolépticas.

- Control de calidad y seguridad.

El almacenamiento y expedición deben estar sujetos a controles de calidad estrictos para garantizar que solo los productos en perfectas condiciones lleguen a los consumidores. Para ello, antes de la expedición hay que revisar que todas las botellas y latas estén correctamente etiquetadas con la información correspondiente, como el tipo de cerveza, contenido, fecha de producción y caducidad. También, es necesario revisar que todas las cajas y palés estén en condiciones adecuadas, sin daños visibles que puedan comprometer la calidad del producto. Además, es fundamental verificar que los procedimientos de seguridad se cumplan durante el almacenamiento y la expedición, incluyendo la manipulación segura de los palés y el transporte adecuado de los mismos.

En conclusión, el proceso de almacenamiento y expedición de la cerveza en una microcervecería debe garantizar que el producto se mantenga en condiciones óptimas hasta su llegada al consumidor. Mediante un almacenamiento controlado a temperatura ambiente, la correcta paletización y un sistema logístico eficiente, se asegura que la cerveza mantenga su calidad y frescura durante toda su vida útil.

4.1.16 Limpieza y desinfección.

La limpieza y desinfección en el proceso de producción de cerveza es la etapa final que cierra el ciclo de elaboración, asegurando que todos los equipos y superficies que entran en contacto con la cerveza estén libres de residuos, suciedad y microorganismos. Este proceso es crucial para mantener los estándares de calidad y evitar contaminaciones que puedan afectar el producto

final. A continuación, se describe detalladamente el sistema *Cleaning in Place* (CIP), las etapas del proceso, los tiempos, los materiales utilizados y la maquinaria implicada.

El sistema CIP es una tecnología automatizada que permite limpiar y desinfectar el equipo cervecero sin necesidad de desmontarlo. Esto genera una limpieza eficiente y automática, lo que reduce el tiempo de inactividad en la producción y minimiza la intervención humana. Para ello se utiliza un circuito cerrado que recircula soluciones de limpieza y desinfección a través de los equipos, lo que ahorra tiempo y reduce la manipulación de productos químicos peligrosos. En el proceso se llevan a cabo en varias etapas secuenciales, cada una con una función específica para asegurar la eliminación completa de residuos y microorganismos. A continuación, se detalla cada etapa del ciclo CIP:

1. Enjuague inicial.

El equipo se enjuaga durante unos 10-15 minutos con agua recuperada o agua de red a temperatura ambiente para eliminar los residuos más grandes de materia orgánica y preparar las superficies para la limpieza química. Si se utiliza agua recuperada, esta contiene una pequeña cantidad de sosa de la limpieza anterior.

2. Limpieza con sosa cáustica (2%).

La sosa cáustica al 2% con una conductividad de 80 mS/cm es recirculada a través de las tuberías y tanques para disolver grasas, proteínas, azúcares y otros residuos orgánicos. La sosa es efectiva porque no genera espuma, lo que facilita la limpieza y reduce la corrosión del equipo. Al final de esta etapa, la sosa es empujada al tanque de almacenamiento para su reutilización. Este proceso dura aproximadamente 40 minutos y se realiza a temperatura ambiente en los fermentadores y a 80°C en el resto de las líneas de producción.

3. Enjuague con agua.

Después de la limpieza con sosa, el equipo se enjuaga durante 10-15 minutos nuevamente con agua para eliminar los residuos de sosa. Esta agua se puede recuperar para ser utilizada en ciclos de enjuague futuros, maximizando la eficiencia del sistema y reduciendo el consumo de agua.

4. Desinfección con ácido peroxiacético (2%).

El ácido peroxiacético al 2% con una conductividad de 20 mS/cm es recirculado durante 20-30 minutos a través del sistema para eliminar cualquier microorganismo, como bacterias, levaduras y patógenos. Este ácido es muy eficaz a temperaturas ambiente, dejando poco residuo tras los enjuagues y siendo menos agresivo para el medio ambiente que otros ácidos.

5. Enjuague final.

Se realiza un último enjuague de 10-15 minutos con agua de red para asegurar que no quedan residuos de ácido o productos de limpieza en las tuberías y tanques. Este paso es crucial para garantizar que los productos químicos no afecten el sabor ni la calidad de la cerveza.

Respecto a la frecuencia de los ciclos de limpieza de los tanques de fermentación y las líneas de envasado suelen limpiarse después de cada lote de producción o al final de cada jornada de trabajo. La limpieza de las tuberías y bombas pueden limpiarse con menor frecuencia, dependiendo de su uso, pero deben ser desinfectadas antes de cada cambio de producto o al final de cada turno.

4.2 Balance de materias primas, envases y materiales auxiliares.

El objetivo principal de la microcervecería es cumplir con la capacidad de fabricación de 80.000 L/año de cerveza estilo Märzen. Para ello es importante determinar la capacidad de producción diaria requerida y las necesidades de materias primas, envases y materiales auxiliares. Así se puede realizar una correcta selección de la maquinaria y de los equipos requeridos, además de optimizar el proceso de aprovisionamiento y almacenamiento.

Entonces, partiendo de que la producción mínima anual es de 80.000 litros de cerveza al año y sabiendo que en un año hay como mínimo 245 días laborables, excluyendo fines de semana y festivos. Normalmente, en las microcervecerías se producen lotes de entre 500 y 2.000 litros, por lo que se va a establecer el cálculo para un tamaño intermedio razonable de **lotes de 1.000 litros**. En este caso, se requieren de 80 lotes al año lo que significa que se fabrica 1 lote cada 3 días aproximadamente.

A continuación, se detallará el cálculo realizado para determinar las necesidades de cada materia prima, material auxiliar y otros materiales implicados en la fabricación de la cerveza estilo Märzen. Finalmente se resumirán los datos obtenidos en la tabla 19.

- **Malta.**

El objetivo es fabricar 1,000 litros de cerveza estilo Märzen utilizando Malta Múnich (45%), Malta Pilsner (45%), y Malta Viena (10%). Para la producción de 1,000 litros de cerveza Märzen, se estima un Extracto Seco Primario (ESP) del 12%, lo que implica que el 12% del peso total del mosto proviene de la malta disuelta. Por lo tanto, sabiendo que la densidad del mosto para la Märzen es de aproximadamente 1,05 kg/L:

$$Masa\ del\ mosto = 1{,}05 \frac{kg}{l}\ x\ 1.000\ l = 1.050\ kg\ de\ mosto$$

Dado que el ESP es del 12%, la cantidad de malta disuelta en el mosto será:

$$Malta\ disuelta = 1.050\ kg\ de\ mosto\ x\ 0{,}12 = 126\ kg\ de\ malta\ disuelta$$

Se estima que el 75% de la malta se disuelve durante el proceso de maceración. Por lo tanto, la cantidad total de malta que se debe utilizar es:

$$Malta\ total = \frac{126\ kg\ de\ malta\ disuelta}{0{,}75} = 168\ kg\ de\ malta\ total$$

Dado que se utilizan tres tipos de malta con diferentes proporciones, distribuimos los 168 kg de malta de la siguiente manera:

$$Malta\ Múnich\ (45\%) = 168\ kg\ x\ 0{,}45 = \mathbf{75{,}6\ kg\ de\ Malta\ Múnich}$$
$$Malta\ Pilsner\ (45\%) = 168\ kg\ x\ 0{,}45 = \mathbf{75{,}6\ kg\ de\ Malta\ Pilsner}$$
$$Malta\ Viena\ (10\%) = 168\ kg\ x\ 0{,}10 = \mathbf{16{,}8\ kg\ de\ Malta\ Viena}$$

- **Agua.**

En el proceso productivo de la cerveza, como se ha visto anteriormente, se requiere agua en la maceración, en el lavado del grano, en la cocción y en la fermentación.

- Maceración.

El método de W. Kunze indica que para la maceración se necesitan entre 3 y 4 litros de agua por cada kg de malta. Sabiendo que se utilizan 168 kg de malta por lote de 1.000 litros, se utilizan 3,5 litros de agua por kg de malta:

$$168\ kg\ de\ malta\ x\ 3{,}5\ \frac{l}{kg} = 588\ litros\ de\ agua\ para\ la\ maceración$$

- Filtración del mosto – Lavado del grano (*Sparging*).

Se utiliza entre el 25% y el 50% de la cantidad de agua de la maceración para el lavado. En este caso, usamos el 30% para minimizar el consumo de agua.

$$588\ litros\ de\ agua\ x\ 0{,}3 = 176{,}4\ litros\ de\ agua\ para\ el\ lavado\ del\ grano$$

El agua del lavado del grano se puede reutilizarse en varios puntos del proceso productivo, como en la limpieza del equipo, en la siguiente maceración, o en otras áreas de la cervecería.

Tras la filtración el 75% de la malta se disuelve y el 25% restante son los sólidos no disueltos conocidos como bagazo.

$$Masa\ bagazo = 0{,}25\ x\ 168\ kg\ malta = \mathbf{42\ kg\ de\ bagazo\ seco}$$

También, hay que tener en cuenta que parte del agua se absorbe en los residuos sólidos de la malta (bagazo), siendo por cada kg de malta 1 litro de agua absorbido. Para 168 kg de malta son:

$$168\ kg\ de\ malta\ x\ 1\ \frac{l}{kg} = 168\ litros\ absorbidos\ por\ el\ bagazo$$

- Cocción del mosto.

Durante esta etapa, para obtener los kg de agua necesarios para un lote de 1.000 litros de cerveza, a los 1.050 kg de mosto hay que restarle los 168 kg de malta.

$$1.050\ kg\ de\ mosto - 168\ kg\ de\ malta = 882\ kg\ de\ agua$$

Con ello se obtiene la cantidad de agua por lote, que sabiendo que la densidad del agua es prácticamente 1 kg/l, se necesitan 882 litros de agua por lote.

Debido a la evaporación, se estima que se pierde aproximadamente un 8% del volumen de agua durante la cocción. Posteriormente, durante la fermentación y otras etapas de procesamiento, también se estima que hay un 5% de pérdidas adicionales de agua, principalmente debido a purgas de CO_2 y otros residuos. Por lo que son necesarios los siguientes litros de agua.

$$\frac{882\ litros}{1 - (0{,}08 + 0{,}05)} = 996{,}66\ litros\ (antes\ de\ la\ cocción)$$

Por lo tanto, si para el proceso de cocción se necesitan 996,66 litros de agua y al finalizar la maceración de los 588 litros utilizados, 168 litros han sido absorbidos por el bagazo, se precisa un aporte de agua previo a la cocción de:

$$996{,}66\ l\ cocción - 588\ l\ maceración + 168\ l\ bagazo = \text{ 576,66 litros de agua}$$

En total, para fabricar un lote de 1.000 litros de cerveza estilo Märzen se necesitan 1.164,66 litros de agua.

$$Agua\ total = 588\ l\ maceración + 576{,}66\ litros\ cocción = 1.164{,}66\ litros$$

- Tratamiento previo del agua.

En el tratamiento de acondicionamiento del agua a las especificaciones requeridas de la cerveza estilo Märzen, se producen unas pérdidas del 13% aproximadamente. Por lo que para obtener los 1.164,66 litros de agua hay unas pérdidas de 150,11 litros.

$$1.164{,}66\ litros\ de\ agua\ tratada\ x\ 0{,}13 = 150{,}11\ litros\ pérdidas$$

- Oficinas (residuales sanitarias).

En las oficinas de una microcervecería, se estima que se utiliza un 1,5% de agua que acaban siendo aguas residuales sobre los litros de cerveza obtenidos.

$$1.000\ litros\ de\ cerveza\ x\ 0{,}015 = 15\ litros\ de\ agua$$

- Limpieza de maquinaria y equipos.

El proceso de limpieza, que incluye la limpieza de los tanques y tuberías (CIP), también consume una cantidad significativa de agua. Se estima que se utilizan entre 2 y 3 litros de agua por cada litro de cerveza para limpiar los equipos. Para minimizar el gasto y el impacto medioambiental, utilizaremos 2 litros de agua por litro de cerveza reutilizan do por ejemplo el agua de la filtración

$$1.000\ litros\ de\ cerveza\ x\ 2\ \frac{litros\ de\ agua}{litro\ de\ cerveza} = 2.000\ litros\ de\ agua$$

En resumen, por cada lote de 1.000 litros de cerveza estilo Märzen la microcervecería tendrá un consumo de agua de **3.329,77 litros de agua**. Quedando por lo tanto una relación de 3,33 litros de agua por litro de cerveza.

- **Lúpulo.**

Como se ha explicado anteriormente, se van a utilizar durante la cocción un lúpulo Hallertau Mittelfrüh en dos adiciones, la primera de 40 minutos y una segunda de 10 minutos. Sabiendo que el contenido de alfa-ácidos del Hallertau Mittelfrüh es típico de alrededor del 4%. Se va a utilizar la fórmula de Tinseth para hallar la cantidad de lúpulo necesario en cada adición.

$$IBU = \frac{gramos\ lúpulo\ x\ \%TA\ x\ \%AA\ x\ 1.000}{volumen\ mosto\ final\ x\ CrD}$$

- AA, los alfa-ácidos del lúpulo
- CrD, corrector de densidad, en este caso al ser 1,05 kg/L, CrD = 1
- TA, tasa de aprovechamiento que se obtiene de la siguiente tabla en función del tiempo de cocción.

Valores de aprovechamiento del lúpulo en función del tiempo de hervido según el método de cálculo escogido (lúpulo en flor)						
Minutos	NOONAN	RAGER	DANIELS	TINSETH	GARETZ	MOSHER
0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0
5	5,0	5,0	5,0	4,6	0,0	3,5
10	6,5	6,0	12,0	8,4	0,0	6,1
15	8,0	8,0	12,0	11,4	2,0	8,7
20	10,3	10,1	15,0	14,0	5,0	9,9
25	12,7	12,1	15,0	16,0	8,0	11,2
30	15,0	15,3	19,0	17,7	11,0	12,4
35	17,2	18,8	19,0	19,1	14,0	13,4
40	19,3	22,8	19,0	20,2	16,0	14,3
45	21,5	26,9	22,0	21,2	18,0	15,3
50	23,7	28,1	22,0	21,9	19,0	15,9
55	25,8	30,0	22,0	22,6	20,0	16,6
60	28,0	30,0	24,0	23,1	20,0	17,2
65	28,5	30,0	24,0	23,5	21,0	17,8
70	29,0	30,0	24,0	23,8	21,0	18,4
75	29,5	30,0	27,0	24,1	22,0	19,0
80	30,0	30,0	27,0	24,3	22,0	19,6
85	30,5	30,0	27,0	24,5	23,0	20,2
90	31,0	30,0	27,0	24,7	23,0	20,8

Tabla 18. – Tabla de valores de aprovechamiento del lúpulo (Ray Daniels).
Fuente. – Cervemoción.

En el estilo Märzen tiene un rango de amargor típico de 18 a 24 IBUs (International Bitterness Units), con un equilibrio que favorece el sabor maltoso sobre el amargo. Usaremos 21 IBUs como objetivo para este balance.
En la primera adición, de 40 minutos, se busca obtener 17 IBUs de amargor por lo que se necesita la siguiente cantidad de Hallertau Mittelfrüh.

$$gramos\ lúpulo = \frac{17\ x\ 1.000\ x\ 1}{0{,}202\ x\ 0{,}04\ x\ 1.000} = 2.103{,}96\ g\ de\ Hallertau\ Mittelfrüh$$

En la segunda adición, de 10 minutos, se busca obtener 4 IBUs de amargor por lo que se necesita la siguiente cantidad de Hallertau Mittelfrüh.

$$gramos\ lúpulo = \frac{4\ x\ 1.000\ x\ 1}{0{,}084\ x\ 0{,}04\ x\ 1.000} = 1.190{,}48\ g\ de\ Hallertau\ Mittelfrüh$$

En total, se precisan de **3.294,44 gramos del lúpulo Hallertau Mittelfrüh** para realizar el proceso de cocción.

- Levadura.

La dosis recomendada para la levadura White Labs sugiere una tasa de inoculación de 1 millón de células de levadura por mililitro de mosto por grado Plato (1M células/mL/°P). Entonces, siendo el Extracto Seco Primario (ESP) de esta cerveza estilo Märzen de 12°P, se utiliza la siguiente fórmula para calcular el número de células necesarias.

$$Nº\ células\ necesarias = \ Vol\ del\ mosto\ (ml)\ x\ Grados\ Plato\ x\ 1M\ células$$
$$Nº\ células\ necesarias = 1.000.000\ ml\ x\ 12\ °\text{P}\ \text{x}\ 10^6 = \ 12\ x\ 10^{12}\ células$$

Luego, sabiendo que un vial de 70 ml de White Labs WLP820 contiene aproximadamente 300 mil millones de células podemos saber la cantidad de levadura necesaria.

$$Viales\ necesarios\ (70\ ml) = \frac{12\ x\ 10^{12}}{3\ x\ 10^{11}} = 40\ viales = \mathbf{2.800\ ml\ de\ levadura}$$

- Otros ingredientes

Para el tratamiento de agua necesario para adquirir las condiciones específicas del agua para fabricar la cerveza estilo Märzen, como se ha comentado anteriormente en el 2.1.6, se necesitan para 1.316,07 litros de agua:

$$Sulfato\ Cálcico\ (CaSO_4) = \frac{2\ g}{20\ l}\ x\ 1.316{,}07\ l\ de\ agua = \mathbf{131{,}61\ g}\ (\boldsymbol{CaSO_4})$$
$$Sulfato\ Magnesio\ (MgSO_4) = \frac{0{,}2\ g}{20\ l}\ x\ 1.316{,}07\ l\ de\ agua = \mathbf{13{,}16\ g}\ (\boldsymbol{MgSO_4})$$
$$Cloruro\ Cálcico\ (CaCl_2) = \frac{0{,}1\ g}{20\ l}\ x\ 1.316{,}07\ l\ de\ agua = \mathbf{6{,}58\ g}\ (\boldsymbol{CaCl_2})$$
$$Ácido\ Láctico\ (C_3H_6O_3) = \frac{0{,}15\ l}{20\ l}\ x\ 1.316{,}07\ l\ de\ agua = \ \mathbf{9{,}87\ l\ de}\ (\boldsymbol{C_3H_6O_3})$$

- Envases primarios

Indistintamente de que se proceda a fabricar en latas o botellas de vidrio, el envase primario tiene una capacidad de 33 cl, por lo que para un lote de 1.000 litros de cerveza se necesitan:

$$Nº\ Envases\ primarios = \frac{1.000\ litros\ de\ cerveza}{0{,}33\ litros\ envase} = \mathbf{3.031\ envases\ primarios}$$

- Envases secundarios

En cualquier caso, de selección del envase primario, los envases secundarios a utilizar son cajas de cartón con una capacidad de 12 unidades por caja, por lo que para un lote de 1.000 litros de cerveza se necesitan:

$$Nº\ Envases\ secundarios = \frac{3.031\ envases\ primarios}{12\ envases\ por\ caja} = \mathbf{253\ cajas}$$

- Envases terciarios

En el caso de los envases terciarios, sí depende el tipo de envase primario que se utilice. A partir de los datos de la tabla 14 sabemos que en el caso de ser botellas de vidrio un palet europeo tiene una capacidad de 40 cajas por palet, mientras que en el caso de las latas de metal tiene una capacidad de 140 cajas por palet.

Entonces, para cada caso se necesitaría el siguiente número de palets europeos para una fabricación de 1.000 litros de cerveza:

$$Nº\ Palets\ (botellas) = \frac{253\ cajas}{40\ cajas\ por\ palet} = 7\ palets\ europeos$$

$$Nº\ Palets\ (latas) = \frac{253\ cajas}{140\ cajas\ por\ palet} = 2\ palets\ europeos$$

En cambio, para estimar el peso del film retráctil necesario por palet es necesario conocer la densidad y el grosor típico del film retráctil. El film retráctil de uso común tiene un grosor de aproximadamente 20 micrones (0.02 mm) y una densidad promedio de 0.92 g/cm³ (polietileno de baja densidad - LDPE). Se estima que en un palet promedio se necesitan 145,76 cm² de film para retractilar, entonces se necesita la siguiente cantidad en gramos:

$$Volumen\ (cm^3) = 145{,}76\ cm^2\ x\ 0{,}002\ cm = 291{,}52\ cm^3$$

$$Peso\ (g) = 291{,}52\ cm^3\ x\ 0{,}92\frac{g}{cm^3} = \mathbf{268{,}2\ gramos\ de\ film\ por\ palet}$$

- Materiales auxiliares

Respecto a los materiales auxiliares se necesita una etiqueta del envase primario por envase (Etiquetas PP 10x9 cm), una etiqueta anónima por caja y una etiqueta anónima por palet (Etiquetas Anónimas 15x20 cm). Por lo tanto, se precisan de **3.031 etiquetas PP** y **260 etiquetas anónimas**.

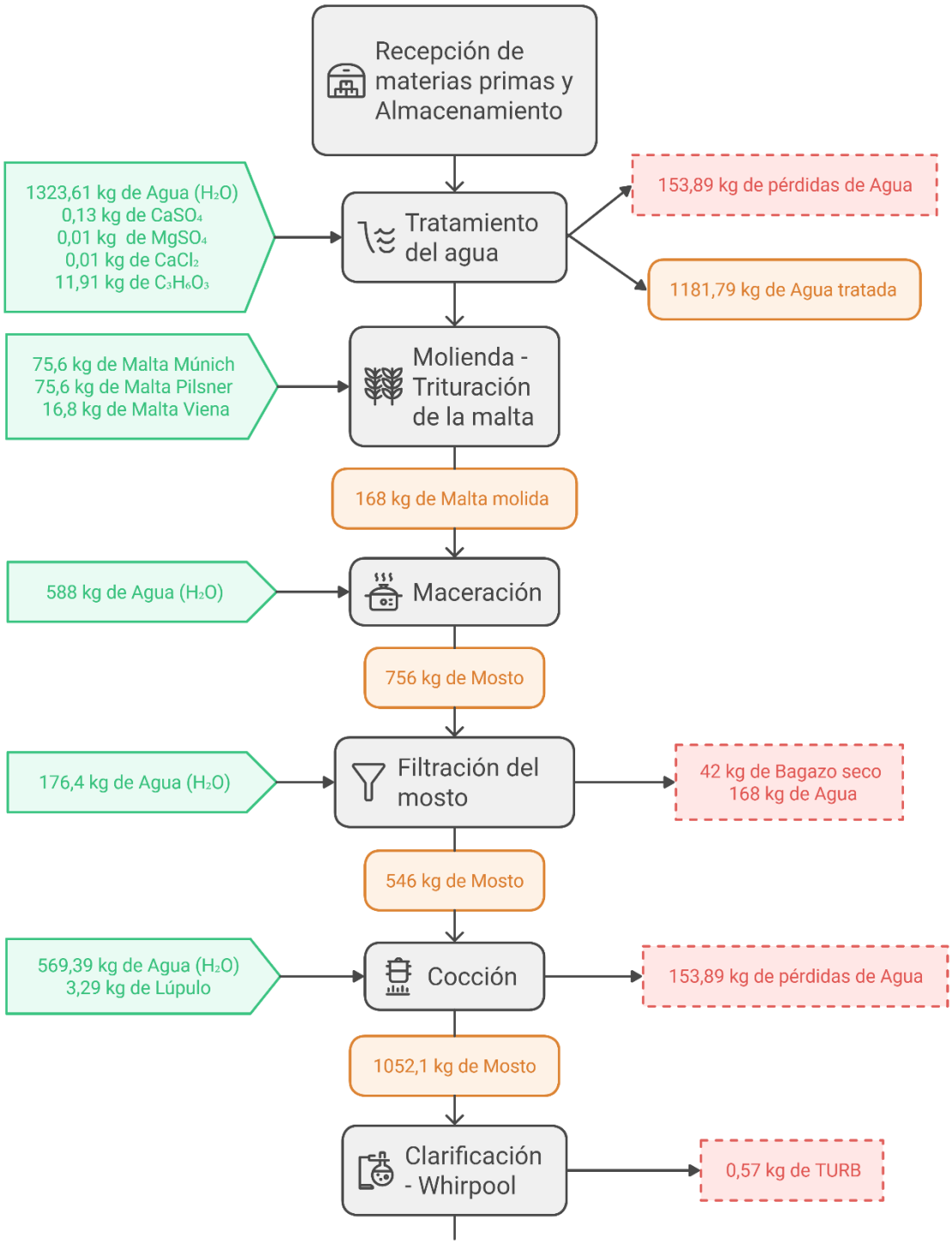
En resumen, el balance de todas las materias primas, envases y material auxiliar para la fabricación de un lote de cerveza Märzen de 1.000 litros, para una semana, para un mes de fabricación y para un año es el expuesto en la siguiente tabla.

Balance		Lote 1.000 L	Semanal 1.538 L	Mensual 6.667 L	Anual 80.000 L
Malta	Malta Múnich	75,60 kg	116,31 kg	504,00 kg	6.048,00 kg
	Malta Pilsner	75,60 kg	116,31 kg	504,00 kg	6.048,00 kg
	Malta Viena	16,80 kg	25,85 kg	112,00 kg	1.344,00 kg
Agua		3.329,77 L	5.122,72 L	22.198,47 L	266.381,60 L
Lúpulo	Hallertau Mittelfrüh	3.294,44 g	5,07 kg	21,96 kg	263,56 kg
Levadura	White Labs Märzen WLP820	2,80 L	4,31 L	18,67 L	224,00 L
Otros ingredientes	Sulfato Cálcico ($CaSO_4$)	131,60 g	202,46 g	877,33 g	10,53 kg
	Sulfato Magnesio ($MgSO_4$)	13,16 g	20,25 g	87,73 g	1,05 kg
	Sulfato Magnesio ($MgSO_4$)	6,58 g	10,12 g	43,87 g	0,53 kg
	Ácido Láctico ($C_3H_6O_3$)	9,87 L	15,18 L	65,80 L	789,60 L
Envases primarios (latas/ botellas)		3.031 uds	4.664 uds	20.207 uds	242.480 uds
Envases secundarios (cajas máster)		253 uds	390 uds	1.687 uds	20.240 uds
Envase terciario	Palets (botellas)	7 uds	11 uds	47 uds	560 uds
	Palets (latas)	2 uds	4 uds	14 uds	160 uds
	Film retráctil	268,20 g	0,41 kg	1,79 kg	21,46 kg
Material auxiliar	Etiquetas PP	3.031 uds	4.664 uds	20.207 uds	242.480 uds
	Etiquetas Anónimas	3.031 uds	4.664 uds	20.207 uds	242.480 uds

Tabla 19. – Tabla resumen del balance de materias primas, envases y material auxiliar.
Fuente. – Elaboración propia.

4.3 Diagrama de flujo del proceso productivo.

En el diagrama de flujo se muestran todas las etapas del proceso productivo de forma secuencial y ordenada. Además, se incluyen los inputs necesarios en cada etapa a la izquierda en verde, los desechos y subproductos a la derecha en rojo y los outputs hacia abajo conectando una etapa con otra en naranja.



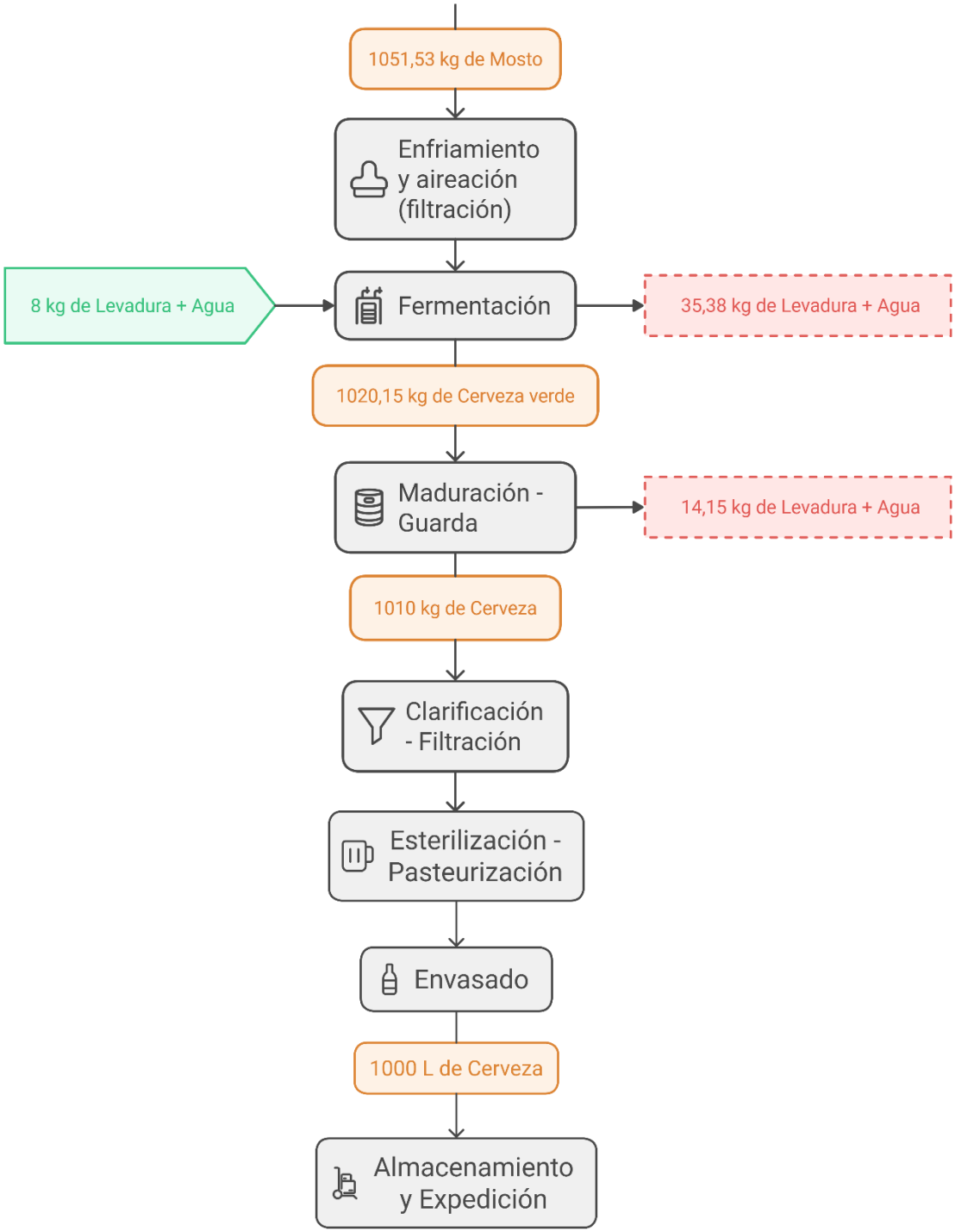


Figura 19. – Diagrama de flujo del proceso productivo.
Fuente. – Elaboración propia (Napkin).

5. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

En este último apartado del Anejo 2, se entrará en detalle de la planificación de la producción para llegar a fabricar los 80.000 litros de cerveza estilo Märzen al año establecidos por el promotor. Para ello en primer lugar, se realizará un calendario de producción en el que se tendrán en cuenta todos los condicionantes del proceso productivo. Una vez sabiendo la capacidad necesaria de la microcervecería se procederá a la selección de los equipos, la maquinaria, las materias primas, los envases y materiales auxiliares. Finalmente, se detallará el control de stock necesario en el almacenaje y en la distribución del producto, además de la gestión de los subproductos y desechos generados en el proceso productivo.

5.1 Condicionantes y calendario de producción.

Para establecer un calendario de producción es necesario tener en consideración todos los condicionantes alrededor del proceso productivo y poder planificar de forma óptima la fabricación que asegure la capacidad productiva de 80.000 litros de cerveza anuales. Entonces, se van a tener en cuenta por un lado los condicionantes del proceso productivo y por otro los condicionantes del calendario laboral de las Rozas de Madrid-

En primer lugar, es importante tener en cuenta los días festivos locales en Las Rozas de Madrid, ya que pueden influir en la programación de la producción y las entregas. La planificación de las fabricaciones debe adaptarse a los días no laborables, como festivos locales, autonómicos y nacionales, para garantizar que no se interrumpa el flujo de producción ni se comprometan los plazos de entrega de los productos. Por lo tanto, se procede a planificar las fechas de fabricación ajustando las operaciones para evitar problemas derivados de la inactividad en estos días.

En segundo lugar, se tiene que considerar la capacidad de producción de la microcervecería. Como se ha desarrollado anteriormente, las fabricaciones se realizarán en lotes de 1.000 litros de cerveza por lo que serán necesarias 80 fabricaciones a lo largo del año. Además, se debe tener como principal consideración los tiempos empleados en cada etapa de la producción y en su totalidad (tabla 20) junto a la maquinaria utilizada en cada proceso.

Etapa	Tiempo (min)
Tratamiento del agua	120
Molienda - Trituración de la malta	60
Maceración	100
Filtración del mosto	90
Cocción	60
Clarificación - Whirpool	40
Enfriamiento y aireación (filtración)	45
Fermentación	2 semanas
Maduración - Guarda	7 semanas
Clarificación - Filtración	240
Carbonatación Natural	0
Esterilización - Pasteurización	2
Envasado	90
Almacenamiento y Expedición	5
TOTAL	**64 días**

Tabla 20. – Tabla resumen de los tiempos del proceso productivo por etapas.
Fuente. – Elaboración propia.

Tras un análisis del volumen de producción requerido y de las características del proceso de elaboración de la Märzen, se ha determinado que es necesario contar con 4 fermentadores de tamaño adecuado para la fermentación primaria y 13 tanques de maduración para permitir una rotación efectiva de los lotes en maduración sin afectar la capacidad de producción.

Entonces, dada la capacidad de producción anual y considerando la disponibilidad de los fermentadores y tanques de maduración, se ha diseñado un plan de producción cíclico que garantiza el máximo aprovechamiento de los recursos y optimiza los tiempos de fermentación y maduración. Además, el esquema de producción alterna facilita la flexibilidad necesaria para adaptarse a los días festivos y minimizar cualquier impacto negativo en la cadena de producción. Para lograrlo, se establece un ciclo de fabricación alterno de la siguiente manera:

- Semana 1: Producción los lunes y miércoles.
- Semana 2: Producción los martes y jueves.
- Semana 3: Producción los lunes y miércoles.
- Semana 4: Producción el martes.

A continuación, en la figura 20, se puede ver el calendario en detalle.

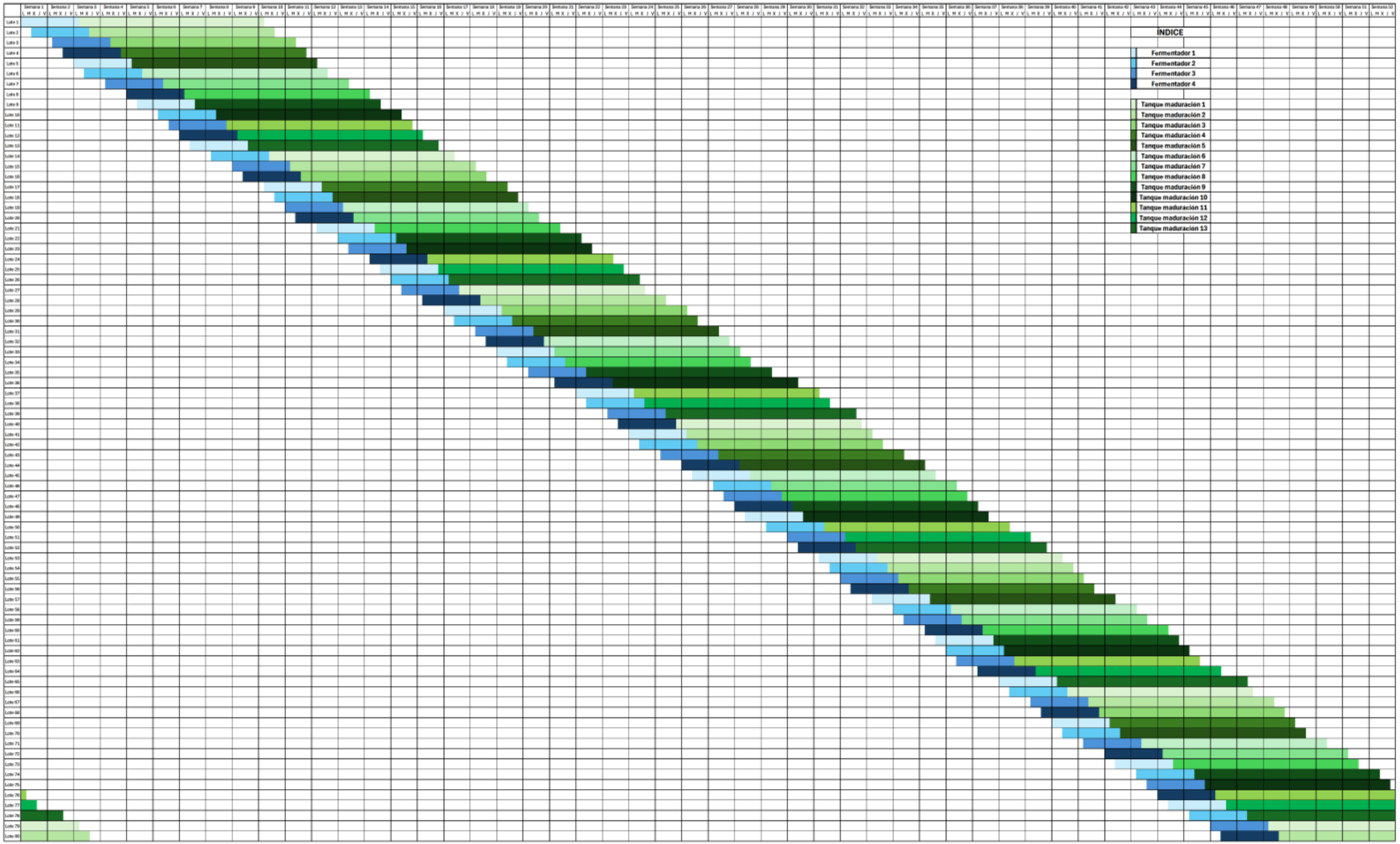


Figura 20. – Calendario de producción.
Fuente. – Elaboración propia

5.2 Selección de materias primas, envases y material auxiliar.

A partir de la información desarrollada en los apartados 2 y 3 de este anejo, se procederá a realizar la selección de proveedores de materias primas, envases y material auxiliar. Para ello, se parte de la base de que todas las alternativas planteadas son válidas en términos de calidad y por lo tanto los criterios de selección se basarán en el precio, cantidad del pedido mínimo, distribución de la mercancía y tiempos de entrega. Además, es importante intentar unificar proveedores para facilitar la operativa de compra, siempre manteniendo abierta la relación con otros proveedores para tener alternativas ante cualquier imprevisto.

Como se trata de la selección definitiva de las referencias que se van a requerir en el proyecto, se comienza a utilizar la gestión de las referencias por SKU. Un SKU (*Stock Keeping Unit* o Unidad de Mantenimiento de Inventario) es un identificador único que se asigna a cada producto en un inventario. Los SKU suelen ser códigos alfanuméricos que contienen información relevante para la gestión y seguimiento de productos, como su categoría, tamaño, color o cualquier otra característica distintiva.

El uso de SKUs puede simplificar significativamente la operativa y la gestión de productos o servicios, ayudando principalmente a la estandarización de la información, la simplificación de la operativa, la mejora en la creación de tablas y reportes, además de la optimización de la logística y el almacenamiento. En la tabla 21, se detalla la relación entre las referencias y su SKU, siempre guardando una relación lógica y representativa además de simple para poder clasificarse por grupos o familias.

En el caso de las materias primas, se detalla en las tablas 22 y 23 los proveedores seleccionados para cada referencia y las características logísticas de cada producto. Esto permite hacer una estimación de la rotación mensual necesaria para el abastecimiento de las fabricaciones, obtener el periodo de compra considerando las caducidades de cada referencia y para establecer la ocupación máxima por referencia de cara a dimensionar el almacén.

Referencia	SKU	Clasificación
Sulfato cálcico	**MP-CACO4**	Materia prima
Sulfato de magnesio	**MP-MGSO4**	Materia prima
Cloruro cálcico	**MP-CACL2**	Materia prima
Ácido láctico	**MP-C3H6O3**	Materia prima
Malta Múnich	**MP-MAL-MUN**	Materia prima
Malta Pilsner	**MP-MAL-PIL**	Materia prima
Malta Viena	**MP-MAL-VIE**	Materia prima
Lúpulo Hallertauer Mittelfrüh	**MP-LUP-HM**	Materia prima
Levadura White Labs Märzen WLP820	**MP-LEV-WLM**	Materia prima
Latas de metal	**ENV-1-LAT-MET**	Envase
Caja 12 latas	**ENV-2-CAJ-LAT**	Envase
Palet europeo	**ENV-3-PAL-EUR**	Envase
Film retráctil	**ENV-3-FILM**	Envase
Etiquetas PP 10x9 cm	**AUX-ETQ-LAT**	Material auxiliar
Etiquetas Anon. 15x20 cm	**AUX-ETQ-ANO**	Material auxiliar

Tabla 21. – Relación de referencias y SKUs.
Fuente. – Elaboración propia.

Materia prima	Proveedor	Coste	MOQ	Rotación mensual	Abastecimiento	
					Periodo	Cantidad
MP-CACO4	Vadefood	0,830 €/kg	25 kg	877,33 g	28 meses	25 kg
MP-MGSO4	Vadefood	2,230 €/kg	25 kg	87,73 g	284 meses	25 kg
MP-CACL2	Vadefood	1,040 €/kg	25 kg	43,87 g	569 meses	25 kg
MP-C3H6O3	Vadefood	6,800 €/L	25 L	65,80 L	9 meses	600 L
MP-MAL-MUN	Castle Malting	1,516 €/kg	25 kg	504,00 kg	55 días	1.000 kg
MP-MAL-PIL	Castle Malting	1,436 €/kg	25 kg	504,00 kg	55 días	1.000 kg
MP-MAL-VIE	Castle Malting	1,476 €/kg	25 kg	112,00 kg	30 días	125 kg
MP-LUP-HM	Crosby Hops	45,000 €/kg	1 kg	21,96 kg	30 días	25 kg
MP-LEV-WLM	Rolling Beers	171,429 €/L	70 mL	56,00 L	30 días	60 L

Tabla 22. – Selección de materias primas, rotación y abastecimiento.
Fuente. – Elaboración propia.

Materia prima	Envase			Palet		
	Cantidad	Peso	Medidas	Cantidad	Peso	Medidas
MP-CACO4	25 kg	25 kg	60x40x15 cm	1.000 kg	1.025 kg	120x80x120 cm
MP-MGSO4	25 kg	25 kg	60x40x15 cm	1.000 kg	1.025 kg	120x80x120 cm
MP-CACL2	25 kg	25 kg	60x40x15 cm	1.000 kg	1.025 kg	120x80x120 cm
MP-C3H6O3	25 L	31 kg	45x30x25 cm	600 L	769 kg	120x80x120 cm
MP-MAL-MUN	25 kg	25 kg	80x40x15 cm	1.000 kg	1.025 kg	120x80x140 cm
MP-MAL-PIL	25 kg	25 kg	80x40x15 cm	1.000 kg	1.025 kg	120x80x140 cm
MP-MAL-VIE	25 kg	25 kg	80x40x15 cm	1.000 kg	1.025 kg	120x80x140 cm
MP-LUP-HM	1 kg	1 kg	30x20x5 cm	300 kg	325 kg	120x80x150 cm
MP-LEV-WLM	1 L	1,1 kg	12x12x30 cm	810L	916 kg	120x80x150 cm

Tabla 23. – Información logística de las materias primas.
Fuente. – Elaboración propia.

En cuanto a los envases y el material auxiliar, la selección de proveedores realizada se resume en las tablas 24 y 25. Cabe destacar que en el caso del envase primario se ha optado por la selección de las latas de metal frente a las botellas de vidrio con tapa de corona debido a la simplicidad operativa y a la reducción de costes tanto en la compra como en el apartado logístico. Partiendo siempre de que la calidad organoléptica de la cerveza no se ve afectada con esta selección. También, se indica en la tabla las características de la distribución logística de estas referencias para poder considerar la ocupación necesaria a la hora de diseñar el almacén de la nave.

Envases	Proveedor	Coste	MOQ	Rotación mensual	Abastecimiento	
					Periodo	Cantidad
ENV-1-LAT-MET	Ardagh Group	0,060 €/ud	100.000 uds	20.207 uds	140 días	100.000 uds
ENV-2-CAJ-LAT	Smurfit Kappa	0,50 €/ud	5.000 uds	1.687 uds	80 días	5.000 uds
ENV-3-PAL-EUR	JPG Pallets	6,90 €/ud	50 uds	14 uds	5 meses	70 uds
ENV-3-FILM	RF Comercial Packaging	8,83 €/ud	6 uds	2 kg	8 meses	6 uds
AUX-ETQ-LAT	Labels Dorel	0,145 €/ud	3.000 uds	20.207 uds	15 días	12.000 uds
AUX-ETQ-ANO	Labels Dorel	0,115 €/ud	3.000 uds	20.207 uds	50 días	3.000 uds

Tabla 24. – Selección de envases y material auxiliar, rotación y abastecimiento.
Fuente. – Elaboración propia.

Envases	Envase			Palet		
	Cantidad	Peso	Medidas	Cantidad	Peso	Medidas
ENV-1-LAT-MET	12 uds	0,6 kg	24x18x12 cm	1.440 uds	325 kg	120x80x160 cm
ENV-2-CAJ-LAT	1 ud	0,5 kg	60x36x0,5 cm	960 uds	505 kg	120x80x120 cm
ENV-3-PAL-EUR	1 ud	25 kg	120x80x15 cm	10 uds	250 kg	120x80x150 cm
ENV-3-FILM	6 uds	15 kg	50x25x30 cm	288 uds	745 kg	120x80x150 cm
AUX-ETQ-LAT	1.000 uds	5 kg	30x30x10 cm	212.000 uds	1.085 kg	120x80x35 cm
AUX-ETQ-ANO	1.000 uds	5 kg	30x30x10 cm	212.000 uds	1.085 kg	120x80x35 cm

Tabla 25. – Información logística de los envases y materiales auxiliares.
Fuente. – Elaboración propia.

5.3 Selección de la maquinaria y equipos.

En este apartado, se detallará la selección de la maquinaria y equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de fabricación de cerveza estilo Märzen, con el objetivo de cumplir una capacidad productiva de 80.000 litros al año. La elección de los equipos es un factor crítico para asegurar la eficiencia, calidad y consistencia del producto final, considerando cada etapa del proceso de producción, desde la preparación del mosto hasta el envasado final.

Para lograr esta capacidad de producción, se deben tomar en cuenta las características técnicas, el rendimiento y la adecuación de cada equipo al volumen proyectado. A continuación, se presentarán las máquinas necesarias en las diferentes fases del proceso, la correcta selección de estos equipos permitirá optimizar los recursos, minimizar el tiempo de producción y asegurar un producto de alta calidad acorde a los estándares del estilo Märzen.

5.3.1 Recepción de materias primas y almacenamiento.

Para la recepción de materias primas, envases y material auxiliar en la planta de fabricación de cerveza estilo Märzen, los equipos y maquinarias necesarios son clave para asegurar un proceso eficiente. A continuación, se presentan las máquinas y equipos más importantes.

- **Transpaleta manual.**

El transpaleta manual es indispensable para mover cargas pesadas como palets de insumos o productos terminados dentro de la microcervecería. Su diseño compacto permite maniobrar en espacios reducidos y facilita el transporte

eficiente de materiales desde el muelle de descarga hasta las áreas de producción y almacenamiento, sin necesidad de un sistema motorizado complejo.

Marca / Modelo	Dimensiones	Capacidad de Carga	Altura Máxima de Elevación
Jungheinrich AM 22	1.540 x 540 x 1.220 mm	2.200 kg	200 mm

Tabla 26. – Detalles técnicos del transpaleta manual AM 22 (Jungheinrich)
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 21. – Transpaleta manual AM 22.
Fuente. – Jungheinrich.

- **Carro Elevador.**

El carro elevador es esencial para el apilamiento y manejo de palets de insumos o productos en áreas de almacenamiento. Su capacidad para elevar cargas pesadas a distintas alturas permite organizar de manera eficiente las materias primas y productos terminados en estanterías, optimizando el uso vertical del espacio.

Marca / Modelo	Dimensiones	Capacidad de Carga	Altura Máxima de Elevación
Toyota BT Staxio SWE120L	1.720 x 800 x 2.100 mm	1.200 kg	4.500 mm

Tabla 27. – Detalles técnicos de la Carro elevador BT Staxio SWE120L (Toyota)
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 22. – Carro elevador BT Staxio SWE120L.
Fuente. – Toyota.

- **Muelle de descarga.**

El muelle de descarga es una infraestructura crítica en la microcervecería para facilitar la recepción y descarga eficiente de materias primas y envases. Un sistema de rampa ajustable permite descargar mercancías de camiones de manera segura y rápida, asegurando que el flujo de materiales hacia la planta sea continuo y sin interrupciones.

Marca/Modelo	Dimensiones	Capacidad de Carga	Rango de Ajuste de Altura
Loading Systems	2.400 x 3.000 mm	6.000 kg	600 a 1.300 m

Tabla 28. – Detalles técnicos del muelle de carga de Loading Systems.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 23 y 24. – Muelle de carga y plataforma ajustable.
Fuente. – Loading Systems.

- **Cámara frigorífica.**

En una microcervecería, la cámara frigorífica es crucial para el almacenamiento adecuado de ingredientes sensibles como el lúpulo y la levadura, los cuales requieren condiciones de temperatura controlada para preservar su frescura y calidad. El lúpulo debe mantenerse a baja temperatura para evitar su oxidación, y la levadura debe estar refrigerada para asegurar su viabilidad durante el proceso de fermentación. Esto ayuda a mantener la estabilidad del producto final y a evitar variaciones en el sabor de la cerveza. Es importante tener en cuenta que la ocupación máxima de la cámara es de 0.334 m^3, también hay que tener un margen de seguridad y un margen para una posible futura ampliación de la capacidad productiva,

Marca / Modelo	Dimensiones	Volumen Interno	Rango de Temperatura	Potencia eléctrica	Tipo de Refrigerante
Friocontrol / Cámara frigorífica modular	1,32 x 2,12 x 1,32 m	2,88 m^3	-5ºC a +5ºC	1.870 W	R-452A

Tabla 29. – Detalles técnicos de la cámara frigorífica modular (Friocontrol)
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 25. – Cámara frigorífica modular.
Fuente. – Friocontrol.

- **Estanterías.**

Las estanterías son fundamentales en la microcervecería para el almacenamiento de materias primas, insumos y productos en proceso. Permiten un uso eficiente del espacio y facilitan el acceso a los materiales necesarios para cada etapa del proceso. En especial, los sistemas drive-in o dinámicos son útiles para la gestión de grandes cantidades de productos de forma organizada, optimizando tanto el tiempo como el espacio disponible. La ocupación máxima es de 99 palets que tienen hasta 1.600 mm de altura y pesan 1.100 kg cada uno, se requiere un sistema de estantería industrial más robusto y optimizado para aprovechar al máximo el espacio y la capacidad de carga.

Característica	Detalle
Marca/Modelo	Mecalux Selectiva Alta Capacidad
Capacidad de Almacenamiento	99 palets estándar (1.200 x 800 mm)
Dimensiones por Módulo	4.500 mm (alto) x 2.800 mm (ancho) x 1.100 mm (profundidad) por módulo de 6 palets
Niveles por Estantería	3 niveles de altura
Capacidad de Carga por Nivel	3.300 kg (1.100 kg por palet)
Tipo de Palet	EUR-palet (1.200 x 800 mm)
Material	Acero galvanizado de alta resistencia
Altura Total del Sistema	4,5 a 5 metros
Acceso	Selectivo, acceso directo a cada palet

Tabla 30. – Detalles técnicos de la estantería selectiva de alta capacidad (Mecalux).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 26. – Ejemplo de estanterías selectivas de alta capacidad.
Fuente. – Mecalux.

5.3.2 Tratamiento del agua.

Como se ha mencionado anteriormente en el proceso de producción de cerveza, el tratamiento del agua es una etapa crucial, ya que representa más del 90% del contenido final de la cerveza. Un agua de alta calidad y con características adecuadas es esencial para garantizar la estabilidad, el sabor, y la composición química de la cerveza. En esta etapa se lleva a cabo la purificación del agua, eliminando impurezas y ajustando su composición mineral mediante filtración y/o adiciones específicas de sales minerales.

Para poder tratar el volumen necesario de 1,164.66 litros de agua, se requiere un equipo especializado que permita calentar y preparar el agua de manera adecuada antes de entrar al proceso de maceración. Una de las opciones recomendadas es utilizar un hervidor o tanque de preparación de agua con capacidad ajustada a la demanda de la microcervecería, como el que se expone a continuación.

- **Tanque de 1.200 litros.**

Característica	Detalle
Marca/Modelo	Letina ZT-1200
Tipo de tanque	Tanque de acero inoxidable para agua
Capacidad de almacenamiento	1,200 litros
Material	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones	1.25 m (diámetro) x 2.0 m (altura)
Conexiones	Entrada y salida de agua, 1.5 pulgadas
Peso	150 kg (vacío)
Sistema de limpieza	Sistema CIP opcional

Tabla 31. – Detalles técnicos del tanque de preparación de agua (Letina ZT-1200).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 27. – Tanque de 1.200 litros modelo ZT-1200.
Fuente. –Letina.

5.3.3 Molienda – Trituración de la malta.

En el caso de las cervezas Märzen en las que el proceso de maceración es por decocción, es crucial mantener un equilibrio entre la trituración fina del endospermo y la preservación de la cáscara del grano. La cáscara actúa como filtro natural en la etapa de filtración del mosto, permitiendo una extracción eficiente de los azúcares sin obstruir el lecho de filtrado. Para cumplir con este objetivo, se recomienda el uso de un molino de seis rodillos, una herramienta ampliamente empleada en la industria cervecera debido a su precisión y capacidad para clasificar el material molido.

El molino de seis rodillos permite controlar cada etapa de la molienda mediante tres pares de rodillos que separan y trituran el grano de manera precisa, asegurando que las cáscaras se mantengan intactas y el endospermo sea adecuadamente procesado para facilitar una correcta extracción de azúcares.

- **Molino de 6 rodillos.**

Característica	Detalle
Marca/Modelo	Czech Mini Breweries / MMR-600
Tipo de molino	Molino de seis rodillos
Capacidad de producción	200 kg de malta por lote
Rodillos	Tres pares de rodillos: trituración previa, separación de cáscaras y molienda fina
Material de rodillos	Acero endurecido
Motor	5.5 kW
Dimensiones	1.1 m (largo) x 1.3 m (ancho) x 1.5 m (alto)
Peso	600 kg
Sistema de alimentación	Alimentador vibratorio ajustable
Seguridad	Sensores de parada automática y protección contra sobrecarga

Tabla 32. – Detalles técnicos del molino de seis rodillos MMR-600 (Czech Mini Breweries).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 28. –Molino de seis rodillos MMR-600.
Fuente. – Czech Mini Breweries.

5.3.4 Preparación del mosto: maceración, cocción y clarificación.

En la fase de maceración, los granos de malta se mezclan con agua caliente, donde las enzimas convierten los almidones en azúcares. Posteriormente, durante la filtración, se separa el mosto líquido de las cáscaras de los granos. La cocción se lleva a cabo al hervir el mosto con lúpulos, extrayendo sabores y aromas, y asegurando la esterilización del líquido. Finalmente, el proceso de clarificación permite obtener un mosto limpio y brillante, listo para la fermentación.

Con el equipo Sala de Cocción Slowbeer Plus 2000HL se integra la realización de todos los procesos necesarios en la elaboración de cerveza, incluyendo maceración, filtración, cocción y clarificación. Incluye todos los componentes necesarios para obtener los 1.000 litros de cerveza como son la caldera de maceración por infusión con amasador, tolva para la malta y la hidratación de la malta, cuba de hervido y Whirpool. Además de un intercambiador de placas, una bomba centrífuga y limpieza CIP integrada. Todo ello controlado desde un panel de control touch.

- **Sala de cocción.**

Característica	Detalle
Tipo de equipo	Equipo de cocción
Modelo	Slowbeer Plus 2000HL
Capacidad del lote	2,000 litros
Dimensiones (L x An x Al)	2.510 x 4.250 x 2.790 mm
Consumo de vapor	190 kg/h
Capacidad olla de macerado	1,580 litros
Capacidad tanque de agua	2,800 litros
Capacidad olla de hervido	2,670 litros
Altura de tolva	1,610 mm
Capacidad de tolva	1,440 litros
Material	Acero inoxidable AISI316
Motor	0,37kW

Tabla 33. – Detalles técnicos del equipo de cocción (Slowbeer Plus 2000HL).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 29. –Sala de cocción Slowbeer Plus 2000HL.
Fuente. – Slowbeer.

5.3.5 Enfriamiento y aireación (Filtración).

El enfriamiento y aireación del mosto es una etapa crucial en la elaboración de cerveza, especialmente para garantizar la calidad del producto final. Después de la cocción, el mosto caliente debe ser enfriado rápidamente a temperaturas adecuadas para evitar la contaminación y facilitar la posterior fermentación. Este proceso no solo reduce la temperatura del mosto, sino que también lo oxigena, lo cual es vital para la salud de las levaduras durante la fermentación.

Para procesar 1.000 litros de cerveza, se recomienda el uso de un intercambiador de calor combinado con un aireador. Los intercambiadores de calor permiten un enfriamiento eficiente del mosto mediante el uso de agua fría, mientras que los aireadores introducen oxígeno en el mosto enfriado para preparar el medio ideal para la levadura.

- **Intercambiador de calor y aireador.**

Característica	Detalle
Tipo de equipo	Intercambiador de calor y aireador
Modelo	Plate Heat Exchanger, modelo PHE 1000
Marca	Alfa Laval
Capacidad	Hasta 1,000 litros por hora
Material	Acero inoxidable
Dimensiones	2.0 m (longitud) x 0.6 m (ancho) x 1.5 m (altura)
Rango de temperatura	5ºC a 70ºC
Tipo de refrigerante	Agua o glicol
Presión máxima	10 bar
Conexiones	Entrada y salida de mosto, conexiones de agua

Tabla 34. – Detalles técnicos del intercambiador de calor y aireador (Alfa Laval / PHE 1000).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 30. – Intercambiador de calor y aireador (PHE 1000).
Fuente. – Alfa Laval.

5.3.6 Fermentación.

El fermentador es una pieza clave en el proceso de elaboración de cerveza, ya que es donde ocurre la fermentación, un proceso fundamental para el desarrollo de sabores y aromas en la cerveza. Para cumplir con la producción de la microcervecería harán falta 4 fermentadores con capacidad de 1.000 litros.

El Slowbeer Fermentadores atmosféricos termo-aislados 1.000 litros está diseñado para manejar grandes volúmenes, permitiendo la fermentación controlada a temperaturas adecuadas disminuyendo drásticamente las pérdidas de temperatura. Su construcción en acero inoxidable garantiza durabilidad y fácil limpieza, mientras que su sistema de control de temperatura permite optimizar el proceso de fermentación.

- **Fermentador de 1.000 litros.**

Característica	Descripción
Marca/Modelo	Slowbeer Fermentador Atmosférico Termoaislado
Capacidad Útil	1.000 litros
Capacidad Geométrica	1.250 litros
Diámetro Interior	950 mm
Diámetro Exterior	1.050 mm
Altura Total	3.009 mm
Peso	318 kg
Material	Acero inoxidable
Presión máxima	2 bares
Sistema de control	Control de temperatura y presión
Características adicionales	Válvula de drenaje, sistema de aireación, aislamiento térmico

Tabla 35. – Detalles técnicos del fermentador de 1.000 litros (Slowbeer)
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 31. – Fermentadores atmosféricos termo-aislados de 1.000 litros.
Fuente. – Slowbeer.

5.3.7 Maduración - Guarda.

Para la etapa de maduración en la producción de cerveza Märzen, se requieren tanques que permitan un proceso de clarificación y estabilización adecuado. En este caso, se necesitan un total de 13 tanques, ya que cada tanque tiene una capacidad de 1.000 litros, lo que permite cumplir con la producción necesaria de 1.000 litros por lote. En busca de la optimización del espacio, se ha optado por un sistema de tres tanques horizontales por altura, además de facilitar la operación y el manejo del producto.

Los tanques horizontales son ideales para este proceso porque ofrecen una mayor superficie de contacto y permiten una distribución uniforme del mosto. Estos tanques están diseñados para proporcionar condiciones óptimas durante la maduración, lo que es crucial para obtener una cerveza de alta calidad.

- **Tanque de maduración de 1.000 litros.**

Característica	Descripción
Marca/Modelo	Slowbeer Madurador Horizontal PED
Capacidad útil	1.000 litros
Diámetro exterior	860 mm
Longitud total	2.384 mm
Peso	181 kg
Material	Acero inoxidable
Aislamiento	Sí (Certificado PED)
Conexiones	Válvula de descarga

Tabla 36. – Detalles técnicos del fermentador de 1.000 litros (Slowbeer).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 32. – Fermentadores atmosféricos termo-aislados de 1.000 litros.
Fuente. – Slowbeer.

5.3.8 Clarificación – Filtración

Para la etapa de clarificación y filtración en la producción de cerveza Märzen, es fundamental contar con un sistema eficaz que garantice la pureza y la calidad del producto final. Un filtro de placas o membranas es la opción ideal para esta fase del proceso, ya que permite eliminar impurezas, levaduras y otros sólidos suspendidos en el mosto, asegurando así que la cerveza obtenga una apariencia clara y atractiva.

Los filtros de placas son especialmente útiles en la cervecería porque ofrecen una alta eficiencia de filtración y pueden ser adaptados para manejar grandes volúmenes de producto. Además, su diseño modular permite una fácil limpieza y mantenimiento, lo que es crucial en un entorno de producción.

- **Filtro de placas.**

Características	Descripción
Modelo	Filtro de Placas P-Series
Marca	Ziemann International
Capacidad de filtración	Hasta 1.000 lt/h
Material de las placas	Acero inoxidable
Superficie filtrante	20 m^2
Dimensiones	1.200 mm x 1.000 mm x 2.000 mm
Peso	300 kg

Tabla 37. – Detalles técnicos del filtro de placas P-Series (Ziemann International).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 33. – Filtro de placas P-Series.
Fuente. – Ziemann International.

5.3.9 Esterilización – Pasteurización.

La pasteurización es un proceso que permite la eliminación de microorganismos patógenos o dañinos sin alterar las propiedades organolépticas de la cerveza, extendiendo su vida útil y asegurando su estabilidad microbiológica. Este proceso es especialmente crítico en la fabricación de cerveza para envasado y distribución a gran escala, donde se busca un equilibrio entre la eficiencia operativa y el control preciso de las condiciones de temperatura y tiempo.

En este proyecto, se seleccionarán tecnologías avanzadas de pasteurización para asegurar una operación eficiente, capaz de manejar un volumen de producción de 1.000 litros por lote. Es por ello por lo que la opción más adecuada para este tipo de operaciones son los pasteurizadores flashes, los cuales permiten una pasteurización rápida y controlada a diferentes rangos de temperatura, adaptándose a las necesidades del proceso.

La elección de esta tecnología específica se basa en criterios técnicos como la capacidad de producción, eficiencia energética, y facilidad de integración en el proceso automatizado de la planta, garantizando la seguridad del producto y optimizando el flujo de producción.

- **Pasteurizador flash.**

Características	Descripción
Marca/Modelo	Comac Flash Pasteruizer
Capacidad de producción	1.000 a 5.000 litros/h
Rango de temperatura	60-75 ºC
Dimensiones	3.200 mm x 1.500 mm x 2.000 mm
Peso	1.300 kg
Control	Totalmente automatizado, con CIP

Tabla 38. – Detalles técnicos del pasteurizador flash (Comac).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 34. –Pasteurizador flash.
Fuente. – Comac.

5.3.10 Envasado.

En la etapa de envasado, es esencial utilizar maquinaria automatizada para garantizar que el proceso sea rápido, higiénico y eficiente. Para una microcervecería que produce 1.000 litros de cerveza por lote, se recomienda utilizar una llenadora-enjuagadora automática combinada con una cinta transportadora. Estos dos equipos permiten que el llenado, enjuagado y transporte de latas se realicen de manera continua, reduciendo el tiempo de manipulación y mejorando la productividad.

- **Llenadora-enjuagadora automática.**

Características	Descripción
Marca/Modelo	Comac Microbrew Canning Line
Capacidad de producción	1.000 a 3.000 latas/h
Función	Llenado y enjuagado de latas
Material	Acero inoxidable
Dimensiones	3.500 mm x 1.200 mm x 2.300 mm
Peso	1.200 kg

Tabla 39. – Detalles técnicos de la llenadora-enjuagadora automática (Comac).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 35. – Llenadora-enjuagadora automática Microbrew Canning Line.
Fuente. – Comac.

- **Cinta transportadora.**

Características	Descripción
Marca/Modelo	FlexLink X65 Conveyor System
Capacidad de transporte	Hasta 6.000 latas/h
Velocidad	Ajustable hasta 60 m/min
Material	Acero inoxidable y plástico de alta resistencia
Dimensiones	63 mm ancho x largo personalizable

Tabla 40. – Detalles técnicos de la cinta transportadora X65 Conveyor System (FlexLink).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 36. – Cinta transportadora X65 Conveyor System
Fuente. – FlexLink.

5.3.11 Almacenamiento y expedición.

El proceso de almacenamiento y expedición en una microcervecería requiere de un flujo eficiente y automatizado para garantizar la correcta preparación de los productos envasados, su organización en pallets y su protección para el transporte. Las máquinas etiquetadoras, las empaquetadoras, robots de paletización y retractiladoras son esenciales para optimizar este proceso. La selección de estas máquinas se debe basar en la capacidad de producción, el tipo de envase y la rapidez requerida para el embalaje y manipulación de los productos. También es de suma importancia que las máquinas seleccionadas puedan integrar un sistema automatizado, asegurando la correcta sincronización con las otras máquinas de la línea de envasado y permitiendo que se realice de forma continua.

- **Etiquetadora.**

Característica	Descripción
Marca/Modelo	LabelOn™ Modular Labeler
Capacidad de etiquetado	Hasta 60 latas/minuto
Tamaño de etiquetas	Personalizable hasta 160 mm de altura
Diámetro de las latas	De 50 mm a 110 mm
Sistema de control	Pantalla táctil HMI con integración PLC
Precisión de etiquetado	± 0.5 mm
Materiales compatibles	Latas de aluminio de diferentes diámetros
Dimensiones	2000 mm x 1200 mm x 1600 mm
Peso	320 kg

Tabla 41. – Detalles técnicos la etiquetadora Modular Labeler (LabelOn™).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 37. – Etiquetadora Modular Labeler
Fuente. – LabelOn™.

- **Empaquetadora de latas en cajas de 12 unidades.**

Característica	Descripción
Marca/Modelo	OCME Vega Wrap Around
Capacidad	Hasta 60 packs/minuto
Dimensiones	5.000 x 1.600 x 2.000 mm
Peso	1.500 kg
Tipo de caja	Wrap-around para 12 latas
Velocidad	Variable según el tipo de lata
Material de empaquetado	Cartón corrugado
Consumo energético	7 kW/h
Características adicionales	Compatible con latas de diferentes tamaños (33 cl, 50 cl)

Tabla 42. – Detalles técnicos de la empaquetadora Vega Wrap Around (OCME).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 38. – Empaquetadora Vega Wrap Around.
Fuente. – OCME.

- **Robot paletizador automático.**

Característica	Descripción
Marca/Modelo	Fanuc M-410iB/160
Capacidad de carga	160 kg
Alcance máximo	3.130 mm
Velocidad de ciclos	1.700 ciclos/hora
Consumo energético	10 kW/h
Dimensiones	2.500 x 1.900 x 2.200 mm
Peso	1.650 kg
Características adicionales	Capacidad de trabajo con múltiples patrones de paletización

Tabla 43. – Detalles técnicos del robot paletizador automático M-410iB/160 (Fanuc).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 39. – Robot paletizador automático M-410iB/160.
Fuente. – Fanuc.

- **Estanterías.**

También se utilizarán las estanterías Mecalux Selectiva Alta Capacidad descritas en la tabla 30 para almacenar el producto terminado una vez paletizado. Estos palets se caracterizan por ser de 650 kg y tener una altura de 100 cm, por lo que no hay ningún problema para utilizar estas estanterías. En esta ocasión, la estantería exclusiva de los palets de cerveza tendrá una capacidad inicial de 33 huecos de palets europeos con espacio disponible para su ampliación.

- **Retractiladora para palets.**

Característica	Descripción
Marca/Modelo	Robopac Rotoplat 3000 HD
Capacidad de producción	Hasta 50 palets/hora
Dimensiones	3.100 x 1.800 x 3.000 mm
Peso	890 kg
Tipo de film	Stretch film
Espesor del film	17-23 micrones
Características adicionales	Sistema de pre-estiramiento ajustable, envoltura en espiral para máxima estabilidad

Tabla 44. – Detalles técnicos de la retractiladora para palets Rotoplat 3000 HD (Robopac).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 40. – Retractiladora para palets Rotoplat 3000 HD.
Fuente. – Robopac.

5.3.12 Limpieza y desinfección.

En la etapa de limpieza y desinfección, la instalación de un sistema Clean-in-Place (CIP) es fundamental para garantizar la limpieza y esterilización adecuada de todos los equipos de la microcervecería. Este sistema permite la limpieza interna de los tanques, tuberías y líneas de producción sin necesidad de desmontar los equipos, minimizando el tiempo de inactividad y mejorando la eficiencia del proceso.

El sistema CIP consiste en una serie de componentes interconectados que permiten la recirculación de soluciones de limpieza (sosa y ácido) a través de los diferentes equipos de la cervecería. Este proceso asegura la eliminación de residuos y microorganismos, cumpliendo con los estándares de higiene necesarios para la producción de cerveza. Los equipos están equipados con bolas de limpieza que distribuyen los líquidos de manera uniforme dentro de los tanques. Además, para asegurar la precisión y eficiencia del proceso, se incluyen caudalímetros y sensores de conductividad que monitorizan los flujos y la pureza de los enjuagues.

- **Depósitos de sosa y ácido.**

Características	Descripción
Marca	Biotanks
Modelo	Depósito PRFV para productos corrosivos
Material	Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)
Capacidad	1.200 litros
Dimensiones	1,2 metros (diámetro) x 2,0 metros (altura)
Resistencia Química	Alta resistencia a ácidos y álcalis fuertes
Temperatura de Operación	Hasta 60ºC
Compatibilidad	Compatible con sistemas CIP, recirculación y drenaje
Accesorios Incluidos	Válvulas, indicadores de nivel, conexiones para tuberías

Tabla 45. – Detalles técnicos de los depósitos de sosa y ácido PRFV (Biotanks).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 42. – Depósitos de sosa y ácido PRFV para productos corrosivos.
Fuente. – Biotanks.

- **Bomba de recirculación.**

Características	Descripción
Marca/Modelo	Grundfos CR 10
Capacidad	100 m^3/h
Material	Acero inoxidable
Dimensiones	204 mm (diámetro) x 938 mm (altura)
Peso	60 kg
Potencia	1,5 kW
Características adicionales	Para recirculación de líquidos de limpieza.

Tabla 46. – Detalles técnicos de la bomba de recirculación CR 10 (Grundfos).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 43. – Bomba de recirculación CR 10.
Fuente. – Grundfos.

- **Tuberías y válvulas.**

Características	Descripción
Marca/Modelo	Alfa Laval Unique Mixproof
Material	Acero inoxidable 316L
Dimensiones	25,4 a 76,2 mm de diámetro
Características adicionales	Permiten el flujo eficiente de las soluciones de limpieza.

Tabla 47. – Detalles técnicos las tuberías y válvulas Unique Mixproof (Alfa Laval).
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 44. – Tuberías y válvulas Unique Mixproof.
Fuente. – Alfa Laval.

5.3.13 Resumen maquinaria.

Etapa	Maquinaria	Unidades	Dimensiones (alto x ancho x profundidad)
Recepción	Muelle de descarga	1	2.400 mm (ancho) x 3.000 mm (alto)
	Carro elevador	1	1.720 x 800 x 2.100 mm
	Transpaleta manual	1	1.540 x 540 x 1.220 mm
	Cámara frigorífica	1	1.320 x 2.120 x 1.320 mm
	Estantería	17	4.500 x 2.800 x 1.100 mm por módulo
Tratamiento del agua	Tanque 1.200 L	1	1.250 mm (diámetro) x 2.000 mm (alto)
Molienda	Molino 6 rodillos	1	1.500 x 1.300 x 1.100 mm
Preparación del mosto	Equipo de cocción	1	2.790 x 4.250 x 2.510 mm
Enfriamiento y aireación	Intercambiador de calor	1	1.500 x 600 x 2.000 mm
Fermentación	Fermentador	4	1.050 mm (diámetro) x 3.009 mm (alto)
Maduración	Tanque horizontal 1.000 L	13	860 mm (alto) x 2.384 mm (profundidad)
Filtración	Filtro de placas	1	2.000 x 1.200 x 1.000 mm
Pasteurización	Pasteurizador	1	2.000 x 3.200 x 1.500 mm
Envasado	Llenadora - enjuagadora	1	2.300 x 3.500 x 1.200 mm
	Cinta transportadora	TBD	63 mm ancho x largo personalizable
Almacenamiento	Etiquetadora	1	1.600 x 2.000 x 1.200 mm
	Empaquetadora	1	2.000 x 5.000 x 1.600 mm
	Robot paletizador	1	2.200 x 2.500 x 1.900 mm
	Retractiladora	1	3.000 x 3.100 x 1.800 mm
	Estantería	6	4.500 x 2.800 x 1.100 mm por módulo
Limpieza	Depósitos 500 L	2	1.200 mm (diámetro) x 1.800 mm (alto)
	Bomba de recirculación	1	204 mm (diámetro) x 938 mm (alto)
	Tuberías y válvulas	TBD	76,2 mm (diámetro) x largo personalizable

Tabla 48. – Resumen de la maquinaria y equipos necesarios en la microcervecería.
Fuente. – Elaboración propia.

5.4 Mano de obra.

Para garantizar la producción anual de 80.000 litros de cerveza en la microcervecería, es fundamental contar con una plantilla adecuada que permita gestionar los procesos automatizados, manteniendo la eficiencia operativa. Se estima que el proceso de producción se llevará a cabo durante 8 horas diarias, de lunes a viernes, en una jornada laboral que abarca todas las etapas de producción, desde la recepción de materias primas hasta la expedición del producto final.

Dado que la microcervecería contará con un alto nivel de automatización, la necesidad de mano de obra se verá optimizada, reduciendo el número de trabajadores necesarios en cada etapa del proceso. Sin embargo, se requerirán empleados calificados para supervisar, mantener y operar el equipo de manera eficiente, así como para llevar a cabo tareas relacionadas con el control de calidad y la administración general.

1. Director general (1 persona).

El director general de la microcervecería es responsable de la supervisión y organización de todas las operaciones. Sus funciones incluyen el desarrollo de proyectos estratégicos, la gestión de recursos humanos y la coordinación de la producción y la logística. Este rol es crucial para asegurar que la producción se alinee con los objetivos de calidad y rentabilidad de la empresa. Además, el director general se encargará de la comunicación con proveedores y clientes, así como del establecimiento de relaciones comerciales.

2. Operario de producción (1 persona).

Este trabajador será responsable de la operación y monitoreo de los procesos automatizados, como la maceración, fermentación, y el envasado. También se encargará del mantenimiento rutinario del equipo y de realizar ajustes durante el proceso de producción. Aunque gran parte del proceso es automatizado, los operarios deberán estar atentos a cualquier eventualidad técnica que pueda surgir.

3. Maestro cervecero (1 persona).

El maestro cervecero en una microcervecería es responsable de supervisar todo el proceso de elaboración de la cerveza, desde la selección de ingredientes hasta el envasado final. Entre sus funciones se incluyen diseñar las recetas de cerveza,

controlar las etapas de malteado, maceración, fermentación y maduración, asegurando la calidad del producto en cada fase. Además, colabora en la innovación de nuevos estilos y la mejora continua de la producción.

4. Técnico de mantenimiento (1 persona).

Un técnico especializado será necesario para el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria. Su rol será crucial para evitar paros no planificados y maximizar la eficiencia operativa de la microcervecería. También se encargará de gestionar las reparaciones menores y coordinar el mantenimiento externo si es necesario. Además, se encargará de la limpieza de los equipos e instalaciones.

5. Responsable de control de calidad (1 persona).

El control de calidad es una parte esencial del proceso de producción de cerveza, asegurando que el producto final cumpla con los estándares establecidos. Este trabajador supervisará el proceso de fermentación, analizará muestras de producto en cada etapa de la producción y llevará un registro detallado de los parámetros de calidad.

6. Encargado de logística y almacén (1 persona)

La gestión de las materias primas, el almacenamiento de la cerveza y la expedición del producto terminado requiere un responsable que se ocupe de coordinar el movimiento de insumos, la carga y descarga de mercancías, gestionar el inventario y garantizar el flujo de los productos terminados.

7. Personal administrativo (1 persona).

Este empleado se encargará de la gestión administrativa, incluyendo la planificación de la producción, la facturación, el control de costes y las relaciones con los proveedores y clientes. Dado el nivel de automatización de la planta, su tarea será principalmente de coordinación y supervisión de las operaciones diarias.

Esta configuración de mano de obra permite optimizar los recursos humanos, garantizando una producción continua y eficiente sin sobrecargar a los trabajadores, y manteniendo la flexibilidad para enfrentar aumentos temporales en la demanda o mantenimientos más exhaustivos.

6. BIBLIOGRAFÍA ANEJO 2.

American Society of Brewing Chemists. (2018). *Analytical Methods for Brewing*.

Añón, A. Dª. (2021). *Tema 11 La Industria cervecera, Procesos y tecnología en la industria de cereales*. Grado en Ingeniería Alimentaria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

Austrian Beer and Brewing Association. (2017). *Regulations for Beer Production*.

Balmaseda, I. (2021). *Seminario: Adjuntos en cervecería*. ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

BeContent. (2022). ¿Sabes cuántos litros de agua se necesitan para elaborar 1 litro de cerveza? https://www.elperiodicoextremadura.com/ideas/Heineken-dia-del-agua-2022/index.html

Beer judge certification program. (2021). Recuperado el 15 de mayo de 2024, de https://www.bjcp.org/

BeerSmith. (s. f.). Search Recipe Results - Beer Recipe Cloud. Recuperado el 22 de mayo de 2024, de https://beersmithrecipes.com/searchrecipe?term=marzen&submit.x=0&submit.y=0

Birrocracia. (2019, diciembre 1). El agua III: Comprendiendo un informe de agua: los seis iones del aguacalipsis. *BirroCracia*. https://birrocracia.wordpress.com/2019/12/01/el-agua-iii-comprendiendo-un-informe-de-agua-los-seis-iones-del-aguacalipsis/

Boto, J. A. (2017). *La cerveza: Ciencia, tecnología, ingeniería, producción, valoración*.

Briggs, D. E. (2004, febrero). *Brewing: Science and Practice*. Woodhead Publishing.

Caballero, J. M., & Cuesta, J. M. (2024, 9 de febrero). BOE. *Código de la Cerveza*.

Canal de Isabel II. (2024, mayo). *Tarifas del agua 2024*. https://oficinavirtual.canaldeisabelsegunda.es/documents/2106432/2122006/Tarifas.pdf/93924022-6396-2be8-d36e-cc33509c01b1?t=1717679700613

Cervecistas. (2016, agosto 17). *Cervecistas - Conocer, saber y compartir cervezas*. https://www.loscervecistas.es/

Cervezodromo. (2024). *Receta de cerveza Märzen (fácil): Gordon*. https://cervezodromo.es/recetas-de-cerveza/marzen-gordon/

Cervezomicón. (2016, 6 de agosto). *Matemática Cervecera | Cálculo de IBUs*. https://cervezomicon.com/tag/daniels/

Cervezomicón. (2017, 14 julio). *Tratamiento de agua – Cervezomicón*. https://cervezomicon.com/tag/tratamiento-de-agua/

Comunidad de Madrid. (2024, 14 junio). *Información completa de agua*. https://www.comunidad.madrid/servicios/consumo/informacion-completa-agua#panel-200966

ECOVIDRIO. (2022, octubre). *Guía de Ecodiseño para el sector de la Cerveza*. https://www.ecovidrio.es/sites/default/files/2023-10/Gu%C3%ADaCervezaIntegrada_31.07.23_0.pdf

ECOVIDRIO. (2023, octubre). *Guía de Ecodiseño para el sector de la Cerveza*. https://www.ecovidrio.es/sites/default/files/2023-10/GUIA%20EJECUTIVA_ECODISEN%CC%83O_ENVASES_SECTOR_CERVEZA_18_10_23.pdf

Fernández, D. (2022, enero 8). ¿Cuál es la cerveza más antigua de España? *La Razón*. https://www.larazon.es/cataluna/20220107/g4rjl6ty4va67axqndatx3mxry.html

Gordon, J. (2020). *Water: A Comprehensive Guide for Brewers*.

GS1 Spain. (2023, 22 agosto). *Estándar GS1 128*. https://www.gs1es.org/capturar-codigo-de-barras-gs1/estandar-gs1-128/

Hieronymus, S. (2012). *For the love of hops: The practical guide to aroma, bitterness & the culture of hops*. Brewers Publications.

Mallett, J. (2014). *Malt (Brewing Elements)*.

MEGA. (2020, agosto 11). ¿Qué es la malta? *MEGA. Mundo Estrella Galicia*. https://mundoestrellagalicia.es/que-es-la-malta/

Moorhouse, D. (2016). *Brewing Microbiology: A Practical Guide to Beer and Brewing*.

Palmer, J. J. (2013). *Water: A Comprehensive Guide for Brewers*.

Palmer, J. J. (2017). *How to Brew: Everything you need to know to brew great beer every time*.

Peel, A. (2020, abril 14). Historia de la cerveza en España y su origen. *Bon Viveur*. https://www.bonviveur.es/preguntas/la-cerveza-en-espana-origen-e-historia

Red, B. in. (2011, septiembre 1). Historia de la cerveza, origen, tipos, elaboración. *Barmaninred.com*. https://www.barmaninred.com/2011/09/historia-de-la-cerveza-origen-tipos.html

Rodríguez, I. (2017, noviembre 19). Agua para elaborar cerveza. *Cervecing*. https://cervecing.es/agua-elaborar-cerveza/

Sánchez, C. L., Franco, L., Bravo, R., Rubio, C., Rodríguez, A. B., Barriga, C., & Cubero, J. (2010). Cerveza y salud, beneficios en el sueño. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*.

Snyder, C. (2015). *The Brewing Process: A Guide to Brewing Beer*.

Thanos, S. (2023, octubre 8). How to brew Oktoberfest beer [märzen]: Malty magic of Bavarian biergartens. *Homebrew Academy*; Homebrew Academy LLC. https://homebrewacademy.com/oktoberfest-marzen-recipe/

Thanos, S. (2024, 3 febrero). How To Brew Oktoberfest Beer [Märzen]: Malty Magic Bavarian Biergartens. *Homebrew Academy*. https://homebrewacademy.com/oktoberfest-marzen-recipe/

White, C. (2010). *Yeast (Brewing Elements)*.

Wolfgang, K. (2006). *Tecnología para malteros y cerveceros*.

Woods, J. (2014). *Practical Maltings: A Guide to the Malt Industry*.

ANEJO 3. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 3.

1. INTRODUCCIÓN. **1**

1.1 Objetivos del diseño y disposición en planta. **1**

2. METODOLOGÍA SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (SLP). **3**

2.1 Diagrama de flujo de las operaciones. **5**

2.2 Identificación de las áreas funcionales. **7**

2.3 Relación de las áreas funcionales. **10**

2.3.1 Tabla relacional de actividades. 10

2.3.2 Diagrama relacional de actividades. 14

3. CÁLCULO Y JUSTIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES. **16**

3.1 Zona de recepción/ expedición. **18**

3.2 Zona de tratamiento del agua. **18**

3.3 Zona de molienda. **19**

3.4 Zona de procesado del mosto. **19**

3.5 Zona de maduración. **20**

3.6 Zona de envasado **20**

3.7 Zona de almacenamiento. **21**

3.8 Área de limpieza. **22**

3.9 Laboratorio. **22**

3.10 Zona administrativa. **23**

3.11 Aseos y vestuarios. **23**

3.12 Comedor. **24**

3.13 Sumatorio de superficies. **25**

4. DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA. **26**

4.1 Alternativas. **26**

4.2 Diseño final. **30**

5. BIBLIOGRAFÍA ANEJO 3. ..... **31**

ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEJO 3.

Figura 1. – Diagrama de flujo de las operaciones cerveza, según la ASME..... **6**
Figura 2. – Diagrama relacional de las áreas funcionales. **15**
Figura 3. – Acotación sobre la superficie construida de la nave. **27**
Figura 4. – Alternativa 1 de la distribución de la planta **28**
Figura 5. – Alternativa 2 de la distribución de la planta. **29**

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 3.

Tabla 1. – Símbolos de operaciones y descripción, según norma de la ASME..... **6**
Tabla 2. – Código alfabético para la relación de proximidad. **11**
Tabla 3. – Tabla relacional de actividades de proximidad. **11**
Tabla 3. – Simbología del diagrama relacional. **14**
Tabla 4. – Leyenda de áreas funcionales para el diagrama relacional. **15**
Tabla 5. – Resumen de la maquinaria y equipos necesarios **17**
Tabla 6. – Justificación del espacio para la zona de recepción/ expedición. **18**
Tabla 7. – Justificación del espacio para la zona de tratamiento del agua. **18**
Tabla 8. – Justificación del espacio para la zona de molienda. **19**
Tabla 9. – Justificación del espacio para la zona de procesado del mosto. **19**
Tabla 10. – Justificación del espacio para la zona de maduración. **20**
Tabla 11. – Justificación del espacio para la zona de envasado. **21**
Tabla 12. – Justificación del espacio para la zona de almacenamiento. **21**
Tabla 13. – Justificación del espacio para el área de limpieza. **22**
Tabla 14. – Justificación del espacio para el área del laboratorio. **23**
Tabla 15. – Justificación del espacio para la zona administrativa. **23**
Tabla 16. – Justificación del espacio para el área de aseos y vestuarios. **24**
Tabla 17. – Justificación del espacio para el área del comedor. **24**
Tabla 18. – Sumatorio de superficies de las áreas funcionales. **25**

1. INTRODUCCIÓN.

En este anejo se define la organización más efectiva y óptima para el diseño y disposición en planta de la microcervecería con una capacidad de producción anual de 80.000 litros de cerveza. La planta de la fábrica estará ubicada en una nave industrial en las Rozas de Madrid con una superficie total construida de 861 m^2. El objetivo principal es diseñar una disposición de planta que optimice la eficiencia del proceso productivo y las actividades auxiliares involucradas, garantizando tanto la seguridad de los trabajadores como el cumplimiento de la normativa aplicable.

El diseño de la planta sigue los principios del *Systematic Layout Planning* (SLP), un enfoque estructurado que facilita la organización y distribución eficiente de las áreas de trabajo y los equipos de producción, minimizando tiempos de desplazamiento, reduciendo posibles cuellos de botella y optimizando el flujo de materiales y personas. Además, se aplicarán los criterios establecidos en el Real Decreto 486/1997, que regula las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, asegurando que la distribución física de los equipos y espacios garantice un entorno laboral seguro y saludable.

1.1 Objetivos del diseño y disposición en planta.

El objetivo de este anejo es maximizar la productividad y minimizar tiempos muertos, facilitando un flujo continuo de materiales y procesos. Asimismo, se busca cumplir con la normativa vigente, garantizar la ergonomía de los espacios, y asegurar una adecuada disposición para futuras ampliaciones. Todo esto, dentro de un enfoque de diseño eficiente, flexible y adaptable, que facilite la operación y el control. A continuación, se detallan los 4 objetivos principales:

1. Optimización de los flujos de trabajo.

La distribución debe garantizar un flujo continuo y eficiente, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento del producto final, evitando interrupciones innecesarias.

2. Seguridad en el entorno laboral.

La disposición debe cumplir con las normativas de seguridad industrial y ergonomía, facilitando el acceso a los equipos y reduciendo riesgos asociados a los movimientos y la operación de maquinaria.

3. Eficiencia en el uso del espacio.

A través de una distribución racional de las áreas de producción, almacenaje, y oficinas, se busca maximizar el uso eficiente de los 861 m² disponibles.

4. Flexibilidad en la disposición.

Se deberá considerar la posibilidad de futuros ajustes o expansiones en la capacidad de producción, asegurando que la planta sea adaptable a las demandas del mercado.

En resumen, la correcta disposición de la maquinaria, las áreas de trabajo, y los flujos de personal y materiales serán clave para lograr una operación efectiva y rentable en esta microcervecería. Las decisiones de distribución no solo impactarán en la productividad, sino también en los costes operativos y la sostenibilidad del negocio a largo plazo.

2. METODOLOGÍA SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (SLP).

El *Systematic Layout Planning* (SLP) es un método estructurado y sistemático para el diseño de la distribución de planta, que busca optimizar la organización espacial de las áreas de trabajo y los equipos dentro de una instalación productiva. Su finalidad es incrementar la eficiencia y productividad de los procesos mediante un diseño que minimice tiempos y movimientos innecesarios, mejorando la gestión de recursos y optimizando los flujos operativos.

El proceso del SLP comienza con la recopilación de información detallada sobre los diferentes aspectos del sistema productivo. Estos incluyen los requisitos específicos del proceso de producción, las demandas de los trabajadores, las necesidades de almacenamiento y las condiciones de transporte de materiales. Toda esta información es esencial para diseñar varias alternativas de disposición de planta, las cuales se evalúan mediante técnicas de análisis cuantitativo (costos, tiempos, distancias) y cualitativo (ergonomía, seguridad).

A lo largo del proceso de planificación, el SLP se basa en varios principios fundamentales:

1. Identificación de necesidades.

Se trata de analizar a fondo las características del proceso productivo, las necesidades de los empleados, las demandas de espacio y los flujos de trabajo. Este análisis incluye tanto las operaciones internas como las interacciones con proveedores y clientes.

2. Agrupación por proceso.

Las áreas de trabajo se agrupan en función de los tipos de actividades que se realizan. Esto ayuda a evitar traslados innecesarios, lo que mejora la eficiencia operativa al reducir tiempos muertos y distancias entre procesos.

3. Flujo de materiales.

Este principio se centra en la planificación del flujo de materiales dentro de la planta, minimizando movimientos superfluos y garantizando que los materiales y productos circulen de manera eficiente a través de los diferentes puntos de trabajo.

4. Disponibilidad de espacio.

Un aspecto crucial es aprovechar de manera eficiente el espacio disponible, asegurándose de que las áreas de trabajo estén bien organizadas, sin saturar zonas y manteniendo un entorno de trabajo seguro y productivo.

5. Flexibilidad.

El diseño de la planta debe permitir la adaptación a posibles cambios futuros. Esto es esencial para hacer frente a variaciones en la demanda, cambios en el mercado o nuevas tecnologías que puedan surgir a lo largo del ciclo de vida de la instalación.

6. Seguridad.

La seguridad del personal es un componente clave en el diseño de planta. Se debe minimizar el riesgo de accidentes laborales mediante la disposición adecuada de los equipos, las rutas de evacuación y el acceso a elementos de seguridad.

El resultado del proceso de SLP es un diseño de planta que optimiza la eficiencia, reduce costos y mejora la seguridad de los trabajadores. Además, una planta bien distribuida facilita la supervisión, minimiza los tiempos de producción y maximiza el uso del espacio disponible, proporcionando una base sólida para la producción actual y futura. Este enfoque, ampliamente utilizado en la industria, es crucial para lograr una operación rentable y competitiva en el mercado actual.

2.1 Diagrama de flujo de las operaciones.

Las principales operaciones del proceso productivo se representan de manera simplificada y comprensible a través del diagrama de flujo. Este recurso visual permite un análisis detallado y sistemático de todas las fases involucradas en la producción. En el anejo 2 ya se explicó en detalle el diagrama de flujo para la descripción del proceso productivo, brindando una visión clara de las etapas y las relaciones entre las operaciones respecto al balance de masas.

En este anejo, el enfoque se centra en la disposición en planta, utilizando el diagrama de flujo basado en los símbolos establecidos por la *American Society of Mechanical Engineers* (ASME), ampliamente reconocidos en la industria para la representación gráfica de los flujos operativos. Estos símbolos son esenciales para identificar las operaciones clave como almacenamiento, transporte, inspección y procesamiento, lo que facilita no solo la interpretación del flujo, sino también la identificación de áreas de mejora en términos de eficiencia y seguridad en la distribución en planta.

A continuación, en la tabla 1 se detallan los símbolos de operaciones según la norma ASME, los cuales son fundamentales para la correcta interpretación y análisis del proceso productivo en el contexto de la distribución en planta. Estos símbolos permiten una comunicación estandarizada y clara entre ingenieros, diseñadores y operarios, garantizando un lenguaje común para la optimización del espacio y los recursos. Posteriormente se expone el diagrama de flujo de las operaciones de la cerveza en la figura 1.

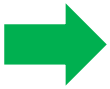
Figura	Descripción
	Representa una operación específica.
	Representa una operación de inspección.
	Representa un almacenamiento provisional o espera, demora en el desarrollo de los hechos.
	Representa una operación de transporte.
	Representa un almacenamiento.
	Representa una combinación de operaciones.

Tabla 1. – Símbolos de operaciones y descripción, según norma de la ASME.
Fuente. – Elaboración propia.

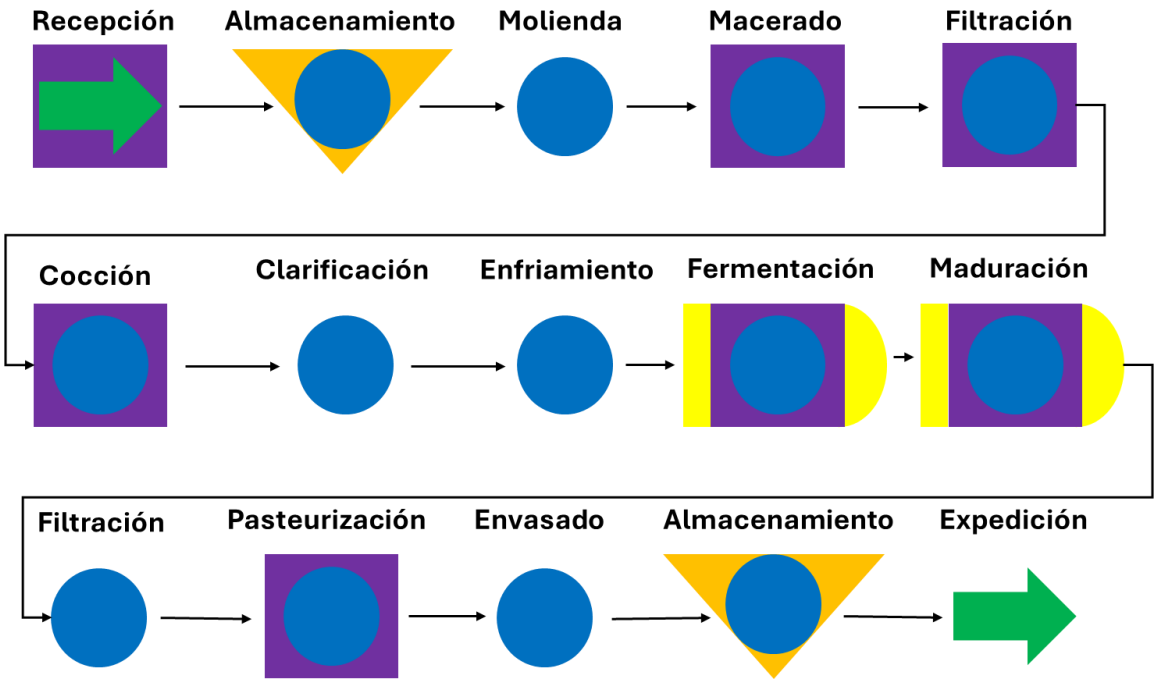


Figura 1. – Diagrama de flujo de las operaciones cerveza, según la ASME.
Fuente. – Elaboración propia.

2.2 Identificación de las áreas funcionales.

La adecuada identificación y distinción de las áreas funcionales es un aspecto clave a la hora de dimensionar una planta productiva. El propósito principal de esta etapa es asegurar una disposición eficiente que facilite el flujo de materiales, personas y productos, optimizando cada etapa del proceso y asegurando el cumplimiento de normativas de seguridad, higiene y calidad.

En una planta de estas características, cada área tiene necesidades específicas en cuanto a espacio, equipamiento y condiciones ambientales. La correcta segregación y planificación de estas zonas permite evitar interferencias operativas, reducir tiempos muertos, minimizar riesgos de contaminación cruzada y mejorar la eficiencia productiva. Además, el dimensionamiento adecuado de cada espacio garantiza que las operaciones diarias se desarrollen de manera fluida, favoreciendo una producción continua y eficiente.

Esta planificación no solo tiene un impacto directo en la productividad, sino también en la seguridad y el bienestar del personal, ya que facilita un entorno de trabajo ordenado y con menor riesgo de accidentes. Asimismo, una disposición en planta bien estructurada favorece el cumplimiento de normativas, como el Real Decreto 486/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Por lo tanto, la identificación de las áreas funcionales se convierte en una herramienta estratégica para el éxito del proyecto, ayudando a dimensionar la planta con una visión integral que considere tanto la eficiencia operativa como la seguridad, calidad y bienestar del personal involucrado en el proceso.

1. Zona de recepción/expedición.

Esta área está destinada a la recepción de materias primas (malta, lúpulo, levadura), envases, materiales auxiliares y a la expedición del producto terminado. Debe contar con espacio suficiente para el manejo eficiente de cargas, incluyendo un muelle de carga y descarga.

2. Zona de tratamiento del agua.

El agua es un componente esencial en la producción de cerveza, por lo que esta área está dedicada a su tratamiento. Aquí se realizarán procesos como la filtración, desinfección y ajuste de la química del agua para adaptarla a las características del estilo de cerveza.

3. Zona de molienda.

En esta zona se lleva a cabo la molienda del grano, un proceso que consiste en triturar la malta para facilitar la extracción de azúcares en el proceso de macerado. Debe estar diseñada para contener polvo y mantener la limpieza.

4. Zona de procesado del mosto.

Esta es la zona central del proceso de elaboración. Aquí se encuentran el macerador, la caldera de cocción, y otros equipos relacionados con la producción del mosto. Es fundamental planificar el espacio para un flujo de trabajo eficiente y un adecuado manejo de temperaturas. En esta sala también estará el sistema CIP para la limpieza de la maquinaria.

5. Zona de maduración.

Tras la fermentación primaria, la cerveza debe reposar y madurar en esta área. Se requiere espacio para tanques de maduración y la infraestructura necesaria para controlar la temperatura y otros parámetros críticos que aseguren la calidad del producto final.

6. Zona de envasado.

La cerveza, una vez lista, será envasada en latas, botellas o barriles en esta área. Debe contar con equipos de embotellado o enlatado, así como líneas de etiquetado y las maquinas necesarias para paletizar el producto. La disposición debe facilitar el flujo de producto desde la zona de maduración hasta la de almacenamiento, incluyendo el pasteurizador entre medias.

7. Zona de almacenamiento.

Aquí se almacena el producto terminado antes de su expedición. Es importante prever espacio para diferentes productos y materiales, además de asegurar condiciones adecuadas de temperatura, sobre todo para productos perecederos. Principalmente se separará el producto terminado de las materias primas, embalajes y materias primas refrigeradas.

8. Área de limpieza.

La limpieza es crítica en una cervecería para evitar contaminaciones. Esta área se destina a la preparación y almacenamiento de los equipos y materiales de limpieza, asegurando que toda la planta se mantenga en las condiciones higiénicas óptimas.

9. Laboratorio.

El laboratorio es esencial para el control de calidad, donde se realizan análisis de las materias primas, el mosto, y la cerveza en las diferentes etapas del proceso. El diseño de este espacio debe permitir un trabajo seguro y preciso.

10. Zona administrativa.

Esta área está destinada a las operaciones administrativas de la cervecería, incluyendo oficinas para la gestión, finanzas, y ventas. Debe estar separada de las áreas de producción para garantizar un ambiente tranquilo de trabajo.

11 Aseos y vestuarios.

Es necesario contar con aseos y vestuarios para el personal, cumpliendo con las normativas de higiene laboral. Estos deben estar convenientemente ubicados para facilitar el acceso desde las áreas de producción.

12. Comedor

El comedor es un espacio habilitado para el descanso del personal, donde puedan realizar sus pausas y comidas. Es importante que esta área esté separada de las zonas de producción para evitar posibles contaminaciones.

Esta identificación de áreas funcionales permite un análisis más profundo del uso del espacio y su distribución en planta, favoreciendo la eficiencia y el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en la microcervecería.

2.3 Relación de las áreas funcionales.

El diseño eficiente de una planta de microcervecería no solo implica la correcta disposición de cada área, sino también la comprensión de las interrelaciones entre estas. La relación de las áreas es fundamental para optimizar el flujo de trabajo, minimizar desplazamientos innecesarios y garantizar que el proceso productivo sea lo más eficiente posible.

En este apartado, se realizará un análisis detallado de la correlación entre las diferentes zonas de la microcervecería. La proximidad entre áreas clave, como la zona de procesado del mosto y la zona de fermentación y maduración, será determinante para la eficiencia del proceso de producción. Además, se tendrá en cuenta la relación entre actividades, lo que permitirá una optimización del flujo de trabajo al reducir tiempos muertos y mejorar la productividad.

Este análisis no solo contribuirá a mejorar la eficiencia de la producción, sino que también tendrá en cuenta aspectos como la seguridad y ergonomía del trabajo, garantizando un entorno laboral adecuado y organizado.

2.3.1 Tabla relacional de actividades.

El diagrama de relación de actividades es una herramienta esencial en la planificación de espacios industriales, como una microcervecería, ya que permite visualizar cómo interactúan las diferentes áreas dentro del proceso productivo. Este diagrama ayuda a identificar qué zonas deben estar próximas entre sí para optimizar el flujo de materiales, reducir tiempos de espera y minimizar esfuerzos innecesarios en el movimiento de productos y personal.

Este diagrama no solo facilita la distribución de espacio y equipamiento, sino que también apoya la toma de decisiones en cuanto a la ubicación de zonas clave. Para ello, existe un código alfabético (A, E, I, O U, X) que expresa la relación de proximidad que guardan las distintas áreas, quedando recogidos en la tabla 2. De forma conjunta a este código, se emplea una gama de colores que permita diferenciar con facilidad cada relación en la tabla relacional de actividades (tabla 3).

Código alfabético	Relación de proximidad	Descripción
A	Absolutamente necesario	Deben estar muy cerca una de la otra.
E	Especialmente importante	Es recomendable que estén cerca para mejorar el flujo de trabajo o procesos relacionados.
I	Importante	Pueden estar relativamente cerca, pero no es crítico que estén adyacentes.
O	Ordinario	No es necesario que estén cerca, pero tampoco se debe evitar su proximidad.
U	Innecesario	No es importante que estén cerca, la proximidad o lejanía no afecta el proceso.
X	Evitar	Deben estar lo más alejadas posible, ya que su cercanía puede ser perjudicial o inconveniente.

Tabla 2. – Código alfabético para la relación de proximidad.
Fuente. – Elaboración propia.

ÁREA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Recepción/Expedición	-	O	E	E	I	A	A	U	I	O	U	U
2. Tratamiento del agua	O	-	I	A	O	O	U	U	I	U	U	U
3. Molienda	E	I	-	A	O	X	U	U	X	U	U	U
4. Procesado del mosto	E	A	A	-	I	O	U	E	E	U	U	U
5. Maduración	I	O	O	I	-	A	O	U	I	U	U	U
6. Envasado	A	O	X	O	A	-	E	U	I	U	U	U
7. Almacenamiento	A	U	U	U	O	E	-	U	U	U	U	U
8. Área de limpieza	U	U	U	E	U	U	U	-	E	U	U	U
9. Laboratorio	I	I	X	E	I	I	U	E	-	U	U	U
10. Zona administrativa	O	U	U	U	U	U	U	U	U	-	E	E
11. Aseos y vestuarios	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	-	I
12. Comedor	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	I	-

Tabla 3. – Tabla relacional de actividades de proximidad.
Fuente. – Elaboración propia.

Las justificaciones entre las relaciones establecidas entre áreas son las siguientes:

- **A (Absolutamente necesario).**

- **Zona de recepción/expedición ↔ Zona de envasado y Zona de almacenamiento:** Es imprescindible que estas áreas estén cercanas, ya que el producto terminado se mueve directamente desde la zona de envasado al almacenamiento y luego a la expedición. Además, las materias primas deben ingresar desde recepción y distribuirse fácilmente.

- **Zona de molienda ↔ Zona de procesado del mosto**: La malta molida debe pasar inmediatamente al proceso de maceración. Por lo tanto, la proximidad entre estas dos áreas es crítica para asegurar la eficiencia en el flujo de producción.

- **Zona de maduración ↔ Zona de envasado**: Tras la maduración, la cerveza pasa directamente al envasado. Es vital que estén muy cerca para evitar demoras y reducir el manejo innecesario del producto.

- **E (Especialmente importante).**

- **Zona de recepción/expedición ↔ Zona de molienda** y **Zona de procesado del mosto**: Las materias primas como la malta llegan a través de la zona de recepción y necesitan un acceso rápido a las áreas de molienda y procesado.

- **Zona de procesado del mosto ↔ Área de limpieza**: Es crucial que la zona de limpieza esté cercana para mantener el equipo libre de contaminaciones, dado que esta etapa del proceso requiere una alta higiene.

- **Laboratorio ↔ Zona de procesado del mosto** y **Área de limpieza**: El laboratorio necesita estar cerca del procesado para realizar pruebas de calidad, y la limpieza debe estar cercana para asegurar un ambiente adecuado para las pruebas.

- **I (Importante).**

- **Zona de recepción/expedición ↔ Zona de maduración**: Aunque no es esencial que estén adyacentes, la cerveza que sale de la maduración eventualmente se envía a la expedición, por lo que es útil que estén relativamente cerca.

- **Zona de almacenamiento ↔ Zona de envasado**: El almacenamiento del producto terminado no requiere que esté pegado al envasado, pero debe estar lo suficientemente cerca para facilitar el flujo de cajas y barriles.

- **Laboratorio ↔ Zona de maduración**: Es importante que el laboratorio esté relativamente cerca para controlar los parámetros de calidad durante la maduración, aunque no es necesario que estén directamente conectados.

- **O (Ordinario).**

- **Zona de tratamiento del agua ↔ Zona de recepción/expedición**: No es crucial que estas áreas estén cerca, ya que el tratamiento del agua no tiene relación directa con la recepción de materias primas.

- **Zona de molienda ↔ Zona de envasado**: Estas áreas no interactúan directamente, por lo que su proximidad no es importante ni perjudicial.

- **Zona de maduración ↔ Zona de tratamiento del agua**: No es necesario que estén cerca, ya que el tratamiento del agua no influye directamente en la maduración del producto.

- **U (Innecesario).**

- **Zona de almacenamiento ↔ Zona de tratamiento del agua**: No tienen una relación directa, por lo que no es necesario que estén próximas.

- **Zona administrativa ↔ Zona de molienda**: No es importante que estén cerca, ya que las funciones administrativas no dependen de la molienda del grano.

- **Aseos y vestuarios ↔ Áreas de producción**: Aunque es necesario un acceso fácil desde las zonas de producción, estas áreas no necesitan estar adyacentes.

- **X (Evitar).**

- **Zona de molienda ↔ Laboratorio**: El polvo generado en la molienda podría contaminar los equipos y las muestras en el laboratorio, por lo que estas áreas deben estar alejadas.

- **Zona de envasado ↔ Zona de molienda**: La molienda genera residuos y polvo que podrían afectar la calidad del producto envasado, por lo que deben estar lo más alejadas posible.

Esta justificación refleja cómo cada área funcional interactúa con las demás, destacando las necesidades específicas de proximidad o separación para optimizar el proceso productivo, evitar contaminaciones y mantener un flujo de trabajo eficiente en la microcervecería.

2.3.2 Diagrama relacional de actividades.

Para crear un diagrama relacional de áreas, primero se debe combinar el diagrama de proceso y la tabla de relaciones. Esto permite desarrollar una red que simule una disposición espacial teórica para cada área dentro de la industria. Se utiliza el mismo sistema de clasificación alfabética que se emplea en la tabla de relaciones, pero en esta ocasión, los números se sustituyen por una cantidad de líneas específicas que representan la fuerza de la relación entre las áreas, mientras que el color de las líneas se mantiene constante según la relación asignada.

El proceso comienza posicionando de manera concéntrica las áreas que tienen la relación más fuerte, es decir, aquellas catalogadas como "A" (absolutamente necesario). Luego, progresivamente, se colocan las demás áreas en función de su importancia relativa, desde las relaciones más importantes hasta las menos importantes o innecesarias. Finalmente, se colocan aquellas áreas cuya cercanía debe evitarse, según se clasifiquen como "X".

Después, se trazan las líneas que conectan las áreas, procurando que ninguna línea se cruce con la zona a la que está conectada, salvo las que deben evitarse. Es posible que la disposición de las áreas necesite ser ajustada constantemente para cumplir con esta condición, dando como resultado un diseño que representa una disposición más realista y eficiente de las áreas en función de sus interacciones.

Código	Relación	Tipo de línea
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinario	
U	Innecesario	(Ninguna línea)
X	Evitar	

Tabla 3. – Simbología del diagrama relacional.
Fuente. – Elaboración propia.

Código numérico	Área
1	Recepción/Expedición
2	Tratamiento del agua
3	Molienda
4	Procesado del mosto
5	Maduración
6	Envasado
7	Almacenamiento
8	Área de limpieza
9	Laboratorio
10	Zona administrativa
11	Aseos y vestuarios
12	Comedor

Tabla 4. – Leyenda de áreas funcionales para el diagrama relacional.
Fuente. – Elaboración propia.

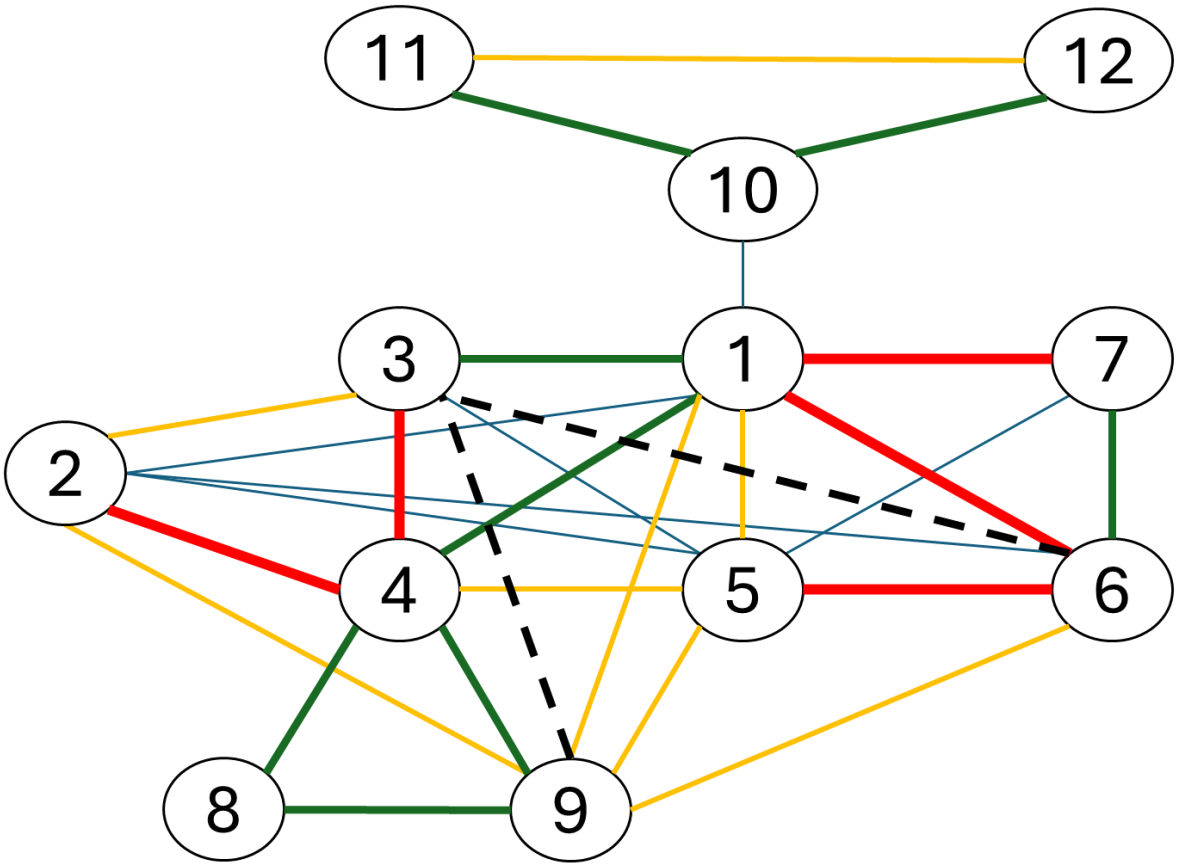


Figura 2. – Diagrama relacional de las áreas funcionales.
Fuente. – Elaboración propia.

3. CÁLCULO Y JUSTIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES.

Después de elaborar el Diagrama Relacional, es fundamental proceder al cálculo de las superficies necesarias para cada área de la microcervecería. Este cálculo considera no solo la actividad específica que se desarrollará en cada zona, sino también los elementos y equipos que estarán presentes. Para este propósito, se utiliza la norma de espacio de Richard Muther, la cual proporciona directrices claras sobre el espacio mínimo requerido para cada máquina. Este cálculo se basa en las dimensiones de la maquinaria (longitud y ancho), así como en la inclusión de áreas de protección y el espacio necesario para la apertura de puertas. Además, se incorpora una distancia de seguridad de 45 cm a los lados de la maquinaria y de 60 cm en el lado donde se ubicará el operario, siendo el cálculo de la superficie de la maquinaria junto a la distancia de seguridad, la superficie de gravitación. En los casos que esté anclado el equipo a la pared se indicará con un asterisco (*) para tener en cuenta que no se consideran los 45 cm de un lado.

Asimismo, es esencial revisar y evaluar las áreas que no se han considerado previamente en el análisis del proceso productivo. Para ello, se debe seleccionar el equipamiento específico que se utilizará en cada zona, lo que permitirá llevar a cabo un cálculo más preciso y ajustado a la realidad del funcionamiento de la microcervecería.

Es importante destacar que la norma de Richard Muther no contempla el movimiento de los operarios, el transporte de materias ni la necesidad de pasillos de circulación. Por lo tanto, se sugiere aplicar un coeficiente de mayoración que varía entre 1,3 y 1,8. Este coeficiente se ajusta dependiendo de si se consideran las normativas de acceso y servicio, o si se evalúa la importancia de la manutención y la gestión de stocks de materiales.

La superficie total necesaria, calculada mediante este enfoque, se determina sumando las superficies mínimas requeridas para cada máquina y multiplicando este total por el coeficiente de mayoración mencionado. De esta manera, se obtiene un área teórica para cada zona, cuya suma total representará el espacio total requerido para establecer la microcervecería. Dado que las instalaciones ya están construidas, este cálculo es esencial para ajustar cada área a las limitaciones

de espacio existentes, garantizando así que la distribución cumpla con las necesidades operativas y de seguridad de la industria.

Cabe recordar el resumen de la maquinaria y equipos necesarios para la microcervecería en la siguiente tabla.

Etapa	Maquinaria	Unidades	Dimensiones (alto x ancho x profundidad)
Recepción	Muelle de descarga	1	2.400 mm (ancho) x 3.000 mm (alto)
	Carro elevador	1	1.720 x 800 x 2.100 mm
	Transpaleta manual	1	1.540 x 540 x 1.220 mm
	Cámara frigorífica	1	1.320 x 2.120 x 1.320 mm
	Estantería	17	4.500 x 2.800 x 1.100 mm por módulo
Tratamiento del agua	Tanque 1.200 L	1	1.250 mm (diámetro) x 2.000 mm (alto)
Molienda	Molino 6 rodillos	1	1.500 x 1.300 x 1.100 mm
Preparación del mosto	Equipo de cocción	1	2.790 x 4.250 x 2.510 mm
Enfriamiento y aireación	Intercambiador de calor	1	1.500 x 600 x 2.000 mm
Fermentación	Fermentador	4	1.050 mm (diámetro) x 3.009 mm (alto)
Maduración	Tanque horizontal 1.000 L	13	860 mm (alto) x 2.384 mm (profundidad)
Filtración	Filtro de placas	1	2.000 x 1.200 x 1.000 mm
Pasteurización	Pasteurizador	1	2.000 x 3.200 x 1.500 mm
Envasado	Llenadora - enjuagadora	1	2.300 x 3.500 x 1.200 mm
	Cinta transportadora	TBD	63 mm ancho x largo personalizable
Almacenamiento	Etiquetadora	1	1.600 x 2.000 x 1.200 mm
	Empaquetadora	1	2.000 x 5.000 x 1.600 mm
	Robot paletizador	1	2.200 x 2.500 x 1.900 mm
	Retractiladora	1	3.000 x 3.100 x 1.800 mm
	Estantería	6	4.500 x 2.800 x 1.100 mm por módulo
Limpieza	Depósitos 500 L	2	1.200 mm (diámetro) x 1.800 mm (alto)
	Bomba de recirculación	1	204 mm (diámetro) x 938 mm (alto)
	Tuberías y válvulas	TBD	76,2 mm (diámetro) x largo personalizable

Tabla 5. – Resumen de la maquinaria y equipos necesarios en la microcervecería.
Fuente. – Elaboración propia.

En conclusión, este análisis detallado no solo asegura la funcionalidad de cada zona, sino que también contribuye a la optimización del flujo de trabajo y la seguridad dentro de la microcervecería, factores cruciales para el éxito y la eficiencia del proceso productivo.

3.1 Zona de recepción/ expedición.

En esta área se realiza la recepción de las materias primas y los envases empleados a lo largo del proceso, junto a la zona de expedición del producto terminado. En este caso, hay que considerar toda la maquinaria empleada en estas etapas, junto al espacio necesario para la manipulación en la descarga de la mercancía (superficie mínima de 18 m²). Además, es importante tener en cuenta que la zona tiene que dar acceso al muelle de carga.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Área recepción	1	3,162 x 3,162	10,00	10,00	1,50	18,00
Carro elevador	1	0,8 x 2,1	1,68	5,55	1,50	8,33
Traspaleta manual	1	0,54 x 1,22	0,66	3,37	1,50	5,06
						31,38

Tabla 6. – Justificación del espacio para la zona de recepción/ expedición.
Fuente. – Elaboración propia.

3.2 Zona de tratamiento del agua.

La zona de tratamiento del agua es clave para garantizar la calidad del agua utilizada en la producción de cerveza. En esta área se cuenta con un tanque de 1.200 litros para el almacenamiento y tratamiento del agua, y se llevan a cabo procesos como filtración y ajuste químico.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Tanque 1.200 L	1	Ø 1,25	1,56	4,95	1,50	**7,42**

Tabla 7. – Justificación del espacio para la zona de tratamiento del agua.
Fuente. – Elaboración propia.

3.3 Zona de molienda.

La zona de molienda es una parte crucial del proceso cervecero, ya que aquí se tritura la malta para facilitar la extracción de azúcares en las etapas posteriores. Esta área debe estar completamente cerrada para evitar la contaminación por polvo generado durante la molienda. El equipo principal es un molino de 6 rodillos, que requiere una planificación cuidadosa del espacio para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Molino 6 rodillos	1	1,3 x 1,1	1,43	4,70	1,50	**7,05**

Tabla 8. – Justificación del espacio para la zona de molienda.
Fuente. – Elaboración propia.

3.4 Zona de procesado del mosto.

La zona de procesado del mosto constituye el núcleo central de la producción cervecera, abarcando los procesos que van desde la maceración hasta la fermentación primaria. En esta área se encuentran todos los equipos y maquinaria indispensables, como el macerador, la caldera de cocción, intercambiadores de calor, y tanques de fermentación, que requieren una distribución adecuada para optimizar el flujo de trabajo. El cálculo de la superficie necesaria debe tener en cuenta el espacio requerido para la limpieza, incluyendo el sistema CIP (Cleaning in Place). Una adecuada planificación permitirá garantizar tanto la eficiencia operativa como el cumplimiento de las normativas de seguridad.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Equipo de cocción	1	4,25 x 2,51	10,92	18,41	1,50	27,62
Intercambiador de calor	1	0,6 x 2,0	1,20	4,79	1,50	7,18
Fermentador	4	Ø 1,05	4,41	16,38	1,50	24,57
						59,37

Tabla 9. – Justificación del espacio para la zona de procesado del mosto.
Fuente. – Elaboración propia.

3.5 Zona de maduración.

La zona de maduración es crucial en el proceso cervecero, ya que aquí la cerveza se almacena en tanques para completar su proceso de maduración, alcanzando las características finales de sabor y textura. Esta área alberga los tanques de maduración horizontales, y es importante señalar que, debido a su diseño, es posible apilar hasta tres tanques. Por lo tanto, para los 13 tanques necesarios, se calculará la superficie considerando únicamente el espacio de 6 tanques distribuidos de forma eficiente. El cálculo de la superficie deberá tener en cuenta no solo las dimensiones de los tanques, sino también los requisitos de seguridad, el acceso para el personal y las condiciones óptimas de temperatura y limpieza que aseguren un entorno adecuado para este proceso.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Tanque horizontal 1.000 L	13/3	0,86 x 2,384	10,25	31,36	1,50	**47,04**

Tabla 10. – Justificación del espacio para la zona de maduración.
Fuente. – Elaboración propia.

3.6 Zona de envasado.

La zona de envasado es la etapa donde la cerveza, una vez madura, es filtrada, envasada, pasteurizada y preparada para su almacenamiento final. Esta área alberga equipos específicos para la filtración, líneas de embotellado o enlatado, y el sistema de pasteurización, todos ellos dispuestos para garantizar un flujo de trabajo eficiente y continuo. Es crucial que el diseño de esta zona facilite el movimiento fluido entre las máquinas, minimizando tiempos de espera y evitando cuellos de botella. Además, al calcular la superficie necesaria, se deben considerar las dimensiones de cada equipo, las distancias de seguridad para la operación y el mantenimiento, así como el espacio necesario para el correcto almacenamiento temporal de los productos en proceso, garantizando que la transición entre etapas se realice sin interrupciones.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Filtro de placas	1	1,2 x 1,0	1,20	4,28	1,50	6,41
Llenadora - enjuagadora	1	3,5 x 1,2	4,20	9,56	1,50	14,33
Pasteurizador	1	3,2 x 1,5	4,80	10,20	1,50	15,30
Etiquetadora	1	2,0 x 1,2	2,40	6,41	1,50	9,61
Empaquetadora	1	5,0 x 1,6	8,00	15,13	1,50	22,69
Robot paletizador	1	2,5 x 1,9	4,75	9,94	1,50	14,91
Retractiladora	1	3,1 x 1,8	5,58	11,21	1,50	16,81
						100,06

Tabla 11. – Justificación del espacio para la zona de envasado.
Fuente. – Elaboración propia.

3.7 Zona de almacenamiento.

La zona de almacenamiento tiene como principal función conservar en las mejores condiciones tanto las materias primas y los envases, como el producto terminado, listo para su distribución. Esta área debe estar organizada para permitir un almacenamiento eficiente, con estanterías dedicadas a cada tipo de material, separando claramente las materias primas de los productos terminados para evitar posibles contaminaciones. Además, el diseño debe asegurar un acceso fácil y seguro para la manipulación y transporte de los productos. El cálculo de la superficie necesaria debe considerar las dimensiones de las estanterías y el espacio adicional para el tránsito de equipos y personal, así como las distancias de seguridad para garantizar un manejo adecuado de los productos almacenados.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Estantería	23	2,8 x 1,1	70,84	137,25	1,50	205,88
Cámara frigotífica*	1	2,12 x 1,32	2,80	5,61	1,50	8,42
						214,30

Tabla 12. – Justificación del espacio para la zona de almacenamiento.
Fuente. – Elaboración propia.

3.8 Área de limpieza.

La zona de limpieza es fundamental para mantener los estándares higiénicos y evitar contaminaciones en la microcervecería. En esta área se encuentran depósitos de 500 litros para almacenar soluciones de limpieza, estanterías para organizar los materiales necesarios, y una bomba de recirculación que facilita el proceso de limpieza de equipos y áreas de producción. El cálculo de la superficie necesaria debe considerar tanto el tamaño de estos elementos como el espacio requerido para su uso seguro y eficiente.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Depósitos 500 L	2	Ø 1,2	2,88	9,45	1,50	14,18
Estantería	3	1,5 x 0,45	2,03	10,33	1,50	15,49
Bomba de recirculación	1	0,204 x 0,204	0,04	1,38	1,50	2,08
						31,74

Tabla 13. – Justificación del espacio para el área de limpieza.
Fuente. – Elaboración propia.

3.9 Laboratorio.

El área del laboratorio es donde se analizan las materias primas, el mosto y la cerveza en diferentes etapas del proceso. Esta área está equipada con una mesa de trabajo para realizar pruebas y análisis, una mesa de oficina para tareas administrativas relacionadas con el laboratorio, y una campana de flujo para garantizar un ambiente estéril en los análisis más críticos. El cálculo de la superficie debe tener en cuenta no solo las dimensiones de estos elementos, sino también el espacio necesario para la circulación del personal y el correcto manejo de los equipos, garantizando un entorno de trabajo seguro y eficiente.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Mesa de trabajo	1	2,0 x 1,0	2,00	5,80	1,50	8,69
Mesa de oficina	1	2,0 x 0,8	1,60	5,19	1,50	7,78
Campana de flujo*	1	0,8 x 0,7	0,56	2,13	1,50	3,19
						19,66

Tabla 14. – Justificación del espacio para el área del laboratorio.
Fuente. – Elaboración propia.

3.10 Zona administrativa.

La zona administrativa alberga las oficinas y áreas dedicadas a las funciones administrativas, financieras y de ventas. Este espacio es crucial para la planificación, organización y supervisión de las operaciones diarias, asegurando que la producción se alinee con los objetivos comerciales. Al calcular la superficie necesaria para esta zona, se deben considerar las dimensiones de los diferentes espacios de trabajo, así como las áreas para reuniones, almacenamiento de documentos.

Maquinaria	Uds	Dimensiones (m)	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Mesa de oficina	3	2,0 x 0,8	4,80	15,56	1,50	**23,33**

Tabla 15. – Justificación del espacio para la zona administrativa.
Fuente. – Elaboración propia.

3.11 Aseos y vestuarios.

El área de aseos y vestuarios debe estar diseñado para cumplir con las normativas de salud y seguridad laboral, proporcionando instalaciones adecuadas para el aseo personal y el cambio de vestuario. Al calcular la superficie necesaria para esta área, es importante considerar el número de empleados que utilizarán las instalaciones, asegurando que haya suficiente espacio para los aseos, vestuarios y áreas de descanso. Además, el diseño debe facilitar el acceso desde las zonas de producción, promoviendo un entorno de trabajo eficiente y cómodo que contribuya al mantenimiento de altos estándares de higiene.

Maquinaria	Uds	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Taquilla*	1	0,60	2,14	1,50	3,21
Banco	1	0,60	3,32	1,50	4,97
Urinario*	2	0,48	3,14	1,50	4,71
Inodoro*	2	0,46	2,78	1,50	4,18
Lavamanos*	2	0,46	2,78	1,50	4,18
Ducha*	1	1,08	3,22	1,50	4,83
					26,07

Tabla 16. – Justificación del espacio para el área de aseos y vestuarios.
Fuente. – Elaboración propia.

3.12 Comedor.

El área del comedor está destinado a proporcionar un espacio adecuado para que el personal pueda descansar y disfrutar de sus comidas. Este espacio no solo contribuye al bienestar de los empleados, sino que también fomenta la socialización y el trabajo en equipo. Al calcular la superficie necesaria para el comedor, es esencial considerar el número de empleados que lo utilizarán, asegurando un ambiente cómodo y funcional. Además, se debe contemplar la disposición del mobiliario, como mesas y sillas, así como el espacio para facilitar el acceso y la circulación, garantizando así una experiencia agradable durante los tiempos de descanso.

Maquinaria	Uds	Superficie maquinaria (m^2)	Superficie Gravitación (m^2)	Factor de Mayoración	Superficie mínima (m^2)
Mesa comedor	2	3,52	11,05	1,50	16,58
Frigorífico*	1	0,28	1,53	1,50	2,29
					18,87

Tabla 17. – Justificación del espacio para el área del comedor.
Fuente. – Elaboración propia.

3.13 Sumatorio de superficies.

A continuación, se presenta una tabla con el sumatorio de superficies calculadas para las diversas áreas de la microcervecería. Estas superficies han sido determinadas teniendo en cuenta los requerimientos específicos de cada zona, aplicando la norma de espacio de Richard Muther, que proporciona directrices para calcular el espacio mínimo necesario en función de la maquinaria y el equipo, así como las distancias de seguridad requeridas. Esta aproximación asegura que cada área esté diseñada para optimizar la eficiencia operativa y la seguridad, permitiendo una gestión adecuada de las actividades y el flujo de trabajo en la microcervecería. La tabla 18 resume la superficie total necesaria, permitiendo una evaluación clara del espacio disponible y su adecuación a las necesidades de la instalación.

Área / Zona	Superficie total (m^2)
Zona de recepción/ expedición	31,38
Zona de tratamiento del agua	7,42
Zona de molienda	7,05
Zona de procesado del mosto	59,37
Zona de maduración	47,04
Zona de envasado	100,06
Zona de almacenamiento	214,30
Área de limpieza	31,74
Laboratorio	19,66
Zona administrativa	23,33
Aseos y vestuarios	26,07
Comedor	18,87
Total	**586,29**

Tabla 18. – Sumatorio de superficies de las áreas funcionales.
Fuente. – Elaboración propia.

4. DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

En base a los datos recopilados a lo largo del proyecto, se procede a su integración en el espacio disponible de la microcervecería, considerando las características y requerimientos específicos de cada área, tal como se ha detallado en el diagrama relacional (figura 2). Para ello, se han desarrollado dos alternativas de diseño de distribución de la planta, con el objetivo de optimizar el flujo de trabajo, maximizar la eficiencia y garantizar la seguridad operativa. Estas alternativas serán posteriormente evaluadas y comparadas, teniendo en cuenta factores como el uso eficiente del espacio, la ergonomía, el manejo de materiales y el cumplimiento de normativas, con el fin de seleccionar la opción más adecuada para las necesidades de la industria.

4.1 Alternativas.

Partiendo de la base de que la disposición de la planta de la nave tiene una superficie construida de 861 m^2 y de que la superficie mínima necesaria es de 699,94 m^2, se procede a exponer dos alternativas de distribución de la planta. Además, es importante considerar que las dimensiones de la planta de la nave son las indicadas en la figura 3 y que el muelle de carga se tiene que encontrar en la zona noroeste de la nave.

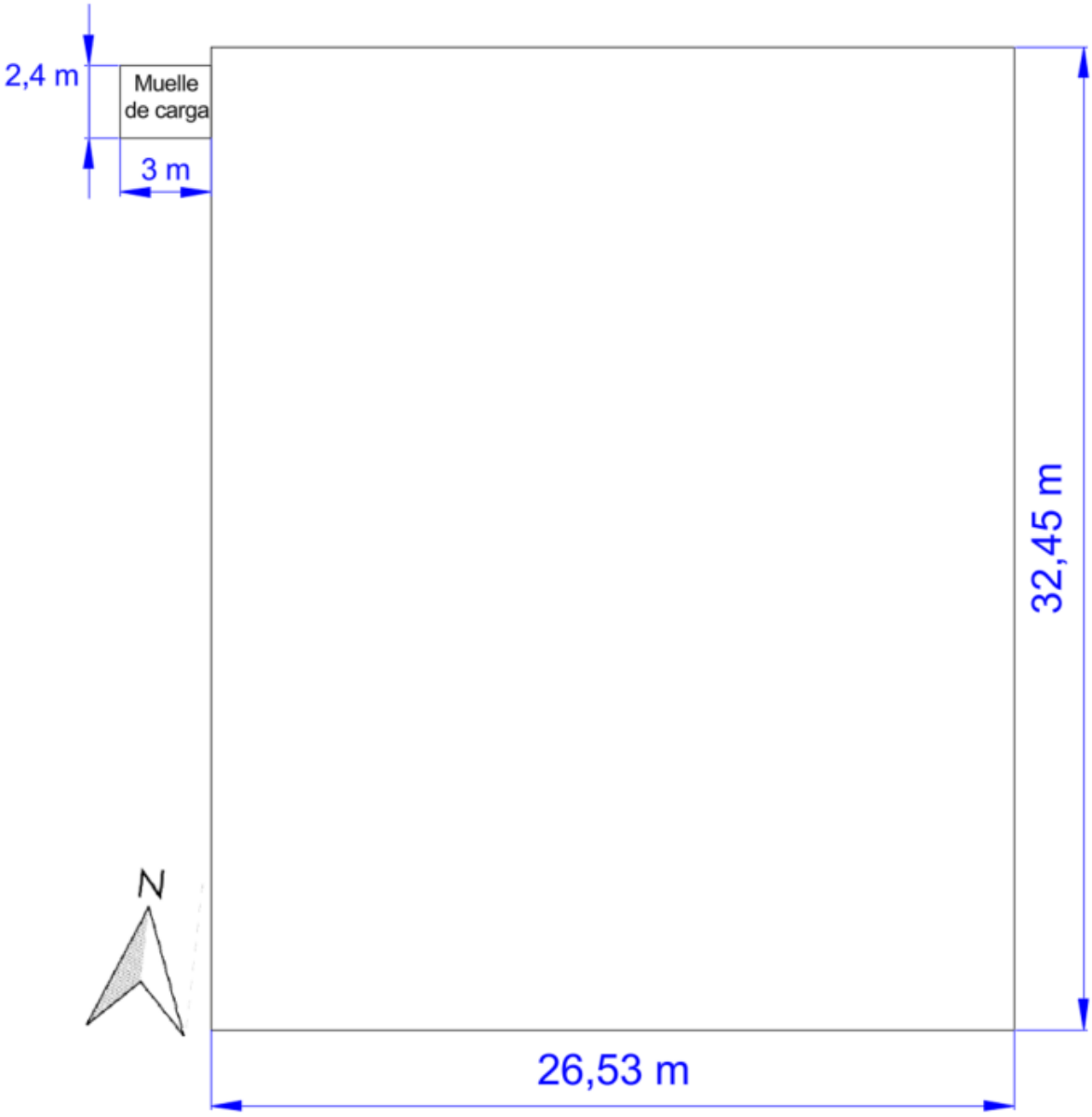


Figura 3. – Acotación sobre la superficie construida de la nave.
Fuente. – Elaboración propia.

Para ambas alternativas se seguirá utilizando la leyenda de áreas funcionales de la tabla 4 de este anejo.

- Alternativa 1.

La primera alternativa se basa principalmente en las relaciones de proximidad entre áreas sin tener en cuenta posibles futuras ampliaciones ni el espacio sobrante de la nave.

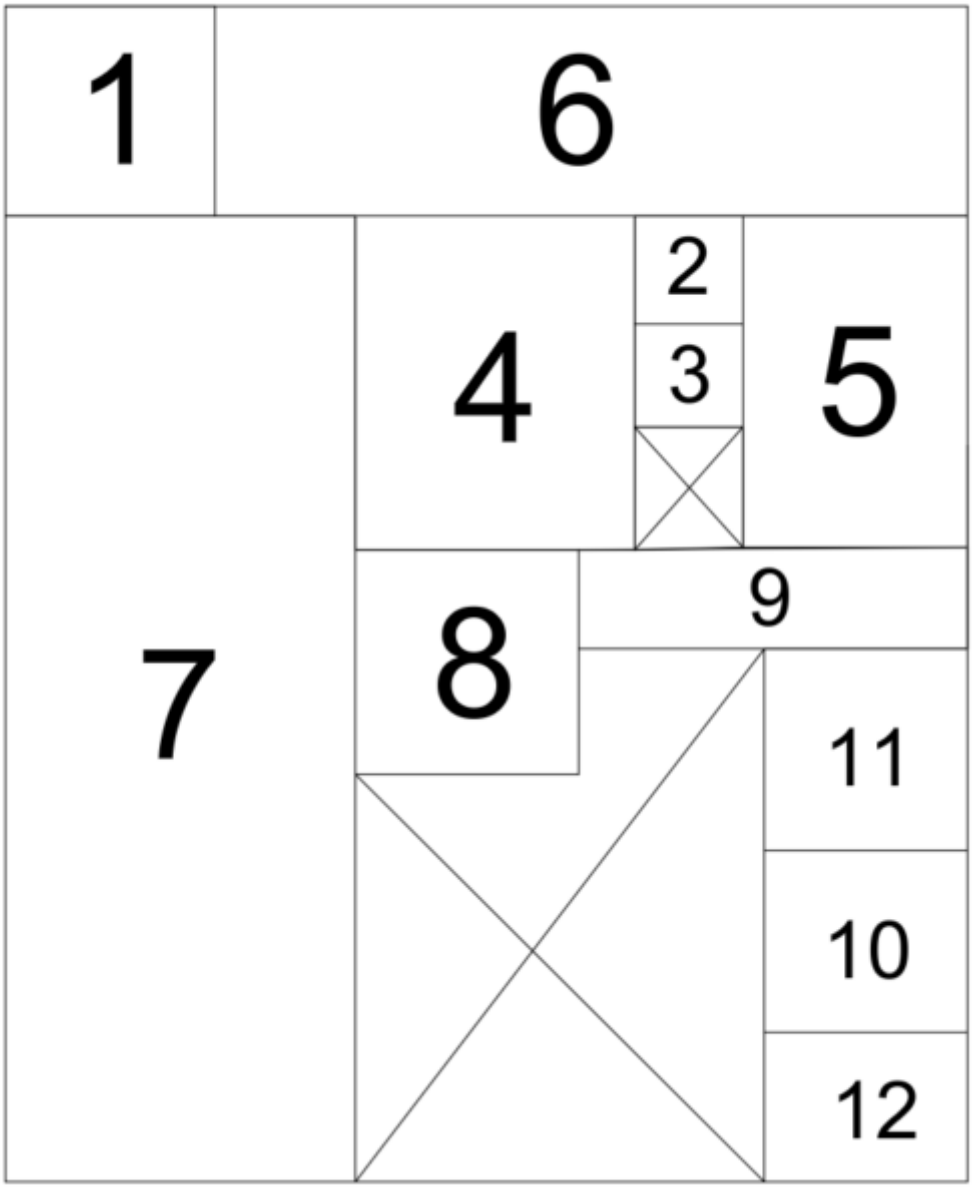


Figura 4. – Alternativa 1 de la distribución de la planta
Fuente. – Elaboración propia.

- Alternativa 2.

La segunda alternativa, además de considerar las relaciones de proximidad entre áreas, se diseña con visión de futuro ante posibles ampliaciones y considerando la accesibilidad para los operarios con maquinaria a todas las áreas mediante un pasillo central. En el caso de precisar de futuras ampliaciones las zonas indicadas con un asterisco permiten una ampliación de la capacidad productiva al ser las áreas de procesado del mosto y de maduración.

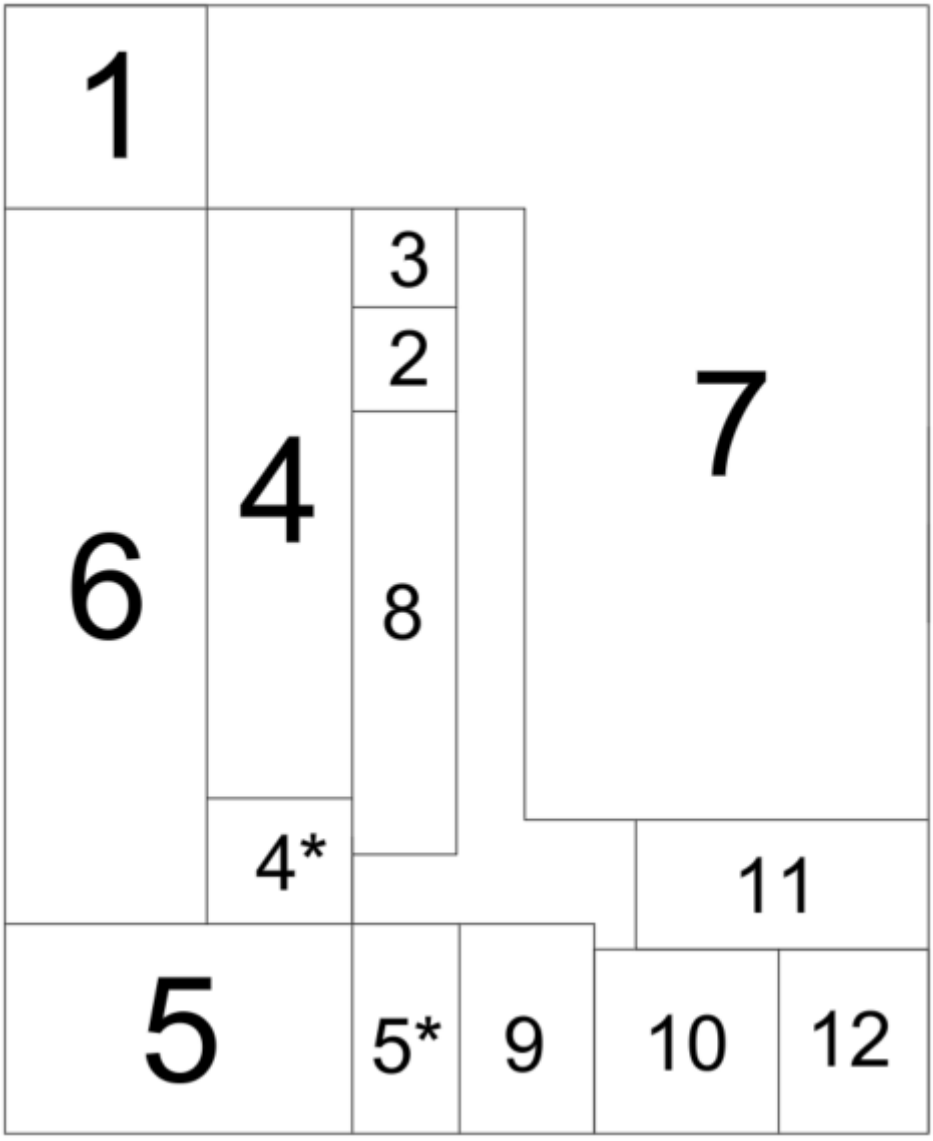


Figura 5. – Alternativa 2 de la distribución de la planta.
Fuente. – Elaboración propia.

4.2 Diseño final.

La segunda alternativa (figura 5) es la seleccionada como el diseño final de la distribución de la planta de la microcervecería, tras un exhaustivo análisis de las diferentes opciones propuestas. Esta elección se fundamenta en la óptima organización del espacio, respetando las relaciones de proximidad entre áreas clave, tal como se detalló en el diagrama relacional. El diseño no solo garantiza la eficiencia operativa y un flujo de trabajo adecuado, sino que también se ha planificado con una visión de futuro, permitiendo ampliaciones en áreas estratégicas, como la zona de procesado del mosto y la de maduración, señaladas con un asterisco. Además, se ha integrado un pasillo central que asegura la accesibilidad para los operarios y el equipo de maquinaria a todas las zonas, promoviendo la seguridad y facilitando las tareas cotidianas dentro de la planta.

Para mayor detalle en el documento de planos se pueden encontrar mayor detalle del diseño de distribución, con el plano Nº3 de la planta de distribución, con las salas diferenciadas y la maquinaria y el plano Nº4 de la planta de cotas y superficies, indicando todas las cotas y superficies de las salas.

5. BIBLIOGRAFÍA ANEJO 3.

BOE-A-1997-8669 (2023, 12 de mayo) Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669

Caballero, J. M., & Cuesta, J. M. (2024, 9 de febrero). BOE. *Código de la Cerveza*.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo - INSST. (2024, 10 julio). INSST - Prevención de Riesgos Laborales - Portal INSST. https://www.insst.es

Olivares D. J. (2021). Tema 6.2 INGENIERÍA DEL DISEÑO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA, asignatura de Proyectos. Grado en Ingeniería Alimentaria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

Universidad de Sevilla. (2022). Análisis del Planteamiento Sistemático de la Distribución en Planta (S.L.P.). Recuperado 7 de octubre de 2024, de https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20078/fichero/Volumen+I%252FCap%C3%ADtulo+3.+An%C3%A1lisis+del+Planteamiento.pdf

ANEJO 4. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 4.

1. INTRODUCCIÓN. 1

1.1 Objetivos de la automatización en la microcervecería. 1

1.2. Beneficios de la automatización para la producción de cerveza. 1

2.2. PLCs (Controladores Lógicos Programables). 8

2.3. Interfaces Hombre-Máquina (HMI). 9

2.4. Sensores y actuadores en el proceso productivo. 12

2.4.1. Sensores de temperatura. 12

2.4.2 Sensores de pH y conductividad. 13

2.4.5 Sensores temporizador y contador. 19

2.4.7 Actuadores. 22

3. UBICACIÓN E IMPLICACIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES.. 25

3.1 Tratamiento del agua. 25

3.2 Molienda – Trituración de la malta. 26

3.3 Preparación del mosto: maceración, cocción y clarificación. 27

3.4 Enfriamiento y aireación (Filtración). 28

3.5 Fermentación. 30

3.6 Maduración - Guarda. 31

3.7 Clarificación – Filtración. 33

3.8 Esterilización – Pasteurización. 34

3.9 Envasado. 35

3.10 Etiquetado, empaquetado y paletizado. 36

3.11 Limpieza y desinfección con sistema CIP. 37

3.12 Resumen de la ubicación de sensores y actuadores. 39

4. CONCLUSIONES. 41

4.1. Impacto de la automatización en la eficiencia y calidad. 41

4.2. Potencial de escalabilidad y adaptabilidad del sistema automatizado. 42

5. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 4. 43

ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEJO 4.

Figura 1. – PLC / HMI modelo Unitronics Vision 1040. ..... **11**
Figura 2. – Sensor de temperatura TSYS01-Family. **13**
Figura 3. – Sensor de pH Easyferm Bio HB Arc 120. ..... **14**
Figura 4. – Sensor de conductividad UniCond Conductivity Sensor. **15**
Figura 5. – Sensor de nivel LDS Series. **16**
Figura 6. – Sensor de presión TP HART/SMART. **17**
Figura 7. – Sensor de flujo CombiFlow PF75H. **18**
Figura 8. – Sensor de turbidez InPro 8630i. **19**
Figura 9. – Sensor temporizador B506 Series 1/16 DIN Multifunction LED Timer. **20**
Figura 9. – Sensor contador LR-X Series Compact Laser Sensor. **21**
Figura 10. – Sensor óptico de oxígeno disuelto VisiFerm DO Arc 120 H0. ..... **22**
Figura 11. – Calentador FXTH Flexible Tank Heater. **24**

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 4.

Tabla 1. – Características del PLC / HMI modelo Unitronics Vision 1040. ..... **11**
Tabla 2. – Características del sensor de temperatura TSYS01-Family de TE Connectivity. **13**
Tabla 3. – Características del sensor de pH Easyferm Bio HB Arc 120 de Hamilton. **14**
Tabla 4. – Características del sensor UniCond Conductivity Sensor de METTLER TOLEDO. **15**
Tabla 5. – Características del sensor de nivel LDS Series de TE Connectivity. **16**
Tabla 6. – Características del sensor de presión TP HART/SMART de Anderson-Negele. **17**
Tabla 7. – Características del sensor de flujo CombiFlow PF75H de Baumer. **18**

Tabla 8. – Características del sensor de turbidez InPro 8630i de METTLER TOLEDO. **19**

Tabla 9. – Características del temporizador B506 Series 1/16 DIN Multifunction LED Timer. **20**

Tabla 10. – Características del contador LR-X Series Compact Laser Sensor de KEYENCE. **21**

Tabla 11. – Características del sensor de oxígeno VisiFerm DO Arc 120 H0 de Hamilton. **22**

Tabla 12. – Características del calentador FXTH Flexible Tank Heater de Chromalox. **23**

Tabla 13. – Resumen de sensores y actuadores implicados en la automatización del proceso. **40**

1. INTRODUCCIÓN.

La automatización en el proceso de producción de una microcervecería es un componente clave para optimizar la eficiencia tanto energética como económica y garantizar la calidad constante del producto. En una microcervecería con una capacidad de 80.000 litros anuales, como la que se desarrolla en este proyecto en Las Rozas de Madrid, la implementación de sistemas automáticos permite gestionar y controlar con precisión todas las etapas de producción, desde la preparación de las materias primas hasta el envasado final. A través de la automatización, es posible reducir errores humanos, mejorar la supervisión y aumentar la consistencia del producto, lo que resulta en una operación más eficiente y rentable.

1.1 Objetivos de la automatización en la microcervecería.

El principal objetivo de la automatización en la microcervecería es lograr un control preciso y constante de los parámetros críticos en cada fase del proceso productivo. Esto incluye la monitorización de la temperatura, el pH, la presión, y otros factores clave que influyen directamente en la calidad final de la cerveza. Al automatizar el sistema, se asegura que estas variables se mantengan dentro de los rangos establecidos, permitiendo la elaboración de un producto final que cumpla con los estándares de calidad definidos.

Otro objetivo fundamental es aumentar la eficiencia operativa. La automatización reduce el tiempo necesario para realizar tareas repetitivas y minimiza los riesgos asociados a errores humanos, lo que optimiza el uso de recursos y disminuye los costes de producción. Además, la automatización facilita el control remoto y la supervisión centralizada del proceso, lo que permite gestionar la producción de manera más ágil y con un menor esfuerzo.

1.2. Beneficios de la automatización para la producción de cerveza.

La automatización aporta una serie de beneficios que impactan directamente en la calidad del producto y la competitividad de la microcervecería, uno de los principales beneficios es la consistencia en la calidad del producto. Gracias a la monitorización constante de variables como la temperatura y la presión, es posible mantener condiciones ideales de fermentación, maduración y

pasteurización, garantizando que cada lote de cerveza se elabore de acuerdo con los parámetros establecidos.

Otro beneficio importante es la eficiencia operativa. La automatización permite reducir el tiempo de producción al agilizar tareas como la limpieza de los tanques (CIP), la gestión del tratamiento del agua y el control del envasado, lo que aumenta la capacidad de producción sin comprometer la calidad. Además, al optimizar el uso de energía y materias primas, se reducen los costes operativos.

La trazabilidad y seguridad también se ven mejoradas con la automatización. Cada lote de cerveza puede ser monitoreado y registrado en tiempo real, lo que facilita el control de calidad y asegura que cualquier anomalía en el proceso sea detectada y corregida a tiempo. Esto también ayuda a cumplir con las normativas de seguridad alimentaria y a gestionar eficientemente los registros para auditorías y certificaciones.

Finalmente, la automatización ofrece una mayor flexibilidad para adaptarse a nuevos productos o ajustes en el proceso productivo, permitiendo a la microcervecería innovar y responder rápidamente a las demandas del mercado sin necesidad de cambios drásticos en la infraestructura.

2. SISTEMAS DE CONTROL Y SUPERVISIÓN.

Los sistemas de control y supervisión son esenciales en la automatización de una industria de cerveza, ya que permiten gestionar de manera eficiente y precisa cada etapa del proceso productivo. Estos sistemas están diseñados para monitorear continuamente las variables críticas, como la temperatura, presión, pH y nivel de oxígeno, asegurando que se mantengan dentro de los límites establecidos. Además, permiten una rápida intervención en caso de que se detecten desviaciones, garantizando la estabilidad del proceso y la calidad del producto final.

En una microcervecería automatizada, el uso de tecnologías avanzadas como los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), los controladores lógicos programables (PLCs) y los sensores distribuidos a lo largo de la planta son fundamentales para lograr un control integral. Estos sistemas no solo facilitan la supervisión en tiempo real, sino que también permiten recopilar datos valiosos para el análisis y la optimización de la producción.

La integración de estos sistemas asegura una operación más eficiente y confiable, reduciendo los tiempos de inactividad y minimizando los riesgos asociados a errores humanos. Además, ofrecen una gran flexibilidad, ya que permiten ajustar rápidamente los parámetros del proceso, adaptándose a las necesidades de producción sin comprometer la calidad del producto. Con un sistema de control y supervisión adecuado, la microcervecería puede alcanzar un nivel de precisión y consistencia que no sería posible de manera manual, optimizando tanto la eficiencia operativa como la calidad de la cerveza.

2.1 Sistema SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*).

El sistema SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) es una solución de automatización industrial que permite supervisar, controlar y recolectar datos de los procesos en tiempo real. En una microcervecería automatizada con una capacidad de 80.000 litros al año, el SCADA es fundamental para garantizar que el proceso de producción de cerveza se lleve a cabo de manera eficiente y segura, al gestionar de manera centralizada las distintas etapas del proceso productivo, desde la fermentación hasta el envasado.

Funcionalidad básica.

La funcionalidad básica de un sistema SCADA radica en su capacidad para monitorear y controlar todas las variables críticas del proceso, tales como la temperatura, el pH, la presión, el nivel de líquido y el flujo. A través de sensores distribuidos en toda la planta, SCADA recibe datos en tiempo real que son visualizados mediante interfaces gráficas, permitiendo a los operadores observar el estado de cada parte del proceso desde una estación de control centralizada. Además de la monitorización, SCADA también permite la configuración de alarmas y notificaciones automáticas cuando se detectan desviaciones de los límites predefinidos, facilitando la toma de decisiones rápidas para evitar posibles fallos o afectaciones a la calidad del producto.

Otra funcionalidad clave es su capacidad de registrar y almacenar datos históricos. Esto permite a la microcervecería realizar análisis detallados de los parámetros operativos y optimizar procesos a lo largo del tiempo, asegurando una mejora continua. Estos registros son útiles tanto para garantizar la trazabilidad de los lotes de cerveza producidos, como para cumplir con las normativas de seguridad alimentaria, facilitando auditorías y verificaciones por parte de autoridades externas.

Implantación del sistema en la línea de producción.

En la microcervecería, la implantación del sistema SCADA se realiza integrando todos los equipos y procesos clave de la línea de producción. Desde la recepción de materias primas hasta el envasado, cada etapa cuenta con sensores y actuadores conectados al sistema, permitiendo un control centralizado y eficiente.

Durante la maceración y cocción, el SCADA supervisa la temperatura y los tiempos, ajustando automáticamente los sistemas de calentamiento para mantener los perfiles térmicos requeridos. En la fase de fermentación, controla las condiciones ambientales dentro de los tanques, como la temperatura y la presión, esenciales para el desarrollo adecuado de las levaduras. En la etapa de maduración, el sistema gestiona la temperatura y el tiempo para asegurar que la cerveza alcance las características organolépticas deseadas.

Para el tratamiento del agua, el SCADA monitorea parámetros como el pH y la conductividad, ajustando dosificaciones de químicos según sea necesario. En el proceso de envasado, controla las líneas de llenado, asegurando niveles precisos y detectando posibles obstrucciones o fallos en la maquinaria.

Además, la implementación del SCADA implica la instalación de estaciones de trabajo y pantallas HMI (Interfaces Hombre-Máquina) en puntos estratégicos de la planta, donde los operarios pueden interactuar con el sistema, visualizar el estado de los procesos y realizar ajustes si es necesario. Todo esto contribuye a una operación más segura, eficiente y con menor posibilidad de errores humanos.

Interacción con otros sistemas.

El sistema SCADA interactúa de manera fluida con otros componentes clave de la automatización, especialmente con los Controladores Lógicos Programables (PLCs) y los sensores y actuadores distribuidos en la planta. Los PLCs ejecutan las lógicas de control locales y se comunican con el SCADA para enviar y recibir información. Esta comunicación bidireccional permite al SCADA enviar comandos a los PLCs para ajustar parámetros operativos y, a su vez, recibir datos en tiempo real sobre el estado de los procesos.

Además, el SCADA se integra con sistemas de gestión empresarial como el ERP (*Enterprise Resource Planning*), lo que facilita la coordinación entre la producción y otras áreas de la empresa, como logística, inventario y ventas. Esta integración permite planificar la producción en función de la demanda, gestionar eficientemente los recursos y optimizar la cadena de suministro.

El sistema también puede conectarse con herramientas de análisis y mantenimiento predictivo, utilizando los datos históricos y en tiempo real para anticipar posibles fallos y programar intervenciones antes de que ocurran paradas no planificadas. De esta manera, el SCADA actúa como el núcleo central que coordina y optimiza todos los aspectos operativos de la microcervecería, mejorando la productividad y la calidad del producto final.

2.1.1 Software SCADA (inVIEW IIoT Platform).

En este caso, se va a proceder con la implementación del software de la empresa inVIEW IIoT Platform (Industrial Internet of Things). Esta es una plataforma tecnológica diseñada para facilitar la conexión, monitoreo y control de equipos industriales a través de la digitalización y automatización. El software se enmarca en el concepto de la Industria 4.0, que busca integrar dispositivos inteligentes y conectados para optimizar procesos productivos en diversas industrias, incluida la producción de alimentos y bebidas, como en una microcervecería.

Características principales de la inVIEW IIoT Platform.

- **Conectividad en tiempo real**: La plataforma permite que múltiples dispositivos y sensores conectados en una planta industrial transmitan datos en tiempo real, lo que facilita el monitoreo y control centralizado de los equipos y procesos. Esto es especialmente útil en entornos automatizados, como una microcervecería, donde es necesario supervisar variables críticas como la temperatura, pH, presión y flujo de forma constante.

- **Visualización de datos**: inVIEW proporciona interfaces gráficas intuitivas que permiten a los operadores y responsables de producción visualizar en tiempo real los datos operativos, el estado de los equipos y las tendencias históricas. Esto facilita la toma de decisiones basada en datos, optimizando el proceso de producción al mejorar la eficiencia y reducir el riesgo de errores.

- **Alertas y notificaciones**: La plataforma incluye funcionalidades avanzadas de alerta, lo que permite que los operarios sean notificados de cualquier desviación en los parámetros críticos, como una anomalía en el control de temperatura o una caída en la presión. Esto asegura una rápida respuesta ante cualquier incidencia en el proceso productivo.

- **Análisis de datos y optimización**: inVIEW IIoT Platform recopila datos históricos, lo que permite realizar análisis a largo plazo para detectar tendencias, identificar áreas de mejora y optimizar el rendimiento de la planta. Al realizar ajustes basados en estos datos, se pueden mejorar procesos como la fermentación o el control de calidad en tiempo real.

- **Interfaz para integración con otros sistemas**: La plataforma inVIEW se integra fácilmente con otros sistemas SCADA, PLCs y HMI, lo que permite una gestión centralizada de todo el entorno productivo. Esto es crucial en instalaciones industriales que ya cuentan con equipos de automatización existentes, ya que evita la necesidad de reconstruir la infraestructura tecnológica desde cero.

- **Seguridad y escalabilidad**: inVIEW IIoT Platform está diseñada para garantizar la seguridad de los datos transmitidos y almacenados, cumpliendo con los estándares de ciberseguridad industrial. Además, es una solución escalable, lo que permite que sea implementada tanto en plantas pequeñas como en grandes instalaciones industriales, adaptándose a las necesidades de crecimiento de cada empresa.

Aplicación en una microcervecería automatizada.
En la microcervecería automatizada, la inVIEW IIoT Platform desenpeña un papel crucial al permitir la supervisión en tiempo real de procesos como la fermentación, maduración, pasteurización, envasado y limpieza en el lugar (CIP). Al integrar sensores de temperatura, pH, flujo, turbidez, y actuadores como válvulas y bombas, inVIEW facilita el control preciso de los procesos, optimizando la calidad del producto final y reduciendo los costes operativos.

Además, gracias a sus capacidades de análisis de datos, el maestro cervecero realizar ajustes en sus recetas basándose en datos históricos, mejorar la consistencia de la producción y detectar oportunidades para aumentar la eficiencia energética y el rendimiento de los equipos.

En resumen, la inVIEW IIoT Platform es una herramienta potente que puede ayudar a transformar una microcervecería tradicional en una planta automatizada y conectada, proporcionando visibilidad, control y eficiencia a lo largo de todo el proceso productivo.

2.2. PLCs (Controladores Lógicos Programables).

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) son componentes fundamentales en los sistemas de automatización industrial, incluidos los utilizados en la microcervecería del proyecto. Estos dispositivos electrónicos están diseñados para controlar, en tiempo real, procesos secuenciales y continuos, lo que resulta esencial para garantizar la eficiencia y precisión en cada etapa del proceso de producción de cerveza. Los PLCs se encargan de recibir información de los sensores instalados en la planta, procesar estos datos y, en función de su programación, activar los actuadores correspondientes para realizar las acciones necesarias en el proceso.

Rol de los PLCs en el control del proceso.

El rol de los PLCs en la microcervecería es ejecutar el control automático de todas las operaciones clave, como el ajuste de la temperatura en los fermentadores, la activación de bombas para el transporte de líquidos, la regulación de la presión y el control del flujo de materiales. Estos dispositivos se programan previamente con las secuencias de control necesarias, asegurando que el proceso de producción siga los parámetros establecidos para cada tipo de cerveza, como la Märzen, garantizando una producción consistente y de alta calidad.

Los PLCs permiten el control de diferentes variables simultáneamente, gestionando desde simples tareas como la apertura y cierre de válvulas, hasta operaciones más complejas como la sincronización de múltiples equipos. Gracias a su capacidad de procesar datos en tiempo real, los PLCs aseguran que las condiciones del proceso se ajusten automáticamente en función de las lecturas de los sensores, sin necesidad de intervención manual, lo que optimiza la operación y minimiza errores.

Comunicación con sensores, actuadores e interacción con otros sistemas.

Una de las principales ventajas de los PLCs es su capacidad para comunicarse con una amplia variedad de dispositivos, lo que les permite integrarse fácilmente en sistemas más amplios de automatización, como los sistemas SCADA. Los PLCs reciben información en tiempo real de sensores distribuidos por la planta, que miden parámetros críticos como temperatura, pH, presión y nivel de líquidos. Estos datos son procesados por la unidad central del PLC, que utiliza

esta información para tomar decisiones y controlar los actuadores correspondientes, como bombas, válvulas y motores.

La comunicación entre los PLCs y los sensores se realiza a través de entradas analógicas o digitales. Las entradas analógicas permiten recibir señales variables, como la temperatura o el nivel de líquido, mientras que las entradas digitales manejan señales binarias (encendido/apagado). Del mismo modo, las salidas pueden ser digitales o analógicas, según las necesidades del proceso.

Además, los PLCs interactúan con sistemas de supervisión como SCADA o interfaces Hombre-Máquina (HMI), lo que permite a los operadores monitorear en tiempo real lo que sucede en la planta. A través de estas interfaces, los operadores pueden visualizar el estado de cada proceso, hacer ajustes cuando sea necesario, y recibir alertas en caso de que se detecten desviaciones en los parámetros críticos.

Esta interacción fluida entre los PLCs y otros sistemas permite que el control del proceso sea centralizado y eficiente, garantizando que todos los elementos de la microcervecería trabajen de manera sincronizada y bajo las condiciones óptimas para cada etapa del proceso de producción. Además, su capacidad para ser programados y ajustados fácilmente brinda flexibilidad, permitiendo modificar los parámetros de operación cuando se requiere cambiar el estilo de cerveza o mejorar algún aspecto del proceso productivo.

2.3. Interfaces Hombre-Máquina (HMI).

Las Interfaces Hombre-Máquina (HMI) son un componente fundamental en los sistemas de automatización industrial, permitiendo que los operarios interactúen de manera eficiente con el proceso de producción. En la microcervecería automatizada, las HMI facilitan la supervisión y el control en tiempo real de todos los parámetros críticos del proceso, proporcionando una interfaz visual intuitiva que mejora la gestión operativa.

Supervisión del proceso.

Las HMI permiten a los operarios supervisar de forma continua el estado de las diferentes etapas del proceso de producción, como la fermentación, pasteurización y envasado. A través de gráficos y pantallas interactivas, se visualizan datos clave como la temperatura, presión, flujo y niveles de los tanques, lo que permite un control exhaustivo de cada fase en tiempo real. Además, el sistema HMI recopila datos de los sensores y los muestra de manera clara, facilitando la toma de decisiones informadas para mantener el proceso dentro de los parámetros óptimos.

Una de las ventajas más importantes de las HMI es la capacidad de registrar y mostrar tendencias históricas de los datos operativos, lo que permite a los responsables de producción identificar patrones y realizar ajustes para optimizar el rendimiento del sistema. Esto es esencial en la elaboración de cerveza, donde pequeños desajustes en parámetros como la temperatura o el pH pueden afectar significativamente el sabor y la calidad del producto final.

Interacción y alertas para el operario.

Las HMI no solo permiten la supervisión del proceso, sino que también facilitan la interacción del operario con el sistema. A través de la interfaz, los operarios pueden realizar ajustes en los parámetros de producción, como la configuración de los tiempos de fermentación o el control de la temperatura de los tanques, lo que permite personalizar el proceso para diferentes estilos de cerveza sin necesidad de intervención manual directa en los equipos.

Otra función esencial de las HMI es la gestión de alertas y notificaciones. Cuando se detectan desviaciones en los parámetros establecidos, como un aumento inesperado de temperatura o un nivel de presión fuera de los límites críticos, el sistema HMI genera alertas visuales y sonoras que informan al operario de la situación. Estas alertas permiten una respuesta rápida, evitando que las desviaciones afecten la calidad del producto o pongan en riesgo la seguridad de los equipos. Además, las HMI pueden sugerir acciones correctivas o activar automáticamente procedimientos de emergencia, como el apagado de ciertos equipos o el ajuste de válvulas, garantizando la continuidad del proceso y minimizando tiempos de inactividad.

En resumen, las Interfaces Hombre-Máquina (HMI) son una herramienta imprescindible en la microcervecería, ya que proporcionan una supervisión clara y en tiempo real del proceso, permiten la interacción directa con los sistemas automatizados y aseguran una respuesta rápida a cualquier desviación mediante un sistema de alertas. Esto contribuye a una producción más eficiente, segura y consistente, asegurando la calidad y trazabilidad del producto final.

2.3.1 Dispositivo de control – modelo PLC / HMI.

El modelo seleccionado como dispositivo de control se trata del Unitronics Vision 1040, un Controlador Lógico Programable (PLC) con interfaz Interfaz Hombre-Máquina (HMI) que cumple con todos los requerimientos necesarios para la microcervecería. A continuación, se detallan sus características en la tabla 1.

Característica	Descripción
Resistencia a la temperatura	> 80°C
Entradas/salidas digitales	62
Bucles independientes	Hasta 14 bucles independientes
Fuente de alimentación	24 V CC
Entradas digitales	16–30
Salidas digitales	2-28
Relés	0-15
Entradas analógicas	Termopar, PT100, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA, 14 bits
Salidas analógicas	4; 0-10 V, 4-20mA, 12 bits

Tabla 1. – Características del PLC / HMI modelo Unitronics Vision 1040.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 1. – PLC / HMI modelo Unitronics Vision 1040.
Fuente. – Unitronics.

2.4. Sensores y actuadores en el proceso productivo.

Los sensores y actuadores juegan un papel fundamental en la automatización de una microcervecería. Estos dispositivos permiten medir, regular y controlar las variables críticas que afectan el proceso productivo, garantizando que los parámetros operativos se mantengan dentro de los límites establecidos y que el producto final cumpla con los estándares de calidad deseados. En una microcervecería automatizada, la instalación estratégica de sensores y actuadores optimiza la eficiencia del proceso y asegura que cada lote de cerveza se produzca de manera consistente.

Los sensores son los dispositivos encargados de monitorear las condiciones de proceso en tiempo real, proporcionando datos clave como temperatura, pH, nivel, presión y flujo. Estos datos son enviados a los PLCs y sistemas SCADA, donde se procesan para activar los actuadores y mantener el control de la producción. Los actuadores, por su parte, son los dispositivos que ejecutan las acciones necesarias para regular el proceso, como abrir o cerrar válvulas, activar bombas o ajustar la presión.

A continuación, se detallan los principales tipos de sensores y actuadores utilizados en la microcervecería. Estos dispositivos, tanto los sensores como los actuadores, trabajan en conjunto para garantizar que el proceso productivo en la microcervecería sea eficiente, seguro y consistente, permitiendo una automatización integral que optimiza tanto los recursos como el tiempo de producción, garantizando la calidad de la cerveza producida.

2.4.1. Sensores de temperatura.

Los sensores de temperatura son esenciales en la producción de cerveza, ya que muchas de las etapas del proceso dependen de un control preciso de la temperatura. Estos sensores, generalmente termopares o RTDs (resistencias de detección de temperatura), obtienen los datos y los envían a los PLCs, que ajustan automáticamente los sistemas de calefacción o refrigeración según sea necesario para mantener la temperatura ideal. Este control automático garantiza que la cerveza se produzca bajo las condiciones óptimas, evitando desviaciones que puedan afectar el perfil de sabor o la calidad del producto.

El modelo elegido para este tipo de sensores es el sensor de temperatura digital TSYS01-Family de TE Connectivity, con las siguientes características técnicas:

Característica	Descripción
Salidas digitales	16
Salidas analógicas	0.8-3.6 V
Entradas analógicas	0.7-3.6 V
Rango de temperatura de operación	-40°C a 125°C
Precisión del sensor de temperatura	0.1°C

Tabla 2. – Características del sensor de temperatura TSYS01-Family de TE Connectivity.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 2. – Sensor de temperatura TSYS01-Family.
Fuente. – TE Connectivity.

2.4.2 Sensores de pH y conductividad.

El control del pH es crucial en varias etapas del proceso de producción de cerveza. Los sensores de pH permiten medir el grado de acidez o alcalinidad del agua y del mosto, lo que influye en la extracción de azúcares de la malta y en la actividad de las enzimas durante la fermentación. Un pH controlado adecuadamente contribuye a la estabilidad del proceso y al perfil final de la cerveza.

Para el sensor de pH se opta por el modelo Easyferm Bio HB Arc 120 de Hamilton, está diseñado para medir el pH de forma continua en el mosto y la cerveza, optimizando la calidad del producto final. A continuación, se detallan las características técnicas:

Característica	Descripción
Rango de medición de pH	0-14
Temperatura de operación	0°C a 110°C
Salidas analógicas	4-20 mA
Comunicación	MODBUS RS-485 Digital, Bluetooth Adapter Compatible
Compatibilidad	Compatible con sistemas de limpieza CIP
Material del sensor	Sistema de referencia Everef HB Glass

Tabla 3. – Características del sensor de pH Easyferm Bio HB Arc 120 de Hamilton.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 3. – Sensor de pH Easyferm Bio HB Arc 120.
Fuente. – Hamilton.

Por otro lado, los sensores de conductividad se utilizan para monitorizar la calidad del agua, asegurando que los niveles de minerales se mantengan dentro de los rangos adecuados para la elaboración de cerveza. Tanto los sensores de pH como los de conductividad están conectados al sistema de control automático, que realiza ajustes en tiempo real para mantener las condiciones deseadas.

Para el sensor de conectividad se elige el modelo UniCond Conductivity Sensor de METTLER TOLEDO, que está diseñado para una amplia gama de aplicaciones, incluyendo procesos de agua pura y aguas residuales en la producción de cerveza.

Característica	Descripción
Rango de medición de conductividad	0.01 µS/cm a 500 mS/cm
Rango de temperatura de operación	0°C a 100°C
Tecnología de salida	Señal digital robusta sin degradación por longitud de cable
Material del electrodo	Acero inoxidable con celda de 2 polos
Sonda de temperatura integrada	Sí, para compensación automática de temperatura
Conexión	Mini-DIN
Compatibilidad	Sistemas de limpieza CIP

Tabla 4. – Características del sensor UniCond Conductivity Sensor de METTLER TOLEDO.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 4. – Sensor de conductividad UniCond Conductivity Sensor.
Fuente. – METTLER TOLEDO.

2.4.3 Sensores de nivel y presión.

Los sensores de nivel son indispensables para controlar la cantidad de líquido en los tanques a lo largo del proceso. Estos dispositivos aseguran que los volúmenes de mosto y agua sean los correctos en cada etapa, evitando desbordamientos o niveles insuficientes que puedan afectar la eficiencia de la producción. Además, si programan para activar o desactivar distintos actuadores dependiendo del nivel. Existen diferentes tipos de sensores de nivel, como los sensores capacitivos, ultrasónicos o de flotador, dependiendo de la precisión y las características del tanque.

En este caso, se opta por el sensor de nivel de líquido de oscilación corta horizontal LDS Series de TE Connectivity. En la siguiente tabla se resumen las características principales del sensor.

Característica	Descripción
Tensión nominal	Hasta 250V
Control de la bomba	Encendido/apagado
Conectores	M16
Resistencia a la humedad ambiental	0-95%
Salidas	N.O. SPST (normalmente abierto) o N.C. SPST (normalmente cerrado)

Tabla 5. – Características del sensor de nivel LDS Series de TE Connectivity.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 5. – Sensor de nivel LDS Series.
Fuente. – TE Connectivity.

Los sensores de presión, por su parte, son críticos para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los sistemas de bombeo, así como para mantener la presión adecuada en recipientes presurizados. Estos sensores permiten ajustar la presión de forma automática, protegiendo tanto los equipos como el producto final de posibles daños o descompensaciones. Los datos proporcionados por estos sensores se monitorean continuamente, y cualquier desviación genera una corrección automática en el sistema.

Para el sensor de presión, se utiliza el modelo Pressure Transmitter TP HART/SMART de Anderson-Negele, el cual está diseñado para aplicaciones higiénicas en la industria alimentaria y de bebidas, incluida la producción de cerveza.

Característica	Descripción
Rango de medición de presión	0 a 10 bar
Temperatura de operación	-20°C a 150°C
Salida	4-20 mA, HART/SMART digital
Material del diafragma	Acero inoxidable higiénico
Resistencia a la vibración	Alta resistencia a vibraciones y condiciones adversas
Compatibilidad	Compatible con CIP (Cleaning in Place)
Precisión	Alta precisión incluso en medios con espuma o sedimentación

Tabla 6. – Características del sensor de presión TP HART/SMART de Anderson-Negele.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 6. – Sensor de presión TP HART/SMART.
Fuente. – Anderson-Negele.

2.4.4. Sensores de flujo y turbidez.

Los sensores de flujo miden la cantidad de líquido que se mueve a través de las tuberías en diferentes etapas del procesoEl control del flujo es esencial para asegurar que las cantidades de líquidos se mantengan consistentes, lo que optimiza la eficiencia de producción y minimiza el desperdicio.

Para este tipo de sensor se opta por el modelo Baumer CombiFlow PF75H. Este sensor electromagnético es ideal para el monitoreo del flujo de medios en sistemas cerrados, como los utilizados en una cervecería. Ofrece una medición precisa y estable, sin causar pérdida de presión en la tubería, lo que optimiza el rendimiento del proceso y minimiza el desperdicio de recursos.

Característica	Descripción
Rango de medición de flujo	Volumen hasta 1770 m^3/h
Rango de temperatura de operación	-40°C a 150°C
Precisión	0,20%
Material	Diseño higiénico en acero inoxidable
Interfaz	IO-Link para parametrización y monitoreo digital
Aplicación	Apto para sistemas CIP, procesos higiénicos en cervecerías

Tabla 7. – Características del sensor de flujo CombiFlow PF75H de Baumer.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 7. – Sensor de flujo CombiFlow PF75H.
Fuente. – Baumer.

Por otro lado, los sensores de turbidez se utilizan para medir la claridad del mosto y la cerveza. La turbidez es un indicador importante de la presencia de partículas suspendidas, como proteínas o levaduras, que pueden afectar la apariencia y calidad de la cerveza. Estos sensores permiten ajustar los procesos de manera precisa para alcanzar el nivel deseado de claridad en la cerveza, asegurando así la consistencia y el cumplimiento de los estándares de calidad.

El modelo por utilizar como sensor de turbidez es el METTLER TOLEDO InPro 8630i. Este sensor in-line es ideal para garantizar la claridad de la cerveza durante el proceso de filtración. Permite la medición en tiempo real de la turbidez del líquido, lo que ayuda a controlar la calidad del producto final.

Característica	Descripción
Rango de medición de turbidez	0-4000 NTU
Rango de temperatura de operación	0°C a 100°C
Salida	4-20 mA, Modbus RS-485
Precisión	Alta precisión en medición continua
Aplicación	Monitoreo para control de calidad en procesos de filtración
Compatibilidad	Compatible con procesos CIP

Tabla 8. – Características del sensor de turbidez InPro 8630i de METTLER TOLEDO.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 8. – Sensor de turbidez InPro 8630i.
Fuente. – METTLER TOLEDO.

2.4.5 Sensores temporizador y contador.

Los sensores temporizador y contador desempeñan un papel esencial en la automatización de los procesos de una microcervecería, ya que permiten gestionar y controlar eventos secuenciales y cíclicos dentro del sistema de producción. Estos sensores son clave para garantizar que las distintas fases del proceso se realicen en el tiempo correcto y con la precisión adecuada.

Los sensores temporizador son dispositivos que miden el tiempo y activan o desactivan procesos en función de un tiempo preestablecido. En una microcervecería, estos sensores se utilizan para controlar el tiempo de ciertas operaciones críticas.

El modelo seleccionado como temporizador es el B506 Series 1/16 DIN Multifunction LED Timer de Eagle Signal Controls. Este tiene las siguientes características principales expuestas en la tabla 9.

Característica	Descripción
Tensión	90-240 VCA
Salida del relé	Relé de 5 amperios
Frecuencia	50-60 Hz
Visualización del tiempo	Multi-programable
Tiempo de activación	4-12 ms
Retraso	Encendido/Apagado o repetido
Resistencia a la humedad	5-95%
Temperatura ambiente de operación	0-55°C
Resistencia	10 kΩ

Tabla 9. – Características del temporizador B506 Series 1/16 DIN Multifunction LED Timer.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 9. – Sensor temporizador B506 Series 1/16 DIN Multifunction LED Timer.
Fuente. – Eagle Signal Controls.

Por otro lado, los sensores contadores son responsables de registrar la cantidad de ciclos o eventos que ocurren en el proceso de producción. Estos sensores son muy útiles para medir el número de envases llenados, el número de veces que se activa una válvula o el volumen de líquido procesado. En la microcervecería, los contadores ayudan a controlar la cantidad de producto que se procesa y envasan durante un ciclo de producción. Esta información es crucial no solo para el monitoreo en tiempo real, sino también para realizar análisis posteriores y optimizar la producción.

El modelo adecuado de sensor de contador para la microcervecería automatizada es el LR-X Series Compact Laser Sensor de KEYENCE, con las siguientes características:

Característica	Descripción
Rango de detección	25 mm a 250 mm
Tamaño del punto láser	0.2 mm × 1.5 mm a 50 mm de distancia de detección
Tiempo de respuesta	Seleccionable: 500 µs, 1 ms, 3 ms, 10 ms
Fuente de luz	Láser verde (505 nm), clase 1
Salida de control	NPN/PNP colector abierto, NO/NC seleccionable
Resistencia ambiental	IP65/IP67, resistente a vibraciones y a condiciones adversas
Temperatura de operación	-10°C a +50°C
Material	Acero inoxidable SUS316L

Tabla 10. – Características del contador LR-X Series Compact Laser Sensor de KEYENCE.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 9. – Sensor contador LR-X Series Compact Laser Sensor.
Fuente. – KEYENCE.

2.4.6 Sensor de niveles de oxígeno

El control del oxígeno disuelto en la cerveza es una de las tareas más críticas en el proceso de producción, ya que la presencia de oxígeno en niveles inadecuados puede afectar significativamente la calidad del producto final. Un exceso de oxígeno puede oxidar la cerveza, alterando su sabor y reduciendo su vida útil. En la microcervecería automatizada, el monitoreo y control de los niveles de oxígeno disuelto se realiza mediante sensores especializados que miden la concentración de oxígeno en cada etapa crítica.

El modelo seleccionado para la automatización de la microcervecería es el VisiFerm DO Arc 120 H0 de Hamilton. Este sensor óptico ofrece alta precisión y estabilidad, lo que lo convierte en una excelente opción para el monitoreo del oxígeno disuelto en procesos de fermentación y envasado de cerveza.

Característica	Especificación
Tecnología de medición	Sensor óptico de oxígeno disuelto
Rango de medición	0.001 a 25 ppm
Precisión	±0.002 ppm (a 25°C, 1 atm)
Tiempo de respuesta	90% en menos de 30 segundos
Salida de señal	4-20 mA, Modbus, Profibus, HART
Temperatura de operación	-10°C a +130°C
Resistencia a la presión	Hasta 12 bares
Material	Acero inoxidable, resistente a productos químicos

Tabla 11. – Características del sensor de oxígeno VisiFerm DO Arc 120 H0 de Hamilton.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 10. – Sensor óptico de oxígeno disuelto VisiFerm DO Arc 120 H0.
Fuente. – Hamilton.

2.4.7 Actuadores.

Los actuadores son los dispositivos encargados de ejecutar las acciones necesarias en el proceso de producción, basándose en las lecturas proporcionadas por los sensores. Los más comunes en la microcervecería son las válvulas, las bombas y los calentadores, que regulan el flujo de líquidos y gases, como el mosto, agua o CO2.

Las válvulas automatizadas, controladas por los PLCs, permiten abrir o cerrar el paso de líquidos en función de los requerimientos del proceso, asegurando que los diferentes componentes se mezclen en el momento adecuado y bajo las condiciones correctas. Se utilizarán las electroválvulas detalladas en el 5.3.12 del anejo 2.

Las bombas, por otro lado, permiten el transporte de líquidos a través de la planta. Su operación precisa es crucial para evitar problemas de flujo o presión que puedan interrumpir el proceso productivo. Se utilizarán las bombas de circulación detalladas en el 5.3.12 del anejo 2.

Los calentadores son otro tipo de actuador, estos aseguran que el mosto alcance y mantenga la temperatura adecuada para que las enzimas puedan convertir los almidones en azúcares fermentables, y que posteriormente, el mosto se hierva para esterilizarlo y extraer los componentes aromáticos del lúpulo. En el sistema de automatización, los calentadores trabajan en sincronía con los sensores de temperatura, ajustándose automáticamente según las lecturas proporcionadas por dichos sensores.

El modelo de calentador seleccionado es el FXTH Flexible Tank Heater de Chromalox, un calentador eléctrico de alta precisión, adecuado para sistemas de producción cervecera que requieren un control preciso de la temperatura en tanques y procesos térmicos.

Característica	Especificación
Modelo	Chromalox FXTH Flexible Tank Heater
Tecnología de calentamiento	Calentador eléctrico de inmersión flexible
Potencia	3-10 kW
Rango de temperatura	0°C a 200°C
Material	Acero inoxidable / Teflón
Control de temperatura	Integración con sistema de control PLC
Tiempo de calentamiento	Rápido calentamiento y recuperación térmica

Tabla 12. – Características del calentador FXTH Flexible Tank Heater de Chromalox.
Fuente. – Elaboración propia.

Figura 11. – Calentador FXTH Flexible Tank Heater.
Fuente. – Chromalox.

La sincronización de los actuadores con los sensores a través de los sistemas de control es lo que permite que todo el proceso de producción se mantenga eficiente, automatizado y bajo control, minimizando riesgos y maximizando la calidad del producto final.

3. UBICACIÓN E IMPLICACIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES.

La automatización del proceso productivo en una microcervecería es esencial para garantizar la eficiencia, la consistencia y la calidad en la elaboración de cerveza. Mediante la integración de sensores y actuadores a lo largo de cada etapa de producción, se logra un control preciso de variables críticas como la temperatura, el pH, la presión y el flujo de líquidos. Este enfoque no solo minimiza la intervención manual, sino que también permite una supervisión constante y un ajuste automático de los parámetros, optimizando el proceso en cada fase.

La correcta ubicación de sensores y actuadores es fundamental para garantizar que el proceso productivo de una microcervecería se realice de manera eficiente y bajo control. Estos dispositivos permiten monitorear y ajustar en tiempo real los parámetros clave en cada una de las fases de producción, como el tratamiento del agua, la maceración, la fermentación y el envasado. La instalación estratégica de los sensores asegura que las variables críticas como temperatura, pH, presión y flujo se mantengan dentro de los rangos óptimos para cada etapa, mientras que los actuadores se encargan de realizar ajustes automáticos, como abrir o cerrar válvulas y activar bombas, en función de las lecturas obtenidas.

En este apartado, se detallarán los tipos de sensores y actuadores necesarios para cada etapa del proceso y su ubicación específica. Estos dispositivos garantizan un flujo continuo de producción con mínima intervención manual y una alta consistencia en la calidad del producto final. El adecuado posicionamiento de los sensores y actuadores no solo optimiza el proceso productivo, sino que también reduce el riesgo de errores y aumenta la eficiencia energética y operativa de la microcervecería.

3.1 Tratamiento del agua.

La automatización del proceso de tratamiento de agua implica la implementación de sensores que monitorean parámetros como el pH, la conductividad y la temperatura, así como actuadores que controlan la dosificación del flujo de agua. La presencia de estos dispositivos asegura que el agua utilizada en el proceso productivo cumpla con las características fisicoquímicas necesarias para la

elaboración de la cerveza, lo que impacta directamente en el sabor, aroma y estabilidad del producto final.

- Sensor de pH: se instala dentro del tanque de tratamiento de agua para controlar el pH correcto al finalizar el proceso. Este sensor simplemente es de registro de la calidad del proceso.

- Sensor de conductividad: se controla para asegurar la adecuada mineralización del agua, optimizando así la interacción con las maltas y levaduras en las etapas posteriores. Este sensor simplemente es de registro de la calidad del proceso.

- Sensores de nivel (N1, N2): Estos sensores miden el nivel mínimo del tanque y el nivel máximo para evitar el desbordamiento.

- Sensor de temperatura (T1): permite saber a qué temperatura se encuentra el agua y cuando dejar de calentarla

- Electroválvulas (V1, V2): Regulan la entrada y salida del agua del tanque.

- Bomba de circulación (B1): La bomba permite mover el agua hacia las áreas de maceración, filtración del mosto, cocción y fermentación cuando es necesario.

- Calentador de agua (Q1): el calentador se encarga de obtener la temperatura deseada del agua dependiendo de la etapa en la que se necesite.

3.2 Molienda – Trituración de la malta.

Esta etapa del proceso no será considerada para la automatización del proceso productivo al tratarse de un procesado previo a la adición de agua en la fabricación. La malta es trasladada manualmente por los operarios al molino de 6 rodillos y tras la trituración en seco es trasladada al macerador de la siguiente etapa. Por lo tanto, en esta etapa no se sitúa ningún sensor o actuador.

3.3 Preparación del mosto: maceración, cocción y clarificación.

El proceso de preparación del mosto incluye tres etapas clave: la maceración, la cocción y la clarificación, que requieren un control riguroso a través de sensores y actuadores para garantizar que se mantengan las condiciones óptimas en cada fase. Estos dispositivos automatizan la operación, minimizando la intervención manual y asegurando la consistencia en la calidad del producto.

- **Maceración y filtración en la caldera de extracción.**

En la etapa de maceración, el objetivo es extraer los azúcares fermentables de la malta en una mezcla de agua y malta. Para asegurar un control preciso, se utilizan varios sensores:

- Sensor de temperatura (T2): Este sensor se coloca en la caldera de maceración para monitorear y regular la temperatura del mosto, la cual va variando, dependiendo del tiempo entre 45ºC y 78ºC. Se conectan a controladores PID para garantizar una temperatura constante.

- Sensor temporizador (T´1): el sensor se coloca también en la caldera de maceración para regular los tiempos a los que el mosto está a cada temperatura.

- Sensores de nivel (N3, N4): Se colocan en la caldera para controlar el nivel mínimo y máximo de líquido y asegurarse de que haya suficiente agua para el proceso de maceración.

- Electroválvulas (V3, V4): Las válvulas automatizadas permiten controlar la entrada y salida de agua a la caldera de maceración, ajustándose según los niveles medidos por los sensores.

- Bomba de recirculación (B2): La bomba asegura que el mosto recircule sobre el lecho de grano para mejorar la extracción de azúcares.

- Quemador controlado por electroválvula (Q2): Mantiene la temperatura de maceración dependiendo de la fase, encendiendo y apagando el quemador según las lecturas del sensor de temperatura.

- **Cocción y clarificación en la caldera de cocción.**

Después de la maceración, el mosto se traslada a la caldera de cocción para hervirlo y agregar el lúpulo, que aporta sabor y aroma a la cerveza. Luego, se procede a la clarificación mediante un proceso de "whirlpool" que separa los sólidos no deseados.

- Sensor de temperatura (T3): Durante la cocción, el sensor T2 controla la temperatura para asegurar que el mosto se mantenga a 110°C durante los 60 minutos que dura el proceso.

- Sensor temporizador (T´2): el sensor se coloca también en la caldera de maceración para regular los tiempos a los que el mosto está a cada temperatura.

- Sensores de nivel (N5, N6): Estos sensores garantizan que el nivel de mosto en la caldera sea adecuado para evitar derrames o un cocimiento insuficiente.

- Electroválvulas (V5, V6): Regulan la entrada y salida del mosto durante la cocción y posterior clarificación.

- Quemador controlado por electroválvula (Q3): Mantiene la temperatura de cocción encendiendo y apagando el quemador según las lecturas del sensor de temperatura.

- Enfriador a placas y bomba (B3): Después de la clarificación, el mosto se envía al intercambiador de calor de placas, controlado por la bomba, hasta que la temperatura del mosto alcanza los 11°C para su transferencia al fermentador.

3.4 Enfriamiento y aireación (Filtración).

El proceso de enfriamiento y aireación es crucial para garantizar que el mosto recién cocido alcance la temperatura adecuada para iniciar la fermentación y que se oxigene de manera eficiente, facilitando la actividad de las levaduras. Durante este proceso, se implementan diferentes sensores y actuadores para controlar parámetros esenciales como la temperatura, el flujo y el nivel de oxígeno, asegurando así la calidad final del producto y la eficiencia del sistema.

• **Enfriamiento del mosto en el intercambiador de calor**

Después de la cocción, el mosto debe enfriarse rápidamente antes de que pueda ser transferido al fermentador. Este enfriamiento se realiza mediante un intercambiador de calor de placas, donde el mosto caliente se enfría utilizando agua fría que circula en contraflujo.

- Sensor de temperatura (T4): Este sensor se instala en la salida del intercambiador de calor para monitorear la temperatura del mosto enfriado, el valor debe estar por debajo de los 11º. El control preciso de la temperatura evita problemas de choque térmico y asegura que el mosto se transfiera en condiciones óptimas al fermentador.

- Sensor de flujo (F1): Este sensor mide la velocidad de flujo del mosto a través del intercambiador de calor, asegurando que la cantidad de mosto que pasa por el sistema sea la adecuada para el enfriamiento efectivo. El flujo debe ajustarse según las condiciones de operación y las necesidades de enfriamiento.

- Bomba de recirculación (B3): La misma bomba que traslada el mosto desde la caldera de cocción, se encarga de hacer circular el mosto a través del intercambiador de calor. Esta bomba es controlada por el sistema de automatización que termina de enviar el mosto al fermentador correspondiente.

• **Aireación del mosto antes de la fermentación.**

Una vez que el mosto ha sido enfriado, es fundamental airearlo para facilitar la actividad de las levaduras. La aireación adecuada mejora la fermentación y, por ende, la calidad de la cerveza final.

- Sensor de oxígeno disuelto (O1): Este sensor se coloca después de la etapa de enfriamiento, justo antes de la transferencia al fermentador. Su función es medir el nivel de oxígeno disuelto en el mosto, con valores óptimos de oxigenación que suelen estar entre 8 y 12 ppm. Mantener el nivel adecuado es crucial para un inicio efectivo de la fermentación.

- Válvula de aireación (V7): Esta válvula introduce oxígeno o aire estéril al mosto, permitiendo un control preciso de la cantidad de oxígeno disuelto. Se regula automáticamente de acuerdo con las lecturas del sensor de oxígeno disuelto.

3.5 Fermentación.

El proceso de fermentación es una etapa crítica en la producción de cerveza, donde las levaduras transforman los azúcares fermentables del mosto en alcohol y dióxido de carbono. Para garantizar la correcta evolución de esta fase, se implementan diversos sensores y actuadores que controlan parámetros como la temperatura, presión y niveles de dióxido de carbono. Esto es esencial para asegurar una fermentación adecuada y la calidad final del producto. En esta microcervecería se dispone de 4 fermentadores, lo que permite una producción eficiente y escalonada.

- Electroválvulas (V8, V8, V9… V15): Regulan la entrada y salida del mosto durante la cocción y posterior clarificación.

- Sensor de nivel (N7, N8, N9… N14): Se instalan sensores de niveles mínimos y máximos en cada uno de los cuatro fermentadores para monitorear el volumen de líquido. Estos sensores garantizan que se mantenga el nivel correcto, evitando el exceso de llenado o controlando que esté vacío el tanque.

- Sensor de temperatura (T5, T6, T7, T8): Cada fermentador está equipado con un sensor de temperatura individual para monitorear la temperatura interna del mosto. Para la fermentación de la cerveza Märzen la temperatura se tiene que mantener en 11ºC. Estos sensores están conectados a controladores que ajustan el sistema de refrigeración en función de las lecturas, garantizando que el proceso de fermentación se mantenga estable.

- Camisa de refrigeración con electroválvula (V16, V17, V18, V19): Cada fermentador cuenta con una camisa de refrigeración que permite enfriar el mosto si la temperatura supera los valores establecidos. Las electroválvulas controlan el flujo de refrigerante en las camisas, abriéndose o cerrándose según las lecturas del sensor de temperatura.

- Sensor de presión (P1, P2, P3, P4): Cada fermentador está equipado con un sensor de presión para medir la acumulación de dióxido de carbono. El rango de presión óptimo para una cerveza estilo Märzen está entre 0,8 y 1,2 bares, Este sensor está conectado a un sistema de liberación automática de presión si se superan los niveles seguros.

- Válvula de alivio (V20, V21, V22, V23): Estas válvulas se activan automáticamente cuando los sensores de presión detectan un exceso en los niveles de CO2 dentro de los fermentadores. De esta manera, se libera el gas y se evita la sobre presurización del sistema.

- Bomba de recirculación (B4): Se utiliza una bomba de recirculación conectada al sistema de refrigeración para asegurar que el líquido refrigerante mantenga una temperatura homogénea en todos los fermentadores. Esta bomba opera de manera continua y se controla de forma automática para mantener la eficiencia energética y el control de la temperatura.

- Bomba de circulación (B5): Hay una bomba para los 4 fermentadores que permite enviar el flujo de cerveza verde al madurador cuando esté listo y haya finalizado el periodo de fermentación.

- Sensor temporizador (T´3, T´4, T´5, T´6): se coloca cada sensor en cada fermentador para controlar el tiempo de fermentación que lleva cada tanque.

3.6 Maduración - Guarda.

La etapa de maduración o guarda es clave en la elaboración de la cerveza estilo Märzen, ya que durante este proceso la cerveza adquiere su sabor final, redondeando los perfiles aromáticos y permitiendo la estabilización del CO_2. En esta fase, es crucial mantener un control preciso sobre varios parámetros, como la temperatura o la presión. Para lograr esto, se emplean diversos sensores y actuadores distribuidos en los 13 tanques de maduración, que garantizan que las condiciones sean óptimas en todo momento, minimizando la intervención manual y mejorando la eficiencia del proceso.

- Sensores de nivel (N15, N16, N17... N30): Los sensores de nivel instalados en los tanques permiten monitorear la cantidad de líquido en cada uno, niveles mínimos y máximos en cada uno de los trece tanques. Estos sensores se conectan a un sistema de control de llenado y vaciado, activando las electroválvulas cuando sea necesario.

- Electroválvulas (V24, V25, V26... V49): Cada tanque cuenta con electroválvulas automatizadas que regulan la entrada y salida de cerveza. Estas válvulas funcionan en conjunto con los sensores de nivel para asegurar un flujo adecuado.

- Sensor de temperatura (T9, T10, T11... T21): Cada tanque de maduración está equipado con un sensor de temperatura que garantiza que la cerveza se mantenga a 2°C, que es la temperatura ideal para la guarda de una Märzen. Estos sensores están conectados a un sistema de control que ajusta automáticamente la refrigeración según sea necesario para mantener una temperatura constante en cada tanque.

- Camisa de refrigeración con electroválvula (V50, V51, V52… V62): Cada tanque de maduración cuenta con una camisa de refrigeración que permite enfriar el mosto si la temperatura supera los valores establecidos. Las electroválvulas controlan el flujo de refrigerante en las camisas, abriéndose o cerrándose según las lecturas del sensor de temperatura.

- Sensores de presión (P5, P6, P7... P17): En cada tanque de maduración se instalan sensores de presión para controlar la presión interna, la cual debe mantenerse en un rango de 0,8 a 1,2 bares. Esto asegura que el CO_2 producido durante la fermentación secundaria se disuelva adecuadamente en la cerveza, sin generar presiones peligrosas. Si la presión supera los niveles establecidos, se activan las válvulas de liberación.
-
- Válvula de alivio (V63, V64, V65… V75): Estas válvulas se activan automáticamente cuando los sensores de presión detectan un exceso en los niveles de CO2 dentro de los fermentadores. De esta manera, se libera el gas y se evita la sobre presurización del sistema.

- Bomba de recirculación (B6): Se utiliza una bomba de recirculación conectada al sistema de refrigeración para asegurar que el líquido refrigerante mantenga una temperatura homogénea en todos los tanques de maduración. Esta bomba opera de manera continua y se controla de forma automática para mantener la eficiencia energética y el control de la temperatura.

- Bomba de circulación (B7): Hay una bomba para los trece tanques de maduración que permite enviar el flujo de cerveza al proceso de clarificación y envasado cuando esté listo y haya finalizado la guarda.

- Sensor temporizador (T´7, T´8, T´9… T´19): se coloca cada sensor en cada tanque de maduración para controlar el tiempo de guarda de cada lote de cerveza que lleva en el tanque.

3.7 Clarificación – Filtración.

La clarificación y filtración son etapas intermedias para garantizar la calidad final de la cerveza, donde se eliminan sólidos suspendidos y partículas no deseadas que pueden afectar la estabilidad, el sabor y el aspecto del producto. Al realizarse en el filtro de placas simplemente es necesario que circule la cerveza para conseguir la calidad adecuada.

- Bomba de recirculación (B7): La bomba de los maduradores se encarga de asegurar un flujo constante del líquido a través del filtro de placas. Esta bomba es fundamental para garantizar que el mosto pase uniformemente por las placas del filtro, logrando una filtración óptima. Además de impulsar el líquido a la fase de envasado.

- Sensores de presión en los filtros (P18, P19): Los sensores de presión se instalan en la entrada y salida del filtro de placas para monitorear la presión a la que se realiza el proceso. En este caso, la presión óptima de operación varía entre 0.8 y 1.2 bares. Los sensores garantizan que la presión se mantenga dentro de este rango, evitando el riesgo de daños en el equipo o filtrado ineficiente. Si la presión se sale de los valores establecidos, las electroválvulas (V75, V76) se activan para ajustar el flujo de líquido.

- Sensores de flujo (F2, F3): El caudal del mosto a través del filtro de placas es un parámetro crucial. Los sensores de flujo instalados antes y después del

filtro miden el volumen de líquido que circula por el sistema. El flujo óptimo en el filtro P-Series se encuentra en el rango de 10 a 20 litros por minuto, asegurando un filtrado continuo y uniforme. Si se detectan desviaciones en el caudal, se ajustan las bombas de recirculación (B7) para corregir el flujo y evitar obstrucciones.

- Electroválvulas de entrada y salida (V76, V77): Las electroválvulas controlan la entrada del mosto al filtro y la salida de la cerveza filtrada. Estas válvulas son gestionadas automáticamente en función de las lecturas de los sensores de presión y flujo, optimizando el proceso y evitando variaciones en los niveles de líquido.

3.8 Esterilización – Pasteurización.

La esterilización y pasteurización son procesos esenciales para asegurar la estabilidad microbiológica de la cerveza, evitando la proliferación de microorganismos no deseados. En la microcervecería, este proceso se realiza mediante un pasteurizador flash, que calienta el producto a 70ºC durante 30 segundos y luego lo enfría rápidamente durando todo el proceso menos de 2 minutos. En este apartado, se describen los sensores y actuadores añadidos en la etapa de envasado, no se detallan los ya incluidos en la máquina de serie para el correcto funcionamiento de la misma.

- Sensor de temperatura (T22, T23): Los sensores de temperatura son cruciales en el control del proceso de pasteurización. Se ubican en dos puntos clave: en la entrada del pasteurizador y a la salida de la sección de calentamiento. Estos sensores monitorizan que la temperatura del líquido se mantenga en 70°C durante 20 segundos, lo cual es el parámetro estándar para la pasteurización de cerveza. El sensor T22 garantiza que el producto alcance la temperatura adecuada antes de iniciar el tiempo de retención, mientras que el sensor T23 verifica que el líquido recupera la temperatura de 4ºC al final del proceso.

- Sensor de tiempo (T'20): Este sensor controla el tiempo que la cerveza permanece en la cámara de pasteurización. La sincronización es clave, ya que un tiempo insuficiente podría comprometer la eliminación de microorganismos, mientras que un tiempo excesivo podría alterar el sabor. El sistema automatizado ajusta el flujo del líquido para asegurar que el tiempo de retención es de 20 segundos.

- Sensores de flujo (F4, F5): Estos sensores monitorizan el caudal de cerveza que entra y sale del pasteurizador. Es importante que el flujo esté alineado con los parámetros de temperatura y tiempo de retención para evitar variaciones que comprometan la eficacia del proceso. Se ajusta el flujo para mantener una tasa constante de 10-20 litros por minuto, dependiendo de la capacidad de producción.

- Sensor de presión (P20): La presión en el pasteurizador también es un factor crítico. Un sensor de presión se instala para asegurar que se mantenga una presión constante en el sistema durante el proceso de calentamiento. La presión estándar en el pasteurizador flash es de 12 bares, lo que garantiza que la cerveza fluya adecuadamente sin liberar CO_2 y que se mantenga la integridad de los equipos sin riesgo de sobre presurización.

- Válvulas de control de temperatura (V78, V79): Estas válvulas son activadas automáticamente por las lecturas de los sensores de temperatura, regulando la entrada de vapor o agua caliente a las placas de calentamiento del pasteurizador. Si la temperatura cae por debajo del umbral, las válvulas permiten el paso de más calor al sistema, asegurando que la cerveza alcance la temperatura de pasteurización rápidamente y de manera eficiente.

- Válvulas de bypass (V80): En caso de que los parámetros de temperatura o tiempo de retención no se cumplan, las válvulas de bypass redirigen la cerveza a un circuito secundario para evitar que el producto no pasteurizado pase a la fase de enfriamiento o envasado. Este sistema de seguridad garantiza que solo la cerveza adecuadamente pasteurizada continúe el proceso.

3.9 Envasado.

Durante el envasado, la cerveza se transfiere a latas y es fundamental mantener un control riguroso sobre las condiciones del proceso para preservar la calidad y consistencia del producto. En este apartado, se describen los sensores y actuadores añadidos en la etapa de envasado, no se detallan los ya incluidos en la máquina de serie para el correcto funcionamiento de la misma.

- Sensores de nivel (N31, N32): Se instalan en los tanques de llenado para asegurar que el nivel de cerveza en el tanque sea el adecuado. Estos sensores permiten verificar el volumen exacto de líquido antes de iniciar el llenado.

- Contadores (C1, C2): se colocan dos contadores en las zonas de llenado y taponado, para que la cinta transportadora pare en cada punto cuando detecte una lata y permita realizar el proceso correctamente en un proceso continuo.

- Actuadores de válvulas de llenado (V81, V82): Las válvulas de llenado controlan la apertura y cierre del flujo de cerveza hacia los envases. Estas válvulas se activan automáticamente en función de las lecturas de los sensores de nivel y flujo, asegurando una operación eficiente y sin desperdicios. Además, las válvulas están diseñadas para evitar derrames y pérdidas durante el llenado.

- Sensores de presión en la línea de gas (P21): En el caso de las latas, se puede realizar un barrido con gas inerte (por ejemplo, CO_2) para eliminar el oxígeno y prolongar la vida útil del producto, estos sensores miden la presión en la línea de gas. El objetivo es mantener una presión de alrededor de 1.5 bares para asegurar una correcta eliminación de oxígeno sin afectar el producto.

3.10 Etiquetado, empaquetado y paletizado.

El etiquetado, empaquetado y paletizado son las últimas etapas en la línea de producción de la microcervecería, donde se acondiciona el producto para su distribución. Estas operaciones están completamente automatizadas, integrando sensores y actuadores para garantizar que las latas sean correctamente etiquetadas, empaquetadas en las configuraciones deseadas y dispuestas en palets listos para el envío. En este apartado, se describen los sensores y actuadores añadidos en estos procesos, no se detallan los ya incluidos en la máquina de serie para el correcto funcionamiento de la misma.

- **Etiquetado.**

- Sensores contadores de presencia (C3, C4): En la línea de etiquetado, se colocan sensores de presencia para detectar la entrada de o latas en la estación de etiquetado. Estos sensores, ubicados antes y después del aplicador de

etiquetas, aseguran que el sistema esté preparado para la operación y que no haya obstrucciones en la línea. Además, garantizan que las latas se posicionen correctamente antes de que se aplique la etiqueta.

- **Empaquetado.**

- Sensores contadores (C5, C6, C7): Cuando las latas etiquetadas llegan a la empaquetadora al inicio de la máquina en la cinta transportadora, tres sensores contabilizan que han pasado 4 latas en cada uno para asegurar que van 12 latas colocadas en 3x4. De esta forma, se activa el separador integrado en la máquina que envía estas latas a empaquetar.

- **Paletizado.**

- Sensores de conteo (C8, C9): Para el proceso de paletizado, se colocan sensores de conteo que registran cuántas cajas han sido empaquetadas al final de la línea y cuántas se han trasladado al área de paletizado. Cada vez que se detecta una caja en C8 el robot paletizador coge la caja y la coloca según el patrón predefinido en el palet. Estos sensores aseguran que el número correcto de cajas se apile en cada palet según el esquema definido.

- Sensor de nivel de palet (N33): A medida que el robot paletiza las cajas, un sensor de nivel detecta cuando el palet ha alcanzado su capacidad máxima. El sistema de envoltura automática se activa mediante actuadores para envolver el palet con film plástico, asegurando que las cajas estén firmemente sujetas y protegidas para el transporte. Este sensor envía una señal al sistema de control para que se retire el palet completo y se coloque un nuevo palet vacío en su lugar.

3.11 Limpieza y desinfección con sistema CIP.

El sistema de Limpieza en el Lugar (CIP) es un componente fundamental en la automatización de una microcervecería, garantizando la higiene y seguridad en todas las fases del proceso de producción. La limpieza y desinfección eficiente de los equipos, como tanques de fermentación, líneas de transporte de mosto, intercambiadores de calor y sistemas de envasado, previene la contaminación cruzada y mantiene la calidad del producto. La automatización del sistema CIP implica el uso de sensores y actuadores para controlar y monitorear los parámetros de limpieza como temperatura, flujo, nivel de detergente y tiempo

de exposición. A continuación, se describen los sensores y actuadores que intervienen en este proceso.

- Sensor de temperatura (T24, T25): Se colocan sensores de temperatura en los tanques de almacenamiento de agua caliente y soluciones de limpieza. Estos sensores aseguran que las soluciones se mantengan en el rango de 75°C a 85°C, que es la temperatura óptima para la limpieza y desinfección. El control automático de la temperatura es crucial para garantizar la efectividad del proceso y evitar daños en los equipos.

- Sensores de flujo (F6, F7): Los sensores de flujo se instalan en las tuberías por donde circulan las soluciones de limpieza (detergentes, ácido, soda cáustica) y agua de enjuague. Estos sensores garantizan que el flujo de las soluciones sea el adecuado para asegurar una limpieza eficiente, normalmente dentro de un rango de 100 a 150 litros por minuto, dependiendo del tamaño del equipo. Si el flujo es insuficiente, los actuadores ajustan el caudal o activan bombas adicionales.

- Sensores de conductividad: Estos sensores se colocan en las tuberías para medir la concentración de las soluciones de limpieza, asegurando que el detergente o desinfectante se encuentre en la proporción correcta. El valor de conductividad varía según el producto utilizado, pero debe mantenerse dentro del rango recomendado por el fabricante de los productos químicos para garantizar una limpieza efectiva sin residuos. Este sensor simplemente es de registro de la calidad del proceso.

- Actuadores de válvulas de entrada/salida (V83, V84, V85, V86): Estas electroválvulas controlan el paso de agua y productos de limpieza hacia y desde los dos tanques del sistema CIP. Las válvulas se abren y cierran automáticamente en función de los ciclos programados para la limpieza, regulando el flujo de líquidos hacia los diferentes equipos a limpiar (tanques, líneas de proceso, intercambiadores de calor). Las válvulas también permiten un enjuague adecuado tras el ciclo de limpieza.

- Sensores de nivel (N34, N35): Este sensor de nivel se ubica en los tanques de almacenamiento de las soluciones de limpieza y agua de enjuague. Su función

es asegurar que siempre haya suficiente líquido para realizar el proceso de limpieza sin interrupciones. Cuando el nivel es bajo, el sensor activa las bombas de recarga para llenar los tanques automáticamente.

- Sensores de presión (P22, P23): Los sensores de presión monitorean la presión en las líneas CIP durante el proceso de limpieza. La presión óptima de operación para el sistema CIP suele estar entre 2 y 3 bares. Mantener la presión dentro de este rango asegura que las soluciones de limpieza lleguen a todas las superficies del equipo con suficiente fuerza para remover residuos y biofilms. Si la presión cae por debajo de los límites, se ajustan las bombas o se liberan válvulas de presión.

- Sensores de tiempo (T´21, T´22): El sistema CIP sigue ciclos temporizados para asegurar que cada etapa de limpieza (prelavado, lavado, desinfección, enjuague) dure el tiempo adecuado. Los sensores de tiempo en cada tanque regulan la duración de cada fase para que el equipo se limpie completamente y no queden residuos de detergente o desinfectante en las líneas o tanques.

- Bomba de recirculación (B8): La bomba de recirculación se encarga de mover las soluciones de limpieza a través de los equipos en un ciclo cerrado. Esta bomba se activa de manera automática cuando el sistema CIP comienza su ciclo, y su velocidad se ajusta en función del caudal necesario para garantizar una limpieza uniforme.

3.12 Resumen de la ubicación de sensores y actuadores.

En resumen, hay un total de 132 sensores y 97 actuadores implicados en la automatización del proceso productivo de la cerveza. A continuación, se detalla en la tabla 13 los sensores y actuadores requeridos en cada etapa.

	SENSOR							ACTUADOR		
ETAPA	**Nivel**	**Temperatura**	**Presión**	**Flujo**	**Oxígeno**	**Temporizador**	**Contador**	**Bomba**	**Calentador**	**Electroválvulas**
Tratamiento del agua	N1, N2	T1	-	-	-	-	-	B1	Q1	V1, V2
Molienda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Preparación del mosto	N3… N6	T2, T3	-	-	-	T´1, T´2	-	B2, B3	Q2, Q3	V3… V6
Enfriamiento y aireación	-	T4	-	F1	O1	-	-	-	-	V7
Fermentación	N7… N14	T5… T8	P1… P4	-	-	T´3… T´6	-	B4, B5	-	V8… V23
Maduración	N15… N30	T9… T21	P5… P17	-	-	T´7… T´19	-	B6, B7	-	V24… V75
Clarificación – Filtración	-	-	P18, P19	F2, F3	-	-	-	-	-	V76, V77
Esterilización – Pasteurización	-	T22, T23	P20	F4, F5	-	T'20	-	-	-	V78… V80
Envasado	N31, N32	-	P21	-	-	-	C1, C2	-	-	V81, V82
Etiquetado, Empaquetado, Paletizado	N33	-	-	-	-	-	C3…C9	-	-	-
Limpieza y desinfección (CIP)	N34, N35	T24, T25	P22, P23	F6, F7	-	T´21, T´22	-	B8	-	V83… V86
TOTAL	**35**	**25**	**23**	**7**	**1**	**22**	**9**	**8**	**3**	**86**

Tabla 13. – Resumen de sensores y actuadores implicados en la automatización del proceso.

Fuente. – Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES.

La automatización en la microcervecería de 80.000 L/año representa una transformación fundamental en la gestión de la producción, optimizando tanto la eficiencia operativa como la calidad del producto final. Este sistema automatizado, basado en la integración de sensores, actuadores y tecnologías de control avanzadas como PLCs y SCADA, asegura un proceso preciso y estandarizado que no solo reduce costos operativos, sino que también mejora la consistencia de la cerveza elaborada.

4.1. Impacto de la automatización en la eficiencia y calidad.

La eficiencia en la producción se ve incrementada significativamente con la automatización, ya que permite optimizar cada etapa del proceso, desde el tratamiento del agua hasta el envasado. Al automatizar tareas críticas como el control de temperatura en la fermentación, el monitoreo del oxígeno disuelto, y la sincronización de bombas y válvulas en el sistema de limpieza CIP, se minimizan los tiempos de inactividad y se garantiza una operación continua y fluida. Esto conlleva una reducción en los tiempos de ciclo y una utilización más eficiente de recursos como el agua, la energía y las materias primas, lo que también se traduce en una disminución del impacto ambiental.

Además, la automatización mejora significativamente la consistencia y calidad del producto. Gracias a la instalación de sensores precisos, el sistema monitorea en tiempo real variables clave como la temperatura, presión y niveles de oxígeno disuelto, asegurando que los valores se mantengan dentro de los límites establecidos. Este control continuo permite mantener las condiciones óptimas para cada fase del proceso, lo que garantiza que cada lote de cerveza cumpla con los estándares de calidad y mantenga las características sensoriales que definen el producto final. En caso de detectar alguna desviación, el sistema puede aplicar automáticamente medidas correctivas, evitando pérdidas de producto o lotes fuera de especificación.

4.2. Potencial de escalabilidad y adaptabilidad del sistema automatizado.

Uno de los principales beneficios del sistema automatizado es su escalabilidad y adaptabilidad. La estructura modular del sistema permite la expansión de la capacidad de producción sin necesidad de realizar grandes modificaciones en la infraestructura. Por ejemplo, es posible agregar nuevos fermentadores, líneas de embotellado o tanques de maduración, sin comprometer la operación actual. Esto permite que la microcervecería crezca gradualmente según las necesidades del mercado, respondiendo a aumentos en la demanda de manera ágil y eficiente.

Además, el sistema automatizado es extremadamente flexible, lo que le permite adaptarse a una gran variedad de estilos de cerveza y procesos de producción. Los controladores programables y el software SCADA permiten ajustes rápidos y precisos en los parámetros de producción para diferentes recetas de cerveza, sin necesidad de cambios manuales complejos. Esto facilita la diversificación del portafolio de productos de la microcervecería, permitiendo la elaboración tanto de cervezas lager como ale, o incluso de ediciones especiales con parámetros de producción específicos.

El potencial de integración con tecnologías futuras es otro aspecto clave. El sistema automatizado puede incorporar fácilmente mejoras tecnológicas, como la implementación de análisis predictivos o mantenimiento preventivo basado en datos, lo que incrementaría aún más la eficiencia operativa y reduciría los costos de mantenimiento no programado.

En resumen, el sistema automatizado no solo mejora la eficiencia y calidad de la producción actual, sino que ofrece un marco flexible y escalable que permitirá a la microcervecería expandir su capacidad y adaptarse a nuevas demandas del mercado. La integración de tecnologías avanzadas asegura que el proceso de producción sea sostenible, rentable y capaz de mantener la excelencia del producto final en cualquier condición operativa.

5. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 4.

Álvarez J., García J.L., Perdigones, A. (2020, Septiembre). *Automatización de procesos agrarios y alimentarios*. Asignatura de Instalaciones Eléctricas y Automatización. Grado en Ingeniería Alimentaria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

Anderson-Negele North America. (s. f.). TP HART/SMART Life Sciences Series Pressure Transmitter Pressure Sensors Products. Recuperado 19 de octubre de 2024, de https://www.anderson-negele.com/us/p/pressure-sensors/tpp/

Aula21 | Formación para la Industria. (2023, 13 marzo). Qué es un sistema SCADA, para qué sirve y cómo funciona. https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/

Baumer Spain. (s. f.). CombiFlow PF75H. Velocidad de flujo. Recuperado 19 de octubre de 2024, de https://www.baumer.com/es/es/vista-general-de-productos/sensores-de-proceso/medicion-de-flujo/medicion-de-volumen/medidor-de-flujo-para-aplicaciones-higienicas/pf75h/p/39514

Capterra. (s. f.). Comparación Software SCADA. Recuperado 17 de octubre de 2024, de https://www.capterra.es/directory/31818/scada/software

CHROMALOX. (2016, enero). FXTH Flexible Tank Heater. https://content.chromalox.com/-/media/chromalox/documents/product-pdfs/im/im-pn401.ashx?rev=ff68c8b7574a402da29a41dbcc50687d&hash=3F6937D8BF97BB0C16D80CC63DFBC443

Dr. Kovacs, Z. (2022, 2 de agosto). *Temario de la asignatura Process Control in the Food Industry I*. MSc Food Engineering. MATE University, Budapest, Hungría.

Eagle Signal Controls. (s. f.). B506 Series 1/16 DIN Multifunction LED Timer. Recuperado 19 de octubre de 2024, de https://www.specialtyproducttechnologies.com/docs/default-source/downloads/eagle-signal/data-sheets/b506-series-multifunction-led-timer-datasheet.pdf?sfvrsn=30b0f387_6&srsltid=AfmBOoo7PabDPA4cPqnXy8tTM1cAbULjOv3Hr0Ci3kMZiqn1aq-TUvbD

Hamilton Company. (s. f.). EasyFerm Bio HB Arc 120. Recuperado 19 de octubre de 2024, de https://www.hamiltoncompany.com/process-analytics/sensors/243632-2313

Hamilton Company. (s. f.). VisiFerm DO Arc 120 H0. Recuperado 19 de octubre de 2024, de https://www.hamiltoncompany.com/process-analytics/sensors/243666-111

INVIEW SCADA IN CLOUD. (2024, 4 octubre). Inview Scada. https://www.inviewscada.com/

Mettler-Toledo International Inc. all rights reserved. (2023, 21 junio). Turbidity Sensor INPro8630ie. Recuperado 19 de octubre de 2024, de https://www.mt.com/es/es/home/products/Process-Analytics/turbidity-meter/inpro8600i-color-and-turbidity-sensors/turbidity-sensor-inpro-8630i.html

Mettler-Toledo International Inc. All Rights Reserved. (2024, 30 septiembre). Sensores de conductividad y resistividad UniCond. https://www.mt.com/es/es/home/products/Process-Analytics/conductivity-resistivity-analyzers/conductivity-sensor/unicond.html

TE Connectivity. (2018, junio). TSYS01-FAMILY Digital Temperature Sensors. https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7FTSYS01%7FA%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_DS_TSYS01_A.pdf%7FG-NICO-018

TE Connectivity. (s. f.). Interruptores horizontales de nivel de líquido de giro corto LDS. Recuperado 19 de octubre de 2024, de https://www.te.com/es/product-CAT-LLS0029.html

UNITRONICS. (2023, 23 marzo). Programmable logic controller (PLC+HMI)-Vision 1040. Unitronics. https://www.unitronicsplc.com/vision-series-vision1040/#1451658074249-d6f71763-59ae

ANEJO 5. INGENIERÍA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 5.

1. INTRODUCCIÓN. **1**

2. NORMATIVA. **2**

3. CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA. **3**

4. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA. **5**

4.1 Centro de transformación. **5**

4.2 Línea general. **6**

4.3 Cuadro general de protección (CGP). **7**

4.4 Línea de fuerza. **8**

4.5 Línea de alumbrado. **9**

4.6 Línea de puesta a tierra. **10**

5. SELECCIÓN DEL ALUMBRADO INTERIOR DE LA INDUSTRIA **11**

5.1 Necesidades de iluminación. **11**

5.2 Selección de luminarias. **13**

5.3 Distribución de luminarias. **16**

5.4 Resultados de iluminancia. **20**

6. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS **23**

6.1 Tomas de corriente **23**

6.2 Motores y sistemas de automatización. **24**

6.3 Dimensionamiento de las líneas eléctricas. **26**

6.3.1 Resumen de las líneas y cuadros eléctricos secundarios. 27

6.4 Cálculo de líneas de iluminación **29**

6.5 Cálculo de las líneas de fuerza. **33**

6.5.1 Tomas de corriente. 33

6.5.2 Motores. 36

6.6 Líneas del cuadro principal y cuadros secundarios. **38**

6.7 Centro de transformación. **41**

7. APARAMENTA ELÉCTRICA. **42**

8. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 5. ..... **44**

ANEXO 1 DEL ANEJO 5. ..... **14**

ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEJO 5.

Figura 1. – Distribución de las áreas en la planta y leyenda 3

Figura 2. –Datos técnicos del modelo GentleSpace Gen3 LED de PHILIPS. 14

Figura 2. – Datos técnicos del modelo CoreLine Panel G4 LED de PHILIPS. 15

Figura 3. – Vista en planta de la nave de la microcervecería con la distribución de luminarias. 19

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 5.

Tabla 1. – Parámetros de necesidades para el diseño de la iluminación interior. 12

Tabla 2. – Datos técnicos del modelo GentleSpace Gen3 LED. 14

Tabla 2. – Datos técnicos del modelo CoreLine Panel G4 LED. 15

Tabla 3. –Resultados de iluminancia y uniformidad en interiores..... 20

Tabla 4. –Resumen de resultados de la iluminación por áreas y totales. 21

Tabla 5. –Potencia máxima por superficie iluminada ($P_{TOT,lim}/S_{TOT}$) 22

Tabla 4. – Potencia por áreas de los equipos instalados..... 25

Tabla 5. – Potencias de cada línea. 28

Tabla 6. – Longitud máxima en cada línea. 29

Tabla 6. – Cuadro Boucherot de las líneas de iluminación. 30

Tabla 7. Intensidades admisibles (A) al aire 40 ºC. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento. 31

Tabla 8. – Caídas de tensión y secciones adoptadas (líneas de iluminación). 32

Tabla 9. – Cuadro Boucherot de las líneas de las tomas de corriente. 34

Tabla 10. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas (tomas de corriente). 35

Tabla 11. – Cuadro Boucherot de las líneas de motores. 36

Tabla 12. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas (motores). ... 37

Tabla 13. – Intensidad máxima admisible, en amperios, de los cables conductores de cobre 39

en una instalación enterrada (servicio permanente) 39

Tabla 14. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas (CP y CSs)... 40

Tabla 15. – Resumen de resultados en aparenta por líneas. 43

1. INTRODUCCIÓN.

La instalación eléctrica de una industria como una microcervecería automatizada requiere una planificación precisa para asegurar el suministro continuo y eficiente de energía a todos los equipos y sistemas. En este anejo, se presenta el diseño y el dimensionado de la instalación eléctrica que abastecerá la microcervecería con una capacidad productiva de 80.000 litros anuales en Las Rozas de Madrid. Este sistema eléctrico ha sido diseñado para cubrir las necesidades de maquinaria, automatización, iluminación y otros componentes esenciales, garantizando la seguridad y el cumplimiento de las normativas aplicables.

El correcto funcionamiento de los equipos y la optimización del consumo energético son prioridades. Para ello, se ha utilizado el software DIALux Evo en la planificación de la iluminación, buscando una distribución adecuada de las luminarias que maximice la eficiencia energética. Además, se han realizado cálculos detallados de las líneas eléctricas, considerando tanto la intensidad máxima admisible como la caída de tensión, factores clave para evitar el corte de suministro eléctrico debido a sobrecalentamientos y asegurar el rendimiento óptimo del sistema.

La alimentación principal de la instalación se realizará mediante una línea subterránea en baja tensión, procedente del centro de transformación. Esta configuración garantiza un suministro eléctrico estable, preparado para soportar la carga de una operación industrial automatizada. La instalación no solo responde a las necesidades actuales de la planta, sino que también ha sido diseñada teniendo en cuenta la posibilidad de futuras expansiones y mejoras.

2. NORMATIVA.

La instalación eléctrica de la microcervecería se diseña conforme a la normativa vigente, con el fin de garantizar tanto la seguridad como el cumplimiento de los estándares de calidad y eficiencia energética. A continuación, se mencionan las principales normativas aplicables:

- **Real Decreto 486/1997, de 14 de abril**: establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

- **UNE-EN 60439-1:2001**: norma UNE de instalaciones eléctricas de baja tensión que regula los conjuntos de aparamenta de baja tensión, concretamente los conjuntos de serie y los derivados de serie.

- **Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto**: aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), (BOE 18/09/02).

- **UNE-EN 12464-1:2021**: norma UNE de instalaciones eléctricas de baja tensión que regula la iluminación en los lugares de trabajo, centrándose en las condiciones de los espacios interiores.

- **Código Técnico de la Edificación (CTE)**: especialmente la sección HE3 sobre eficiencia energética en instalaciones de iluminación.

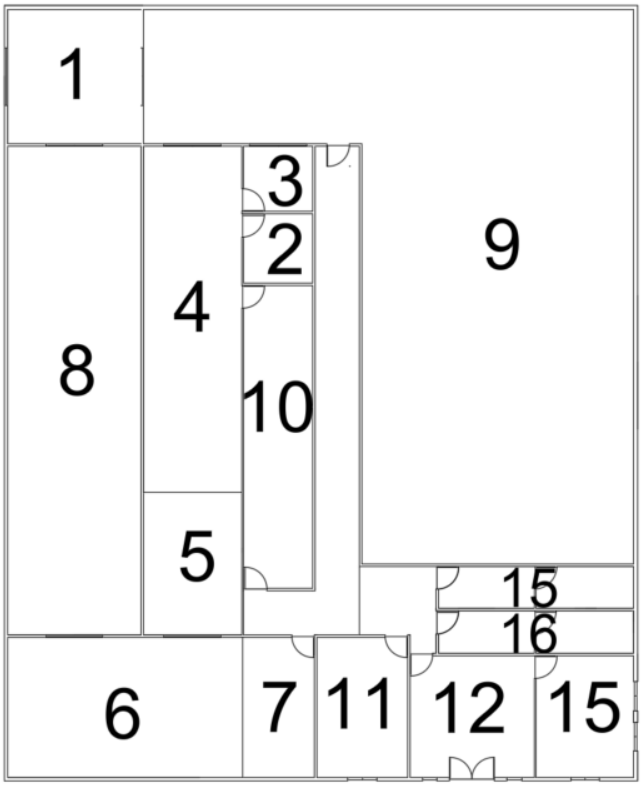
- **Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y Documento Básico HE Ahorro de energía:** en relación con el consumo energético.

Estas normativas son fundamentales para asegurar que la instalación eléctrica sea segura, eficiente y cumpla con todos los requisitos legales aplicables.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA.

La microcervecería objeto de este proyecto se ubica en una nave industrial con una superficie de 861 m² (26,53 m x 32,45 m) y una altura de 7,8 metros, situada en Las Rozas de Madrid, dentro del Polígono Industrial Europólis. Esta planta está destinada a la producción de cerveza estilo Märzen, con una capacidad de 80.000 litros anuales y ha sido diseñada para operar bajo un sistema de producción automatizado que optimiza el rendimiento y la calidad del producto.

La disposición de las áreas funcionales dentro de la nave incluye las zonas de recepción de materias primas, tratamiento de agua, molienda, fermentación, maduración, envasado y almacenamiento, así como los espacios administrativos, vestuarios y comedor. Cada una de estas áreas está diseñada para cumplir con las necesidades específicas del proceso productivo, garantizando un flujo de trabajo eficiente y un control riguroso de las condiciones de seguridad e higiene.



ÁREAS	LEYENDA
Zona de recepción/ expedición	1
Zona de tratamiento del agua	2
Zona de molienda	3
Zona de procesado del mosto	4
* Ampliacion 3 fermentadores	5
Zona de maduración	6
* Ampliación 6 maduradores	7
Zona de envasado	8
Zona de almacenamiento	9
Área de limpieza	10
Laboratorio	11
Zona administrativa	12
Aseos y vestuarios masculinos	13
Aseos y vestuarios femeninos	14
Comedor	15

Figura 1. – Distribución de las áreas en la planta y leyenda
Fuente. – Elaboración propia.

El proceso productivo es intensivo en el uso de energía eléctrica, debido a la maquinaria automatizada empleada en la producción, desde la molienda de la malta hasta el envasado del producto terminado. Además, la instalación eléctrica está diseñada para alimentar de manera eficiente los equipos de control y monitorización, que permiten supervisar el estado de cada etapa del proceso en tiempo real.

Por otro lado, la iluminación de la nave debe cumplir con altos estándares de eficiencia energética y confort visual, dadas las diferentes actividades que se desarrollan en las distintas áreas. Asimismo, se ha previsto un sistema de iluminación de emergencia que garantiza la seguridad en caso de fallos en el suministro eléctrico.

En resumen, la microcervecería es una instalación moderna y automatizada, adaptada a los requerimientos de la producción de cerveza a escala industrial, y con un sistema eléctrico dimensionado para satisfacer sus demandas operativas, cumpliendo con los criterios de seguridad y eficiencia.

Véase el plano Nº4 Planta de distribución, para una representación ilustrativa de estas descripciones.

4. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

La instalación eléctrica de la microcervecería se compone de diversos elementos diseñados para garantizar el suministro adecuado de energía a todas las áreas de la planta. Estos componentes han sido seleccionados y dimensionados de acuerdo con las necesidades específicas de la industria y las normativas vigentes, con el fin de asegurar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico. A continuación, se detalla el funcionamiento y las características de cada uno de estos componentes.

4.1 Centro de transformación.

El centro de transformación es un componente esencial en la instalación eléctrica de la microcervecería, ya que se encarga de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de todos los equipos y sistemas. Este centro transforma la electricidad proveniente de la red de alta tensión a baja tensión, ajustando la potencia a las necesidades específicas de la planta.

En este proyecto, se ha optado por utilizar un centro de transformación prefabricado, debido a sus múltiples ventajas. Estos centros se destacan por su rápida instalación y alta fiabilidad, al ser fabricados en un entorno controlado con rigurosos estándares de calidad. Este control permite garantizar una mayor durabilidad y minimizar los riesgos asociados a las condiciones ambientales o a posibles errores en la construcción in situ. Además, ofrecen flexibilidad para adaptarse a los requisitos de la instalación, permitiendo posibles modificaciones futuras con mayor facilidad.

El centro de transformación también desempeña un papel clave en la protección de la instalación eléctrica, ya que está equipado con sistemas de seguridad avanzados, como interruptores automáticos y dispositivos de protección contra sobrecargas. Estos sistemas previenen cortocircuitos y fallos que podrían comprometer la producción o dañar los equipos, asegurando un suministro eléctrico continuo y seguro en toda la planta.

En resumen, el centro de transformación no solo garantiza el suministro de energía en baja tensión a todos los puntos de consumo de la planta, sino que también contribuye a la protección y seguridad de la instalación.

4.2 Línea general.

La línea general de la instalación eléctrica es el elemento encargado de transportar la energía desde el centro de transformación hasta el cuadro general de protección (CGP) y los distintos puntos de consumo dentro de la microcervecería. Esta línea se compone de conductores eléctricos que están adecuadamente dimensionados para soportar la demanda energética de la planta, garantizando un suministro continuo y eficiente.

En esta microcervecería, los conductores eléctricos se disponen en canalizaciones subterráneas protegidas por tuberías de PVC, lo que asegura una mayor durabilidad y protección frente a factores ambientales. Estos cables transportan la energía en baja tensión desde el centro de transformación hasta el cuadro principal, distribuyendo la electricidad a las distintas áreas de la planta de manera eficiente.

Además, se implementan aisladores en la instalación para evitar cualquier fuga de corriente hacia las estructuras de soporte, lo que asegura una mayor seguridad en el sistema. Estos elementos garantizan que la energía fluya de manera controlada y sin riesgos.

Por último, la línea general también incorpora equipos de protección y control, como interruptores automáticos y fusibles, que aseguran la protección contra sobrecargas y fallos eléctricos. Estos dispositivos no solo protegen la instalación eléctrica, sino que también garantizan el correcto funcionamiento del sistema en situaciones de demanda variable.

En resumen, la línea general de esta instalación eléctrica está diseñada para asegurar un flujo de energía seguro y eficiente desde el centro de transformación hasta los puntos de consumo, con un enfoque en la protección y fiabilidad del sistema.

4.3 Cuadro general de protección (CGP).

El cuadro general de protección (CGP) es un elemento crucial en la instalación eléctrica de la microcervecería, cuya función principal es garantizar la seguridad de la instalación, proteger los equipos y salvaguardar a las personas ante posibles fallas eléctricas. Este dispositivo centraliza el control y la distribución de la energía, actuando como una barrera que previene accidentes y daños causados por sobrecargas, cortocircuitos y otros problemas eléctricos.

El CGP está equipado con interruptores automáticos y fusibles diseñados para desconectar automáticamente el suministro de energía en caso de que la corriente eléctrica supere los límites establecidos. De este modo, se evita que una sobrecarga provoque daños en los equipos o en los cables que alimentan la maquinaria de la planta. Además de proteger contra sobrecargas, el CGP también incluye sistemas de seguridad para detectar y actuar frente a cortocircuitos, lo que disminuye significativamente el riesgo de incendios o fallos graves en la instalación.

Asimismo, el cuadro general incluye dispositivos de protección diferencial, encargados de monitorear el flujo de corriente que entra y sale de los circuitos eléctricos. Estos dispositivos detectan cualquier fuga de corriente, lo que permite desconectar el sistema en caso de peligro, garantizando la seguridad de los trabajadores y de la instalación en su conjunto.

Además del CGP, la instalación eléctrica de la microcervecería cuenta con cuadros secundarios que distribuyen la energía a distintas áreas específicas de la planta, como la zona de producción, envasado y almacenamiento. Estos cuadros secundarios están diseñados para repartir la carga eléctrica de manera eficiente y segura, garantizando que cada área tenga el suministro adecuado para su funcionamiento.

Los cuadros secundarios también están equipados con interruptores automáticos y protecciones diferenciales, que actúan de manera similar a los del CGP, pero a nivel local. De este modo, si se produce una sobrecarga o cortocircuito en una zona específica de la planta, el cuadro secundario correspondiente interrumpirá el suministro eléctrico de esa área, evitando que el problema afecte al resto de la instalación.

Además, los cuadros secundarios permiten una mayor flexibilidad en la distribución eléctrica, ya que facilitan el mantenimiento y las posibles ampliaciones futuras sin necesidad de intervenir directamente en el CGP. Esto resulta especialmente útil en una planta con procesos automatizados, donde la maquinaria y los sistemas eléctricos pueden requerir ajustes o ampliaciones según las necesidades operativas.

En conjunto, el CGP y los cuadros secundarios trabajan coordinadamente para asegurar una distribución eléctrica eficiente y segura en toda la microcervecería, proporcionando una protección integral tanto a los equipos como a las personas.

4.4 Línea de fuerza.

Las **líneas de fuerza** son fundamentales en la instalación eléctrica de la microcervecería, ya que se encargan de transportar la energía desde el cuadro general de protección (CGP) hasta los principales equipos del proceso productivo. Estas líneas suministran la energía necesaria para operar las máquinas más potentes de la planta, como el molino, las bombas, los sistemas de refrigeración, los fermentadores y las embotelladoras, entre otros. Sin ellas, no sería posible garantizar el correcto funcionamiento de los equipos esenciales para la producción de cerveza.

Las líneas de fuerza en esta instalación son de tipo trifásico a 400 V, lo que permite alimentar maquinaria de gran consumo energético con la máxima eficiencia. Estas líneas constan de tres conductores de fase (marrón, negro y gris), un neutro (azul) y un conductor de protección (amarillo-verde), asegurando un flujo de corriente estable y protegido contra sobrecargas o cortocircuitos. La distribución se realiza a través de paneles de distribución y tableros eléctricos, que permiten un control detallado de la energía que llega a cada equipo.

Además de su capacidad para manejar grandes cargas, las líneas de fuerza están diseñadas para minimizar las pérdidas energéticas y garantizar un suministro constante, lo cual es crucial para la continuidad de los procesos automatizados de la planta. La correcta instalación y dimensionado de estas líneas aseguran la eficiencia y seguridad en la operación de la microcervecería, protegiendo tanto a los equipos como a los operadores.

En resumen, las líneas de fuerza proporcionan la energía vital que alimenta las máquinas y sistemas que impulsan la producción de la cerveza, jugando un papel esencial en la eficiencia y seguridad del proceso productivo.

4.5 Línea de alumbrado.

Las líneas de alumbrado son las responsables de alimentar el sistema de iluminación de la microcervecería, garantizando un ambiente de trabajo seguro y adecuadamente iluminado en todas las áreas de la planta. Estas líneas están diseñadas para suministrar energía a las luminarias que se distribuyen estratégicamente en las zonas de producción, almacenamiento, oficinas y otras áreas operativas.

En esta instalación, las líneas de alumbrado son monofásicas de 230 V, y están compuestas por tres conductores: fase, neutro y protección. Este diseño proporciona un suministro de energía eficiente y seguro para las luminarias, asegurando que cada área de trabajo cumpla con los niveles de iluminación requeridos por la normativa vigente. La correcta distribución y dimensionado de las líneas de alumbrado son esenciales para garantizar tanto la visibilidad óptima en los procesos de producción como el confort visual de los empleados.

Además, el sistema de alumbrado no solo cumple con las necesidades operativas de la planta, sino que también ha sido diseñado con un enfoque en la eficiencia energética, utilizando luminarias de bajo consumo, como luces LED, que permiten reducir el gasto energético sin comprometer la calidad de la iluminación. Las líneas de alumbrado están conectadas a circuitos protegidos por interruptores diferenciales y magnetotérmicos, lo que asegura su funcionamiento continuo y la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.

En resumen, las líneas de alumbrado aseguran un suministro eléctrico confiable y eficiente para la iluminación de la microcervecería, proporcionando un entorno de trabajo seguro y bien iluminado, acorde a las necesidades de cada área operativa.

4.6 Línea de puesta a tierra.

La línea de puesta a tierra es un componente esencial en la instalación eléctrica de la microcervecería, ya que su principal función es garantizar la seguridad de las personas y de los equipos ante posibles fallas eléctricas. Este sistema, ligado a un sistema de distribución TT, proporciona un camino de baja resistencia para que la corriente no deseada, como la generada por cortocircuitos o fugas eléctricas, pueda descargarse de manera segura en el suelo, evitando así que fluya a través de las personas o los equipos, lo que podría causar accidentes o daños.

Al conectar las partes metálicas de los equipos y las estructuras de la planta a una toma de tierra adecuada, se crea un sistema que protege tanto a los trabajadores como a la infraestructura de la microcervecería. En caso de que ocurra una falla en el sistema eléctrico, la línea de puesta a tierra dirige la corriente hacia el suelo, minimizando el riesgo de descargas eléctricas graves. Además, esta línea juega un papel importante en la protección frente a descargas atmosféricas, como los rayos, permitiendo que la energía de estos se disipe de manera segura, sin causar daños a la instalación.

La línea de puesta a tierra no solo protege a las personas, sino que también contribuye a la durabilidad y correcto funcionamiento de los equipos. Al ofrecer un camino de menor resistencia para la corriente no deseada, se evita que esta fluya a través de los componentes eléctricos, lo que podría generar fallos o deterioros en la maquinaria.

En resumen, el sistema de puesta a tierra es fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia en la operación de la microcervecería, proporcionando una protección robusta contra fallas eléctricas y fenómenos atmosféricos, y asegurando la continuidad operativa sin riesgos.

5. SELECCIÓN DEL ALUMBRADO INTERIOR DE LA INDUSTRIA.

El diseño del sistema de alumbrado interior de la microcervecería se realiza con el objetivo de garantizar una iluminación adecuada y eficiente en todas las áreas de trabajo, cumpliendo con las normativas vigentes y los requisitos operativos de la industria. Para ello, se utiliza el método del flujo luminoso, que permite calcular los lúmenes totales necesarios en cada sala, de acuerdo con la normativa UNE-EN 12464-1, que establece los niveles mínimos de iluminación en los lugares de trabajo de interior.

Este cálculo se lleva a cabo utilizando el programa DIALUX Evo, proporcionando una evaluación de la iluminación en relación a la normativa para iluminación en trabajos de interior. Permite simular la distribución de las luminarias en el espacio y ajustar su posición para garantizar una iluminación uniforme y adecuada en todas las zonas de la planta. Esta metodología asegura un diseño de alumbrado eficiente, seguro y adaptado a las necesidades de la microcervecería.

5.1 Necesidades de iluminación.

En la microcervecería proyectada, la iluminación adecuada es fundamental para garantizar tanto la seguridad como la eficiencia de las actividades productivas y administrativas. Para determinar las necesidades de iluminación en las diferentes áreas de la planta, es esencial tener en cuenta las superficies de cada espacio, los niveles de iluminancia media (Em) requeridos, el índice de reproducción cromática (Ra) y la uniformidad (Um), siguiendo las recomendaciones de la norma UNE-EN 12464-1. Esta normativa proporciona los valores mínimos necesarios de iluminación para garantizar condiciones óptimas de trabajo en interiores, teniendo en cuenta las características de cada zona.

Las áreas productivas de la nave, como la zona de procesado del mosto, maduración, envasado y almacenamiento, requieren niveles específicos de iluminación que varían en función de las actividades que se realizan en ellas, con especial énfasis en la eficiencia energética y la uniformidad para evitar sombras o zonas mal iluminadas. Para las áreas administrativas, se seleccionan luminarias empotradas, que irán adosadas al falso techo a una distancia de 3 metros del suelo y a 2,15 metros del plano de trabajo, lo que permite un confort visual adecuado para las tareas que se realizan.

El sistema de iluminación se diseña para cumplir con los requisitos de confort visual y operatividad en cada área, asegurando que las condiciones de trabajo sean seguras y adecuadas para la actividad industrial. La tabla 1 resume los niveles de iluminancia (Em), uniformidad (Um) y el índice de reproducción cromática (Ra) para las diferentes áreas, ajustándose a las recomendaciones de la norma UNE-EN 12464-1.

Esta planificación asegura que cada zona cuente con una iluminación adecuada, utilizando luminarias suspendidas en las áreas productivas y almacenes, y luminarias empotradas en la zona administrativa, garantizando así un entorno de trabajo seguro, eficiente y cómodo.

Área	Sup. (m^2)	Altura (m)	Em (lx)	Um	Ra
Zona de recepción/ expedición	31,58	7,80	200	0,40	80
Zona de tratamiento del agua	8,29	7,80	200	0,40	80
Zona de molienda	7,89	7,80	300	0,60	80
Zona de procesado del mosto	83,89	7,80	200	0,40	80
Zona de maduración	75,23	7,80	200	0,40	80
Zona de envasado	114,58	7,80	500	0,60	80
Zona de almacenamiento	251,81	7,80	200	0,40	80
Área de limpieza	36,49	7,80	200	0,40	80
Laboratorio	22,23	3,00	500	0,60	80
Zona administrativa	26,42	3,00	500	0,60	80
Aseos masculinos	7,27	3,00	200	0,40	80
Vestuarios masculinos	7,10	3,00	200	0,40	80
Aseos femeninos	7,27	3,00	200	0,40	80
Vestuarios femeninos	7,10	3,00	200	0,40	80
Comedor	20,77	3,00	200	0,40	80
Pasillos	54,14	3,00	100	0,40	40

Tabla 1. – Parámetros de necesidades para el diseño de la iluminación interior.
Fuente. – Elaboración propia.

5.2 Selección de luminarias.

La selección de luminarias en la microcervecería es un paso crucial para garantizar una correcta distribución de la luz en cada área, considerando las condiciones específicas de trabajo y las necesidades de eficiencia energética. En este proceso, se eligen luminarias que no solo cumplan con los requisitos de iluminación definidos en la normativa UNE-EN 12464-1, sino que también ofrezcan durabilidad y fiabilidad en un entorno industrial.

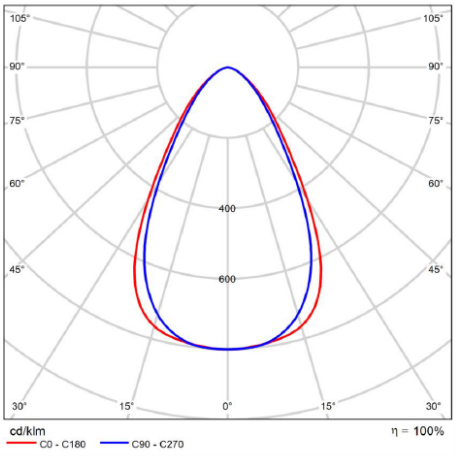
Para las zonas productivas y de almacenamiento, donde se requiere una iluminación más intensa y resistente a las condiciones de trabajo, se seleccionan luminarias suspendidas que aseguran una distribución uniforme de la luz y que cuentan con una alta resistencia al polvo y la humedad. Estas luminarias están diseñadas para soportar las condiciones adversas de estas áreas sin comprometer la calidad de la iluminación.

En las áreas administrativas y de laboratorio, se opta por luminarias empotradas, que ofrecen un diseño más discreto y eficiente, asegurando un confort visual óptimo para los trabajadores que realizan tareas de precisión y de oficina. Estas luminarias están instaladas en falsos techos, garantizando una adecuada distribución de la luz y una estética limpia en las áreas de trabajo.

La luminaria suspendida elegida para las zonas de producción, (recepción/ expedición, tratamiento del agua, molienda, procesado del mosto, maduración, envasado, almacenamiento y el área de limpieza), es la GentleSpace Gen3 LED de PHILIPS. A continuación, se detallan las características técnicas:

Philips - BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

P	160.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	23000 lm
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm
η	99.91 %
Rendimiento lumínico	143.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



CDL polar

Figura 2. –Datos técnicos del modelo GentleSpace Gen3 LED de PHILIPS.
Fuente. – Fuente. – DIALux EVO.

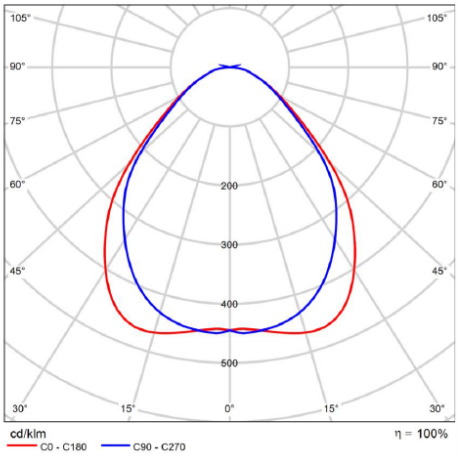
Característica	Valor
Modelo	BY481P LED250S/840 PSD MB GC II SI BR XT
Color de la Fuente de luz	840 blanco neutro
Flujo lumínico inicial	25.000 lm
Eficacia de la luminaria LED inicial	154 lm/W
Temperatura de color	4.000 K
Índice de reproducción cromática (Ra)	>80
Potencia de entrada	162 W
Período de garantía	5 años
Tensión de entrada	220-240 V
Certificación	Marca CE y Certificado ENEC

Tabla 2. – Datos técnicos del modelo GentleSpace Gen3 LED.
Fuente. – PHILIPS.

La luminaria empotrada seleccionada para la zona administrativa, laboratorio, aseos, vestuarios, comedor y pasillos es la CoreLine Panel G4 LED de PHILIPS. Esta presenta las siguientes características:

Philips - RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

P	29.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	3600 lm
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	124.1 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



CDL polar

Figura 2. – Datos técnicos del modelo CoreLine Panel G4 LED de PHILIPS.
Fuente. – DIALux EVO.

Característica	Valor
Modelo	RC132V G4 LED36S/840 PSD W60L60 OC ELB3
Color de la fuente de luz	840 blanco neutro
Flujo lumínico inicial	3.600 lm
Eficacia de la luminaria LED inicial	123 lm/W
Temperatura de color inicial	4.000 K
Índice de reproducción cromática (Ra)	>80
Apertura del haz de luz	90°
Tolerancia de flujo lumínico/energía	+/- 10%
Potencia de entrada	33 W
Garantía	5 años
Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Factor de potencia (mín.)	0.9
Certificación	Marca CE y Certificado ENEC

Tabla 2. – Datos técnicos del modelo CoreLine Panel G4 LED.
Fuente. – PHILIPS.

5.3 Distribución de luminarias.

El diseño de la distribución de luminarias en una instalación industrial, como la microcervecería, es fundamental para garantizar una iluminación adecuada en todas las áreas de trabajo, asegurando la seguridad, el confort visual y la eficiencia energética. La correcta ubicación y tipo de luminarias se determina en función de las características de cada espacio, como la altura del techo, la superficie, el tipo de actividades que se realizan y las normativas de iluminación aplicables, en este caso la UNE-EN 12464-1.

En este apartado, se describe la selección y distribución de las luminarias en cada una de las áreas de la microcervecería, siguiendo los resultados obtenidos en el programa DIALux. Se detalla cómo las luminarias se organizan para asegurar una iluminación uniforme y adecuada, optimizando la cantidad de dispositivos necesarios y cumpliendo con los niveles de iluminancia (Em), uniformidad (Um) y el índice de reproducción cromática (Ra) establecidos para cada zona.

- **Zona de recepción/ expedición.**

En esta área, con una altura de techado de 7,8 m, se opta por el modelo de luminaria GentleSpace Gen 3. Las luminarias se distribuyen de manera uniforme en un arreglo de 1x1, cubriendo toda la superficie de recepción y expedición. Estas luminarias aseguran un flujo luminoso adecuado para las operaciones de carga y descarga de mercancía.

- **Zona de tratamiento del agua.**

Con una altura de techado de 7,8 m, se seleccionan luminarias GentleSpace Gen 3, distribuidas de forma homogénea en la zona, en un arreglo de 1x1, garantizando una iluminación eficiente y suficiente para la supervisión del tratamiento del agua. El modelo proporciona un índice de reproducción cromática adecuado para esta área.

- **Zona de molienda.**

Para la zona de molienda, también con una altura de 7,8 m, se opta por luminarias GentleSpace Gen 3distribuidas en un patrón de 1x1. Esto asegura que la luz sea adecuada para la manipulación de los granos de malta y el funcionamiento de las máquinas.

- **Zona de procesado del mosto.**

En el área de procesado del mosto, con 7,8 m de altura, se instalan luminarias GentleSpace Gen 3 en un arreglo de 1x2, proporcionando una iluminación uniforme que facilita el control y manejo de los procesos de hervido y mezcla de ingredientes.

- **Zona de maduración.**

Para esta área, también con una altura de 7,8 m, se distribuyen luminarias GentleSpace Gen 3 en una disposición 2x1. Esta distribución asegura que todas las operaciones de seguimiento de la maduración de la cerveza se realicen con la iluminación adecuada.

- **Zona de envasado.**

La zona de envasado, con una superficie más extensa y 7,8 m de altura, requiere de una iluminación intensa y uniforme. Se opta por luminarias GentleSpace Gen 3, distribuidas en un patrón 5x1, asegurando que la luz sea suficiente para las tareas de embotellado, etiquetado y envasado del producto final.

- **Zona de almacenamiento.**

En el área de almacenamiento, con una altura de 7,8 m, se utilizan luminarias GentleSpace Gen 3 en un arreglo asimétrico de 1x4 en la zona de producto terminado y de 2x3 en la zona de materias primas. Quedando distribuidas de manera que iluminen adecuadamente los pasillos y áreas de almacenamiento de producto terminado, garantizando una correcta visibilidad.

- **Área de limpieza**

En el área de limpieza, con una altura de 7,8 m, se seleccionan luminarias GentleSpace Gen 3 en una disposición de 2x1. Estas luminarias garantizan un flujo luminoso adecuado para las tareas de limpieza y desinfección de las superficies, permitiendo una visibilidad clara de los detalles en la zona.

- **Zona administrativa.**

Para la zona administrativa, a una altura de 3 m, se instalan luminarias CoreLine Panel G4 en un patrón de 3x2, adosadas al falso techo. Este tipo de luminaria proporciona una luz suave, adecuada para la realización de tareas administrativas sin causar fatiga visual.

- **Laboratorio.**

En el laboratorio, con una altura de 3 m, se distribuyen luminarias CoreLine Panel G4 en un patrón de 3x2, proporcionando una luz adecuada para la realización de análisis y pruebas de calidad con un alto índice de reproducción cromática.

- **Aseos y vestuarios.**

En los aseos y vestuarios, tanto masculinos como femeninos, con una altura de 3 m, se opta por luminarias CoreLine Panel G4 en un arreglo de 1x1 para cada sala individual, proporcionando una iluminación suave y uniforme en cada espacio.

- **Comedor.**

En el comedor, también con una altura de 3 m, se instalan luminarias CoreLine Panel G4 en un arreglo de 2x1. Estas luminarias ofrecen un ambiente cómodo y bien iluminado para los momentos de descanso del personal.

- **Pasillos.**

Para la zona de los pasillos, se mantiene el falso techo con una altura de 3 metros, donde se empotran las luminarias CoreLine Panel G4 en una distribución asimétrica compuesta por 4x1 y 1x2 asegurado la iluminación adecuada.

Esta distribución asegura una iluminación adecuada para cada zona de la microcervecería, cumpliendo con los requisitos normativos y optimizando el uso de energía.

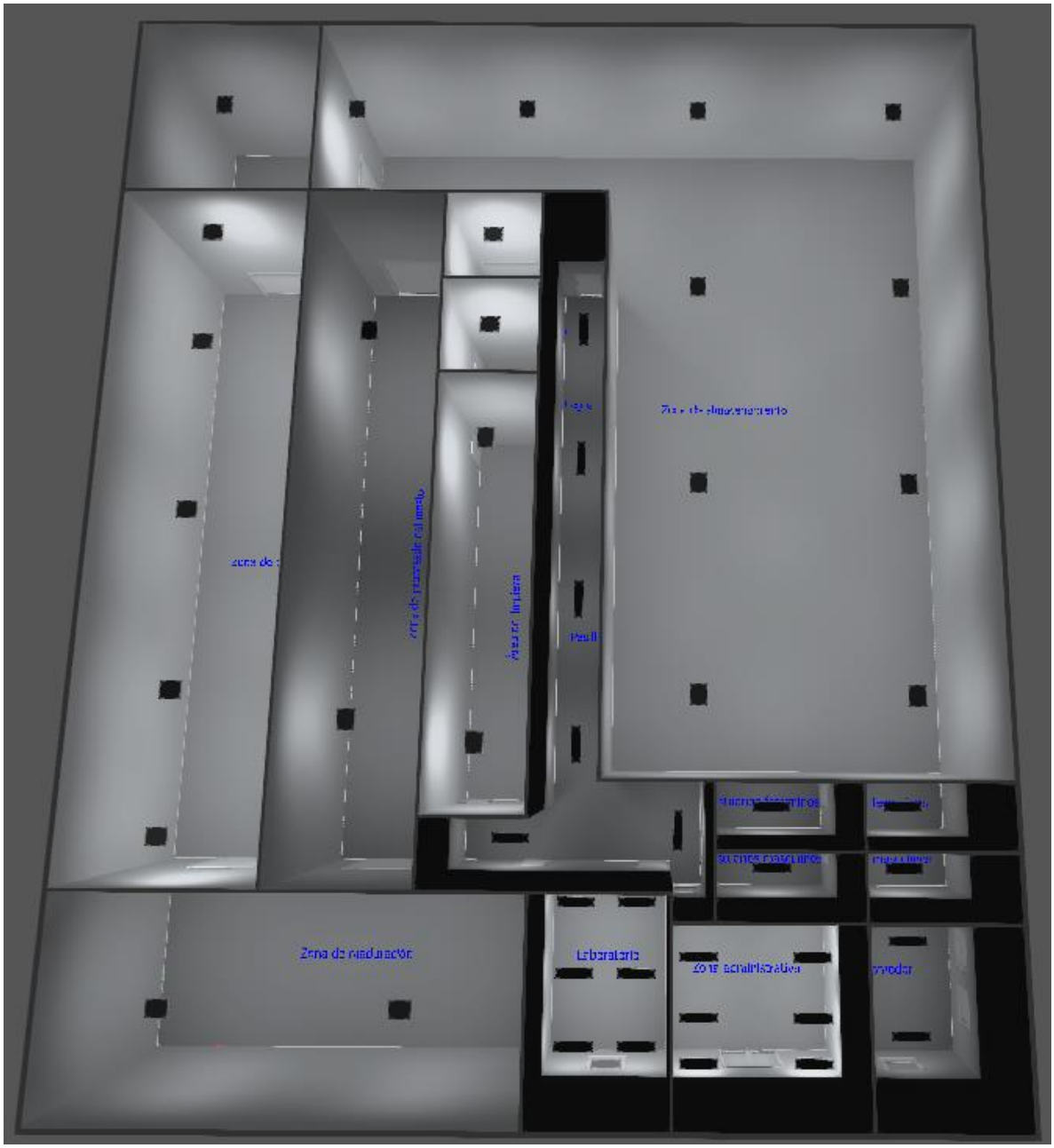


Figura 3. – Vista en planta de la nave de la microcervecería con la distribución de luminarias.
Fuente. – DIALux EVO.

5.4 Resultados de iluminancia.

Según la Norma UNE-EN 12.464-1:2021 sobre iluminación de los lugares de trabajo en interiores, y a partir de los cálculos efectuados mediante el software DIALux Evo, se ha generado la Tabla 3 que refleja los valores mínimos de iluminación media (Em) y la uniformidad mínima (Um), tal como establece dicha normativa. Estos valores son comparados con la iluminancia ($\bar{E}$) y la uniformidad nominal ($\bar{U}$) en cada área, según los resultados obtenidos mediante el software DIALux Evo para esta microcervecería.

Área	Em (lx)	$\bar{E}$ (lx)	Um	$\bar{U}$
Zona de recepción/ expedición	200	271	0,40	0,69
Zona de tratamiento del agua	200	427	0,40	0,82
Zona de molienda	300	433	0,60	0,91
Zona de procesado del mosto	200	246	0,40	0,41
Zona de maduración	200	324	0,40	0,51
Zona de envasado	500	524	0,60	0,63
Zona de almacenamiento	200	466	0,40	0,52
Área de limpieza	200	351	0,40	0,62
Laboratorio	500	554	0,60	0,61
Zona administrativa	500	599	0,60	0,66
Aseos masculinos	200	221	0,40	0,42
Vestuarios masculinos	200	226	0,40	0,44
Aseos femeninos	200	220	0,40	0,45
Vestuarios femeninos	200	227	0,40	0,46
Comedor	200	216	0,40	0,40
Pasillos	100	165	0,40	0,49

Tabla 3. –Resultados de iluminancia y uniformidad en interiores.
Fuente. – DIALux EVO.

Por un lado, respecto a la iluminancia nominal ($\bar{E}$) se observa que se supera el valor mínimo requerido de Em en todas las áreas de la microcervecería. Lo cual asegura que la iluminación en esta zona es adecuada para las actividades que se realizan.

Por otro lado, en cuanto a la uniformidad ($\bar{U}$), los valores también son adecuados en todas las áreas, garantizando que la distribución de la luz sea homogénea.

La Tabla 4 presenta un resumen detallado de la potencia total instalada, el flujo luminoso total, y el número de luminarias distribuidas en cada área. En total, se ha instalado una potencia de 4.594 W en 47 luminarias.

Área	Sup. (m^2)	Ptotal (W)	Φtotal (lm)	Ptotal / Sup. (W/m^2)	N° lum. (distri)
Zona de recepción/ expedición	31,58	160	22.978	5,07	1 (1x1)
Zona de tratamiento del agua	8,29	160	22.978	19,30	1 (1x1)
Zona de molienda	7,89	160	22.978	20,28	1 (1x1)
Zona de procesado del mosto	83,89	320	45.956	3,81	2 (1x2)
Zona de maduración	75,23	320	45.956	4,25	2 (2x1)
Zona de envasado	114,58	800	114.890	6,98	5 (5x1)
Zona de almacenamiento	251,81	1.600	229.780	6,35	10 (1x4, 2x3)
Área de limpieza	36,49	320	45.956	8,77	2 (1x2)
Laboratorio	22,23	174	21.600	7,83	2 (1x2)
Zona administrativa	26,42	232	28.800	8,78	8 (2x4)
Aseos masculinos	7,27	29	3.600	3,99	1 (1x1)
Vestuarios masculinos	7,10	29	3.600	4,08	1 (1x1)
Aseos femeninos	7,27	29	3.600	3,99	1 (1x1)
Vestuarios femeninos	7,10	29	3.600	4,08	1 (1x1)
Comedor	20,77	58	7.200	2,79	3 (1x3)
Pasillos	54,14	174	21.600	3,21	6 (3x2)
TOTAL	**762,06**	**4.594**	**645.072**	**6,03**	**47**

Tabla 4. –Resumen de resultados de la iluminación por áreas y totales.
Fuente. – DIALux EVO.

La eficiencia de la instalación es notable, con una media de 6,03 W/m², lo que implica un diseño eficiente de la iluminación para la planta. Este valor cumple con las exigencias del Documento Básico HE de Ahorro de Energía para una nave con una iluminancia media en el plano horizontal menor a 600 lux (el promedio en este caso es de 341,87 lx), y una potencia instalada menor a 10 W/m². Con una eficiencia de 6,03 W/m², la instalación no solo satisface los requerimientos normativos, sino que también optimiza el consumo energético, asegurando un uso responsable de los recursos en la microcervecería.

Uso	E *Iluminancia media en el plano horizontal* (lux)	Potencia máxima a instalar (W/m^2)
Aparcamiento		5
Otros usos	≤ 600	10
	> 600	25

Tabla 5. –Potencia máxima por superficie iluminada ($P_{TOT,lim}/S_{TOT}$)
Fuente. – Documento Básico HE Ahorro de energía.

En conclusión, los resultados obtenidos con DIALux Evo confirman que el diseño de la iluminación es adecuado tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista energético, cumpliendo con las normativas vigentes y garantizando un entorno de trabajo seguro y eficiente en todas las áreas de la planta.

6. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS.

Para la distribución de las líneas eléctricas en la microcervecería, este apartado cubre tanto el cálculo de las líneas de alimentación para luminarias como las líneas de fuerza que abastecen a la maquinaria. Cada línea será dimensionada en función de la caída de tensión permitida y la intensidad máxima admisible. Estos cálculos son esenciales para asegurar que la instalación eléctrica cumpla con las normativas de seguridad, garantice un funcionamiento eficiente, y que el sistema sea capaz de soportar la demanda energética de las diferentes áreas de la planta.

En los próximos apartados se describirán las líneas correspondientes a tomas de corriente, motores, y otros sistemas, con un análisis detallado de los cuadros eléctricos secundarios, así como los cálculos de caída de tensión e intensidad máxima en las líneas principales y secundarias.

6.1 Tomas de corriente.

En la microcervecería, es esencial la instalación de tomas de corriente en diversas áreas para permitir la conexión de maquinaria, dispositivos electrónicos y equipos auxiliares. Las tomas se distribuyen estratégicamente según las necesidades de cada zona, adaptándose a los requerimientos específicos de la operación en cada espacio. Esto incluye áreas productivas, administrativas, de almacenamiento y recepción, así como zonas comunes como los vestuarios, aseos y el comedor.

Para garantizar una instalación eficiente y segura, se ha decidido no exceder las 10 tomas por cada línea de alimentación, asegurando así que la carga eléctrica esté bien distribuida y no sobrecargue ninguna línea. Las tomas se colocarán a diferentes alturas dependiendo del tipo de equipo que conectarán:

- En la zona de procesado, donde se encuentra la maquinaria pesada, las tomas se ubicarán a 0,5 metros sobre el suelo, facilitando la conexión de equipos de gran tamaño que operan a nivel del suelo.

- En la zona administrativa, el almacén, el comedor, los aseos y los vestuarios, las tomas se instalarán a 0,3 metros sobre el suelo, lo que permite un acceso

cómodo para el uso de dispositivos comunes, equipos de oficina y pequeños electrodomésticos.

- En el laboratorio, donde se requiere un acceso más ergonómico y cómodo para los equipos de trabajo en mesa, las tomas se colocarán a 1,10 metros sobre el suelo, lo que facilita su uso sin interrumpir las operaciones de los equipos de laboratorio.

Además, las tomas de corriente que no se utilicen de manera permanente, como aquellas destinadas a dispositivos que no operan continuamente, se consideran con un factor de simultaneidad de 0,4, lo que permite ajustar el dimensionamiento de la instalación eléctrica sin sobredimensionarla innecesariamente.

Esta distribución de tomas de corriente asegura que cada área cuente con la cantidad y disposición adecuada de puntos de conexión, optimizando el uso de la energía y garantizando la seguridad en el suministro eléctrico.

6.2 Motores y sistemas de automatización.

En la microcervecería, los motores y otros elementos eléctricos como sensores y actuadores son esenciales para el funcionamiento automatizado de cada etapa del proceso productivo. Estos equipos son responsables de accionar, controlar y monitorear diversas funciones en las áreas de recepción, tratamiento del agua, molienda, procesado del mosto, maduración, envasado, almacenamiento y limpieza. La distribución y dimensionamiento de los motores se realiza teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada área para asegurar la eficiencia energética y el rendimiento óptimo de la planta.

La potencia requerida para cada área ha sido calculada y resumida en la siguiente tabla, donde se detallan los equipos instalados, su cantidad y la potencia necesaria en kilovatios (kW) para su operación:

Área	Maquinaria	Cantidad	Potencia (kW)	TOTAL
Zona de tratamiento del agua	Calentador	1	10,000	**11,509**
	Bomba	1	1,500	
	Sensor de temperatura	1	0,003	
	Sensor de nivel	2	0,006	
Zona de molienda	Molino 6 rodillos	1	5,500	**5,500**
Zona de procesado del mosto	Sala de cocción	1	0,370	**24,421**
	Calentador	2	20,000	
	Bomba	4	1,500	
	Intercambiador de calor	1	2,500	
	Sensor de temperatura	7	0,003	
	Sensor de flujo	1	0,006	
	Sensor de nivel	12	0,006	
	Sensor de presión	4	0,006	
	Sensor de oxígeno	1	0,005	
	Temporizador	6	0,010	
	Electroválvula	21	0,015	
	PLC	1	0,100	
Zona de Maduración	Sensor de nivel	36	0,006	**1,540**
	Sensor de temperatura	13	0,003	
	Sensor de presión	13	0,006	
	Temporizador	13	0,010	
	Bomba	2	1,500	
	Electroválvula	52	0,015	
Zona de envasado	Filtro de placas	1	1,200	**36,451**
	Llenadora - enjuagadora	1	4,500	
	Cinta transportadora	1	2,200	
	Pateurizador	1	5,500	
	Etiquetadora	1	1,500	
	Empaquetadora	1	7,000	
	Robot paletizador	1	10,000	
	Retractiladora	1	4,500	
	Sensor de temperatura	2	0,003	
	Sensor de flujo	4	0,006	
	Sensor de nivel	3	0,006	
	Sensor de presión	4	0,006	
	Temporizador	1	0,010	
	Contador	9	0,005	
	Electroválvula	7	0,015	
Zona de almacenamiento	Cámara frigotífica	1	1,870	**1,870**
Área de limpieza	Sensor de temperatura	2	0,003	**1,546**
	Sensor de flujo	2	0,006	
	Sensor de nivel	2	0,006	
	Sensor de presión	2	0,006	
	Temporizador	2	0,010	
	Electroválvula	4	0,015	
	Bomba	1	1,500	

Tabla 4. – Potencia por áreas de los equipos instalados.
Fuente. – Elaboración propia

La tabla anterior presenta un desglose detallado de la potencia necesaria en cada área, teniendo en cuenta los motores y demás elementos eléctricos involucrados en el proceso productivo. En total, la potencia requerida en la microcervecería es de 82,937 kW. Esta información es esencial para dimensionar adecuadamente el sistema eléctrico de la microcervecería, asegurando que cada zona disponga de la potencia requerida para su funcionamiento óptimo y seguro.

6.3 Dimensionamiento de las líneas eléctricas.

Para dimensionar las líneas eléctricas en la microcervecería, se clasifican las distintas áreas en cuadros secundarios, agrupándolas de acuerdo con sus necesidades energéticas y operativas. Esto permite una distribución eficiente de la energía y facilita el mantenimiento y control de cada sección. La industria contará con cinco cuadros eléctricos secundarios, que se conectarán al cuadro principal ubicado en una sala de fácil acceso para el mantenimiento y la supervisión.

A continuación, se detallan los cuadros secundarios y sus áreas asignadas:

- **Cuadro Secundario 1 (CS1)**: Atiende las áreas de recepción/expedición y almacenamiento. Estas zonas requieren una combinación de tomas de corriente para maquinaria, equipos de refrigeración y luminarias.

- **Cuadro Secundario 2 (CS2)**: Se encarga de las zonas de maduración y envasado. Estas áreas necesitan potencia para el equipo de guarda y envasado, además de iluminación.

- **Cuadro Secundario 3 (CS3)**: Cubre las áreas de tratamiento del agua, molienda, y procesado del mosto y limpieza. Todas zonas requieren tomas de corriente para equipos de limpieza y maquinaria, así como iluminación específica.

- **Cuadro Secundario 4 (CS4)**: Destinado al laboratorio, la zona administrativa y el comedor. Estas áreas tienen requisitos de energía para equipos de oficina, dispositivos de medición y luminarias de confort.

- **Cuadro Secundario 5 (CS5)**: Atiende los aseos, vestuarios y pasillos. Aquí se instalan tomas de corriente para dispositivos de uso ocasional y luminarias para garantizar una iluminación adecuada en zonas de tránsito y servicios.

6.3.1 Resumen de las líneas y cuadros eléctricos secundarios.

Dado que las áreas industriales, como el procesado del mosto, la maduración, y el envasado, requieren alta potencia debido al uso de maquinaria, se opta por una instalación trifásica de 400 V en estas líneas para distribuir la carga de manera eficiente y reducir las pérdidas por calentamiento. Las líneas de iluminación se mantienen como monofásicas de 230 V, con tres conductores (fase, neutro y protección) para simplificar la instalación en las zonas administrativas y de servicios, donde el consumo de energía es menor. Esta configuración asegura que se cumplan los requisitos de eficiencia energética y seguridad en cada área de la microcervecería. En la siguiente tabla se muestran las líneas que se unirán en cada cuadro secundario y los receptores que alimenta.

Línea	Abastecimiento	Descripción	Potencia (W)	Mono/trifásica	Longitud total (m)
Cuadro Secundario 1. Áreas de Recepción / Expedición y Almacenamiento					
L.1.1	Tomas de corriente	6 tomas de corriente (2.500 W)	15.000	Trifásica	65,37
L.1.2	Luminarias	11 luminarias GentleSpace Gen 3 (160 W)	1.760	Monofásica	66,93
L.1.3	Motores	Cámara frigorífica	1.879	Trifásica	6,38
Cuadro Secundario 2. Áreas de maduración y envasado					
L.2.1	Tomas de corriente	8 tomas de corriente (2.500 W)	20.000	Trifásica	48,80
L.2.2	Luminarias	7 luminarias GentleSpace Gen 3 (160 W)	1.120	Monofásica	40,44
L.2.3	Motores	Equipos maduración	1.540	Trifásica	19,46
L.2.4	Motores	Equipos y maquinaria envasado	36.451	Trifásica	34,29
Cuadro Secundario 3. Áreas de tratamiento del agua, molienda, procesado del mosto y limpieza					
L.3.1	Tomas de corriente	10 tomas de corriente (2.500 W)	25.000	Trifásica	45,23
L.3.2	Luminarias	6 luminarias GentleSpace Gen 3 (160 W)	960	Monofásica	38,65
L.3.3	Motores	Equipos y maquinaria tratamiento del agua	11.509	Trifásica	4,90
L.3.4	Motores	Equipos y maquinaria molienda	5.500	Trifásica	6,53
L.3.5	Motores	Equipos y maquinaria procesado del mosto	24.421	Trifásica	32,3
L.3.6	Motores	Equipos y maquinaria limpieza	1.646	Trifásica	1,83
Cuadro Secundario 4. Áreas de laboratorio, administrativas y comedor					
L.4.1	Tomas de corriente	10 tomas de corriente (1.500 W)	15.000	Monofásica	27,43
L.4.2	Luminarias	13 luminarias CoreLine Panel G4 (29 W)	377	Monofásica	39,97
Cuadro Secundario 5. Áreas de vestuarios, aseos y pasillos					
L.5.1	Tomas de corriente	6 tomas de corriente (1.500 W)	9.000	Monofásica	30,65
L.5.2	Luminarias	10 luminarias CoreLine Panel G4 (29 W)	290	Monofásica	44,27
		POTENCIA TOTAL (W)	**171.453**	**Long. TOTAL (m)**	**512,83**

Tabla 5. – Potencias de cada línea.
Fuente. – Elaboración propia

La longitud de cada línea está definida desde la salida del cuadro secundario hasta al receptor más alejado del cuadro secundario al que esté conectado la línea. Teniendo en consideración la altura de las tomas de corriente, las luminarias y la maquinaria para determinar la longitud máxima. A continuación, en la tabla 6 se

detallan por línea las longitudes más desfavorables. La información está recogida del plano Nº5 Distribución de las luminarias y líneas de alumbrado y el plano Nº6 Distribución de la línea de fuerza, respecto al dimensionamiento de la instalación eléctrica en AutoCAD.

Línea	Longitud máxima (m)
L.1.1	34,43
L.1.2	42,09
L.1.3	6,38
L.2.1	29,18
L.2.2	17,76
L.2.3	18,66
L.2.4	27,26
L.3.1	29,84
L.3.2	27,8
L.3.3	4,78
L.3.4	6,53
L.3.5	28,27
L.3.6	1,83
L.4.1	12,43
L.4.2	11,45
L.5.1	14,31
L.5.2	19,51

Tabla 6. – Longitud máxima en cada línea.
Fuente. – Elaboración propia

6.4 Cálculo de líneas de iluminación.

El cálculo de las líneas de iluminación en la microcervecería se lleva a cabo utilizando líneas monofásicas de cobre, unipolares y con aislamiento de PVC, asegurando que la instalación cumpla con los requisitos de seguridad y eficiencia energética. Estas líneas se canalizan bajo tubo, ya sea en montaje superficial o empotrado en la estructura de la obra, dependiendo de las condiciones de cada área. La tensión nominal utilizada es de 230 V, adecuada para alimentar las luminarias distribuidas en cada sección de la planta.

Para dimensionar correctamente estas líneas, se emplea el método de Boucherot, que permite calcular la sección del conductor necesario en función de la potencia de las luminarias, la longitud de la línea, la caída de tensión permitida y el factor de corrección según la disposición del cableado. El dimensionamiento adecuado

de las líneas de iluminación garantiza que la caída de tensión se mantenga dentro de los límites permitidos y que el consumo energético sea optimizado.

En el desarrollo de este cálculo, se aplican las siguientes expresiones matemáticas para obtener la sección del conductor y verificar la caída de tensión en cada línea

Cos φ = 0,9
Sin φ =0,435
S* = P x 1,8
P* = S* x 0,9
Q* = S* x 0,435
U = Monofásica (230 V)

$$I = \frac{1{,}8 \times P}{U}$$

En la siguiente tabla se muestran los datos y resultados de cada una de las líneas de alumbrado haciendo uso de la expresión matemática explicada anteriormente.

Línea	P (W)	I (A)	S*(VA)	P*(W)	Sin φ	Cos φ	Q* (VAR)	U (V)
L.1.2	1.760	13,77	3.168,0	2.851,2	0,435	0,9	1378,08	230
L.2.2	1.120	8,77	2.016,0	1.814,4	0,435	0,9	876,96	230
L.3.2	960	7,51	1.728,0	1.555,2	0,435	0,9	751,68	230
L.4.2	377	2,95	678,6	610,7	0,435	0,9	295,19	230
L.5.2	290	2,27	522,0	469,8	0,435	0,9	227,07	230

Tabla 6. – Cuadro Boucherot de las líneas de iluminación.
Fuente. – Elaboración propia

- **Sección del conductor.**

Conociendo la intensidad de cada línea, se procede a escoger un valor de sección (mm^2) e intensidad máxima admisible (A) de la categoría B, para todas las zonas, de conductores de cobre con PVC de monofásica (2 x PVC) de la tabla 7.

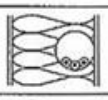
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[3] en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[3] en montaje superficial o emprotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared[3]					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[4] Distancia a la pared no inferior a 0.3D[5]						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[4] Distancia a la pared no inferior a D[5]							3x PVC			3x XLPE o EPR[11]	
G		Cables unipolares separados mínimo D[5]									3x PVC[9]		3x XLPE o EPR
Cobre		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Tabla 7. Intensidades admisibles (A) al aire 40 ºC. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.

Fuente. – Reglamento electrotécnico para baja tensión ITC-BT-19.

- **Caída de tensión.**

A continuación, se determina la caída máxima de tensión, que no debe ser mayor del 3% como indica el reglamento de las instalaciones eléctricas a baja tensión ITC-BT-19 del REBT.

$\delta\, adm < 0{,}03$ x U(V)

$\delta\, adm < 0{,}03\ x\ \mathrm{U} = 0{,}03\ x\ 230\ \mathrm{V} = 6{,}9\ \mathrm{V}$

Para el cálculo de la caída de tensión en líneas monofásicas se utiliza la siguiente expresión matemática para el conductor seleccionado, cobre aislado en tubos de PVC en montaje superficial o empotrados en obra, con una sección de 1,5 mm², cuya intensidad máxima es de 15 A.

$$\delta = \frac{2\ x\ P\ x\ L}{\gamma\ x\ S\ x\ U}$$

P: Potencia total de la línea (W).
L: Longitud del cable de la línea desde el CS al receptor más alejado (m).
γ: Conductividad del cobre = 56 m/(Ωmm²).
S: Sección mínima del cable conductor (mm²).
U: Monofásica (230 V)

En la siguiente tabla se muestran los datos y resultados de cada una de las líneas de alumbrado haciendo uso de la expresión matemática explicada anteriormente.

Línea	P (W)	I (A)	U (V)	S (mm)	L (m)	δ adm. (V)	δ (V)
L.1.2	1.760	13,77	230	1,5	42,09	6,9	7,67
L.1.2	1.760	13,77	230	2,5	42,09	6,9	4,60
L.2.2	1.120	8,77	230	1,5	17,76	6,9	2,06
L.3.2	960	7,51	230	1,5	27,80	6,9	2,76
L.4.2	377	2,95	230	1,5	11,45	6,9	0,45
L.5.2	290	2,27	230	1,5	19,51	6,9	0,59

Tabla 8. – Caídas de tensión y secciones adoptadas (líneas de iluminación).
Fuente. – Elaboración propia

En conclusión, se utilizan líneas de cobre aislado tubos de PVC en montaje superficial o empotrados en obra, con una sección de 1,5 mm², cuya intensidad máxima es de 15 A. Salvo para la línea L1.2 de las zonas de recepción/ expedición y almacenamiento, en las que al ser la caída de tensión mayor a la máxima admitida, se aumenta la sección y se utilizan líneas de cobre aislado tubos de PVC en montaje superficial o empotrados en obra, con una sección de 2,5 mm², cuya intensidad máxima es de 21 A.

Véase el plano Nº5 Distribución de luminarias y líneas de alumbrado, para una representación ilustrativa de estas descripciones.

6.5 Cálculo de las líneas de fuerza.

El cálculo de las líneas de fuerza en la microcervecería se realiza considerando tanto las tomas de corriente como los motores. Estas líneas son fundamentales para alimentar los equipos y maquinaria que intervienen en el proceso productivo, desde la molienda y el tratamiento del agua hasta el envasado y almacenamiento. Para cada línea, se evalúan las condiciones de carga, la caída de tensión permitida y la intensidad máxima admisible, garantizando que la instalación cumpla con las normas de seguridad y eficiencia energética.

6.5.1 Tomas de corriente.

En este apartado se lleva a cabo el cálculo de las líneas de iluminación en la microcervecería, adaptadas a las necesidades de cada área. Se utilizan líneas monofásicas de cobre, unipolares y con aislamiento de PVC en las zonas administrativas, mientras que en las áreas industriales se emplean líneas trifásicas de cobre, también unipolares y con aislamiento de PVC. La tensión nominal de las líneas es de 230 V en las zonas administrativas y de 400 V en el resto de la nave, asegurando así que cada espacio cuente con la potencia y estabilidad necesarias para su correcto funcionamiento.

El dimensionamiento de estas líneas se realiza aplicando el método de Boucherot, que permite calcular la sección del conductor en función de la potencia de las luminarias, la longitud de la línea y la caída de tensión máxima permitida. Este enfoque asegura una distribución uniforme de la luz y un consumo energético eficiente en toda la microcervecería.

Cos $\varphi = 1$
Coeficiente de simultaneidad = 0,4
$P^* = P \times 0{,}4$
$S^* = P^*$
$Q^* = S^* \times 0 = 0$
U = Monofásica (230 V) / Trifásica (400 V)

Monofásica:

$$I = \frac{S^*}{U}$$

Trifásica:

$$I = \frac{S^*}{\sqrt{3} \text{ x U x Cos } \varphi}$$

En la siguiente tabla se muestran los datos y resultados de cada una de las líneas de tomas de corriente haciendo uso de la expresión matemática explicada anteriormente.

Línea	P (W)	I (A)	Coef. Simult.	P*(W)	Cos φ	U (V)
L.1.1	15.000	8,66	0,4	6.000	1	400
L.2.1	20.000	11,55	0,4	8.000	1	400
L.3.1	25.000	14,43	0,4	10.000	1	400
L.4.1	15.000	26,09	0,4	6.000	1	230
L.5.1	9.000	15,65	0,4	3.600	1	230

Tabla 9. – Cuadro Boucherot de las líneas de las tomas de corriente.
Fuente. – Elaboración propia

- **Sección del conductor.**

Conociendo la intensidad de cada línea, se escoge un valor de sección (mm^2) e intensidad máxima admisible (A) de la categoría C, para todas las zonas, de conductores de cobre con PVC de monofásica (2 x PVC) y de trifásica (3 x PVC) de la tabla 7.

- **Caída de tensión.**

A continuación, se determina la caída máxima de tensión, que no debe superar el 5% como indica el reglamento de las instalaciones eléctricas a baja tensión ITC-BT-19 del REBT.

$\delta\, adm < 0{,}05 \text{ x U(V)}$
$\delta\, adm < 0{,}05\, x\, 230 = 11{,}5 \text{ V}$
$\delta\, adm < 0{,}05\, x\, 400 = 20 \text{ V}$

Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza las siguientes expresiones matemáticas para el conductor seleccionado, cobre aislado en tubos de PVC en montaje superficial o empotrados en obra.

Monofásica:

$$\delta = \frac{2\ x\ P\ x\ L}{\gamma\ x\ S\ x\ U}$$

Trifásica:

$$\delta = \frac{P\ x\ L}{\gamma\ x\ S\ x\ U}$$

P: Potencia total de la línea (W).
L: Longitud del cable de la línea desde el CS al receptor más alejado (m).
γ: Conductividad del cobre = 56 m/(Ωmm^2).
S: Sección mínima del cable conductor (mm^2).
U: Monofásica (230 V) / Trifásica (400 V)

En la siguiente tabla se muestran los datos y resultados de cada una de las líneas de tomas de corriente haciendo uso de la expresión matemática explicada anteriormente.

Línea	P (W)	I (A)	U (V)	S (mm)	L (m)	δ adm. (V)	δ (V)
L.1.1	15.000	8,66	400	1,5	34,43	20	15,37
L.2.1	20.000	11,55	400	1,5	29,18	20	17,37
L.3.1	25.000	14,43	400	1,5	29,84	20	22,20
L.3.1	25.000	14,43	400	2,5	29,84	20	13,32
L.4.1	15.000	26,09	230	1,5	12,43	11,5	19,30
L.4.1	15.000	26,09	230	6	12,43	11,5	7,24
L.5.1	9.000	15,65	230	1,5	14,31	11,5	13,33
L.5.1	9.000	15,65	230	2,5	14,31	11,5	8,00

Tabla 10. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas (tomas de corriente).
Fuente. – Elaboración propia

En conclusión, se utilizan líneas de cobre aislado tubos de PVC en montaje superficial o empotrados en obra, para las líneas L1.1 y L2.1 con una sección de 1,5 mm^2, cuya intensidad máxima es de 13,5 A. Para las líneas L3.1 y L5.1 al ser la caída de tensión mayor a admitida y la intensidad admisible insuficiente, se aumenta la sección a 2,5 mm^2, cuya intensidad máxima es de 17,5 y 21 A respectivamente. Y para la línea 4.1 se utiliza una sección de 6 mm^2 ya que con esta sección si cumple la intensidad y caída de tensión admisibles, al ser de 36 A.

6.5.2 Motores.

En este apartado se realiza el cálculo de las líneas destinadas a alimentar los motores y elementos de la automatización de la microcervecería. Para asegurar un suministro eléctrico estable y seguro, se emplean líneas trifásicas de cobre, unipolares y con aislamiento de PVC. La canalización de estas líneas se lleva a cabo en tubos, montados de forma superficial o empotrados en obra, adaptándose a las condiciones de cada área. La tensión nominal utilizada es de 400 V, adecuada para soportar la demanda de potencia de los motores.

El dimensionamiento de las líneas se efectúa utilizando el método de Boucherot, que permite determinar la sección óptima del conductor en función de la potencia de cada motor, la longitud de la línea y la caída de tensión admisible. En este caso, la tabla de Boucherot se aplica bajo las siguientes condiciones, que aseguran que la instalación cumpla con los requisitos de seguridad y eficiencia para el funcionamiento continuo y fiable de los motores en la microcervecería.

Cos φ = 0,8
Sin φ = 0,6
S* = P x 1,25
P* = S* x Cos φ
Q* = S* x Sin φ
U = Trifásica (400 V)

$$I = \frac{S^*}{\sqrt{3} \text{ x } U}$$

En la siguiente tabla se muestran los datos y resultados de cada una de las líneas de motores haciendo uso de la expresión matemática explicada anteriormente.

Línea	P (W)	I (A)	S*(VA)	P*(W)	Sin φ	Cos φ	Q* (VAR)	U (V)
L.1.3	1.879	3,39	2.348,75	1.879,00	0,6	0,8	1.409,25	400
L.2.3	1.540	2,78	1.925,00	1.232,00	0,6	0,8	1.155,00	400
L.2.4	36.451	65,77	45.563,75	29.160,80	0,6	0,8	27.338,25	400
L.3.3	11.509	20,76	14.386,25	9.207,20	0,6	0,8	8.631,75	400
L.3.4	5.500	9,92	6.875,00	4.400,00	0,6	0,8	4.125,00	400
L.3.5	24.421	44,06	30.526,25	19.536,80	0,6	0,8	18.315,75	400
L.3.6	1.646	2,97	2.057,50	1.316,80	0,6	0,8	1.234,50	400

Tabla 11. – Cuadro Boucherot de las líneas de motores.
Fuente. – Elaboración propia

- **Sección del conductor.**

Conociendo la intensidad de cada línea, se escoge un valor de sección (mm^2) e intensidad máxima admisible (A) de la categoría C, para todas las zonas, de conductores de cobre con PVC de trifásica (3 x PVC) de la tabla 7.

- **Caída de tensión.**

A continuación, se determina la caída máxima de tensión del 5% como indica el reglamento de las instalaciones eléctricas a baja tensión ITC-BT-19 del REBT.

$\delta\ adm < 0{,}05$ x U(V)
$\delta\ adm < 0{,}05\ x\ 400 = 20$ V

Para el cálculo de la caída de tensión en líneas trifásica se utiliza la siguiente expresión matemática para el conductor seleccionado.

$$\delta = \frac{P\ x\ L}{\gamma\ x\ S\ x\ U}$$

P: Potencia total de la línea (W).
L: Longitud del cable de la línea desde el CS al receptor más alejado (m).
γ: Conductividad del cobre = 56 m/(Ωmm^2).
S: Sección mínima del cable conductor (mm^2).
U: Trifásica (400 V)

En la siguiente tabla se muestran los datos y resultados de cada una de las líneas de motores haciendo uso de la expresión matemática explicada anteriormente.

Línea	P (W)	I (A)	U (V)	S (mm)	L (m)	δ adm. (V)	δ (V)
L.1.3	1.879	3,39	400	1,5	6,38	20	0,36
L.2.3	1.540	2,78	400	1,5	18,66	20	0,86
L.2.4	36.451	65,77	400	1,5	27,26	20	29,57
L.2.4	36.451	65,77	400	25	27,26	20	1,77
L.3.3	11.509	20,76	400	1,5	4,78	20	1,64
L.3.3	11.509	20,76	400	4	4,78	20	0,61
L.3.4	5.500	9,92	400	1,5	6,53	20	1,07
L.3.5	24.421	44,06	400	1,5	28,27	20	20,55
L.3.5	24.421	44,06	400	16	28,27	20	1,93
L.3.6	1.646	2,97	400	1,5	1,83	20	0,09

Tabla 12. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas (motores).
Fuente. – Elaboración propia

En conclusión, se utilizan líneas de cobre aislado tubos de PVC en montaje superficial o empotrados en obra, con una sección de 1,5 mm^2, cuya intensidad máxima es de 13,5 A. Excepto para la línea L.2.4 que utiliza una sección de 25 mm^2 con una intensidad máxima de 77 A; la línea L3.3 que utiliza una sección de 4 mm^2 con una intensidad máxima de 24 A; y la línea L3.5 que utiliza una sección de 16 mm^2 con una intensidad máxima de 59 A. Por lo tanto, todas las secciones cumplen con los requisitos de caída de tensión máxima e intensidad admisible.

Véase el plano Nº6 Distribución de línea de fuerza, para una representación ilustrativa de estas descripciones.

6.6 Líneas del cuadro principal y cuadros secundarios.

En este apartado se realiza el cálculo de las líneas que conectan el cuadro principal con los cuadros secundarios de la microcervecería, asegurando que cada área de la planta reciba la potencia necesaria para su correcto funcionamiento. Estas líneas son esenciales para una distribución eficiente de la energía, permitiendo que los distintos sistemas y equipos de cada zona operen dentro de los parámetros de seguridad y rendimiento requeridos.

Para este cálculo, se toman en cuenta las potencias de las líneas que se derivan de cada cuadro secundario. Esto implica determinar la corriente en función de la potencia total de cada cuadro y de la tensión de suministro, seleccionando la sección del conductor que garantice que la caída de tensión y las pérdidas de energía se mantengan dentro de los límites permitidos. De esta manera, el dimensionamiento se realiza en función de los requisitos específicos de cada cuadro secundario, aplicando el método de Boucherot para obtener un diseño seguro y eficiente en todo el sistema de distribución.

$P^* = \Sigma P$

$S^* = \sqrt{\Sigma P2 + \Sigma Q2}$

$Q^* = \Sigma Q$

Trifásica (400 V)

$$I = \frac{S^*}{\sqrt{3} \times U}$$

Para las líneas del CP a los CS, se escoge un valor de sección (mm^2) e intensidad máxima admisible (A) de la categoría C, de conductores trifásicos de polietileno reticulado (3 x XLPE) de la tabla 7.

La línea que conecta el cuadro general con el centro de transformación debe dimensionarse siguiendo el mismo método. Para seleccionar la sección adecuada, en base al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se escoge una línea trifásica enterrada bajo tubo corrugado de PVC, con conductor de cobre y recubrimiento de XLPE (Polietileno reticulado) empleándose la Tabla 13, conforme a lo indicado en la normativa de redes subterráneas para distribución en baja tensión ITC-BT-07.

Sección nominal mm²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	–	–	–
630	690	680	600	–	–	–

Tabla 13. – Intensidad máxima admisible, en amperios, de los cables conductores de cobre en una instalación enterrada (servicio permanente)
Fuente. – ITC-BT-07 del REBT.

También se establece que la caída de tensión máxima entre el centro de transformación y el CP no debe exceder el 1%, de acuerdo con lo especificado en el reglamento de instalaciones eléctricas de baja tensión ITC-BT-19 del REBT.

$\delta\ adm < 0{,}01$ x U(V)
$\delta\ adm < 0{,}01\ x\ 400 = 4$ V

Línea	P*(W)	Q* (VAR)	S*(VA)	U (V)	L (m)	I (A)	S (mm)	δ adm. (V)	δ (V)
LCS1	10.730,20	2.787,33	11.086,32	400	22,26	16,00	1,5	20	14,22
LCS2	40.207,20	29.370,21	49.791,85	400	9,38	71,87	16	20	2,10
LCS3	46.016,00	33.058,68	56.659,94	400	14,71	81,78	25	20	2,42
LCS4	6.610,74	295,19	6.617,33	400	14,31	9,55	1,5	20	5,63
LCS5	4.069,80	227,07	4.076,13	400	20,06	5,88	1,5	20	4,86
LCP	107.633,94	65.738,48	126.121,42	400	10	182,04	70	4,00	1,27

Tabla 14. – Caídas de tensión y selección de secciones adoptadas (CP y CSs).
Fuente. – Elaboración propia

En conclusión, la línea del cuadro general al centro de transformación estará formada por cables unipolares de cobre por un aislamiento de polietileno reticulado de 70 mm^2 de sección a la que corresponde una intensidad máxima admisible de 220 A. Respecto a las líneas del cuadro principal a los secundarios se utilizan líneas de cobre aislado tubos de PVC en montaje superficial o empotrados en obra, que en el caso de las líneas LCS1, LCS4 y LCS5 son de una sección de 1,5 mm^2 y una intensidad máxima admisible de 18 A. En cambio, para la línea LCS3 es necesaria una sección de 25 mm^2 y una intensidad máxima admisible de 106 A; y para la línea LCS4 una de 16 mm^2 y una intensidad máxima admisible de 80 A.

6.7 Centro de transformación.

Debido a que la potencia requerida por la microcervecería supera el límite máximo permitido para instalaciones sin centro de transformación propio, es obligatorio instalar un centro de transformación, conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Este centro de transformación permite adecuar la energía suministrada a la tensión de trabajo necesaria para los distintos sistemas de la planta, asegurando un suministro estable y suficiente para las operaciones.

Para calcular la potencia del centro de transformación necesario, se emplea la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P_T}{Cos\ \varphi} = \frac{107{,}63\ kW}{0{,}9} = 119{,}58\ kW$$

Con base en este resultado, se selecciona un centro de transformación comercial con una capacidad superior a 132,87 kVA. Por lo tanto, se opta por un centro de transformación de 160 kVA, que proporciona un margen adicional para cubrir futuras expansiones o variaciones en la demanda de energía, garantizando así un suministro confiable y seguro.

La potencia contratada será de 120 kW, acorde con los requisitos de carga y las especificaciones de la instalación. Este centro de transformación cumple con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos por la normativa y asegura una distribución de energía eficiente en todas las áreas operativas de la microcervecería.

7. APARAMENTA ELÉCTRICA.

La aparamenta eléctrica es fundamental en la instalación de la microcervecería para garantizar la protección de los circuitos frente a posibles corrientes excesivas y asegurar la seguridad de los usuarios ante contactos directos o indirectos. Para ello, se instalan interruptores magnetotérmicos y diferenciales en cada una de las líneas calculadas, cumpliendo así con los requisitos de seguridad y control en todas las áreas de la instalación.

Cada línea incluye un interruptor magnetotérmico que protege los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos, y un interruptor diferencial cuya función es desconectar el circuito ante la presencia de fugas de corriente. La intensidad nominal de estos dispositivos se selecciona ligeramente superior a la intensidad real calculada, asegurando que los interruptores soporten la carga sin desconectarse de manera innecesaria. Además, las características de la aparamenta se adaptan a las condiciones de cada línea:

- Curva de disparo tipo C: Utilizada para líneas generales de alumbrado y tomas de corriente, donde la corriente de arranque no es significativa.

- Curva de disparo tipo D: Aplicada en las líneas de motores, capaces de soportar el incremento de corriente típico durante el arranque sin dispararse.

El interruptor diferencial principal en el cuadro general se configura con un retardo de desconexión de 1 segundo y una sensibilidad de 100 mA. Esto permite que, en caso de una desconexión en alguna línea, el resto de la instalación continúe operando sin interrupciones, manteniendo el suministro eléctrico de forma continua en las áreas que no presenten fallos.

Para las líneas de fuerza se incorpora un relé térmico como protección adicional contra sobrecargas y calentamientos. Además, se emplea un contactor para el encendido y control de la maquinaria, asegurando un manejo seguro de los motores y equipos de mayor consumo.

A continuación, se presenta una tabla con las especificaciones de los interruptores magnetotérmicos y diferenciales asignados a cada línea:

Línea	I real (A)	I adm. (A)	Int. Magnetotérmico		Int. Diferencial	
			Tipo de curva	I nominal (A)	Sensibilidad (mA)	Retardo (s)
L.1.1	8,66	13,5	D	10	30	0,1
L.1.2	13,77	15	C	14	30	0,1
L.1.3	3,39	13,5	D	10	30	0,1
L.2.1	11,55	13,5	D	13	30	0,1
L.2.2	8,77	21	C	16	30	0,1
L.2.3	2,78	13,5	D	10	30	0,1
L.2.4	65,77	77	D	70	30	0,1
L.3.1	14,43	17,5	D	16	30	0,1
L.3.2	7,51	15	C	10	30	0,1
L.3.3	20,76	24	D	22	30	0,1
L.3.4	9,92	13,5	D	10	30	0,1
L.3.5	44,06	59	D	50	30	0,1
L.3.6	2,97	13,5	D	10	30	0,1
L.4.1	26,09	36	D	27	30	0,1
L.4.2	2,95	15	C	10	30	0,1
L.5.1	15,65	21	D	17	30	0,1
L.5.2	2,27	15	C	10	30	0,1
LCS1	16,00	18	D	17	30	0,1
LCS2	71,87	80	D	75	30	0,1
LCS3	81,78	106	D	90	30	0,1
LCS4	9,55	18	D	13	30	0,1
LCS5	5,88	18	D	10	30	0,1
LCP	182,04	220	C	200	100	1

Tabla 15. – Resumen de resultados en aparenta por líneas.
Fuente. – Elaboración propia

Cada interruptor y diferencial instalado cumple con los requisitos de protección para la carga estimada en cada línea, brindando seguridad frente a sobrecargas, cortocircuitos y contactos accidentales.

8. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 5.

Álvarez J., García J.L., Perdigones, A. (septiembre, 2020). *Temario de la asignatura Instalaciones Eléctricas y Automatización*. Grado en Ingeniería Alimentaria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

BOE-A-1997-8669 (1997). *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669

BOE-A-2002-18099 (2002). *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión*. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-18099

BOE-A-2008-18634 (2008). *Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-18634

BOE. (2023). *Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC*. https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/abrir_pdf.php?fich=326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf

MINISTERIO DE VIVIENDA y AGENDA URBANA. (2022). *Documento Básico HE Ahorro de energía*. https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf

Norma UNE-EN 12.464-1:2003. (2003). *Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.* https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0029924

Norma UNE-EN 1838:2016. (2003). *Iluminación. Alumbrado de emergencia.* https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0056007

Norma UNE-EN 60439-1:2001. (2001). *Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Conjuntos de serie y conjuntos derivados de serie.* https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0025635

PHILIPS. (s. f.). *Coreline Panel gen6, 26 W, 1200x30 mm, VPC, 3600 lm, 4000 K, DALI.* Recuperado 29 de octubre de 2024, de https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/empotrada/coreline-panel-gen6/911401891085_EU/product

PHILIPS. (s. f.). *GentleSpace Gen3, 156 W, BR, 25000 lm, 4000 K, DALI, Haz medio, IP65, IK07, XT-70°C.* Recuperado 29 de octubre de 2024, de https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/naves-altas/gentlespace-gen3/910505100982_EU/product

ANEJO 6. ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 6.

1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA APPCC. 1

1.1 Principios del sistema APPCC. 1

2. PROGRAMA DE PRERREQUISITOS. 3

2.1 Plan de control de agua. 4

2.2 Plan de limpieza y desinfección. 6

2.3. Plan de control de plagas. 11

2.4. Plan de formación del personal. 14

2.5 Plan de control de proveedores. 16

2.6. Plan de trazabilidad. 19

2.7. Plan de gestión de residuos. 22

2.8 Plan de análisis del producto. 26

2.9 Plan de mantenimiento de las instalaciones. 28

3. ETAPAS DEL SISTEMA APPCC. 30

3.1 Formación del equipo de trabajo APPCC. 30

3.2 Definición de la actividad de la industria y descripción del producto. . 33

3.3 Identificación del uso esperado del producto. 36

3.4 Diagrama de flujo del proceso de elaboración. 37

3.5 Verificación "in situ" del diagrama de flujo. 39

3.5.1 Análisis de riesgos. 39

3.5.2 Determinación de Puntos de Control Críticos (PCC). 48

3.5.3 Aplicación de límites aceptables para cada PCC. 51

3.5.4 Aplicación de sistemas de vigilancia para cada PCC. 53

3.5.5 Aplicación de medidas correctivas. 56

3.5.6 Verificación del sistema. 59

3.5.7 Sistema de documentación y registros. 61

4. CONCLUSIONES. 63

5. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 6. 64

ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEJO 6.

Figura 1. – Esquema de actuación del control de plagas. **13**

Figura 2. – Diagrama de flujo de las entradas y salidas. **37**

Figura 3. – Árbol de decisiones para identificar los PCC. **49**

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 6.

Tabla 1. – Limpieza y desinfección. **8**

Tabla 2. – Clasificación de referencias y SKU. **20**

Tabla 2. – Tabla resumen del proceso productivo. **38**

Tabla 3. – Criterios de valoración de la gravedad. **40**

Tabla 4. – Criterios de valoración de la probabilidad. **40**

Tabla 5. – Tabla de valoración del riesgo (RIESGO = GRAVEDAD x PROBABILIDAD). **41**

Tabla 5. – Análisis de riesgos en la recepción y el almacenamiento. **42**

Tabla 6. – Análisis de riesgos en la molienda. **43**

Tabla 7. – Análisis de riesgos en el procesado del mosto y la fermentación. **44**

Tabla 8. – Análisis de riesgos en la maduración y la clarificación. **45**

Tabla 9. – Análisis de riesgos en el envasado. **46**

Tabla 10. – Análisis de riesgos en el pasteurizado y en el almacenamiento - expedición. **47**

Tabla 11. – Determinación de PPCC y PPRO entre los riesgos significativos. ... **50**

1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA APPCC.

El sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC), conocido también como HACCP por sus siglas en inglés (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), es una metodología sistemática y preventiva cuyo objetivo es garantizar la seguridad alimentaria en todas las fases de la cadena productiva. Surgido en la década de los 60 por necesidades de la NASA y la empresa Pillsbury, el APPCC fue diseñado para asegurar la inocuidad de los alimentos suministrados a los astronautas, y desde entonces se ha expandido globalmente. El APPCC es una herramienta de autocontrol que tiene un carácter preventivo, buscando identificar y gestionar los posibles peligros biológicos, químicos y físicos que puedan presentarse durante el proceso de producción alimentaria. En lugar de evaluar el producto terminado, el APPCC se centra en controlar cada una de las etapas del proceso productivo para anticiparse a los peligros potenciales y aplicar medidas correctivas en caso de desviaciones.

1.1 Principios del sistema APPCC.

El *Codex Alimentarius*, una referencia global para la normativa alimentaria, establece los siete principios fundamentales del sistema APPCC. Estos son:

1. **Análisis de peligros**: Se identifican todos los posibles peligros que podrían afectar la seguridad del alimento en cada etapa del proceso productivo, evaluando su probabilidad y gravedad. Este análisis es la base para establecer medidas preventivas.

2. **Determinación de los Puntos de Control Crítico (PCC)**: Se definen aquellos puntos del proceso donde se puede aplicar un control efectivo para prevenir, eliminar o reducir un peligro a niveles aceptables.

3. **Establecimiento de límites críticos**: Se determinan los valores específicos (temperatura, tiempo, pH, etc.) que deben ser respetados en cada PCC para asegurar el control del peligro.

4. **Establecimiento de un sistema de vigilancia**: Se implementan métodos de seguimiento y observación en cada PCC para verificar que los límites críticos se cumplen. Esto incluye pruebas, inspecciones y monitoreo continuo.

5. **Acciones correctivas**: Se establecen procedimientos a seguir cuando se detecta que un PCC ha salido de control, asegurando que los productos no conformes no lleguen al consumidor.

6. **Verificación del sistema**: Se realizan comprobaciones periódicas para garantizar que el sistema APPCC funciona de manera efectiva y que las medidas preventivas siguen siendo adecuadas.

7. **Establecimiento de un sistema de documentación y registros**: Se documentan todos los procedimientos, controles y acciones correctivas para asegurar la trazabilidad y facilitar auditorías o inspecciones.

Este enfoque preventivo permite a las empresas alimentarias, como las microcervecerías, garantizar productos inocuos para el consumo humano, además de cumplir con las normativas legales establecidas en la Unión Europea, como el Reglamento (CE) Nº 852/2004 sobre la higiene de los productos alimenticios

2. PROGRAMA DE PRERREQUISITOS.

El Programa de Prerrequisitos (PGH) es una parte fundamental del sistema APPCC, que establece las condiciones básicas y actividades operativas necesarias para mantener un ambiente higiénico a lo largo de toda la cadena de producción alimentaria. Estos prerrequisitos son medidas de carácter general que deben estar implementadas antes de aplicar el sistema APPCC, ya que forman la base de la inocuidad y aseguran que el proceso productivo funcione en condiciones sanitarias controladas.

El objetivo principal del programa de prerrequisitos es garantizar que las instalaciones, los equipos y el personal involucrado en la producción cumplan con los estándares de higiene y seguridad alimentaria, minimizando el riesgo de contaminación del producto. El programa de prerrequisitos se estructura en varios planes específicos que abarcan diferentes aspectos clave de la seguridad alimentaria en la industria cervecera, tales como:

- Plan de control del agua.
- Plan de limpieza y desinfección.
- Plan de control de plagas.
- Plan de formación del personal.
- Plan de control de proveedores.
- Plan de trazabilidad.
- Plan de gestión de residuos.
- Plan de análisis del producto.
- Plan de mantenimiento de las instalaciones.

Estos prerrequisitos permiten crear un entorno de trabajo adecuado y seguro para la producción alimentaria, y son esenciales para la correcta implementación del sistema APPCC en una microcervecería automatizada.

2.1 Plan de control de agua.

El agua es un componente fundamental en la producción de cerveza, representando un 90% de la composición final del producto, por lo que su calidad es un factor clave para garantizar tanto la seguridad alimentaria como las características organolépticas del producto final. En una microcervecería automatizada con una capacidad de producción anual de 80.000 litros, el plan de control de agua debe asegurar que el agua utilizada en todas las fases del proceso cumpla con los requisitos de potabilidad y calidad necesarios para evitar contaminaciones o alteraciones no deseadas en la cerveza.

Los principales objetivos del plan de control de agua son:

- Asegurar que el agua empleada en la producción y limpieza cumple con los estándares de calidad microbiológica, física y química.

- Evitar la contaminación del producto final y de los equipos por el uso de agua no tratada adecuadamente.

- Mantener registros y controles que verifiquen la inocuidad del agua en todo momento.

A continuación, se detallan los puntos clave a considerar en la implementación del plan de control de agua.

Fuente de abastecimiento.

El suministro de agua en la microcervecería proviene de la red pública, en este caso del embalse de Valmayor del Canal de Isabel II, que deberá cumplir con los criterios de potabilidad establecidos por la legislación nacional (Real Decreto 140/2003). Esta agua será utilizada en distintas fases de la producción, así como para la limpieza y desinfección de los equipos. Para optimizar su uso, se instalará un sistema de pretratamiento, que permitirá ajustar el contenido mineral para

comprobar la calidad del agua y optimizar el proceso de fermentación y el perfil sensorial de la cerveza.

Tratamiento del agua.

El agua es almacenada en depósitos de acero inoxidable, manteniendo la separación entre el agua destinada al proceso productivo y el agua utilizada para la limpieza. Este sistema garantiza la estabilidad de las características fisicoquímicas del agua, ajustando su dureza y pH de acuerdo con las necesidades de cada lote de producción.

Para ello, se realiza un tratamiento previo del agua que va a ser utilizado en la maceración, añadiendo minerales específicos como sulfato cálcico ($CaSO_4$), sulfato de magnesio ($MgSO_4$), cloruro cálcico ($CaCl_2$) y ácido láctico ($C_3H_6O_3$) para influir en el perfil final de la cerveza, ajustando las propiedades del agua al estilo Märzen.

Procedimientos de control de calidad.

El control del agua en la microcervecería incluye análisis periódicos para comprobar los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, tales como la presencia de cloro residual, amonios, turbidez, olor, sabor y la ausencia de contaminantes microbiológicos como coliformes. El responsable de calidad se encarga de llevar a cabo los muestreos en varios puntos del sistema, incluyendo la toma directa de la red pública y el agua tratada. Además, se realiza una comprobación de los informes microbiológicos y fisicoquímicos que el Canal de Isabel II publica periódicamente del embalse Valmayor y la red de Las Rozas de Madrid.

Los análisis microbiológicos se realizarán mensualmente y los fisicoquímicos con una frecuencia semanal. Los registros de estos análisis serán almacenados y revisados de manera continua para garantizar el cumplimiento de los estándares, permitiendo la detección temprana de cualquier desviación.

Mantenimiento del sistema de agua.

El sistema de tratamiento de agua y los depósitos serán sometidos a mantenimiento preventivo regular. Esto incluye la limpieza y desinfección de los tanques de almacenamiento y las tuberías, así como la revisión de los filtros del

sistema de ósmosis inversa. Cualquier incidencia registrada en el sistema será documentada y corregida inmediatamente.

Acciones correctivas.

Si los análisis del agua indican la presencia de contaminantes o niveles inadecuados de cloro, se implementarán medidas correctivas. Esto puede implicar el vaciado y limpieza de los depósitos o el ajuste del sistema de tratamiento. En caso de detectar niveles microbiológicos inaceptables, se procederá al tratamiento de choque con desinfectantes adecuados y se repetirá el análisis para verificar la corrección del problema. Además de comunicar la incidencia a las autoridades correspondientes del Canal de Isabel II.

Registros y documentación.

Todos los controles, análisis y mantenimientos realizados serán registrados en un sistema de gestión documental. Estos registros estarán disponibles para inspecciones y auditorías, y servirán para demostrar el cumplimiento de los requisitos sanitarios establecidos en el plan APPCC.

Con este plan de control de agua, la microcervecería garantiza que el agua utilizada en la producción de sus 80,000 litros anuales de cerveza es segura y adecuada, manteniendo los más altos estándares de calidad y seguridad alimentaria.

2.2 Plan de limpieza y desinfección.

El plan de limpieza y desinfección en una industria cervecera es un elemento clave para garantizar la seguridad alimentaria y mantener los estándares de higiene en todas las fases del proceso de producción. Un entorno limpio y desinfectado evita la proliferación de microorganismos patógenos, así como contaminaciones cruzadas que puedan comprometer la calidad del producto final.

Los principales objetivos del plan son establecer procedimientos sistemáticos para asegurar que todas las superficies, equipos, utensilios e instalaciones de la microcervecería estén debidamente limpias y desinfectadas, minimizando la posibilidad de contaminación microbiana, química o física.

A continuación, se detallan los puntos clave a considerar en la implementación del plan de control de agua.

Alcance.

Este plan abarca todas las áreas de la microcervecería, incluidas las zonas de producción, envasado, almacenamiento, y las superficies de contacto con alimentos. Los equipos como tanques de fermentación, sistemas de tuberías, bombas y utensilios también están incluidos, así como las áreas de vestuarios y zonas comunes que puedan influir en la higiene del personal.

Procedimientos de limpieza.

Los procedimientos de limpieza están diseñados en función del grado de exposición a contaminantes y el uso de cada equipo. Se utilizarán tres tipos de procesos:

1. **Limpieza manual**: En aquellas áreas o equipos donde la automatización no sea posible, se requerirá una limpieza manual. Se utilizarán productos de limpieza específicos para cada tipo de superficie, asegurando que no se dejen residuos peligrosos para el proceso de producción.

2. **Limpieza automatizada (CIP – *Clean In Place*)**: Los equipos de fermentación, tuberías y otros componentes cerrados del sistema se limpiarán mediante un sistema CIP, que permite la limpieza interna sin necesidad de desarmar el equipo. Este sistema utiliza soluciones de limpieza y desinfección controladas que circulan a través de los equipos para eliminar residuos y microorganismos.

3. **Limpieza externa de equipos**: Para superficies externas, se emplearán métodos manuales o de baja presión, utilizando detergentes suaves para evitar la corrosión del acero inoxidable de los tanques y otros equipos.

Frecuencias y tiempos de las tareas de limpieza y desinfección.

En la tabla 1, se especifica por lugar, las frecuencias y tiempos donde se debe proceder para mantener unos correctos niveles de higiene y esterilización durante todos los procesos.

LUGAR	TIPO	FRECUENCIA	TIEMPO
Molino 6 rodillos	Limpieza y desinfección	Después de cada uso	30 minutos
Macerador	Limpieza y desinfección	Después de cada uso	30 minutos
Equipo de cocción	Limpieza y desinfección	Después de cada uso	30 minutos
Tanques de fermentación	Limpieza y desinfección	Después de cada uso	25 minutos
	Esterilización	Antes de cada uso	20 minutos
Mangueras y accesorios	Limpieza y desinfección	Después de cada uso	Accesorios en agua y alcohol hasta su siguiente uso. Mangueras se limpian junto a las limpiezas del resto de material como hervidor, tanques…
	Esterilización	Antes de cada uso	20 minutos
Tanques de maduración	Limpieza y desinfección	Después de cada uso	30 minutos
	Esterilización	Antes de cada uso	20 minutos
Superficies, suelos y paredes	Limpieza y desinfección	Una vez a la semana	Sin tiempo determinado, lo que tarde el personal asignado.
		Una vez al mes a fondo	
Llenadora - enjuagadora	Limpieza y desinfección	Después de cada uso	30 minutos
Vestuarios	Limpieza y desinfección	Una vez a la semana	Sin tiempo determinado.
Latas y botellas	Limpieza y desinfección	Antes de su uso	Pasan a través de la cinta de la máquina por túnel de lavado.
Utensilios de fábrica	Esterilización	Antes de cada uso	15 min

Tabla 1. – Limpieza y desinfección.
Fuente. – Elaboración propia.

Adicionalmente, de forma general se establecen tareas periódicas para asegurar una correcta limpieza y desinfección.

- **Diaria**: Se realizará la limpieza y desinfección de áreas de trabajo y equipos al final de cada jornada productiva. Esto incluye superficies, utensilios y herramientas de trabajo.

- **Semanal**: La limpieza profunda de tanques de fermentación, tuberías CIP y áreas de almacenamiento será programada cada semana. Además, se inspeccionarán visualmente los equipos para verificar que no haya acumulación de residuos o depósitos de suciedad.

- **Mensual**: Se realizará una limpieza general de las instalaciones, incluidos techos, paredes y suelos, para eliminar el polvo y la suciedad acumulada. Las

zonas menos expuestas, pero igualmente importantes, como vestuarios y áreas comunes, también serán limpiadas y desinfectadas mensualmente.

Los encargados de realizar las tareas de limpieza y desinfección, así como de esterilización serán los operarios de la fábrica asignados por el responsable en cada turno de producción.

Productos y equipos de limpieza.

Los productos de limpieza y desinfección son seleccionados en función de su eficacia contra los microorganismos habituales en la producción cervecera, como levaduras y bacterias. Se utilizarán productos de limpieza alcalinos para eliminar residuos orgánicos y desinfectantes ácidos para la eliminación de minerales y la desinfección de las superficies.

- Detergentes alcalinos, empleados en la fase inicial para eliminar materia orgánica.

- Ácidos desinfectantes, utilizados para eliminar depósitos minerales y asegurar la completa desinfección.

- Desinfectantes basados en cloro o peróxidos, aplicados como último paso para asegurar la eliminación de microorganismos.

- Soca cáustica (NaOH): Limpieza y eliminación de suciedad.

- Peróxido de hidrogeno (H_2O_2): Utilizado junto a la sosa cáustica para equipos con suciedad elevada o elementos incrustados de difícil desprendimiento. Ambos elementos crean una reacción química capaz de eliminar estos restos.

- Ácido peracético (CH_3COOOH): Utilizado para esterilizar, por lo general en ciclos de recirculación durante 20 minutos.

- Alcohol (CH_3-CH_2OH): se utiliza para esterilizar y limpiar las zonas de contacto donde pase la cerveza como las salidas del fermentador o de los tanques de maduración, piezas de anclaje de mangueras y otros utensilios.

Se llevarán a cabo controles periódicos de los productos utilizados para garantizar su eficacia, además de revisiones de las fichas técnicas y su cumplimiento con las normativas de seguridad alimentaria.

Métodos de control y verificación.

La eficacia del plan de limpieza y desinfección será verificada mediante controles microbiológicos y pruebas de superficies en las áreas críticas de la producción. Se tomarán muestras de los equipos, tanques y superficies de trabajo después de cada ciclo de limpieza y desinfección para comprobar la ausencia de contaminantes.

Se utilizarán placas de contacto para superficies y análisis microbiológicos del agua usada en la limpieza. Además, se llevarán a cabo inspecciones visuales regulares para detectar residuos visibles o fallos en la limpieza.

Mantenimiento del equipo de limpieza.

Todo el equipo de limpieza, incluyendo las máquinas CIP y los utensilios manuales, será sometido a mantenimiento preventivo para asegurar su correcto funcionamiento. Esto incluye la revisión y reemplazo de filtros, bombas y mangueras que formen parte del sistema de limpieza automatizado.

Registros y documentación.

Para asegurar la trazabilidad y control del plan, se mantendrán registros detallados de cada limpieza realizada, indicando el equipo o área limpiada, los productos utilizados, las concentraciones, la duración del proceso y el responsable de su ejecución. Estos registros estarán disponibles para auditorías internas y externas, asegurando que se cumplen los requisitos establecidos por la normativa vigente en seguridad alimentaria.

Acciones correctivas.

Si durante los controles microbiológicos o inspecciones visuales se detectan fallos en la limpieza, se implementarán acciones correctivas inmediatas, que pueden incluir la repetición de los procesos de limpieza y desinfección o la modificación de los protocolos si es necesario. Los incidentes serán documentados, y el personal involucrado recibirá formación adicional si se detectan fallos de procedimiento.

En conclusión, este plan de limpieza y desinfección asegura que la microcervecería mantenga un entorno higiénico, minimizando el riesgo de contaminación y garantizando la producción segura y de calidad de la cerveza.

2.3. Plan de control de plagas.

El plan de control de plagas es un componente esencial para asegurar la integridad y seguridad alimentaria en la microcervecería automatizada de 80.000 litros al año. Este plan tiene como objetivo prevenir, detectar y controlar la presencia de plagas en las instalaciones, así como mitigar los riesgos asociados a su actividad. Las plagas, que incluyen roedores, insectos y otros organismos, pueden representar un riesgo significativo para la producción cervecera al contaminar materias primas, productos terminados y equipos, comprometiendo así la calidad del producto final.

Los principales objetivos del plan de control de plagas son:

- Evitar la entrada y proliferación de plagas en las instalaciones de la microcervecería.
- Implementar medidas de control y monitoreo eficaces para detectar la presencia de plagas de forma temprana.
- Asegurar que se sigan procedimientos adecuados para la eliminación y control de plagas, minimizando el impacto sobre el proceso productivo y la seguridad alimentaria.

Para cumplir con los objetivos, se detallan a continuación los aspectos clave a considerar en la implementación del plan.

Evaluación inicial y medidas preventivas.

El primer paso en la implementación del plan es realizar una evaluación inicial del establecimiento para identificar posibles puntos de entrada y refugio para plagas. Esto incluye la inspección de áreas como:

- **Entradas y salidas**: Puertas, ventanas y sistemas de ventilación que puedan servir como accesos para plagas.

- **Almacenes y áreas de producción**: Espacios donde se guardan materias primas y productos terminados, que pueden atraer a insectos y roedores.

- **Sistemas de drenaje**: Zonas propensas a acumulaciones de agua, que pueden convertirse en criaderos de moscas y otros insectos.

Las medidas preventivas incluyen el sellado de grietas, la instalación de barreras físicas y el mantenimiento de áreas limpias y ordenadas, eliminando fuentes de alimento y refugio para las plagas. Se fomentará la higiene del entorno, asegurando que no haya restos de alimentos o desperdicios accesibles.

Monitoreo y detección.
Se establecen sistemas de monitoreo para evaluar la presencia de plagas. Esto incluye:

- **Trampas adhesivas**: Se colocan en puntos estratégicos de las instalaciones, especialmente cerca de entradas, áreas de almacenamiento y zonas de producción. Estas trampas permitirán detectar la actividad de roedores e insectos.

- **Inspecciones regulares**: Se realizan chequeos periódicos de las instalaciones, con un enfoque en las áreas más susceptibles a infestaciones, para identificar signos de plagas como excrementos, túneles o daños en las estructuras.

Control de plagas.
Si se detecta la presencia de plagas, se activan las acciones correctivas de inmediato. El control se lleva a cabo de la siguiente manera.

- **Métodos físicos**: Se utilizan trampas, barreras y otros dispositivos de captura para eliminar de manera segura a los roedores e insectos.

- **Tratamientos químicos**: En caso de infestaciones severas, se recurre a la contratación de servicios profesionales de control de plagas, que aplican

tratamientos adecuados, siguiendo estrictamente las normativas de seguridad alimentaria y las instrucciones del fabricante.

Es crucial que los productos utilizados sean seguros y compatibles con el proceso de producción cervecera, evitando cualquier riesgo de contaminación. A continuación, se expone un diagrama de flujo con los procedimientos de actuación en el control de plagas.

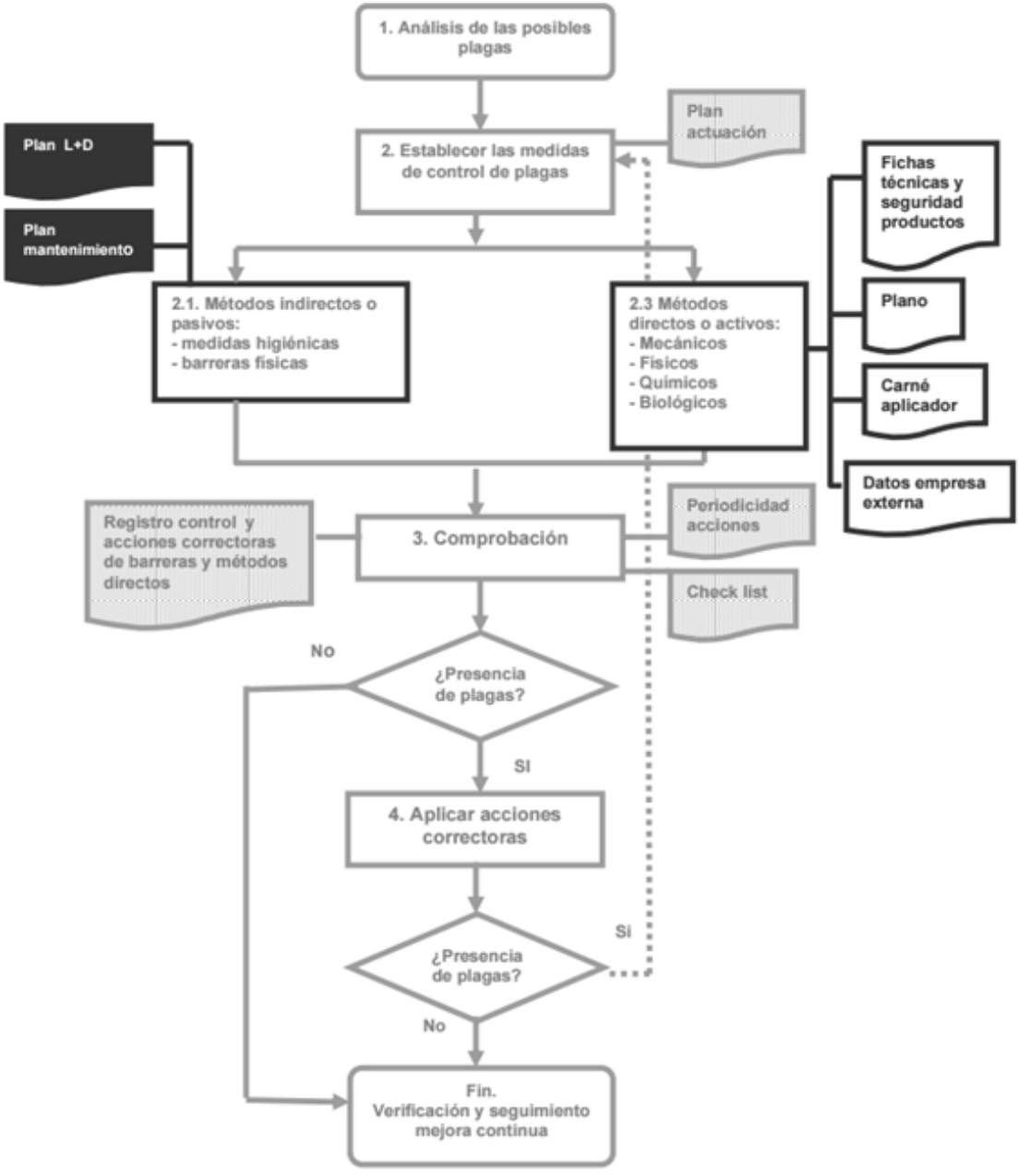


Figura 1. – Esquema de actuación del control de plagas.
Fuente. – Gestión Calidad Consulting.

Registros y documentación.
Se realizan registros detallados de todas las actividades relacionadas con el control de plagas, incluyendo las inspecciones, tratamientos aplicados, resultados de monitoreos y acciones correctivas. Estos registros serán esenciales para demostrar la eficacia del plan y para auditorías internas o externas.

Con este plan, se garantiza en la microcervecería un ambiente seguro y limpio, protegiendo la calidad de la cerveza producida y asegurando la inocuidad del producto final para los consumidores.

2.4. Plan de formación del personal.

El plan de formación del personal es un componente crucial en cualquier industria, ya que asegura que todos los empleados estén capacitados para llevar a cabo sus funciones de manera efectiva, manteniendo altos estándares de higiene y seguridad alimentaria. La formación del personal no solo se centra en la adquisición de habilidades técnicas, sino que también fomenta la concienciación sobre la importancia de seguir las normas establecidas y las prácticas de seguridad en el entorno de trabajo.

Los principales objetivos del plan de formación son:

- Proporcionar a todo el personal los conocimientos necesarios sobre la manipulación segura de alimentos y las prácticas de higiene.

- Fomentar una cultura de seguridad y calidad dentro de la microcervecería.

- Mantener actualizados a los empleados sobre las normativas de seguridad alimentaria y las mejores prácticas del sector.

Contenido de la formación.
El contenido del plan de formación incluye varias áreas esenciales:

1. **Higiene personal**: Se instruye a los empleados sobre la importancia de la higiene personal en la producción de alimentos, incluyendo prácticas como el lavado de manos, el uso de ropa adecuada y la gestión de salud personal.

2. **Manipulación segura de alimentos**: El personal aprende sobre las técnicas de manipulación segura de los ingredientes y productos terminados, así como los peligros asociados con la contaminación cruzada.

3. **Sistemas de control de calidad**: Se capacita a los empleados en los principios del sistema APPCC y en la identificación de Puntos de Control Críticos (PCC), asegurando que comprendan su papel en la prevención de riesgos.

4. **Limpieza y desinfección**: Se proporciona formación específica sobre los procedimientos de limpieza y desinfección, destacando la importancia de mantener un entorno limpio y seguro para la producción de cerveza.

5. **Control de plagas**: Se instruye al personal sobre las medidas preventivas para evitar infestaciones de plagas y cómo actuar en caso de detectar signos de infestación.

6. **Respuestas a emergencias**: Se capacita a los empleados sobre los procedimientos a seguir en situaciones de emergencia, como derrames, fallos en el equipo o incidentes relacionados con la seguridad alimentaria.

Concienciación del personal.

Además de la formación técnica, el plan enfatiza la importancia de la concienciación entre el personal. Se organizan sesiones de sensibilización para crear un ambiente de trabajo en el que todos los empleados comprendan la relevancia de su papel en la cadena de producción. Se les anima a reportar cualquier anomalía o preocupación relacionada con la seguridad alimentaria, creando un espacio de confianza y comunicación.

Evaluación de la formación.

La efectividad del plan de formación se evalúa regularmente mediante pruebas y evaluaciones prácticas que permiten verificar la comprensión y aplicación de los conocimientos adquiridos. Se implementan simulaciones y ejercicios prácticos para asegurar que los empleados puedan aplicar lo aprendido en situaciones reales.

Revisión y mejora continua.

El plan de formación se revisa y actualiza periódicamente en función de los cambios en la normativa, las mejores prácticas de la industria y los resultados de las evaluaciones. Se lleva a cabo un análisis de feedback por parte de los empleados y se identifican áreas de mejora para ajustar los contenidos formativos. La formación continua es fundamental para mantener la calidad y seguridad en la producción de cerveza, asegurando que todos los empleados se mantengan al día con las últimas prácticas y regulaciones.

En conclusión, el plan de formación del personal garantiza que el equipo de la microcervecería esté bien preparado para enfrentar los desafíos del sector y contribuya a la producción de cervezas de alta calidad, seguras y adecuadas para el consumo.

2.5 Plan de control de proveedores.

Un plan de control de proveedores es esencial en cualquier industria de cerveza para asegurar que las materias primas y los insumos utilizados en la producción cumplan con los estándares de calidad y seguridad alimentaria. Este plan establece los criterios y procedimientos que se siguen para seleccionar, evaluar y controlar a los proveedores, garantizando la integridad de los productos desde su origen hasta su uso en la producción.

Los principales objetivos del plan de control de proveedores son:

- Asegurar que los proveedores cumplan con los requisitos de calidad y seguridad alimentaria establecidos por la microcervecería.

- Garantizar la trazabilidad de las materias primas y otros insumos utilizados en la elaboración de la cerveza.

- Mantener una relación de confianza y comunicación efectiva con los proveedores para asegurar un suministro continuo y de calidad.

Selección de proveedores.

La selección de proveedores se basa en criterios estrictos que incluyen la calidad de los productos, el cumplimiento de normativas de seguridad alimentaria y la

capacidad de trazabilidad. Para ser aprobados, los proveedores deben presentar documentación que garantice el cumplimiento de la normativa vigente, como certificaciones de calidad, fichas técnicas de productos y auditorías de terceros. Se priorizan proveedores que ofrezcan productos consistentes y que trabajen bajo estándares de buenas prácticas de manufactura (BPM) y sistemas de gestión de la calidad como ISO 22000 o similares. Además, se realiza una evaluación inicial que incluye visitas a las instalaciones del proveedor para verificar sus procesos de producción, higiene y manejo de materias primas.

Evaluación y monitoreo continuo.

Una vez seleccionados, los proveedores son sometidos a evaluaciones periódicas para asegurar que mantienen los estándares requeridos. Estas evaluaciones incluyen.

- **Auditorías externas**: Se realizan visitas periódicas a las instalaciones de los proveedores clave para evaluar sus sistemas de calidad y procesos de producción.

- **Control de calidad de las materias primas**: Al recibir los insumos, se realizan controles de calidad en las materias primas, como malta, lúpulo y levadura, para asegurar que cumplen con las especificaciones técnicas. Además, deben de ir bien identificados en su envase, con su descripción, cantidad, lote y fecha de caducidad. Si algún producto no cumple con los estándares, se rechaza y se activa el proceso de reclamación.

- **Historial de desempeño**: Se lleva un registro del desempeño de cada proveedor, incluyendo la puntualidad en las entregas, la calidad de los productos y la respuesta a problemas o incidencias.

Este monitoreo continuo permite mantener una relación de confianza con los proveedores y asegura que cualquier desviación sea identificada y corregida rápidamente.

Trazabilidad y documentación.

La trazabilidad es un aspecto fundamental en el control de proveedores. Se implementa un sistema de registro que permite seguir el rastro de cada lote de

materia prima desde su recepción hasta su uso en la producción. Cada lote es identificado con un código único que facilita el seguimiento y permite una respuesta rápida en caso de incidencias o retiros de productos. Este registro se basa en registrar cada referencia como SKU (*Stock Keeping Unit* o Unidad de Mantenimiento de Inventario) y un lote asociado, para poder hacer el registro en la entrada y la trazabilidad de las fabricaciones en el sistema.

Toda la documentación relacionada con las materias primas, como certificados de calidad, resultados de análisis y fichas técnicas, se almacena de manera organizada y accesible, lo que facilita auditorías y revisiones.

Concienciación del personal.
El éxito del plan de control de proveedores depende también de la formación y concienciación del personal involucrado en la recepción y almacenamiento de materias primas. Se capacita a los empleados para que reconozcan la importancia de verificar la calidad de los productos al recibirlos y para que sigan los procedimientos de inspección establecidos. Se fomenta una cultura de responsabilidad compartida, donde cada miembro del equipo entiende su papel en la garantía de la calidad del producto final.

Revisión y mejora continua.
El plan de control de proveedores está sujeto a revisiones periódicas para asegurar su eficacia. Basándose en los resultados de las auditorías, controles de calidad y feedback de los empleados, se identifican áreas de mejora. Los proveedores que no cumplan consistentemente con los estándares pueden ser revaluados o reemplazados si es necesario.

Esta mejora continua permite ajustar el plan a los cambios en la normativa, las necesidades de producción y la evolución del mercado, garantizando que la microcervecería mantenga un control riguroso sobre la calidad de sus materias primas y el rendimiento de sus proveedores.

Con este plan, la microcervecería asegura que las materias primas recibidas son de la mejor calidad posible, contribuyendo a la producción de una cerveza de alta calidad y cumpliendo con los requisitos de seguridad alimentaria.

2.6. Plan de trazabilidad.

El plan de trazabilidad en la microcervecería automatizada garantiza la capacidad de rastrear de manera eficiente cada lote de producto y todas las materias primas involucradas en su elaboración. Este sistema es fundamental para asegurar que todos los insumos utilizados en la producción puedan ser localizados a lo largo de toda la cadena de suministro, desde su origen hasta el producto final, permitiendo una respuesta rápida en caso de detección de un problema de seguridad alimentaria o de calidad.

Los principales objetivos del plan de trazabilidad son los siguientes:

- Asegurar la trazabilidad completa de las materias primas, productos intermedios y productos terminados.

- Facilitar la identificación y el retiro inmediato de cualquier lote afectado en caso de incidentes o no conformidades.

- Garantizar que se cumpla con los requisitos legales en materia de trazabilidad alimentaria.

Sistema de codificación.

Cada lote de materia prima, producto intermedio y cerveza terminada recibe un código único, que permite su seguimiento en todas las fases del proceso de producción. Este código contiene información clave, como la fecha de producción, el proveedor de las materias primas y los parámetros del proceso.

El sistema de trazabilidad de la microcervecería está diseñado para funcionar de manera digital, utilizando software especializado que registra automáticamente la entrada de insumos y el seguimiento de los lotes a medida que avanzan por las distintas etapas de la producción. Esto facilita el acceso rápido a la información y minimiza los errores asociados al manejo manual de datos. Para ello es necesario tener el mencionado registro del código único junto al registro del SKU (*Stock Keeping Unit* o Unidad de Mantenimiento de Inventario) con su lote. A continuación, se expone en la tabla 2 el registro de todas las referencias de materias primas, envases y materiales auxiliares con su correspondiente SKU.

Clasificación	SKU	Descripción
Materia prima	MP-CACO4	Sulfato cálcico
Materia prima	MP-MGSO4	Sulfato de magnesio
Materia prima	MP-CACL2	Cloruro cálcico
Materia prima	MP-C3H6O3	Ácido láctico
Materia prima	MP-MAL-MUN	Malta Múnich
Materia prima	MP-MAL-PIL	Malta Pilsner
Materia prima	MP-MAL-VIE	Malta Viena
Materia prima	MP-LUP-HM	Lúpulo *Hallertauer Mittelfrüh*
Materia prima	MP-LEV-WLM	Levadura *White Labs Märzen WLP820*
Envase	ENV-1-LAT-MET	Latas de metal
Envase	ENV-2-CAJ-LAT	Caja 12 latas
Envase	ENV-3-PAL-EUR	Palet europeo
Envase	ENV-3-FILM	Film retráctil
Material auxiliar	AUX-ETQ-LAT	Etiquetas PP 10x9 cm
Material auxiliar	AUX-ETQ-ANO	Etiquetas Anónimas 15x20 cm

Tabla 2. – Clasificación de referencias y SKU.
Fuente. – Elaboración propia.

Trazabilidad interna y externa.

El plan de trazabilidad se aplica tanto en la trazabilidad interna como en la externa:

- **Trazabilidad interna**: Se rastrean todos los movimientos de las materias primas y productos dentro de la microcervecería. Desde la recepción de ingredientes como la malta, el lúpulo y la levadura, hasta el proceso de maceración, fermentación y envasado, cada etapa se documenta para asegurar que cualquier problema que surja pueda ser vinculado a un lote específico de materia prima o a una fase del proceso.

- **Trazabilidad externa**: Una vez que la cerveza ha sido producida y envasada, el sistema de trazabilidad sigue funcionando para asegurar que cada lote de producto terminado pueda ser rastreado hasta su destino final en la cadena de suministro. Esto permite actuar rápidamente en caso de problemas en el mercado, retirando los productos afectados y minimizando los riesgos para los consumidores.

Procedimientos y registros.

En cada fase del proceso productivo, se registra la información clave en relación con los lotes. Esto incluye:

- La identificación del proveedor de las materias primas.
- La fecha de recepción y los resultados de los controles de calidad.
- La asignación de las materias primas a cada lote de producción.
- Los parámetros del proceso, como temperaturas, tiempos y resultados de los controles en cada etapa.
- La salida del producto terminado hacia los distribuidores.

Todos estos registros se almacenan tanto en formato digital como en copias de seguridad físicas, y se mantienen accesibles para auditorías internas y externas. Además, el personal involucrado en la gestión de los lotes está entrenado para seguir los procedimientos establecidos y realizar las verificaciones correspondientes antes de cada movimiento de producto.

Concienciación del personal:

El éxito del sistema de trazabilidad depende de la participación activa y consciente del personal. Los empleados reciben formación continua sobre la importancia de la trazabilidad y la correcta aplicación de los sistemas de codificación y registro. Se les enseña a reportar inmediatamente cualquier anomalía o discrepancia en la información registrada, asegurando que el sistema funcione de manera precisa y efectiva.

Revisión y mejora continua:

El plan de trazabilidad se revisa periódicamente para asegurar que sigue siendo eficiente y adecuado para las necesidades de la microcervecería. Se realizan pruebas de trazabilidad simuladas para verificar que el sistema pueda localizar con precisión cualquier lote de producto y materias primas. Las revisiones también identifican posibles mejoras en los procesos, como la incorporación de nuevas tecnologías o la optimización de procedimientos.

Los resultados de estas revisiones se documentan, y cualquier cambio o mejora se implementa de manera inmediata, asegurando que el sistema evolucione en línea con las necesidades de la producción y las normativas vigentes.

En conclusión, con este plan de trazabilidad, la microcervecería garantiza que cada producto elaborado puede ser rastreado de manera completa y efectiva, asegurando la calidad y la seguridad en todas las etapas del proceso, y permitiendo una rápida respuesta ante cualquier incidente.

2.7. Plan de gestión de residuos.

El plan de gestión de residuos en la microcervecería establece los procedimientos necesarios para la correcta manipulación, almacenamiento, y disposición de los residuos generados durante el proceso de producción. Este plan tiene como objetivo minimizar el impacto ambiental de las operaciones, garantizar la seguridad alimentaria y cumplir con las normativas vigentes en materia de gestión de residuos. La gestión adecuada de los residuos, tanto sólidos como líquidos, es fundamental para evitar contaminaciones cruzadas, reducir el desperdicio y fomentar prácticas sostenibles dentro de la cervecería.

Los objetivos principales del plan son:

- Establecer procedimientos para la correcta segregación, manejo y eliminación de residuos.

- Reducir el volumen de residuos generados y promover el reciclaje o reutilización siempre que sea posible.

- Asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad alimentaria aplicables.

Para el cumplimiento del plan se desarrollan los siguientes aspectos.

Clasificación y segregación de residuos.

Los residuos generados en la microcervecería se clasifican en diferentes categorías para su gestión adecuada:

1. **Residuos orgánicos**: Los principales residuos orgánicos provienen de la producción de cerveza, como el bagazo (residuo sólido resultante del filtrado del mosto), restos de lúpulo y levaduras gastadas. Estos residuos pueden ser reutilizados como alimento para ganado o compost.

2. **Residuos líquidos**: Las aguas residuales generadas durante la limpieza de equipos y procesos productivos contienen restos de materia orgánica y productos químicos. Estas aguas se gestionan a través de sistemas de tratamiento de aguas residuales antes de su vertido, asegurando que cumplen con los parámetros de calidad establecidos por las normativas locales.

3. **Residuos peligrosos**: Algunos productos utilizados en la limpieza y desinfección, como productos químicos agresivos, se consideran peligrosos y requieren un manejo especial. Se almacenan en áreas seguras y se eliminan a través de gestores autorizados.

4. **Residuos no peligrosos**: Incluyen envases plásticos, cartón y papel, que se recogen por separado para su reciclaje.

En resumen, durante la producción de la cerveza se generan los siguientes residuos a lo largo de diversas etapas:

- Desempaquetado: Cartón, papel, plástico, sacos, palets de plástico y madera.
- Molienda: Sacos, plásticos, flejes.
- Maceración: Restos de subproductos como el bagazo.
- Cocción: Presencia de residuo vegetal procedente de la utilización de lúpulo.
- Fermentación: Restos de biomasa procedente de la levadura.
- Envasado: Cartón, papel, palets, latas de aluminio, botellas de vidrio, flejes, etiquetas.
- Embalaje: Film transparente, papeles.

Procedimientos de manejo y eliminación.

Los subproductos como el bagazo se depositan en contenedores de polietileno de 1.000 litros diseñados específicamente para este propósito, con etiquetas que indican claramente su contenido (por ejemplo: "Contenedor Bagazo"). Una empresa especializada se encarga de la recolección para la reutilización en el sector agrícola.

Por otro lado, la levadura residual, el trub del lúpulo y las cervezas en mal estado o desechadas no se almacenan; en su lugar, se eliminan directamente a través de los desagües principales del almacén. Dado que estos residuos tienen una alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se diluyen con agua para reducir su impacto antes de ser vertidos.

El agua residual generada en los procesos de limpieza y envasado, que representa entre el 65% y 80% del agua consumida, también se vierte a los desagües principales sin almacenamiento previo. Esta agua contiene materia orgánica biodegradable, sólidos en suspensión y residuos de productos de limpieza con pH alcalino.

Los productos caducados o rechazados se almacenan temporalmente en la cámara frigorífica en una sección designada y señalizada como "Producto no conforme". Estos productos permanecen allí mientras se decide si pueden ser reutilizados o deben ser desechados definitivamente.

Para los residuos peligrosos, se mantienen registros detallados de los productos utilizados y las cantidades desechadas. Estos residuos se recogen y transportan siguiendo las directrices establecidas por las autoridades medioambientales, garantizando una eliminación segura y controlada.

Por último, los residuos inorgánicos se gestionan inicialmente en las zonas de trabajo, utilizando los sacos vacíos de malta para su recogida. Una vez llenos, se trasladan al área del muelle de carga, donde se separan según su tipo: cartón, plástico, vidrio y aluminio

Control y minimización de residuos.

El plan también incluye estrategias para minimizar la generación de residuos, optimizando los procesos de producción y fomentando prácticas más eficientes. Por ejemplo, se controla el uso de agua en los procesos de limpieza para reducir las aguas residuales, y se emplean productos de limpieza biodegradables cuando es posible. Además, se trabaja en la optimización de las recetas y procesos para reducir las pérdidas de materia prima.

Concienciación del personal.

La correcta gestión de los residuos depende en gran medida del compromiso y conocimiento del personal. Se imparte formación específica a todos los empleados sobre las mejores prácticas en la segregación de residuos, la manipulación de productos peligrosos y el uso eficiente de recursos. Se les enseña a seguir los procedimientos establecidos y a reportar cualquier incidencia que pueda afectar la correcta gestión de residuos. El plan también fomenta la concienciación ambiental entre los trabajadores, e incentiva al personal a identificar oportunidades para mejorar la gestión de residuos y a adoptar medidas que contribuyan a reducir la huella ecológica de las operaciones.

Revisión y mejora continua.

El plan de gestión de residuos se revisa periódicamente para asegurar que se mantiene efectivo y actualizado con respecto a la normativa vigente y las mejores prácticas del sector. Se realizan auditorías internas para evaluar la eficiencia de las medidas implementadas y se revisan los registros de residuos peligrosos y no peligrosos para detectar posibles mejoras. Además, se fomenta la participación del personal en la identificación de oportunidades para reducir, reciclar o reutilizar los residuos generados. Cualquier cambio en los procesos de producción o en la normativa aplicable se incorpora de inmediato al plan, asegurando su continua mejora y adaptación a las necesidades de la microcervecería. Esta mejora continua garantiza que la gestión de residuos siga contribuyendo a la sostenibilidad de la cervecería y al cumplimiento de los requisitos de seguridad alimentaria.

Con este plan de gestión de residuos, la microcervecería asegura la correcta disposición y control de los residuos generados, minimizando su impacto ambiental y garantizando la seguridad del proceso productivo.

2.8 Plan de análisis del producto.

El plan de análisis del producto se establece como una medida fundamental para garantizar la calidad y seguridad del producto final. Este plan engloba una serie de controles y análisis que se implementan en diferentes etapas del proceso productivo, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento del producto terminado, asegurando que cada lote cumpla con los estándares exigidos.

Análisis fisicoquímicos.

Los análisis fisicoquímicos permiten controlar las propiedades intrínsecas de la cerveza. Se realizan mediciones de pH, densidad, color, turbidez, extracto seco y contenido alcohólico. Es crucial que la cerveza estilo Märzen cumpla con los parámetros establecidos en términos de color (cobre a ámbar oscuro), sabor característico maltoso y contenido de alcohol que oscila entre el 5% y 6%. Estos análisis se efectúan durante el proceso de fermentación y maduración, y posteriormente en el producto final, asegurando que las propiedades de la cerveza se mantengan dentro de los límites normativos.

Para garantizar la consistencia en el producto final, se controlan también factores como la cantidad de CO2 disuelto, que es clave para lograr la carbonatación adecuada. Estos análisis se documentan y comparan con los valores de referencia establecidos para asegurar la uniformidad de cada lote de cerveza.

Análisis microbiológicos.

La seguridad alimentaria en el producto es una prioridad, y para ello se realizan rigurosos análisis microbiológicos en diferentes puntos críticos del proceso, como en las materias primas (cebada malteada, lúpulo, levadura) y en el producto final. Los análisis se centran en la detección de patógenos como *Salmonella*, *E. coli*, *Listeria monocytogenes* y levaduras salvajes que podrían comprometer la calidad o la seguridad del producto.

Adicionalmente, se monitorea la presencia de bacterias ácido-lácticas que pueden afectar el sabor y la estabilidad de la cerveza. Los puntos de muestreo incluyen la fase de fermentación, maduración y el producto envasado, garantizando que los controles se mantengan a lo largo de todo el ciclo de producción.

Análisis sensoriales.

Los análisis sensoriales juegan un papel clave en la validación final del producto, asegurando que la cerveza cumpla con las expectativas del consumidor en cuanto a sabor, aroma, cuerpo y apariencia. Estos análisis son realizados por un panel de expertos cerveceros, que evalúan el perfil organoléptico de la cerveza en diferentes momentos del proceso productivo, especialmente al final de la maduración y antes del envasado.

La cerveza Märzen debe mostrar un equilibrio entre el dulzor maltoso, el amargor del lúpulo y los aromas tostados característicos de este estilo. La evaluación sensorial se lleva a cabo bajo condiciones controladas para garantizar que no existan desviaciones que comprometan la calidad.

Procedimientos de control.

El plan de análisis se acompaña de un protocolo de control que incluye la frecuencia de los muestreos, los métodos de análisis y los límites críticos permitidos. Los análisis se registran en un sistema automatizado de gestión de calidad, lo que permite trazar cualquier problema hasta su origen y tomar medidas correctivas rápidamente si es necesario.

Además, la formación continua del personal encargado de estos análisis es esencial para garantizar la correcta ejecución de los procedimientos, el uso adecuado de los equipos y la correcta interpretación de los resultados. Esto garantiza que el plan de análisis no solo sea eficiente, sino también consistente y actualizado conforme a las mejores prácticas y normativas vigentes.

Revisión y mejora continua.

El plan de análisis del producto no es estático. Se revisa de forma periódica para incorporar nuevas técnicas analíticas, actualizar los parámetros de calidad según los estándares del mercado y adaptarse a cualquier cambio en la legislación aplicable. La implementación de auditorías internas y la participación en ensayos interlaboratorios aseguran que el plan siga siendo efectivo y esté alineado con las exigencias de calidad de la industria cervecera.

En resumen, el plan de análisis del producto en esta microcervecería automatizada se basa en la evaluación continua de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, asegurando que cada lata de cerveza Märzen cumpla con los más altos estándares de calidad y seguridad alimentaria.

2.9 Plan de mantenimiento de las instalaciones.

El plan de mantenimiento de las instalaciones tiene como objetivo asegurar el buen funcionamiento de los equipos y garantizar la seguridad y calidad del producto final. Un mantenimiento adecuado es fundamental para prevenir fallos en los equipos que puedan afectar la integridad del proceso de elaboración de cerveza. Este plan se organiza en dos tipos de mantenimiento principales: mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se realiza de forma programada y periódica, anticipando posibles averías o fallos en los equipos. Incluye la revisión y limpieza de sistemas críticos como los fermentadores, los equipos de envasado y los sistemas de control de temperatura. Este tipo de mantenimiento asegura que los equipos operen de manera óptima y reduce el riesgo de contaminación del producto. En particular, los sistemas CIP (Cleaning In Place) deben recibir mantenimiento regular para asegurar su correcta operación, eliminando residuos en las líneas de producción sin necesidad de desensamblar los equipos.

Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo, por otro lado, se lleva a cabo cuando se detectan fallos o averías. Esto incluye reparaciones urgentes de equipos que fallan durante el proceso de producción. Para minimizar interrupciones en la operación, es importante contar con procedimientos claros que permitan identificar rápidamente los problemas y actuar de manera eficiente. El personal encargado del mantenimiento debe estar formado adecuadamente y seguir los protocolos de seguridad e higiene durante cualquier intervención, garantizando que las áreas de trabajo queden limpias y libres de residuos después de cada intervención.

Registro y control de mantenimiento.

Para garantizar el control y trazabilidad del plan, cada operación de mantenimiento se registra en un sistema de gestión. Se deben documentar las fechas de intervención, los equipos mantenidos, las acciones realizadas y el personal responsable de las operaciones. Además, los equipos de medición, como termómetros, manómetros y conductivímetros, deben ser calibrados regularmente para garantizar su precisión. La frecuencia de calibración debe estar alineada con las recomendaciones del fabricante y las normativas de seguridad alimentaria.

Verificación y mejora continua.

El plan de mantenimiento se revisa y ajusta periódicamente para garantizar que se mantenga actualizado en función del desgaste de los equipos y el incremento de la capacidad productiva de la microcervecería. Se realizan auditorías internas para verificar la efectividad de las acciones de mantenimiento y se implementan mejoras continuas en función de los resultados obtenidos, reduciendo al máximo el riesgo de fallos en el sistema.

Este enfoque integral asegura que los equipos operen en condiciones óptimas, protegiendo tanto la calidad de la cerveza Märzen como la eficiencia general de la planta

3. ETAPAS DEL SISTEMA APPCC.

El sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) se estructura en una serie de etapas que tienen como objetivo identificar, evaluar y controlar los peligros que puedan comprometer la seguridad alimentaria en los procesos de producción. Estas etapas permiten aplicar un enfoque preventivo en lugar de reactivo, asegurando que cualquier posible riesgo sea gestionado de manera eficaz antes de que afecte al producto final. El éxito del sistema APPCC depende de seguir cada una de las etapas de manera rigurosa, desde la formación del equipo de trabajo hasta la implementación de acciones correctivas, verificación y documentación. Este enfoque sistemático es fundamental para garantizar la producción de alimentos seguros y cumplir con las normativas de seguridad alimentaria vigentes. A continuación, se van desarrollando las distintas etapas para la implementación del sistema APPCC en la microcervecería.

3.1 Formación del equipo de trabajo APPCC.

La formación del equipo de trabajo es el primer paso para la implementación exitosa del sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico en la microcervecería automatizada. Este equipo multidisciplinar se encarga de diseñar, implementar y mantener el sistema APPCC, y debe estar compuesto por profesionales con diversos conocimientos técnicos y experiencia en seguridad alimentaria, control de calidad y procesos de producción cervecera.

Composición del equipo.

El equipo APPCC está formado por representantes de diferentes áreas clave de la microcervecería, asegurando una perspectiva integral del proceso productivo.

1. **Responsable de calidad**: Encargado de liderar el equipo y garantizar que el sistema APPCC cumpla con las normativas de seguridad alimentaria y las buenas prácticas de manufactura. Supervisa las auditorías internas y es el principal punto de contacto con las autoridades regulatorias.

2. **Maestro cervecero**: Aporta su experiencia técnica sobre los procesos de producción, desde la maceración hasta la fermentación, y se encarga de identificar los riesgos asociados a cada etapa del proceso cervecero.

3. **Ingeniero de producción**: Su función es asegurar que todos los aspectos técnicos y operativos de los equipos automatizados cumplan con los requisitos de control necesarios para prevenir posibles peligros.

4. **Encargado de almacén y logística**: Responsable de garantizar que las materias primas y los productos terminados se gestionen adecuadamente, evitando riesgos asociados a la manipulación, el almacenamiento y la distribución.

5. **Técnico de mantenimiento**: Su papel es asegurar el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos, reduciendo riesgos de fallos mecánicos o técnicos que puedan afectar la seguridad alimentaria.

Funciones del equipo.

El equipo de trabajo APPCC tiene como misión principal identificar los peligros potenciales en cada fase del proceso de producción de cerveza y establecer los controles necesarios para eliminarlos o reducirlos a niveles aceptables. Cada miembro del equipo tiene responsabilidades específicas según su área de especialización, pero todos colaboran de manera conjunta para.

- **Identificar peligros**: Reconocer los riesgos biológicos, físicos y químicos que pueden surgir en el proceso, desde la recepción de materias primas hasta el envasado del producto final.

- **Establecer Puntos de Control Crítico (PCC)**: Definir los puntos donde es necesario aplicar controles para evitar que los peligros detectados comprometan la seguridad alimentaria.

- **Establecer límites críticos**: Definir los parámetros medibles que aseguren que el proceso se encuentra bajo control en cada PCC, como temperatura, tiempo de cocción, o pH.

- **Monitorear y verificar**: Diseñar un sistema de monitoreo que permita supervisar los PCC en tiempo real y garantizar que los procesos operen dentro de los límites críticos establecidos.

Capacitación del equipo.

La formación continua es crucial para que el equipo de trabajo APPCC se mantenga actualizado con respecto a las mejores prácticas, tecnologías y normativas de seguridad alimentaria. Todos los miembros del equipo reciben capacitación en:

- **Principios del sistema APPCC**: Para entender cómo funciona el sistema y cómo aplicarlo específicamente en la microcervecería.

- **Normativa de seguridad alimentaria**: Conocimiento de las regulaciones locales, nacionales e internacionales que afectan a la industria cervecera, como el Reglamento (CE) Nº 852/2004.

- **Técnicas de análisis de riesgos**: Cómo identificar y evaluar los peligros, y cómo aplicar medidas preventivas en cada etapa del proceso.

La formación se revisa periódicamente y se actualiza según sea necesario, especialmente cuando hay cambios en los procesos productivos, en la normativa o cuando se detectan fallos en la implementación del sistema APPCC.

Revisión y mejora continua.

El equipo de trabajo APPCC también se encarga de revisar regularmente el sistema de control para asegurar que sigue siendo efectivo y actualizado. Se celebran reuniones periódicas para discutir los resultados del monitoreo, resolver problemas y sugerir mejoras. El sistema APPCC se ajusta según las lecciones aprendidas y los cambios en la producción, con el objetivo de asegurar que la microcervecería mantenga los más altos estándares de seguridad alimentaria.

Este enfoque integral y colaborativo asegura que el equipo de trabajo APPCC está preparado para identificar y gestionar los riesgos de manera efectiva, contribuyendo a la producción de cerveza segura y de alta calidad en la microcervecería automatizada.

3.2 Definición de la actividad de la industria y descripción del producto.

La microcervecería automatizada ubicada en Las Rozas de Madrid tiene una capacidad de producción de 80.000 litros anuales. Su actividad principal consiste en la fabricación de cerveza estilo Märzen, un tipo de cerveza tradicional de origen alemán caracterizada por su color ámbar, un sabor maltoso y ligeramente tostado.

El proceso de producción está completamente automatizado, desde la maceración y fermentación hasta el envasado, lo que garantiza una alta eficiencia en la fabricación y un control preciso de cada etapa. El producto final se envasa en latas de 33 cl, siguiendo los estándares de calidad y seguridad alimentaria aplicables a la industria cervecera.

En el proceso productivo se utilizan diversos tratamientos tecnológicos en su proceso de producción de cerveza Märzen para asegurar la calidad y seguridad del producto final. Entre estos tratamientos se incluyen la pasteurización o el uso de filtración para eliminar microorganismos indeseados, garantizando la estabilidad y la durabilidad de la cerveza. Además, se implementa un sistema de control de temperatura durante la fermentación y maduración, que es crucial para desarrollar el perfil de sabor característico de la Märzen.

Para la identificación del producto, se asigna un código único por lotes que incluye la fecha de fabricación, lo que permite rastrear cada lote desde la recepción de las materias primas hasta la distribución final. Siendo el formato del lote AADDD; AA (año de fabricación) y DDD (día juliano del año). Este sistema de trazabilidad asegura que cualquier producto pueda ser localizado rápidamente, facilitando la gestión de calidad y el cumplimiento de las normativas de seguridad alimentaria.

Esta microcervecería trabaja bajo el Reglamento (CE) Nº 852/2004, que establece las condiciones necesarias para la higiene y seguridad alimentaria en todas las fases de producción, garantizando un producto final inocuo y de alta calidad.

Ficha técnica del producto.

A continuación, se exponen todos los datos que se incluyen en una ficha técnica para una cerveza, describiendo así en profundidad el producto.

Nombre del producto: Märzen.
Tipo: Cerveza lager estilo Märzen.
Formato: Lata de 33 cl.
Método de conservación: Pasteurizada.
Volumen de alcohol: 5,5% ABV.

Características Fisicoquímicas:
Alcohol por Volumen (ABV): 5,0% - 6,0%.
Gravedad Inicial (OG): 1,050 – 1,057.
Gravedad Final (FG): 1,010 – 1,014.
Color (EBC): 12 - 25 (Ámbar profundo).
Amargor (IBU): 18 - 24 (Amargor moderado).
pH: 4,0 – 4,5.
Carbonatación: 2.4 - 2.6 vol. CO_2.

Composición:
Agua: Ajustada con minerales para equilibrar el perfil de la cerveza.
Malta: Malta Múnich (45%), Malta Pilsner (45%), Malta Viena (10%).
Lúpulo: Variedad noble alemana (Hallertauer).
Levadura: Lager de fermentación baja. (White Labs Märzen WLP820).
Azúcares residuales: Mínimos, contribuyen al equilibrio de dulzor.

Perfil Sensorial:
Aroma: Notas maltosas, con matices de caramelo y pan tostado.
Sabor: Cuerpo medio, dulzura de la malta equilibrada por amargor moderado del lúpulo. Final suave y limpio.
Color: Ámbar brillante con tonalidades doradas.
Textura: Carbonatación media, sensación refrescante en boca.

Información nutricional (por lata de 33 cl):
Valor energético: 160 kcal.
Grasas: 0 g.
Carbohidratos: 12 g.
Azúcares: 1.5 g.
Proteínas: 1.6 g.
Sodio: 12 mg.

Tratamiento Tecnológico:
Pasteurización: Proceso para garantizar estabilidad microbiológica y prolongar la vida útil.

Análisis microbiológico:
Bacterias lácticas: No detectadas
Levaduras salvajes: No detectadas
Coliformes: <10 UFC/ml (ausencia)
Hongos y mohos: Ausencia

Declaraciones nutricionales y de salud:
Sin gluten: No aplica (contiene cebada).
Bajo en calorías: No aplica.
Apto para veganos: No se utilizan productos de origen animal en el proceso de clarificación.

Condiciones de conservación:
Temperatura de almacenamiento: Entre 4°C y 10°C.
Evitar: Exposición directa a la luz solar y temperaturas superiores a 10°C.

Vida útil:
Duración: 12 meses desde la fecha de envasado.

Identificación por Lote:
Cada lata lleva un código de lote que incluye la fecha de fabricación y el número de lote.

Recomendaciones de consumo:
Ideal para consumir entre 6°C y 8°C.

Fabricante:
Microcervecería Automatizada, Las Rozas de Madrid

Advertencia:
Contiene gluten. Apto solo para mayores de edad.

El producto está dirigido tanto al mercado local como a la distribución nacional, y su envasado en latas garantiza una mayor durabilidad y facilita el transporte y almacenamiento. Se asegura una trazabilidad completa de cada lote, cumpliendo con las normativas de seguridad alimentaria y las mejores prácticas de la industria.

3.3 Identificación del uso esperado del producto.

El producto principal de la microcervecería automatizada de 80,000 litros al año es una cerveza estilo Märzen enlatada en formatos de 33 cl, diseñada para el consumo humano. Esta cerveza está destinada principalmente a adultos que cumplen con los requisitos legales para la compra y consumo de bebidas alcohólicas en sus respectivos países, lo que implica que se dirige a personas mayores de 18 años en España y a las edades mínimas legales en otros mercados donde pueda ser distribuida.

Para garantizar la frescura y calidad del producto, se recomienda que la cerveza se almacene en un lugar fresco y oscuro, a una temperatura constante de entre 4 °C y 10 °C. Esto ayuda a mantener las características organolépticas de la cerveza, preservando su aroma y sabor maltoso, además de prevenir la degradación de los componentes sensoriales. Es fundamental evitar la exposición prolongada a la luz directa, ya que esto puede causar efectos negativos en el sabor, como la producción de sabores indeseados debido a la reacción del lúpulo con la luz.

La vida útil de la cerveza Märzen enlatada se establece en aproximadamente 12 meses desde la fecha de envasado, siempre que se mantenga en las condiciones de almacenamiento adecuadas. Durante este periodo, el producto mantiene su calidad óptima, y se recomienda que los consumidores respeten la fecha de caducidad indicada en el envase. Tras este tiempo, aunque la cerveza no presenta riesgos para la salud, puede experimentar un deterioro gradual en sus características organolépticas, lo que podría resultar en una pérdida de frescura y cambios en el perfil de sabor.

De esta forma, al garantizar condiciones adecuadas de conservación y respetar la vida útil recomendada, los consumidores pueden disfrutar de la cerveza Märzen en su mejor estado, asegurando una experiencia de consumo satisfactoria y de calidad.

3.4 Diagrama de flujo del proceso de elaboración.

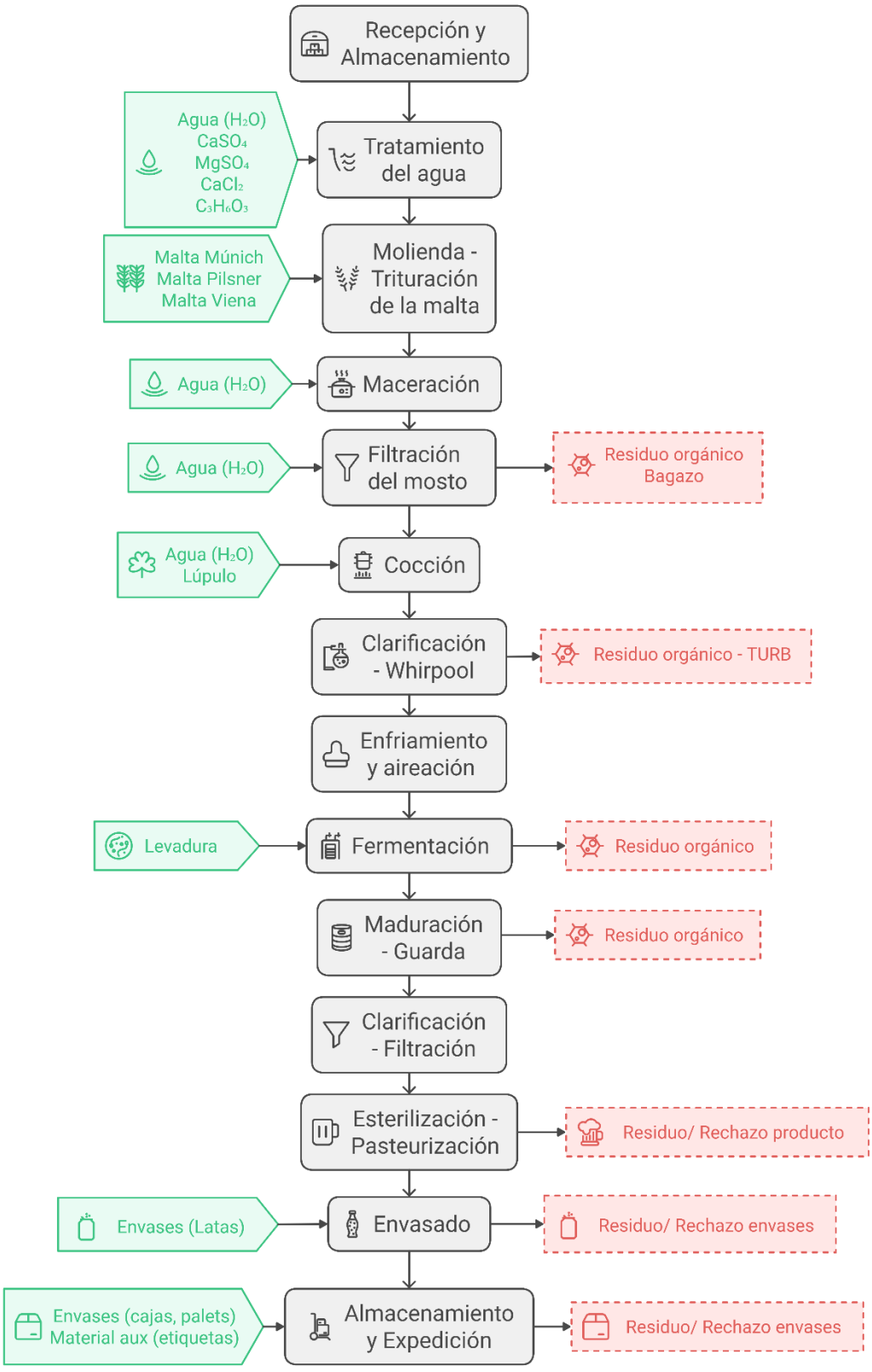


Figura 2. – Diagrama de flujo de las entradas y salidas.
Fuente. – Gestión Calidad Consulting.

ETAPA	TIEMPO	TEMPERATURA	ENTRADAS	RESIDUOS
Recepción y Almacenamiento	-	10ºC		
Tratamiento del agua	120 minutos	20ºC	Agua (H_2O)	
			Sulfato cálcico ($CaSO_4$)	
			Sulfato de magnesio ($MgSO_4$)	
			Cloruro cálcico ($CaCl_2$)	
			Ácido láctico ($C_3H_6O_3$)	
Molienda - Trituración de la malta	60 minutos	20ºC	Malta Múnich	
			Malta Pilsner	
			Malta Viena	
Maceración	10 minutos	45ºC	Agua (H_2O)	
	20 minutos	52ºC		
	30 minutos	63ºC		
	30 minutos	72ºC		
	10 minutos	78ºC		
Filtración del mosto	90 minutos	72ºC	Agua (H_2O)	Residuo orgánico - Bagazo
Cocción	60 minutos	110ºC	Agua (H_2O)	
Clarificación - Whirpool	40 minutos	85ºC		Residuo orgánico - TURB
Enfriamiento y aireación	45 minutos	11ºC		
Fermentación	2 semanas	11ºC	Levadura	Residuo orgánico
Maduración - Guarda	7 semanas	2ºC		Residuo orgánico
Clarificación - Filtración	240 minutos	2ºC		
Esterilización - Pasteurización	2 minutos	70ºC		Rechazo de producto
Envasado	90 minutos	20ºC	Envases (latas)	Rechazo de envases
Almacenamiento y Expedición	5 minutos	10ºC	Envases (cajas, palets)	Rechazo de envases
			Material auxiliar (etiquetas)	

Tabla 2. – Tabla resumen del proceso productivo.
Fuente. – Elaboración propia.

Con el diagrama y la tabla resumen se tiene una visión completa del proceso productivo. Por cada fase del proceso se pueden diferenciar los inputs, los residuos que se generan, el tiempo de cada etapa y a la temperatura a la que se realiza. Además, como información complementaria para evaluar los riesgos de cada etapa y establecer los puntos críticos, todo el proceso está automatizado y al comienzo de cada fase un operario se encarga de añadir los inputs, a excepción del agua, y de validar el comienzo de la etapa tras hacer las comprobaciones pertinentes.

3.5 Verificación “in situ” del diagrama de flujo.

La verificación "in situ" del diagrama de flujo tiene como objetivo confirmar que el proceso productivo real se ajusta al esquema previamente diseñado. Se realiza una inspección directa de cada etapa del proceso, desde la recepción de materias primas hasta el envasado final en latas de 33 cl, asegurando que todos los pasos clave como la maceración, fermentación y pasteurización se llevan a cabo de acuerdo con lo planificado. Se revisan aspectos como el cumplimiento de los tiempos y temperaturas críticos, así como la coherencia de los flujos de productos y personal para evitar la contaminación cruzada.

Si durante la verificación se identifican desviaciones o ajustes necesarios, se documentan y se actualiza el diagrama de flujo para reflejar con precisión las operaciones reales. Este proceso garantiza que el sistema APPCC se aplique de forma adecuada, controlando los riesgos y asegurando que el producto final cumpla con los estándares de calidad y seguridad alimentaria.

3.5.1 Análisis de riesgos.

Principio 1. *Identificación y enumeración de todos los posibles peligros asociados con cada fase del proceso y, a continuación, estudio de las medidas preventivas para esos peligros.*

El propósito de este análisis es identificar los peligros potenciales en cada fase del proceso de producción, evaluar la gravedad y probabilidad de esos peligros, y aplicar medidas de control eficaces para prevenir, eliminar o reducir los riesgos a niveles aceptables. Este análisis se divide en tres etapas fundamentales: identificación de peligros, evaluación del riesgo, y determinación de medidas de control.

1. Identificación de peligros.

En esta etapa, se identifican los posibles peligros asociados con cada fase del diagrama de flujo de la producción de cerveza Märzen. Estos peligros pueden ser de naturaleza biológica, química o física y pueden comprometer la seguridad del producto.

2. Evaluación del riesgo.

Para evaluar el riesgo de cada peligro identificado, se utiliza una matriz que considera la gravedad del peligro y su probabilidad de ocurrencia. El riesgo se calcula como **RIESGO = GRAVEDAD x PROBABILIDAD**, donde:

- **Gravedad**, es el impacto del peligro en la seguridad alimentaria. Esta se valorará numéricamente siguiendo los criterios de la siguiente tabla:

VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
BAJO (1)	No existen problemas para el consumidor relacionados con la seguridad alimentaria (por ejemplo; papel, plástico blando, materiales extraños de gran tamaño*). La ingesta puede ser desagradable, pero no provocará efectos adversos en la salud.
MEDIO (3)	La ingesta puede ocasionar ciertos efectos adversos leves en la salud del consumidor, llegando a ser severos si queda expuesto por largos periodos de tiempo.
ALTO (5)	La ingesta puede producir efectos adversos graves en la salud de al menos una parte de la población. El peligro tiene un efecto a largo plazo; la dosis máxima no se conoce (por ejemplo; dioxinas, residuos de plaguicidas, micotoxinas, etc.).

*FDA considera material de gran tamaño a aquellos que superen los 25 mm.

Tabla 3. – Criterios de valoración de la gravedad.
Fuente. – Cerveceros de España.

- **Probabilidad**, es la frecuencia con la que se espera que ocurra el peligro. Esta se valorará numéricamente siguiendo los criterios de la siguiente tabla:

VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
BAJO (1)	Posibilidad teórica: el peligro no ha ocurrido nunca. La medida de control o el peligro son de tal naturaleza que, cuando la medida de control no funciona, la producción no es posible o bien los productos finales son inservibles. Se trata de una contaminación muy limitada y/o local.
MEDIO (3)	El factor de peligro se presenta de manera intermitente Ante la falta de control podría afectar a todo el lote.
ALTO (5)	El peligro está presente de forma continua. En ausencia de control podría afectar a varios lotes.

Tabla 4. – Criterios de valoración de la probabilidad.
Fuente. – Cerveceros de España.

Entonces, para calcular el valor de cada riesgo se utiliza el cruce de probabilidad y gravedad de la siguiente tabla.

		PROBABILIDAD		
		BAJO (1)	**MEDIO (3)**	**ALTO (5)**
GRAVEDAD	**BAJO (1)**	BAJO (1)	MEDIO (3)	ALTO (5)
	MEDIO (3)	MEDIO (3)	ALTO (9)	ALTO (15)
	ALTO (5)	ALTO (5)	ALTO (15)	MUY ALTO (25)

Tabla 5. – Tabla de valoración del riesgo (RIESGO = GRAVEDAD x PROBABILIDAD).
Fuente. – Elaboración propia.

En el caso de que los riesgos tengan una puntuación de 5 o mayor se considerarán riesgos altos y por tanto significativos por lo que tendrán que continuar con el resto de las fases del sistema. Sin embargo, para los riesgos no significativos el proceso termina con la determinación de medidas de control del peligro.

3. Determinación de medidas de control.

Para cada peligro identificado, se establecen medidas de control específicas, que tienen como objetivo mitigar el riesgo o eliminarlo completamente. Las medidas de control son preventivas y correctivas, y se implementan de manera sistemática en las distintas fases del proceso productivo.

A continuación, se resume el proceso de identificación de peligros, evaluación del riesgo, y determinación de medidas de control en tablas separadas por las etapas del proceso con las conclusiones obtenidas. Con las medidas de control implementadas, se minimizan los riesgos identificados, asegurando que el producto final cumpla con los estándares de seguridad y calidad alimentaria.

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	CAUSA	MEDIDAS DE CONTROL	P*	G*	SIG.*
RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO	**B:** Presencia de microorganismos alterantes en materias primas (agua, malta, lúpulo, envases y otros ingredientes)	Materia prima contaminada Transportes en condiciones no higiénicas Contaminación malintencionada durante el transporte	Plan de control de proveedores Precintado de cisternas (Food Defense) Plan de control de plagas Lavado/Enjuagado de envases	1	1	NO
	Q: Presencia de micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxina A...), provenientes de la malta de cebada y de otros cereales	Materias primas contaminadas por mohos. Almacenamiento en condiciones de alta humedad y temperatura.	Plan de control de proveedores Buenas prácticas de almacenamiento Plan de análisis del producto	1	3	NO
	Q: Presencia de metales pesados en agua, malta, lúpulo y otros ingredientes	Materias primas contaminadas por malas prácticas agrícolas	Plan de control de proveedores Plan de análisis del producto	1	3	NO
	Q: Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza Comprobación de pH/conductividad	1	5	SI
	Q: Presencia de productos fitosanitarios por encima de los LMR, en malta, lúpulo y otros ingredientes	Materias primas contaminadas por malas prácticas agrícolas	Plan de control de proveedores Plan de análisis del producto	1	3	NO
	Q: Presencia de nitrosaminas (a partir de nitratos) en malta de cebada y otros cereales	Malta contaminada por reacción con óxidos de nitrógeno durante el secado/tostado	Plan de control de proveedores Plan de análisis del producto	1	3	NO
	F: Presencia de cuerpos extraños (restos de otros cereales, piedras, metales, fragmentos plásticos) en malta, lúpulo, envases y otros ingredientes	Materia prima contaminada Transporte inadecuado Almacenamiento inadecuado Contaminación malintencionada durante el transporte	Plan de control de proveedores Buenas prácticas de almacenamiento Precintado de cisternas (Food Defense)	1	1	NO

**LMR: Límite máximo de residuos

* P= Probabilidad G= Gravedad SIG.= Riesgo significativo

Tabla 5. – Análisis de riesgos en la recepción y el almacenamiento.
Fuente. – Elaboración propia

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	CAUSA	MEDIDAS DE CONTROL	P*	G*	SIG.*
MOLIENDA	**B:** Presencia de moho o bacterias	Cebada mal almacenada o contaminada por microorganismos durante la molienda.	Plan de control de proveedores Buenas prácticas de almacenamiento Plan de control de plagas Inspección visual previa	1	5	SÍ
	F: Presencia de cuerpos como piedras, metales u otros cuerpos extraños	Presencia de cuerpos extraños en la cebada o en el equipo de molienda.	Plan de control de proveedores Plan de limpieza y desinfección	1	1	NO
	F: Polvo en suspensión (riesgo de explosión o inhalación de partículas)	Generación de polvo excesivo durante la molienda.	Sistemas de extracción de polvo. Uso de equipos de protección personal (mascarillas) para los operarios Plan de limpieza y desinfección	1	5	SÍ
	Q: Contaminación química (residuos de productos químicos)	Residuos de productos de limpieza o lubricantes en el molino.	Uso de productos de limpieza aptos para uso alimentario Plan de limpieza y desinfección	1	5	SÍ
	F: Presencia de fragmentos de cáscara (impacto en la calidad del mosto)	Fallos en el ajuste del molino que generen partículas excesivamente grandes.	Control de ajuste y calibración del molino Mantenimiento preventivo Inspección del producto molido para asegurar el tamaño adecuado	1	1	NO
	B: Contaminación cruzada con materias primas no aptas	Uso de cebada contaminada o mezclada con otros granos no aptos.	Plan de control de proveedores Plan de trazabilidad	1	1	NO

* P= Probabilidad G= Gravedad SIG.= Riesgo significativo

Tabla 6. – Análisis de riesgos en la molienda.
Fuente. – Elaboración propia

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	CAUSA	MEDIDAS DE CONTROL	P*	G*	SIG.*
PROCESADO DEL MOSTO	**B:** Presencia de Cryptosporidium spp., bacterias coliformes y otros microorganismos patógenos para la salud	Uso de agua contaminada	Plan de control del agua	1	3	NO
	Q: Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ
	Q: Presencia de sustancias químicas procedentes del agua o vapor por encima de los niveles permitidos (cadmio, mercurio, plomo…)	Uso de agua no potable	Plan de control del agua Plan de mantenimiento de las instalaciones	1	3	NO
	Q: Presencia de aceites, grasas y otros productos químicos no permitidos o por encima de los niveles permitidos	Utilización de aceites o grasas no permitidas Adición en exceso de coadyuvantes	Control de fichas de seguridad para aceites y grasas Plan de formación del personal Plan de mantenimiento	1	3	NO
	F: Presencia de cuerpos extraños procedentes de elementos del proceso (metales, fragmentos plásticos, virutas de madera…)	Contaminación por malas prácticas higiénicas Defectos en el mantenimiento de las instalaciones	Plan de control de elementos quebradizos Buenas prácticas de higiene, fabricación Plan de formación del personal	1	1	NO
FERMENTACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ
	Q: Presencia de líquido refrigerante en el producto	Fugas en el sistema de refrigeración	Plan de mantenimiento de instalaciones	1	3	NO

***** P= Probabilidad G= Gravedad SIG.= Riesgo significativo

Tabla 7. – Análisis de riesgos en el procesado del mosto y la fermentación.
Fuente. – Elaboración propia

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	CAUSA	MEDIDAS DE CONTROL	P*	G*	SIG.*
MADURACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ
	B: Presencia de bacterias u otros microorganismos en el tanque de maduración	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Control de temperatura y limpieza del equipo	1	5	SÍ
	Q: Presencia de sulfitos, en cantidad >10 mg/kg o 10mg/L en cerveza cuyo etiquetado no contenga la declaración de sulfitos	Formación de sulfitos en exceso en la fermentación	Plan de formación del personal Control de sulfitos durante el proceso Plan de análisis del producto	1	5	SÍ
CLARIFICACIÓN/FILTRACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en conductos y mangueras	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ
	Q: Presencia de aditivos/coadyuvantes por encima de los límites permitidos	Adición en exceso/dosificación incorrecta	Buenas prácticas de fabricación Plan de formación del personal	1	1	NO
	F: Presencia de cuerpos extraños (materia orgánica, metales, fragmentos plásticos)	Fallos en la filtración	Plan de mantenimiento de filtros e inspectores de botellas Plan de control de elementos quebradizos Plan de formación del personal	1	3	NO

* P= Probabilidad G= Gravedad SIG.= Riesgo significativo

Tabla 8. – Análisis de riesgos en la maduración y la clarificación.
Fuente. – Elaboración propia

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	CAUSA	MEDIDAS DE CONTROL	P*	G*	SIG.*
ENVASADO (Latas)	**B:** Contaminación microbiológica de envases (E. coli, Salmonella spp...)	Defecto de estanqueidad en cierre. Uso de agua no potable en lavado/enjuagado.	Buenas prácticas de fabricación Plan de formación del personal Plan de análisis del producto	1	1	NO
	Q: Presencia de aceites, grasas y otros productos químicos no aptos para uso alimentario	Utilización de aceites o grasas no permitidas.	Control de fichas de seguridad para aceites y grasas Plan de formación del personal Plan de mantenimiento.	1	3	NO
	Q: Migración de sustancias al producto desde el envase	Uso de materiales no aptos para el contacto con alimentos.	Plan de control de proveedores Compras según especificaciones	1	1	NO
	Q: Oxidación de las latas	Exposición a la luz y altas temperaturas	Plan de control de proveedores Buenas prácticas de almacenamiento	1	1	NO
	Q: Presencia de restos de productos de limpieza en envasadora	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual).	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ
	F: Presencia de cuerpos extraños (insectos, metales, fragmentos plásticos)	Golpes en el proceso que dañen la lata. Rotura durante el llenado. Explosión de latas durante el llenado.	Buenas prácticas de fabricación. Procedimiento de actuación ante roturas en línea.	1	5	SÍ

***** P= Probabilidad G= Gravedad SIG.= Riesgo significativo

Tabla 9. – Análisis de riesgos en el envasado.
Fuente. – Elaboración propia

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	CAUSA	MEDIDAS DE CONTROL	P*	G*	SIG.*
PASTEURIZACIÓN FLASH	**B:** Presencia de microorganismos alterantes (bacterias lácticas y levaduras) que puedan provocar sobrepresiones	Defectos en la pasteurización	Plan de mantenimiento de equipos Control temperatura/tiempo Plan de análisis del producto	1	1	NO
	Q: Presencia de productos químicos refrigerantes	Fugas en el sistema de refrigeración (glicol)	Plan de mantenimiento de equipos Control de proceso (cambios en la presión) Uso de productos aptos para el contacto alimentario Plan de análisis del producto	1	5	SÍ
	Q: Presencia de restos producto de limpieza en pasteurizador	Fallo en el sistema de limpieza (sistema CIP o manual)	Plan de limpieza y desinfección Comprobación de pH/conductividad	1	5	SÍ
ALMACENAMIENTO Y EXPEDICIÓN	**Q:** Presencia de alérgenos/ alcoholes no declarados en el etiquetado	Etiquetas erróneas Fallo de control de etiquetado	Plan de control de proveedores Buenas prácticas de fabricación Plan de formación del personal	1	5	SÍ
	F: Rotura/explosión de latas	Explosión de latas por tratamiento térmico insuficiente o golpes	Buenas prácticas de fabricación Plan de control de proveedores	1	5	SÍ
	F: Presencia de plagas e insectos en el exterior del envase	Condiciones no higiénicas en el almacenamiento	Plan de limpieza y desinfección Plan de control de plagas	1	1	NO

***** P= Probabilidad G= Gravedad SIG.= Riesgo significativo

Tabla 10. – Análisis de riesgos en el pasteurizado y en el almacenamiento - expedición.
Fuente. – Elaboración propia

3.5.2 Determinación de Puntos de Control Críticos (PCC).

Principio 2. *Identificación de los Puntos Críticos de Control (PCC) empleando un árbol de decisiones.*

Este principio busca identificar en qué etapas del proceso productivo es necesario aplicar un control específico para eliminar o reducir peligros importantes a niveles aceptables. Para ello, se utiliza un "árbol de decisiones" (figura 3), una herramienta que plantea preguntas para cada peligro significativo. Según las respuestas, se decide si:

- El peligro no necesita control adicional porque ya lo cubren los Programas de Prerrequisitos (PPR).

- Otra fase posterior del proceso lo controlará.

- Se debe establecer un control específico, que puede ser un Punto de Control Crítico (PCC) o un Programa de Prerrequisitos Operativos (PPRO).

Un PCC es esencial para prevenir o reducir un peligro a niveles seguros, mientras que un PPRO, aunque no esté diseñado específicamente para eliminar el peligro, es importante para evitar su aparición o crecimiento. Ambos tipos de control deben ser medibles, vigilados y tener acciones correctivas en caso de fallos.

Para diferenciar entre PPRO y PCC, se evalúan aspectos como la probabilidad de fallo de la medida de control, la gravedad del fallo, y si existen otras medidas de control en el proceso. Los PPRO suelen aplicarse cuando el fallo tiene pocas repercusiones, o cuando hay otras medidas que también contribuyen a reducir el riesgo. Si un PPRO falla, no siempre significa que el producto sea inseguro, pero se deben aplicar correcciones al proceso. En cambio, si un PCC falla, las consecuencias son más serias, y se deben tomar acciones como reprocesar el producto, reclasificarlo o eliminarlo.

Para los riesgos identificados como no significativos, las medidas de control basadas en los programas de prerrequisitos son suficientes para eliminar el peligro. Sin embargo, para los riesgos calificados como significativos se proceden a evaluar y clasificar con el árbol de decisiones.

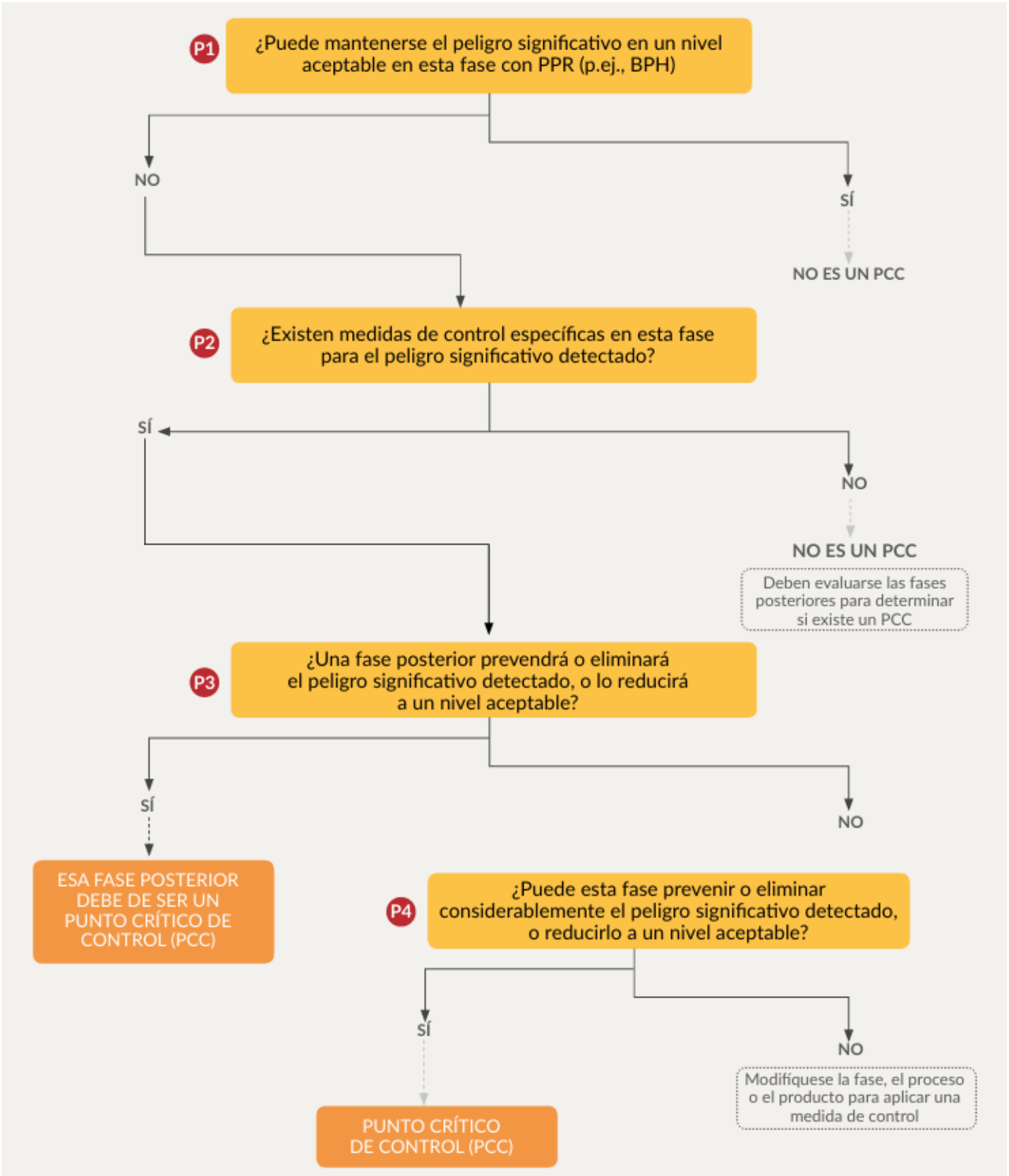


Figura 3. – Árbol de decisiones para identificar los PCC.
Fuente. – Codex Alimentarius CXC 1-1969 rev. 2022 (Cerveceros de España).

FASE	TIPO DE PELIGRO (B: Biológico, Q: Químico, F: Físico)	ÁRBOL DE DECISIONES				PPR PPRO PCC
		P1	P2	P3	P4	
RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	SÍ	-	-	-	PPR
MOLIENDA	**B:** Presencia de moho o bacterias	SÍ	-	-	-	PPR
	F: Polvo en suspensión (riesgo de explosión o inhalación de partículas)	SÍ	-	-	-	PPR
	Q: Contaminación química (residuos de productos químicos)	SÍ	-	-	-	PPR
PROCESADO DEL MOSTO	**Q**: Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	SÍ	-	-	-	PPR
FERMENTACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	SÍ	-	-	-	PPR
MADURACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en cisternas/tanques	SÍ	-	-	-	PPR
	B: Presencia de bacterias u otros microorganismos en el tanque de maduración	SÍ	-	-	-	PPR
	Q: Presencia de sulfitos, en cantidad >10 mg/kg o 10mg/L en cerveza cuyo etiquetado no contenga la declaración de sulfitos	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
CLARIFICACIÓN/ FILTRACIÓN	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en conductos y mangueras	SÍ	-	-	-	PPR
PASTEURIZACIÓN FLASH	**Q:** Presencia de productos químicos refrigerantes	SÍ	-	-	-	PPR
	Q: Presencia de restos producto de limpieza en pasteurizador	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
ENVASADO (latas)	**Q:** Presencia de restos de productos de limpieza en envasadora	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
	F: Presencia de cuerpos extraños (insectos, metales, fragmentos plásticos)	NO	SÍ	NO	SÍ	**PCC**
ALMACENAMIENTO Y EXPEDICIÓN	**Q:** Presencia de alérgenos/ alcoholes no declarados en el etiquetado	SÍ	-	-	-	PPR
	F: Rotura/explosión de latas	SÍ	-	-	-	PPR

Tabla 11. – Determinación de PPCC y PPRO entre los riesgos significativos.
Fuente. – Elaboración propia.

3.5.3 Aplicación de límites aceptables para cada PCC.

Principio 3. *Establecimiento de los límites críticos para cada una de las medidas preventivas en cada uno de los PCC.*

Una vez finalizada la determinación de los puntos de control crítico se observan a través de la tabla 11 que existen cuatro puntos de control críticos (PCC):

- **PCC1.** Presencia de sulfitos, en cantidad >10 mg/kg o 10mg/L en cerveza cuyo etiquetado no contenga la declaración de sulfitos (peligro químico).

- **PCC2**. Presencia de restos de producto de limpieza en pasteurizador (peligro químico).

- **PCC3.** Presencia de restos de productos de limpieza en envasadora (peligro químico).

- **PCC4.** Presencia de cuerpos extraños como insectos, metales o fragmentos plásticos (peligro físico).

En el marco del sistema APPCC, el tercer principio establece que se deben definir los límites críticos para cada uno de los Puntos de Control Críticos (PCC) identificados. Estos límites se determinan para asegurar que las medidas preventivas establecidas sean eficaces y que se mantengan bajo control los peligros significativos detectados en el proceso de producción de la cerveza.

Para cada PCC, se fijan límites críticos que no deben superarse, con el fin de garantizar la seguridad del producto final. A continuación, se detallan los límites críticos para cada uno de los PCC identificados en la microcervecería:

PCC1: Presencia de sulfitos (>10 mg/kg o 10 mg/L) en cerveza cuyo etiquetado no declare la presencia de sulfitos (Peligro químico).

Límite crítico: el nivel crítico de sulfitos en la cerveza se establece en un máximo de **10 mg/kg** o **10 mg/L**, según lo dispuesto por la normativa vigente. Este límite garantiza que, en caso de superarse dicha concentración, la cerveza debe estar correctamente etiquetada para informar al consumidor sobre la presencia de sulfitos. Si el etiquetado no lo refleja, cualquier concentración por encima de estos valores constituye un riesgo para los consumidores sensibles a los sulfitos.

PCC2: Presencia de restos de productos de limpieza en el pasteurizador (Peligro químico).

Límite crítico: En el proceso de pasteurización, los restos de productos de limpieza representan un peligro químico si no se eliminan completamente después del proceso de limpieza. El límite crítico se fija en la **ausencia total de residuos de productos de limpieza** en el pasteurizador, para lo que se establece como máximo el pH establecido según el proveedor del producto utilizado.

PCC3: Presencia de restos de productos de limpieza en la envasadora (Peligro químico).

Límite crítico: Los productos de limpieza utilizados en la envasadora representan un riesgo químico si quedan residuos en la maquinaria que entren en contacto con la cerveza. El límite crítico se establece en **ausencia total de residuos de productos de limpieza**, para lo que se establece como máximo el pH establecido según el proveedor del producto utilizado.

PCC4: Presencia de cuerpos extraños como insectos, metales o fragmentos plásticos (Peligro físico).

Límite crítico: La presencia de cuerpos extraños en la cerveza, como insectos, metales o fragmentos plásticos, puede tener consecuencias graves para la seguridad del consumidor. El límite crítico es la **ausencia completa** de cuerpos extraños en el producto. Para asegurar este control, se utilizan sistemas de inspección visual, detectores de metales y rayos X en las líneas de envasado.

3.5.4 Aplicación de sistemas de vigilancia para cada PCC.

Principio 4. *Establecimiento de un sistema de vigilancia para cada PCC con pruebas y observaciones planificadas.*

Los sistemas vigilancia permiten llevar un control continuo o planificado sobre cada PCC y garantizar que los límites críticos establecidos no se excedan. A continuación, se detalla procedimientos específicos de vigilancia para cada uno de los PCC determinados:

PCC1: Presencia de sulfitos (>10 mg/kg o 10 mg/L) en cerveza cuyo etiquetado no declare la presencia de sulfitos (Peligro químico).

Sistema de vigilancia: Se realizará un análisis químico rutinario de muestras representativas de cada lote de cerveza para verificar los niveles de sulfitos. Estos análisis se realizarán mediante pruebas específicas para sulfitos utilizando equipos calibrados. En caso de que se detecten niveles superiores a los límites críticos establecidos, se deberán aplicar inmediatamente las acciones correctivas correspondientes.

- **Frecuencia:** Al inicio y al final de cada proceso de maduración.
- **Responsable:** El responsable de control de calidad de la microcervecería.
- **Registro:** Los resultados de los análisis deberán documentarse y archivarse, registrando la fecha, el lote, los valores obtenidos y la firma del responsable de la vigilancia.

PCC2: Presencia de restos de productos de limpieza en el pasteurizador (Peligro químico).

Sistema de vigilancia: Después de cada ciclo de limpieza CIP del pasteurizador, se realizarán pruebas de detección de residuos químicos, se realizarán inspecciones visuales y pruebas de aislamiento y análisis de pH de las dos primeras botellas fabricadas de cada lote. La vigilancia incluirá el uso de tiras reactivas o soluciones indicadoras que permitan detectar trazas de productos de limpieza.

- **Frecuencia:** Al inicio y al final de cada operación de pasterización.

- **Responsable:** Operario de producción, capacitado para realizar tanto las inspecciones visuales como las pruebas de detección química.

- **Registro:** Se registrarán los resultados de la verificación de limpieza en un formulario de control, que incluirá la fecha, hora, lote, resultado de la prueba y firma del responsable.

PCC3: Presencia de restos de productos de limpieza en la envasadora (Peligro químico).

Sistema de vigilancia: Después de cada ciclo de limpieza CIP de la llenadora y antes de iniciar el envasado, se realizarán inspecciones visuales y pruebas de aislamiento y análisis de pH de las dos primeras botellas fabricadas de cada lote. La vigilancia incluirá el uso de tiras reactivas o soluciones indicadoras que permitan detectar trazas de productos de limpieza.

- **Frecuencia:** Antes de cada proceso de envasado, tras el ciclo de limpieza CIP de la llenadora.

- **Responsable:** Operario de producción, capacitado para realizar tanto las inspecciones visuales como las pruebas de detección química.

- **Registro:** Se registrarán los resultados de la verificación de limpieza en un formulario de control, que incluirá la fecha, hora, lote, resultado de la prueba y firma del responsable.

PCC4: Presencia de cuerpos extraños como insectos, metales o fragmentos plásticos (Peligro físico).

Sistema de vigilancia: Se instalarán detectores de metales y sistemas de rayos X en las líneas de envasado para identificar cualquier presencia de cuerpos extraños en el producto. Estos dispositivos realizarán una inspección continua durante el proceso de envasado. Además, se realizarán inspecciones visuales al

inicio y al final de cada producción para detectar el correcto funcionamiento de los equipos de vigilancia.

- **Frecuencia:** Vigilancia continua mediante detectores durante todo el proceso de envasado, con verificaciones manuales adicionales al inicio y al final de cada producción.

- **Responsable:** Operario de producción, quien deben estar formados en la operación de los equipos de detección y en la ejecución de inspecciones visuales.

- **Registro:** Los resultados de las inspecciones automáticas y manuales se registrarán, incluyendo la hora, el lote inspeccionado y la firma del responsable.

Documentación y formación.

Es fundamental que todo el personal involucrado en los sistemas de vigilancia esté debidamente capacitado en el manejo de los equipos de monitoreo y en la identificación de desviaciones. Los resultados de todas las pruebas, inspecciones y monitoreos se registrarán de manera sistemática en formularios específicos que permitan llevar un control riguroso del cumplimiento de los límites críticos. Estos registros incluirán información detallada sobre las acciones correctivas que se tomen en caso de que alguna de las mediciones sobrepase los límites establecidos. Además, se asegurará que los registros sean revisados regularmente por el equipo de calidad, para verificar que los sistemas de vigilancia están funcionando adecuadamente y se mantenga la seguridad del producto final. Este enfoque metódico de vigilancia asegura que los peligros identificados en los PCC se mantengan bajo control, minimizando el riesgo de que afecten la seguridad y calidad de la cerveza producida.

3.5.5 Aplicación de medidas correctivas.

Principio 5. *Establecimiento de las acciones correctoras a realizar cuando la vigilancia detecte en un PCC una desviación del límite crítico.*

Cuando la vigilancia detecta una desviación de los límites críticos en un Punto de Control Crítico (PCC), se deben aplicar medidas correctivas de manera inmediata. Estas medidas tienen el objetivo de corregir el proceso y evitar que productos no conformes lleguen al consumidor. Se describen a continuación las acciones correctivas a implementar para cada uno de los PCC identificados:

PCC1: Presencia de sulfitos (>10 mg/kg o 10 mg/L) en cerveza cuyo etiquetado no declare la presencia de sulfitos (Peligro químico).

Medidas correctivas: Si se detectan niveles de sulfitos superiores a los límites críticos en un lote, se deben tomar las siguientes acciones:

1. **Retención del lote afectado:** El lote debe ser identificado y retenido para evitar su distribución.

2. **Análisis adicional:** Se realizarán análisis adicionales para confirmar la concentración de sulfitos.

3. **Reetiquetado:** Si el nivel de sulfitos es superior al límite permitido pero el producto sigue siendo apto para el consumo, se reetiquetará el lote para incluir la declaración de sulfitos en la etiqueta.

4. **Reprocesado o eliminación:** Si el producto no es apto para su consumo o no se puede corregir el etiquetado, se decidirá si es posible reprocesar la cerveza o si se debe destruir el lote.

5. **Registro:** Se documentarán las acciones correctivas implementadas, incluyendo el lote afectado, los resultados de los análisis adicionales y las decisiones tomadas sobre el destino del producto.

PCC2: Presencia de restos de productos de limpieza en pasteurizador (Peligro químico).

Medidas correctivas: En caso de que las pruebas detecten restos de productos de limpieza en el pasteurizador, se seguirán estas acciones:

1. **Detener la pasteurización:** Se detendrá el proceso de pasteurización hasta resolver la desviación.

2. **Re-limpieza del pasteurizador:** Se realizará una nueva limpieza y un enjuague completo del equipo, asegurándose de eliminar cualquier resto de productos de limpieza.

3. **Verificación posterior a la limpieza:** Se repetirán las pruebas para asegurar que el pasteurizador esté limpio antes de continuar con el proceso.

4. **Retención del producto:** Los productos procesados durante el tiempo de la desviación se identificarán y retendrán para su inspección y posible reprocesado o eliminación.

5. **Registro:** Las acciones correctivas, incluidos los resultados de las nuevas pruebas y el destino de los productos afectados, serán documentadas y archivadas.

PCC3: Presencia de restos de productos de limpieza en envasadora (Peligro químico).

Medidas correctivas: Si las pruebas de vigilancia detectan restos de productos de limpieza en la envasadora, se aplicarán las siguientes acciones:

1. **Detener el envasado:** Inmediatamente se detiene el proceso de envasado hasta que se asegure la limpieza del equipo.

2. **Re-limpieza del equipo:** Se llevará a cabo una nueva limpieza de la envasadora, siguiendo el procedimiento adecuado para asegurar la eliminación completa de residuos químicos.

3. **Verificación posterior a la limpieza:** Se repetirán las pruebas para confirmar que el equipo está libre de contaminantes.

4. **Revisión del lote:** Cualquier producto que haya pasado por la envasadora antes de detectar la desviación será identificado y retenido hasta confirmar que no contiene restos de productos de limpieza.

5. **Registro:** Las medidas correctivas se documentarán, detallando la causa de la desviación, las acciones tomadas y los resultados de las pruebas posteriores.

PCC4: Presencia de cuerpos extraños como insectos, metales o fragmentos plásticos (Peligro físico).

Medidas correctivas: Si se detectan cuerpos extraños en el proceso de envasado o mediante los sistemas de detección de metales o rayos X, las acciones correctivas a implementar serán:

1. **Detención de la línea de producción:** Se detiene la línea para investigar el origen del cuerpo extraño.

2. **Inspección y limpieza:** Se realiza una inspección visual y una limpieza exhaustiva del área afectada para eliminar cualquier posible fuente de contaminación.
3. **Revisión de productos:** Todos los productos envasados durante el tiempo de la desviación se revisarán para detectar la presencia de cuerpos extraños.

4. **Reprocesado o eliminación del producto:** Si se confirma la presencia de cuerpos extraños en los productos, se decidirá si pueden ser reprocesados o si deben ser descartados.

5. **Registro:** Las acciones tomadas se registrarán, junto con el lote afectado y las pruebas realizadas para garantizar la ausencia de cuerpos extraños.

Documentación y formación.

Para cada PCC, las medidas correctivas deberán ser documentadas adecuadamente. Se debe especificar el problema detectado, las acciones tomadas, la persona responsable y el destino final del producto afectado. El personal involucrado en la aplicación de estas medidas debe recibir formación continua para actuar de manera rápida y efectiva en caso de que se detecten desviaciones. Además, se llevará un registro de todas las acciones correctivas, que será revisado periódicamente para garantizar la efectividad del sistema APPCC y mejorar continuamente el proceso. Este enfoque metódico para la aplicación de medidas correctivas asegura que cualquier desviación detectada en los PCCs de la microcervecería sea gestionada de manera adecuada, garantizando la seguridad y calidad del producto final.

3.5.6 Verificación del sistema.

Principio 6. *Establecimiento de mecanismos de verificación, para comprobar que el sistema de autocontrol funciona correctamente.*

La verificación del sistema de autocontrol en una microcervecería automatizada tiene como objetivo asegurar que las medidas de control implementadas en cada Punto de Control Crítico (PCC) operan de manera efectiva y mantienen los peligros bajo control. Para ello, se establecen procedimientos y frecuencias de verificación que permiten evaluar el correcto funcionamiento del sistema APPCC.

La verificación incluye una serie de actividades planificadas y sistemáticas que evalúan la totalidad del sistema, desde la recepción de las materias primas hasta la expedición del producto final. Algunas de las acciones de verificación para asegurar el correcto funcionamiento del sistema son:

1. **Revisión de los registros**: Se realiza una revisión periódica de los registros de vigilancia de los PCC, incluyendo la documentación de los límites críticos, las acciones correctivas implementadas y las auditorías internas. Estos registros deben estar actualizados y correctamente documentados, y se deben verificar con regularidad para asegurarse de que no haya errores u omisiones.

2. **Inspecciones y auditorías internas**: Se programan inspecciones regulares del proceso productivo y auditorías internas para evaluar la implementación del plan APPCC. Estas auditorías revisan tanto los registros de vigilancia como la operativa en planta, con el fin de comprobar que los PCC se mantienen bajo control y que se están siguiendo los procedimientos establecidos.

3. **Pruebas y análisis**: Se deben realizar análisis microbiológicos, fisicoquímicos y organolépticos de las materias primas, el producto en proceso y el producto terminado. Esto incluye pruebas para verificar la presencia de sulfitos (PCC1), residuos de productos de limpieza (PCC2 y PCC4) y cuerpos extraños (PCC3). Estos análisis permiten comprobar que los límites críticos se respetan y que el producto cumple con los requisitos de inocuidad.

4. **Calibración de equipos**: Todos los equipos involucrados en el control de los PCC, como medidores de sulfitos, sensores de limpieza o sistemas de detección de cuerpos extraños, deben estar calibrados y mantenidos regularmente. La verificación incluye comprobar que los equipos de medición operan correctamente y con precisión, de modo que los resultados obtenidos durante el proceso sean confiables.

5. **Revisión de acciones correctivas**: Las acciones correctivas implementadas cuando se detectan desviaciones en los límites críticos deben ser revisadas para asegurarse de que fueron efectivas y que se llevaron a cabo conforme a lo planificado. Si se identifica que una acción correctiva no ha sido suficiente, se deben ajustar los procedimientos para mejorar la respuesta ante futuras desviaciones.

6. **Verificación externa**: Además de las auditorías internas, se debe considerar la posibilidad de realizar auditorías externas por parte de organismos certificadores o autoridades sanitarias. Estas auditorías permiten una evaluación independiente del sistema APPCC y ayudan a identificar áreas de mejora no detectadas internamente.

La verificación debe realizarse de manera continua y programada. La frecuencia de las auditorías, revisiones de registros y análisis dependerá del riesgo asociado a cada PCC y de los resultados obtenidos durante las verificaciones anteriores.

Se debe aumentar la frecuencia en caso de detectar problemas o desviaciones significativas en los límites críticos.

El responsable del control de calidad y el personal designado para la gestión del APPCC serán los responsables de realizar las verificaciones, así como de reportar cualquier desviación o no conformidad a la gerencia. Además, se debe garantizar que todo el personal involucrado en la verificación esté adecuadamente formado y capacitado.

Finalmente, los resultados de todas estas actividades de verificación se deben documentar e incorporar en el sistema APPCC, garantizando así que el sistema se ajusta continuamente a los requisitos de seguridad y calidad, y que se implementan las mejoras necesarias para mantener el control sobre los peligros identificados.

3.5.7 Sistema de documentación y registros.

Principio 7. *Establecimiento de un sistema de documentación, registro y archivo.*

El sistema de documentación y registros es un pilar fundamental para asegurar el correcto funcionamiento del plan APPCC en la microcervecería automatizada. Este sistema permite mantener un control exhaustivo de todas las actividades relacionadas con los Puntos de Control Crítico (PCC) y otras medidas preventivas, garantizando que los procedimientos se sigan de manera adecuada y que el producto final cumpla con los estándares de seguridad y calidad.

Es esencial que cada control realizado, desde la vigilancia de los PCC hasta las acciones correctivas, quede documentado. Esto incluye los resultados obtenidos de las medidas de vigilancia, las desviaciones que se hayan detectado, las correcciones aplicadas, los cambios en el sistema y los resultados de las verificaciones. La documentación adecuada permite hacer un seguimiento de todos los procesos y demostrar que la microcervecería opera bajo los estándares requeridos.

Cada registro debe indicar claramente el lugar, el momento y la persona responsable de la acción documentada, y debe mantenerse en un formato que permita su fácil acceso, ya sea físico o electrónico. Este acceso es crucial durante auditorías, inspecciones de las autoridades sanitarias y otros procesos de

certificación. Es recomendable, además, que cada documento lleve una fecha y un número de revisión en caso de que se realicen modificaciones, para que las versiones anteriores puedan archivarse y no se confundan con las actuales.

El uso de cuadros o tablas es una herramienta útil para gestionar tanto los PCC como los Programas de Prerrequisitos Operativos (PPRO), permitiendo una mejor organización y visualización de los datos. La adecuada gestión de la documentación y registros asegura la trazabilidad del sistema y es una prueba de que el plan APPCC funciona correctamente, lo que contribuye a la producción de un producto seguro y de calidad.

En resumen, un sistema de documentación y registros bien estructurado no solo facilita la gestión interna de la microcervecería, sino que también es esencial para responder ante cualquier exigencia externa, como inspecciones o auditorías, proporcionando la seguridad de que todos los procesos están bajo control.

4. CONCLUSIONES.

El sistema APPCC implementado en la microcervecería automatizada de 80.000 litros al año asegura un control exhaustivo en todas las fases del proceso productivo, garantizando que la cerveza Märzen envasada en latas de 33 cl cumple con los más altos estándares de seguridad alimentaria y calidad. A través de la identificación de los peligros significativos, la aplicación de medidas preventivas y la implementación de Puntos de Control Críticos (PCC), se minimizan los riesgos de contaminación biológica, química y física, protegiendo tanto al consumidor como la integridad del producto.

Cada uno de los principios del APPCC ha sido aplicado de manera rigurosa, desde la identificación y evaluación de los peligros hasta la verificación continua del sistema. Se han establecido límites críticos para los PCC detectados, con sistemas de vigilancia adecuados que permiten monitorear y garantizar que los parámetros establecidos no se sobrepasen. Además, el plan de acciones correctivas asegura una respuesta inmediata y eficaz ante cualquier desviación, evitando que productos no conformes lleguen al mercado.

El sistema de documentación y registros ofrece una trazabilidad completa del proceso, proporcionando evidencia de que las medidas de control y las acciones correctivas se aplican correctamente. Este enfoque integral no solo permite la producción de un producto seguro, sino que también mejora la eficiencia operativa y facilita las inspecciones de las autoridades sanitarias y las auditorías de certificación.

En definitiva, el sistema APPCC implementado en la microcervecería no solo garantiza la seguridad alimentaria, sino que también refuerza la cultura de mejora continua y control riguroso, contribuyendo a la sostenibilidad del negocio y a la satisfacción del cliente.

5. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 6.

Caballero, J. M., & Cuesta, J. M. (2024, 9 de febrero). BOE. *Código de la Cerveza*.

Cerveceros de España. (2023). Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico en el Sector Cervecero Español. https://cerveceros.org/uploads/55aa7bc7d3b53c__DocumentoAPPCfinal.pdf

Csilla, M. F. (abril, 2022) *Food safety risk assessment*. Institute of Food Science and Technology. MATE University of Budapest.

Codex Alimentarius. 20ª Edición FAO/OMS. (2022). Principios generales de higiene de los alimentos (CAC/RCP 1-1969). https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC_001s.pdf

Díaz, J. (febrero, 2021). *Tema 2: Gestión de la Seguridad Alimentario. Sistemas APPCC / HACCP*. Asignatura de Gestión de la Calidad y Seguridad Alimentaria. Grado en Ingeniería Alimentaria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

García-Gimeno, R. M., & Zurera-Cosano, G. (2014). Gestión de la seguridad alimentaria: el sistema APPCC y la norma ISO 22000. AENOR. https://www.aenor.com/certificacion/alimentacion/seguridad-alimentaria

Gestión Calidad Consulting (2016, 1 noviembre). Plan de Control de Plagas (APPCC). https://gestion-calidad.com/plan-de-control-de-plagas-appcc

Reglamento (CE) Nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre la higiene de los productos alimenticios.

Reglamento (CE) 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.

Zsuzsa, F. (abril, 2022). *Identification of emerging risk in the food chain & Predictive Microbiology*. Digital Food Institute. University of Veterinary Medicine, Budapest.

ANEJO 7. ANÁLISIS ASPECTOS ÉTICOS, ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 7.

1. INTRODUCCIÓN. 1

1.1 Determinación del contexto. 1

2. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS. 3

2.1 Selección de los impactos y aspectos más relevantes. 6

3. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS. 10

3.1. Impacto ambiental. 10

3.1.1. Consumo de agua. 11

3.1.2. Generación de residuos. 13

3.1.3. Uso de energía. 14

3.1.4. Envases. 16

3.2. Impacto económico. 17

3.3. Impacto social. 20

3.4. Impacto en la salud. 22

4. CONCLUSIONES 24

5. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 7. 26

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 7.

Tabla 1. – Impactos según el momento del ciclo de vida y los grupos de interés afectados 5

Tabla 2. – Impactos según el ámbito de influencia y momento del ciclo de vida. 6

Tabla 3. – Análisis de los principales impactos. 7

1. INTRODUCCIÓN.

El proyecto de *Diseño y Dimensionamiento de una Microcervecería Automatizada de 80.000 L/año en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)* aborda la creciente demanda de productos cerveceros artesanales de alta calidad, con un enfoque en la producción sostenible y el respeto por el entorno local. Frente al modelo tradicional de producción industrial, esta microcervecería propone un modelo alternativo que prioriza la automatización para optimizar los recursos, reducir el impacto ambiental y asegurar la eficiencia en cada etapa del proceso.

Actualmente, la mayoría de la oferta cervecera responde a sistemas de producción masiva que, aunque efectivos en términos de volumen, tienen un impacto considerable en el uso de agua, energía y en la generación de residuos. La microcervecería automatizada se plantea como una respuesta a esta realidad, ofreciendo una alternativa que no solo contribuye a reducir la huella ecológica, sino que también se adapta a la demanda de consumidores que valoran el origen local y la sostenibilidad. Esta iniciativa es necesaria para diversificar el mercado cervecero y satisfacer la demanda de aquellos consumidores conscientes que buscan productos más sostenibles, de origen controlado y de alta calidad.

1.1 Determinación del contexto.

Para contextualizar el proyecto y sus impactos, se detallan los aspectos clave que lo caracterizan:

- **Sector tecnológico**: Este proyecto se enmarca en el sector de la industria agroalimentaria, específicamente en la producción de bebidas artesanales. La incorporación de tecnología automatizada en el proceso permite una mejora en la precisión y la estandarización de la producción, lo cual resulta en una reducción del uso de recursos como agua y energía. Al integrar automatización avanzada, el proyecto no solo optimiza la eficiencia, sino que también minimiza los residuos y refuerza el compromiso con la sostenibilidad.

- **Ámbito organizativo y estratégico**: La microcervecería se desarrolla bajo un enfoque estratégico orientado a la sostenibilidad y eficiencia. Está diseñada para cumplir con las normativas de calidad y medioambiente vigentes en la Comunidad de Madrid y tiene como objetivo crear un modelo de negocio que

responda a la demanda de productos artesanales, diferenciados y responsables. La elección de sistemas automatizados y prácticas de economía circular permiten que la microcervecería no solo sea competitiva, sino que también tenga una operación ética y comprometida con el entorno local y con la legislación en materia de sostenibilidad.

- **Ciclo de Vida del Proyecto**: Este proyecto está pensado para una duración mínima de 20 años, durante los cuales se espera consolidar su posición en el mercado y establecer una operación estable y sostenible a largo plazo. Desde el aprovisionamiento de materias primas hasta la disposición de residuos, el diseño del ciclo de vida contempla cada etapa con el objetivo de optimizar el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental.

- **Contexto socioeconómico, geográfico y cultural**: Ubicada en Las Rozas, una localidad cercana a Madrid con acceso a infraestructura industrial y comercial, la microcervecería se posiciona de forma estratégica para abastecer tanto a consumidores locales como a una red de distribución en expansión. La proximidad a Madrid permite conectar con un mercado que aprecia productos artesanales, lo cual facilita la consolidación del proyecto en el sector. Además, el crecimiento del mercado de cervezas artesanales y el valor añadido de la producción local y sostenible contribuyen a fortalecer la identidad cultural y económica de la región.

- **Grupos de interés**: Entre los grupos de interés principales se incluyen los proveedores locales de insumos, distribuidores, consumidores conscientes de la calidad y sostenibilidad del producto, así como la comunidad de Las Rozas y Madrid. Estos grupos se benefician de la implementación de un modelo productivo que promueve un uso responsable de recursos y que apoya el comercio y empleo local. Aunque existe la posibilidad de una leve competencia con otras cervecerías de la región, el proyecto se orienta a generar sinergias y a enriquecer el mercado, contribuyendo así al desarrollo del sector y promoviendo prácticas que beneficien a toda la cadena de valor.

Este contexto permite una reflexión integral y una evaluación crítica de los beneficios y desafíos que presenta la microcervecería sobre los aspectos éticos, económicos, sociales y ambientales del proyecto, aportando una base sólida para los análisis detallados en las secciones siguientes.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS.

Este proyecto de microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid genera una serie de impactos relevantes en distintos ámbitos: ambiental, económico, social y de salud. Cada uno de estos efectos se manifiesta en diferentes etapas del proceso productivo, desde el uso de recursos y generación de residuos hasta la interacción con la comunidad local y los efectos económicos derivados de la producción y distribución de cerveza artesanal. La identificación y evaluación de estos impactos permite comprender tanto los beneficios como las posibles áreas de conflicto, estableciendo una base para mitigar impactos negativos y potenciar los positivos.

Impacto ambiental.

El impacto ambiental del proyecto es uno de los aspectos más relevantes, dado el consumo de recursos naturales y la generación de residuos inherentes al proceso de producción cervecera. La microcervecería se propone reducir significativamente el consumo de agua y energía mediante la incorporación de tecnologías automatizadas que optimizan estos recursos. Sin embargo, el consumo de agua sigue siendo considerable, ya que este recurso es fundamental en varias fases de la producción de cerveza. Para paliar este impacto, se prevé la implementación de sistemas de reciclaje de agua, que permitan reutilizarla en diferentes etapas del proceso productivo, minimizando así el consumo neto de este recurso.

La generación de residuos sólidos, especialmente el bagazo resultante de la malta utilizada representa otro impacto ambiental relevante. Estos residuos se gestionan mediante su derivación a usos secundarios, principalmente para la alimentación animal, contribuyendo a la economía circular y evitando que se conviertan en desechos contaminantes. Además, la elección de envases reutilizables y reciclables reduce el impacto ambiental, minimizando la generación de residuos de envasado y promoviendo la sostenibilidad en la distribución del producto final.

En cuanto al uso de energía, la microcervecería utiliza sistemas energéticamente eficientes y considera el aprovechamiento de fuentes renovables, como la energía solar, para minimizar el consumo de energía de la red eléctrica y reducir su huella de carbono. Esta optimización energética contribuye a una reducción de las

emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con los objetivos de sostenibilidad ambiental.

Impacto económico.

El proyecto genera un impacto económico positivo tanto a nivel local como regional, ya que se espera que impulse la economía de Las Rozas y contribuya a la creación de empleo en el sector cervecero artesanal. Además de los puestos de trabajo directos en la microcervecería, el proyecto también fomenta oportunidades para empresas auxiliares, como proveedores de materias primas, servicios de transporte y empresas de reciclaje y reutilización de residuos. Esta red de servicios alrededor del proyecto fortalece el tejido económico local y regional, estimulando el desarrollo de pequeñas y medianas empresas.

La microcervecería responde a la demanda de productos locales y sostenibles, lo que refuerza su viabilidad económica en un mercado en crecimiento que valora cada vez más los productos artesanales y de origen local. Asimismo, la optimización de recursos y la automatización de procesos mejoran la productividad y la eficiencia del proyecto, reduciendo costos operativos y asegurando una mayor competitividad en el mercado cervecero artesanal.

Impacto social.

El proyecto tiene un impacto social positivo en la comunidad de Las Rozas y sus alrededores. La generación de empleo directo e indirecto contribuye al bienestar socioeconómico de la región, permitiendo que los residentes locales tengan acceso a oportunidades laborales en un sector en expansión. La producción de una cerveza de origen local y de alta calidad refuerza también la identidad cultural y el sentido de comunidad, promoviendo el consumo de productos que representan el entorno de Las Rozas.

Este impacto social también incluye la promoción de prácticas de consumo responsable de alcohol, informando a los consumidores sobre los beneficios de optar por productos locales y sostenibles. El proyecto integra así valores de responsabilidad social, buscando no solo satisfacer una demanda de mercado, sino también fomentar una cultura de consumo consciente en la región.

Impacto en la salud.

En cuanto a la salud, el proyecto considera tanto los efectos sobre los trabajadores como sobre los consumidores. Para los empleados, la automatización de la microcervecería disminuye la exposición a riesgos laborales, como la manipulación de sustancias químicas y el uso de maquinaria pesada, reduciendo así posibles accidentes o problemas de salud relacionados con el entorno laboral. Además, se implementan protocolos de seguridad y formación continua en buenas prácticas de higiene y manipulación segura de insumos, garantizando un ambiente de trabajo saludable.

Para los consumidores, el impacto en la salud se enfoca en el fomento del consumo moderado de bebidas alcohólicas, con énfasis en los ingredientes naturales y de alta calidad de la cerveza artesanal producida. La microcervecería busca crear conciencia en los consumidores sobre la importancia de un consumo responsable, promoviendo la educación sobre los riesgos del abuso de alcohol y destacando la calidad del producto como un valor añadido que invita a un consumo consciente.

A continuación, hay unas tablas que ofrecen una visión estructurada de los principales impactos del proyecto, destacando el momento en el que se presentan y los grupos de interés afectados. Con ello, se facilita la planificación de medidas de mitigación y mejora, optimizando la sostenibilidad y el compromiso social y ambiental de la microcervecería en todas las fases de su ciclo de vida.

Momento del Ciclo de Vida	Impacto	Grupos de Interés Afectados
Materias primas y recursos naturales	Consumo de agua y energía; extracción y transporte de materias primas	Proveedores de insumos, comunidad local, medio ambiente
Diseño, producción y pruebas	Generación de residuos; consumo energético	Trabajadores, proveedores, comunidad local, medio ambiente
Empaquetado y distribución	Residuos de envasado; consumo de energía en el transporte	Empresas de transporte, distribuidores, consumidores
Uso y mantenimiento	Consumo de recursos energéticos y de agua	Operadores, comunidad local
Reutilización, reciclaje y desecho	Reducción de residuos y reutilización de envases	Consumidores, empresas de reciclaje, comunidad local

Tabla 1. – Impactos según el momento del ciclo de vida y los grupos de interés afectados.
Fuente. – Elaboración propia.

Ámbito de Influencia	Momento del Ciclo de Vida	Impacto
Ético y profesional	Diseño, producción y pruebas	Cumplimiento de normativas; seguridad laboral
Económico	Materias primas; distribución; reutilización	Creación de empleo; ahorro en costes de materiales
Social	Producción; distribución; uso	Creación de empleo; consumo responsable
Ambiental	Recursos naturales; producción; reciclaje	Reducción de emisiones; manejo de residuos
Salud pública	Uso; consumo	Promoción de consumo moderado y responsable

Tabla 2. – Impactos según el ámbito de influencia y momento del ciclo de vida.
Fuente. – Elaboración propia.

Conclusión de los impactos.

La microcervecería automatizada en Las Rozas representa un modelo de producción que optimiza el uso de recursos naturales y minimiza el impacto ambiental, al tiempo que genera beneficios económicos y sociales en su entorno. Este proyecto tiene el potencial de inspirar a otras empresas del sector a adoptar prácticas sostenibles y de responsabilidad social, contribuyendo a una visión más amplia de la industria cervecera artesanal. Aunque existen algunos impactos indirectos, como la posible competencia con otras cervecerías artesanales en la región, los beneficios sociales, ambientales y económicos del proyecto superan sus posibles efectos negativos, consolidando su viabilidad y su valor en el contexto local.

2.1 Selección de los impactos y aspectos más relevantes.

Para el proyecto de microcervecería automatizada en Las Rozas, se identifican y seleccionan impactos clave en las etapas de materias primas, diseño, producción, empaquetado, distribución, uso, mantenimiento, reutilización, reciclaje y desecho. Esta selección se basa en la importancia de cada impacto en relación con los grupos de interés, la oportunidad de crear valor compartido y la posibilidad de intervención. A continuación, se presenta una tabla que describe los impactos principales, sus efectos previstos, los grupos afectados y las normativas de referencia.

Aspectos más relevantes	Descripción	Grupos / Sectores afectados	Normativas, leyes, estándares, códigos éticos de referencia
Materias primas y recursos naturales	Optimización en la selección y uso de insumos, priorizando materias primas locales para reducir el impacto ambiental	Empresas externas Comunidad local Medio ambiente	Real Decreto 678/2016 (norma de calidad de la cerveza y bebidas de malta) Ley 38/1992 de Impuestos Especiales ISO 14001 ODS
Diseño y producción	Eficiencia energética y automatización de procesos para minimizar el consumo de recursos	Trabajadores Operarios Hostelería Población adulta	Real Decreto 678/2016 (elaboración de cerveza) ISO 14001 OHSAS 18001 Real Decreto 390/2021 (eficiencia energética y mantenimiento en edificios)
Empaquetado y distribución	Uso de envases reciclables y reducción de emisiones en transporte para disminuir la huella de carbono	Hostelería, empresas de transporte Consumidores	Real Decreto 1801/2008 (cantidades nominales para productos envasados) Real Decreto 703/1988 (características de botellas) Real Decreto 1334/1999 (etiquetado y publicidad) ISO 14001
Uso y mantenimiento	Implementación de tecnologías de bajo consumo y estrategias de mantenimiento eficiente	Operadores Hostelería	Reglamento (CE) nº 178/2002 (principios y requisitos de legislación alimentaria) ISO 50001 Real Decreto 390/2021 (eficiencia energética y mantenimiento en edificios)
Reutilización, reciclaje y desecho	Aprovechamiento de subproductos (como el bagazo) y reciclaje de envases para reducir residuos	Empresas de reciclaje Grupos ecológicos Comunidad local Población joven y adulta	Ley 11/1997 (envases y residuos de envases) Real Decreto 1/2016 (prevención y control integrados de la contaminación) Ley 21/2013 (evaluación ambiental) ISO 14001 ODS
Impacto económico local	Generación de empleo y fortalecimiento de la economía mediante la contratación de servicios locales	Comunidad de Las Rozas Proveedores locales	Código Laboral y de la Seguridad Social ISO 26000
Seguridad y salud laboral	Aplicación de normas de seguridad y salud en un entorno automatizado para reducir riesgos	Trabajadores Operadores de maquinaria	Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales OHSAS 18001
Responsabilidad social	Promoción de prácticas de consumo responsable y apoyo a la economía local	Consumidores Comunidad en general	ISO 26000 ODS

Tabla 3. – Análisis de los principales impactos.
Fuente. – Elaboración propia.

Descripción de los principales impactos.

1. **Materias primas y recursos naturales**: Se prioriza el uso de insumos locales y sostenibles, optimizando su consumo para reducir la dependencia de recursos externos y minimizar la huella ambiental. Esto contribuye a una mayor eficiencia en el uso de recursos y al apoyo de la economía local.

2. **Diseño y producción**: La microcervecería adopta tecnologías avanzadas y automatización para mejorar la eficiencia en el consumo energético, disminuyendo el impacto ambiental asociado a la producción. Estas prácticas buscan reducir el uso de recursos durante el proceso de producción y minimizar el desperdicio.

3. **Empaquetado y distribución**: La selección de materiales reciclables para el envasado y la optimización de las rutas de distribución reducen las emisiones de carbono. Esta estrategia favorece un sistema de distribución más sostenible y disminuye el impacto ambiental en toda la cadena de suministro.

4. **Uso y mantenimiento**: Se implementan tecnologías de bajo consumo para reducir el gasto energético y se establecen protocolos de mantenimiento que alargan la vida útil de los equipos, asegurando una operación continua y minimizando los costes operativos.

5. **Reutilización, reciclaje y desecho**: La gestión de subproductos como el bagazo se realiza mediante su reciclaje para alimentación animal, lo que contribuye a la economía circular y evita la generación de residuos innecesarios. Además, los envases utilizados son reciclables, reforzando el compromiso del proyecto con la sostenibilidad ambiental.

6. **Impacto económico local**: El proyecto genera empleo directo e indirecto y fomenta la economía de Las Rozas mediante la colaboración con proveedores locales. Este impacto fortalece el tejido empresarial de la zona y fomenta el desarrollo de otras pequeñas empresas y servicios.

7. **Seguridad y salud laboral**: La implementación de medidas de seguridad en un entorno automatizado protege a los empleados, reduciendo riesgos asociados a la operación de maquinaria pesada. Las normativas de salud ocupacional se aplican en todas las fases de producción para asegurar un entorno seguro.

8. **Responsabilidad social**: El proyecto promueve un consumo responsable de alcohol, sensibilizando a los consumidores sobre el valor de elegir productos locales y sostenibles. Esta responsabilidad se extiende a los empleados, proveedores y la comunidad local, reflejando un compromiso ético con la sociedad.

Este análisis destaca los impactos fundamentales del proyecto en cada etapa, integrando sostenibilidad, eficiencia y responsabilidad social en el diseño de la microcervecería. Estas consideraciones alinean el proyecto con los principios éticos y las normativas vigentes, asegurando una operación respetuosa con el medio ambiente y beneficiosa para la comunidad.

3. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS.

Este apartado ofrece un análisis en profundidad de los impactos más significativos identificados en el proyecto de diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid. Al enfocarse en los aspectos ambientales, económicos, sociales y de salud, este análisis permite evaluar las consecuencias de la implementación de la microcervecería, así como las medidas adoptadas para maximizar los beneficios y reducir los posibles efectos adversos.

Cada impacto seleccionado responde a criterios específicos de relevancia y magnitud sobre los grupos de interés, así como a su potencial para generar valor compartido y contribuir al desarrollo sostenible. Los impactos ambientales incluyen el consumo de recursos naturales, la eficiencia energética en el proceso de producción y la gestión de residuos, mientras que los impactos económicos consideran la generación de empleo y el fortalecimiento de la economía local. En el ámbito social, el proyecto promueve el consumo responsable y el respeto por el entorno, mientras que los aspectos relacionados con la salud laboral aseguran un entorno de trabajo seguro y saludable para todos los empleados.

Este análisis busca no solo describir las repercusiones del proyecto, sino también proponer estrategias de mitigación y mejora continua que se alineen con las normativas vigentes y los estándares de sostenibilidad. A través de este enfoque integral, se pretende que la microcervecería opere bajo un modelo de responsabilidad que aporte valor tanto a la comunidad de Las Rozas como al medio ambiente.

3.1. Impacto ambiental.

El impacto ambiental es uno de los aspectos más relevantes en el desarrollo de una microcervecería automatizada, dado que involucra un uso intensivo de recursos naturales y genera efectos en el entorno que requieren una gestión cuidadosa y responsable. Este análisis ambiental aborda las áreas clave en las que el proyecto tiene una interacción directa con el medio ambiente y establece las bases para implementar prácticas sostenibles en cada etapa del proceso productivo.

3.1.1. Consumo de agua.

El consumo de agua en la microcervecería automatizada es un aspecto crítico en términos de impacto ambiental, ya que este recurso es fundamental en el proceso de elaboración de cerveza. Cada etapa, desde la maceración hasta la limpieza de equipos, requiere un volumen considerable de agua, lo que demanda una gestión cuidadosa para optimizar su uso y reducir el desperdicio.

En la industria cervecera, el consumo de agua suele ser de entre 4 y 7 litros de agua por cada litro de cerveza producido. Para este proyecto, cuyo objetivo es una producción anual de 80.000 litros de cerveza, el consumo de agua podría alcanzar hasta 560.000 litros anuales si no se implementan medidas de eficiencia. Esto resalta la necesidad de adoptar alternativas que reduzcan el consumo y promuevan un uso más sostenible del recurso. En la microcervecería, el consumo es de 3,33 litros de agua por litro de cerveza producido, lo que supone un ahorro anual de hasta 293.600 litros de agua.

Esta reducción del uso de agua se debe al fin de minimizar el impacto negativo asociado al consumo de agua, incorporando en el proyecto sistemas de recirculación y reutilización en el diseño y operación de la planta. Estos sistemas permiten que el agua empleada en ciertas etapas pueda ser reciclada y utilizada en otros procesos. Además, se emplean tecnologías de filtrado y tratamiento que aseguran que el agua recirculada cumpla con los estándares de calidad necesarios para su reutilización, evitando la contaminación y manteniendo la seguridad del producto. Concretamente se reutiliza el agua en las siguientes etapas del proceso:

- **Enjuague y limpieza de equipos**: El agua utilizada para el enjuague de equipos después de la maceración y la fermentación es tratada y reutilizada en otras tareas de limpieza menos exigentes.

- **Enfriamiento del mosto**: El agua utilizada en los sistemas de enfriamiento es recolectada y reutilizada en el proceso de lavado de los tanques o para precalentar otros lotes de agua en la fase de maceración.

- **Ciclo de limpieza en el lugar (CIP)**: El sistema de limpieza en el lugar es optimizado para reutilizar el agua en múltiples ciclos de lavado, reduciendo el consumo neto.

- **Enjuague de botellas o latas**: El agua utilizada para el primer enjuague de los envases antes del llenado se reutilizada para la limpieza de superficies o equipos.

Estas medidas de optimización no solo minimizan el impacto ambiental, sino que también potencian impactos positivos en términos de sostenibilidad, contribuyendo directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Concretamente al ODS 6: Agua limpia y saneamiento, que promueve el uso eficiente de los recursos hídricos. Asimismo, al reducir la huella hídrica, el proyecto también apoya el ODS 12: Producción y consumo responsables, que aboga por prácticas sostenibles en la gestión de recursos naturales.

Desde el punto de vista de los grupos de interés, la implementación de estas prácticas sostenibles en el consumo de agua beneficia tanto a la comunidad local, al disminuir la presión sobre las fuentes hídricas, como a la propia microcervecería, al reducir los costos asociados al consumo de agua. De este modo, el proyecto logra un equilibrio entre la eficiencia económica y el compromiso ambiental, alineándose con valores de responsabilidad y cuidado del entorno.

La selección de estas tecnologías de recirculación y tratamiento de agua también evita los impactos negativos relacionados con el agotamiento de recursos hídricos y reduce la generación de aguas residuales, limitando los posibles efectos adversos sobre el medio ambiente y la comunidad. Este enfoque en la sostenibilidad refuerza el valor del proyecto, ya que promueve prácticas responsables y éticas que pueden ser adoptadas por otras empresas del sector, estableciendo un modelo de producción cervecera más respetuoso con el agua y el medio ambiente en general.

En conclusión, el consumo de agua en la microcervecería se gestiona de forma estratégica y sostenible, integrando soluciones que reflejan un compromiso claro con la eficiencia hídrica y la responsabilidad ambiental. Estas prácticas no solo reducen el impacto negativo sobre los recursos naturales, sino que también añaden valor social y económico, consolidando el proyecto como un ejemplo de innovación en sostenibilidad dentro de la industria cervecera.

3.1.2. Generación de residuos.

La generación de residuos es un factor significativo en la operación de una microcervecería, debido a los subproductos y desechos derivados de la producción de cerveza. Entre los principales residuos generados se encuentran el bagazo, las levaduras agotadas y los lúpulos utilizados. La correcta gestión de estos residuos es esencial para minimizar el impacto ambiental del proyecto y para integrar prácticas de economía circular que agreguen valor tanto al proceso productivo como a la comunidad.

En la microcervecería con 80.000 litros de producción anual, se estima que la cantidad de bagazo generado puede ser de aproximadamente 17.000 kg al año, lo cual representa un desafío en términos de manejo y disposición. En lugar de tratar estos residuos como desechos, el proyecto implementa alternativas de reutilización, aprovechando el bagazo como alimento para ganado, promoviendo así un ciclo de vida extendido para estos subproductos. Este enfoque reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos y convierte el bagazo en un recurso útil para otros sectores, alineándose con los principios de sostenibilidad.

Además del bagazo, otros residuos orgánicos, como las levaduras y los lúpulos agotados, se destinan a procesos de compostaje o se entregan a empresas especializadas en reciclaje orgánico. Esta gestión de residuos apoya directamente al ODS 12: Producción y consumo responsables, que fomenta la reducción de desechos a través de la prevención, reducción, reciclado y reutilización. Al aprovechar estos residuos en lugar de desecharlos, el proyecto contribuye a la disminución de su impacto ambiental y refuerza el compromiso con la economía circular.

La selección de estas alternativas para la gestión de residuos minimiza los impactos negativos asociados con la disposición de desechos en vertederos, tales como la contaminación del suelo y la generación de gases de efecto invernadero. Además, ofrece beneficios significativos a grupos de interés como ganaderos locales, que pueden utilizar el bagazo para mejorar la alimentación de sus animales. De esta forma, se establece una red de colaboración en la que los residuos de la microcervecería se convierten en insumos valiosos para otros sectores.

Este enfoque también evita posibles perjuicios para la comunidad, como la acumulación de desechos y los costos ambientales asociados a su disposición. Asimismo, la reutilización y el reciclaje de estos residuos promueven valores de responsabilidad y sostenibilidad, reforzando el compromiso del proyecto con una gestión ambiental ética y beneficiosa para la sociedad.

En conclusión, la generación de residuos en la microcervecería se gestiona mediante prácticas de economía circular que no solo reducen el impacto ambiental, sino que también crean oportunidades para la colaboración con otros sectores locales. Estas prácticas sustentables no solo reflejan un compromiso ambiental, sino que también aportan beneficios sociales y económicos, consolidando el proyecto como un modelo de sostenibilidad en la industria cervecera artesanal.

3.1.3. Uso de energía.

El uso de energía es un factor crucial en el proceso de producción de cerveza, ya que las diferentes etapas, desde el calentamiento del agua para la maceración hasta la refrigeración de los tanques de fermentación, requieren un suministro constante y eficiente de energía. En este proyecto de microcervecería automatizada, se busca reducir el consumo energético mediante la implementación de sistemas de eficiencia y el aprovechamiento de fuentes renovables, con el objetivo de minimizar la huella de carbono y contribuir a un modelo de producción más sostenible.

La producción anual de 80.000 litros de cerveza puede requerir aproximadamente entre 20.000 y 30.000 kWh de energía, dependiendo de la tecnología y los procesos empleados. Con el fin de optimizar el consumo, el proyecto adopta soluciones tecnológicas como el uso de equipos de bajo consumo energético y sistemas de recuperación de calor, que permiten aprovechar la energía generada en unas fases para ser utilizada en otras. Por ejemplo, el calor residual del proceso de cocción puede ser recuperado y utilizado para precalentar el agua en etapas subsecuentes, reduciendo la necesidad de energía adicional.

Además, el proyecto permite la futura instalación de paneles solares en el techo de la microcervecería para generar una parte de la energía necesaria mediante fuentes renovables. Esta medida no solo disminuye la dependencia de fuentes de energía convencionales, sino que también reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo energético. Con esta combinación de tecnologías, se estima que se puede reducir el consumo energético hasta en un 20%, promoviendo así una operación más ecológica y rentable.

El compromiso con la eficiencia energética y el uso de fuentes renovables está alineado con el ODS 7: Energía asequible y no contaminante, que promueve el acceso a energía asequible, segura y sostenible, y con el ODS 13: Acción por el clima, que insta a adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Al reducir el consumo de energía y las emisiones asociadas, la microcervecería contribuye activamente a estos objetivos globales de sostenibilidad.
Para los grupos de interés, especialmente la comunidad local y las autoridades reguladoras, el uso eficiente de energía y la posibilidad de adoptar fuentes renovables aportan beneficios significativos. La reducción en la demanda de energía contribuye a una menor presión sobre la red eléctrica local y reduce los costos operativos de la microcervecería, lo que puede traducirse en una operación más económica y competitiva a largo plazo. Además, el uso de energías renovables respalda los valores de responsabilidad ambiental y promueve una imagen positiva del proyecto como ejemplo de sostenibilidad en el sector.

Este enfoque evita impactos negativos asociados con el consumo intensivo de energía, como el aumento de emisiones y la dependencia de fuentes no renovables, y promueve prácticas que benefician tanto al medio ambiente como a la comunidad. La alternativa de utilizar tecnologías de eficiencia energética y energías renovables potencia el impacto positivo del proyecto, reflejando un compromiso ético con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

En resumen, el uso de energía en esta microcervecería se gestiona de manera estratégica mediante la implementación de sistemas eficientes y la posibilidad de implementación de energías renovables. Estas prácticas no solo reducen el impacto ambiental, sino que también aportan beneficios económicos y sociales,

fortaleciendo el valor del proyecto y su alineación con los objetivos de sostenibilidad.

3.1.4. Envases.

El uso de envases de metal en la microcervecería plantea un enfoque específico en la sostenibilidad y gestión de residuos. Las latas de aluminio, debido a su alta capacidad de reciclaje y bajo peso, son seleccionadas como el envase principal para la cerveza, lo cual optimiza tanto la logística como la sostenibilidad del proyecto. La lata de aluminio es uno de los envases con mayor tasa de reciclabilidad en el sector cervecero, permitiendo que una gran proporción de las latas utilizadas pueda ser reciclada y reutilizada, reduciendo así el impacto ambiental.

Cada lata de aluminio puede reciclarse indefinidamente sin perder sus propiedades, lo que contribuye a un ciclo de vida más circular y alineado con los principios de economía circular. Según el *Plan Empresarial de Prevención de los Residuos de Envase en el Sector de la Cerveza 2023* de Ecovidrio, las medidas para reducir la generación de residuos de envase incluyen la reducción del peso de las latas y el aumento del contenido de aluminio reciclado en su fabricación. Este enfoque disminuye el consumo de materias primas vírgenes y reduce la huella de carbono del proyecto, al requerir menos energía en el proceso de producción de envases.

En términos cuantitativos, el uso de envases de aluminio reciclable en una producción de 80.000 litros de cerveza anual permite evitar la generación de aproximadamente 30 toneladas de residuos de envases si se recuperan y reciclan las latas tras el consumo. Además, al optar por latas de menor peso, se reduce el consumo de material, manteniendo la funcionalidad y resistencia del envase.

Este compromiso con envases reciclables y de menor peso contribuye directamente al ODS 12: Producción y consumo responsables, que impulsa la reducción de residuos y promueve el reciclaje como parte fundamental de un modelo de producción sostenible. Además, apoya el ODS 13: Acción por el clima al disminuir la energía requerida en la fabricación y, por ende, las emisiones de CO_2 asociadas.

Para los grupos de interés, especialmente los consumidores y las entidades de gestión de residuos, el uso de latas reciclables aporta beneficios significativos al facilitar el reciclaje y reducir la presión sobre los sistemas de gestión de residuos. Esto también favorece a la comunidad, que se beneficia de un menor impacto ambiental derivado de la disposición de envases. Al reducir el peso y seleccionar materiales altamente reciclables, el proyecto incorpora valores de responsabilidad y sostenibilidad que responden a las demandas actuales de un consumo consciente.

En resumen, el uso de envases de aluminio reciclable y de bajo peso en la microcervecería no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también refuerza el compromiso del proyecto con una economía circular. Este enfoque contribuye a los objetivos de sostenibilidad ambiental y social, consolidando el proyecto como un modelo responsable y respetuoso con el medio ambiente dentro del sector cervecero.

3.2. Impacto económico.

El impacto económico de la microcervecería automatizada en Las Rozas se manifiesta de manera directa e indirecta en la economía local y regional, impulsando el empleo, dinamizando la cadena de suministro y promoviendo la actividad en el sector de la cerveza artesanal. La iniciativa no solo genera valor económico a través de la producción y venta de cerveza, sino que también fomenta un entorno de colaboración y crecimiento económico, beneficiando tanto a proveedores como a la comunidad en general.

Una de las contribuciones más directas al impacto económico es la generación de empleo, tanto directo como indirecto. El proyecto estima la creación de al menos siete puestos de trabajo directos en áreas como la producción, administración y distribución. Estos empleos representan una inversión en el capital humano local y contribuyen a mejorar la calidad de vida de los empleados y sus familias. Adicionalmente, la microcervecería fomenta empleos indirectos a través de la contratación de servicios locales para el transporte, mantenimiento y abastecimiento de materias primas, reforzando así el tejido económico de Las Rozas y sus alrededores. Este aporte económico se alinea con el ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, que promueve la generación de empleos dignos y sostenibles en la economía local.

En términos de la cadena de suministro, la microcervecería fomenta relaciones comerciales con proveedores locales de materias primas, insumos de embalaje y servicios logísticos. Al priorizar estos acuerdos locales, el proyecto reduce los costos de transporte y minimiza su huella de carbono, lo que también respalda el ODS 12: Producción y consumo responsables. Este enfoque local ayuda a fortalecer la economía circular en la región, reduciendo la dependencia de proveedores externos y creando una red de colaboración que beneficia a múltiples sectores. La decisión de utilizar latas de aluminio reciclable, por ejemplo, también genera impacto económico positivo, ya que contribuye a la demanda de materiales reciclados y promueve el crecimiento de la industria de reciclaje en la comunidad.

La automatización de los procesos de producción en la microcervecería permite una mayor eficiencia operativa y una reducción de costos. Al optimizar el consumo de energía y agua, se disminuyen los gastos asociados a estos recursos, lo que a su vez permite ofrecer un producto competitivo en el mercado sin comprometer la calidad. La reducción de costos en insumos y servicios esenciales promueve la sostenibilidad económica a largo plazo del proyecto, asegurando que los beneficios se distribuyan no solo entre los propietarios, sino también en el precio justo para el consumidor final. Además, este enfoque permite a la microcervecería adaptarse a las fluctuaciones del mercado y a las demandas de sostenibilidad que cada vez son más valoradas por los consumidores, promoviendo una economía más resiliente.

En cuanto a los grupos de interés, el impacto económico es favorable tanto para los empleados, que encuentran en la microcervecería una fuente de empleo estable, como para los proveedores locales, quienes se benefician de una colaboración constante y sostenida. La comunidad local también se ve beneficiada, ya que la microcervecería aporta ingresos adicionales al municipio a través de impuestos y contribuye a la diversificación económica de Las Rozas, un valor significativo en el contexto del crecimiento del sector de las cervezas artesanales en España.

La alternativa de priorizar el desarrollo económico local y la sostenibilidad evita los impactos negativos asociados con la dependencia de insumos externos, que podrían aumentar los costes y limitar la flexibilidad operativa del proyecto. Asimismo, el uso de proveedores locales y de insumos reciclables promueve

valores de sostenibilidad y compromiso con la comunidad, estableciendo una relación de mutuo beneficio y contribuyendo a una economía circular que refuerza el tejido económico y social de la región.

En conclusión, el impacto económico de la microcervecería se refleja en la generación de empleo, el fortalecimiento de la economía local y la promoción de un mercado artesanal sostenible. Este enfoque económico no solo favorece a la comunidad de Las Rozas, sino que también consolida el compromiso de la microcervecería con la sostenibilidad y la eficiencia a largo plazo, integrando valores de responsabilidad económica que apoyan el crecimiento de un mercado artesanal más robusto y comprometido con el desarrollo local.

3.3. Impacto social.

El proyecto de microcervecería automatizada en Las Rozas ejerce un impacto social positivo al generar oportunidades de empleo, fortalecer la identidad cultural local y promover el consumo responsable. Este enfoque social está integrado en todas las fases del proyecto, desde su concepción hasta la implementación y operación, alineándose con un modelo de negocio que valora y prioriza la sostenibilidad y la cohesión social.

Uno de los principales beneficios sociales es la creación de empleo local, con la generación de siete puestos directos y varios empleos indirectos en sectores relacionados, como transporte y mantenimiento. Estos empleos no solo mejoran la estabilidad económica de las familias locales, sino que también fortalecen el tejido social al involucrar a la comunidad en un proyecto de carácter local. Entre los puestos directos, se incluye la contratación de una persona con discapacidad en el área administrativa, demostrando el compromiso del proyecto con la inclusión social y la igualdad de oportunidades. Esta iniciativa se alinea con el ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, al fomentar un entorno laboral diverso y accesible, y contribuye al desarrollo de una economía que respeta y valora la diversidad.

Además, la microcervecería promueve la identidad cultural de Las Rozas, al introducir un producto artesanal local que refleja los valores y tradiciones de la comunidad. Este proyecto incentiva el consumo de productos de origen local y refuerza el sentido de pertenencia en la población, que se identifica con una marca propia de su entorno. Este fortalecimiento de la identidad local responde al ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, que promueve el desarrollo de comunidades cohesionadas y sostenibles. La microcervecería contribuye, así, a la preservación del patrimonio cultural de la región y refuerza el atractivo turístico al atraer a consumidores interesados en productos artesanales y de alta calidad.

Por otro lado, el proyecto incluye en su diseño campañas de sensibilización sobre el consumo responsable de alcohol, promoviendo prácticas de moderación entre sus clientes y educándolos sobre los efectos de un consumo consciente. Este enfoque en el consumo responsable aporta un valor educativo y social significativo, alineándose con el ODS 3: Salud y bienestar, que fomenta el bienestar de las personas y la prevención de problemas de salud. La

microcervecería no solo comercializa su producto, sino que también contribuye a la educación de los consumidores, incentivando una cultura de consumo que prioriza la calidad sobre la cantidad y que valora el impacto social y ambiental de sus decisiones de compra.

Para los grupos de interés, como la comunidad de Las Rozas, los consumidores y las autoridades locales, los beneficios sociales del proyecto son considerables. La microcervecería no solo mejora el acceso a productos locales y sostenibles, sino que también participa activamente en la cohesión de la comunidad mediante el fomento de empleos dignos, la inclusión laboral de personas con discapacidad, la valorización de la cultura local y la concienciación sobre el consumo responsable. La elección de un modelo de producción artesanal y de proximidad minimiza los efectos adversos de una producción a gran escala, como la pérdida de identidad cultural o el impacto negativo del consumo excesivo de alcohol, generando un modelo de negocio respetuoso y comprometido.

En conclusión, el impacto social de la microcervecería es amplio y se refleja en beneficios que fortalecen tanto el desarrollo de la comunidad como el compromiso con la sostenibilidad social y cultural. La integración de valores de responsabilidad, inclusión, respeto y cohesión en el modelo de negocio convierte a esta microcervecería en un referente de impacto social positivo, con una visión que contribuye al bienestar y desarrollo de la comunidad de Las Rozas y sus alrededores.

3.4. Impacto en la salud.

El impacto en la salud es un aspecto clave en el proyecto de la microcervecería automatizada, dado que incluye tanto la salud y seguridad de los empleados como la promoción de un consumo responsable y saludable entre los consumidores. Este enfoque integral contribuye a una operación que valora y protege el bienestar de todos los involucrados, desde los trabajadores hasta los usuarios finales.

Para los empleados de la microcervecería, el proyecto incorpora medidas de seguridad laboral en el diseño y operación de las instalaciones. La automatización de los procesos reduce la exposición de los trabajadores a riesgos físicos, como el contacto con maquinaria pesada y el manejo de productos a altas temperaturas. Además, se implementan protocolos de seguridad e higiene en todas las áreas de producción y almacenamiento, minimizando los riesgos de accidentes laborales. Estas medidas de prevención y seguridad laboral cumplen con la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y se alinean con el ODS 3: Salud y bienestar, que promueve el bienestar y la reducción de riesgos en el trabajo, y el ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, al asegurar condiciones laborales dignas y seguras.

El proyecto también contempla la formación continua de los empleados en prácticas de seguridad e higiene, contribuyendo a la creación de un ambiente de trabajo que protege la salud y fomenta el desarrollo profesional. Estas prácticas no solo minimizan los posibles perjuicios para los trabajadores, sino que también refuerzan un ambiente laboral seguro y productivo que promueve valores de respeto y bienestar.

En cuanto al impacto en la salud de los consumidores, la microcervecería adopta un enfoque de responsabilidad en el diseño y comercialización de sus productos, promoviendo el consumo moderado de alcohol y educando a los clientes sobre los riesgos de un consumo excesivo. Este compromiso con el consumo responsable se traduce en estrategias de etiquetado claro y campañas de sensibilización en puntos de venta y redes sociales, asegurando que los consumidores puedan tomar decisiones informadas. Estas acciones responden al ODS 3: Salud y bienestar, en su esfuerzo por reducir los riesgos para la salud derivados del consumo indebido de alcohol.

Además, la producción artesanal y el enfoque en ingredientes de alta calidad favorecen la creación de un producto que reduce la presencia de aditivos y conservantes artificiales, promoviendo una opción de consumo más saludable para aquellos que disfrutan de productos locales y sostenibles. La alternativa de utilizar ingredientes de calidad y procesos de elaboración controlados minimiza el impacto negativo que podría derivarse del uso de ingredientes procesados, lo cual aporta un beneficio tangible para la salud de los consumidores.

Para los grupos de interés, estas medidas de salud y seguridad aportan beneficios claros: los empleados encuentran en la microcervecería un lugar de trabajo seguro y que valora su bienestar, mientras que los consumidores pueden confiar en la calidad y seguridad del producto que consumen. La adopción de estas prácticas evita impactos negativos como posibles problemas de salud en los consumidores y accidentes laborales, al tiempo que promueve valores de responsabilidad y respeto hacia la salud.

En resumen, el impacto en la salud de este proyecto abarca tanto el bienestar de los trabajadores como la seguridad del consumidor, consolidando un enfoque integral que apoya la sostenibilidad y el respeto por la salud en todas las fases del ciclo de vida del producto. Este compromiso refuerza el valor social de la microcervecería y contribuye a un entorno seguro y responsable, que promueve la salud y la seguridad de todos los involucrados.

4. CONCLUSIONES

El proyecto de diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada en Las Rozas representa un modelo de negocio comprometido con la sostenibilidad, la responsabilidad social y la eficiencia económica. A lo largo del análisis, se identifican y gestionan los impactos ambientales, económicos, sociales y de salud asociados al proyecto, demostrando que la incorporación de prácticas sostenibles y éticas no solo es viable, sino también ventajosa para la comunidad y el medio ambiente.

En términos ambientales, el proyecto aborda de manera efectiva el consumo de agua y energía, la gestión de residuos y el uso de envases reciclables. Las soluciones implementadas, como la reutilización del agua, el uso de latas de aluminio reciclable y los sistemas de eficiencia energética, no solo minimizan la huella ecológica del proceso de producción, sino que también se alinean con objetivos de sostenibilidad a nivel global, en particular con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6, 7, 12 y 13. Esta gestión ambiental responsable refleja un compromiso sólido con la protección del medio ambiente y el uso eficiente de los recursos naturales.

Desde el punto de vista económico, la microcervecería genera un impacto positivo en la economía local, promoviendo la creación de empleo y fortaleciendo la red de proveedores locales. La elección de trabajar con insumos locales y de priorizar la eficiencia en los recursos contribuye a un modelo de economía circular que beneficia a todos los involucrados, promoviendo el ODS 8 al generar empleo digno y crecimiento económico en la comunidad. Este enfoque demuestra que la sostenibilidad y la viabilidad económica pueden coexistir, resultando en un modelo de negocio competitivo y resiliente.

El impacto social del proyecto es igualmente significativo, ya que promueve la identidad cultural de Las Rozas a través de la producción de cerveza artesanal local y fomenta un consumo responsable. La creación de empleo y el apoyo al desarrollo local fortalecen la cohesión social y refuerzan la identidad comunitaria. Además, el proyecto contribuye al bienestar y salud de los consumidores mediante campañas de concienciación sobre el consumo responsable, alineándose con el ODS 3. Estos valores de responsabilidad social y

cultural enriquecen la propuesta de la microcervecería y generan un valor compartido con la comunidad.

Por último, el enfoque en la salud y seguridad de los empleados y consumidores destaca el compromiso de la microcervecería con la creación de un entorno seguro y saludable. La implementación de medidas de seguridad laboral, la formación continua y las prácticas de higiene aseguran un entorno de trabajo que prioriza el bienestar de los empleados, promoviendo un lugar de trabajo ético y responsable.

En conclusión, este proyecto de microcervecería no solo cumple con los requisitos técnicos y económicos, sino que también establece un estándar de responsabilidad ambiental y social en la industria cervecera artesanal. Las estrategias adoptadas permiten maximizar los beneficios y reducir los posibles efectos negativos, consolidando el proyecto como un ejemplo de sostenibilidad integral. Este enfoque integral ofrece una visión de cómo la producción de cerveza artesanal puede contribuir de manera positiva al entorno natural y social, mientras asegura la viabilidad económica a largo plazo.

5. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 7.

BOE-A-2021-9176 (2021). *Real Decreto 390/2021, de 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.* https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-9176

AENOR. (2024). *ISO 50001. Certificación del sistema de gestión energética.* https://www.aenor.com/certificacion/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica-50001

AENOR. (2024). *ISO 14001 Certificación de sistemas de gestión ambiental.* https://www.aenor.com/certificacion/medio-ambiente/gestion-ambiental

ISO (Organización Internacional de Normalización) (2010) *ISO 26000:2010(es) Guía de responsabilidad social.* https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es

Ministerio de Derechos Sociales, Consumo y Agenda 2030. (s. f.). *Agenda 2030.* Recuperado el 01 de noviembre de 2024 de https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/index.htm

AENOR. (2024). *ISO 18001. Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo OHSAS.* https://www.aenor.com/Paginas/certificacion/sistemas/riesgo-y-seguridad/ohsas-18001.aspx

BOE-A-1995-24292. (1995). *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.* https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292

BOE.es (s. f.). *Código Laboral y de la Seguridad Social*. Recuperado el 01 de noviembre de 2024 de https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?id=93&modo=2¬a=0&tab=2

ANEJO 8. EVALUACIÓN ECONÓMICO - FINANCIERA

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL ANEJO 8.

1. INTRODUCCIÓN. **1**

2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS. **2**

3. ANÁLISIS DEL PROYECTO. **4**

3.1. Consideraciones previas al análisis. **4**

3.1.1. Criterios de evaluación. 4

3.2. Vida útil. **6**

4. INVERSIÓN. **7**

4.1. Renovación de la inversión. **8**

5. COBROS Y PAGOS. **10**

5.1. Cobros ordinarios. **11**

5.2. Pagos ordinarios. **13**

5.2.1. Materias primas. 13

5.2.2. Envases. 13

5.2.3. Otras partidas. 14

5.2.4. Resumen pagos ordinarios. 17

5.3. Cobros y pagos extraordinarios. **17**

6. FLUJOS DE CAJA. **19**

7. CRITERIOS DE EVALUACIÓN. **21**

7.1. VAN. **21**

7.2. TIR. **23**

7.3. PAYBACK. **24**

8. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 8. ..... **25**

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEJO 8.

Tabla 1. – Inversión inicial total. 7
Tabla 2. – Renovación de la inversión. 9
Tabla 3. – Pagos ordinarios anuales de las materias primas. 13
Tabla 4. – Pagos ordinarios anuales de los envases. 13
Tabla 5. – Resumen de los pagos ordinarios. 17
Tabla 6. – Flujos de caja. 20

1. INTRODUCCIÓN.

La evaluación económico-financiera de un proyecto es un proceso fundamental que permite determinar la viabilidad y sostenibilidad económica de una inversión a largo plazo. En el caso del proyecto de diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada con una capacidad productiva de 80.000 litros al año, situada en Las Rozas de Madrid, esta evaluación tiene una relevancia crucial para garantizar no solo la factibilidad del emprendimiento, sino también para maximizar su rentabilidad y eficiencia operativa.

Este anejo aborda el análisis económico-financiero de la microcervecería, abarcando desde la definición de los parámetros evaluativos y las consideraciones previas, hasta la valoración de la inversión inicial, la proyección de cobros y pagos, y la elaboración de flujos de caja. Además, se aplican criterios específicos de evaluación, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión (Payback), que ayudan a obtener una visión integral de la viabilidad del proyecto.

El propósito de esta evaluación es proporcionar un marco sólido que permita a los promotores del proyecto tomar decisiones informadas sobre la ejecución y la operatividad de la microcervecería. Este análisis, junto con los resultados obtenidos, busca evidenciar si los recursos destinados y la estructura financiera propuesta cumplirán con las expectativas de retorno y sostenibilidad a lo largo de la vida útil de la instalación.

Esta introducción sirve de apertura a un análisis exhaustivo que no solo considera los aspectos monetarios, sino también los flujos operativos, las renovaciones de inversión necesarias y las contingencias económicas que podrían influir en el rendimiento del proyecto.

2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS.

En este apartado se presentan los conceptos clave relacionados con la evaluación financiera del proyecto de la microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid. Cada uno de estos términos es fundamental para entender los análisis y resultados que se obtendrán a lo largo del anejo.

- **Activo**: Un activo se define como un recurso de valor que es propiedad de la empresa, y cuya finalidad es generar un beneficio económico en el futuro. Estos activos pueden ser tangibles, como la maquinaria y las instalaciones, o intangibles, como las patentes y derechos de autor.

- **Pasivo**: Desde el enfoque contable, el pasivo representa las obligaciones o deudas que la empresa asume para financiar su actividad. Estas deudas son empleadas para pagar y mantener los activos, y su gestión es crucial para mantener un balance financiero saludable.

- **Inversión**: La inversión es la acción de destinar recursos, ya sean financieros, humanos o materiales, con el objetivo de obtener beneficios futuros. En el contexto de este proyecto, la inversión implica la adquisición y puesta en marcha de los equipos, infraestructura y procesos necesarios para la producción cervecera.

- **Vida útil del proyecto**: Se refiere al período durante el cual se espera que el activo sea operativo y productivo para la empresa. Este período también marca el tiempo en el que se planifica la amortización del activo, reflejando su contribución al negocio hasta el momento en que ya no genera valor significativo.

- **Amortización**: La amortización es la reducción del valor de un activo o pasivo a lo largo del tiempo. Este proceso refleja la depreciación natural de los activos debido al uso y la obsolescencia. Es un factor relevante en la contabilidad, ya que permite distribuir el costo de un activo a lo largo de su vida útil.

- **Flujos de caja**: Los flujos de caja son los movimientos netos de dinero que entra y sale del proyecto en un período de tiempo específico. En el caso de

esta evaluación, se consideran los flujos de caja proyectados para un horizonte de 20 años, mostrando tanto las entradas generadas por ingresos como las salidas asociadas a los costos y gastos.

- **Costo de Oportunidad del Capital (COK)**: Este término se refiere al costo implícito de elegir una inversión específica frente a otras alternativas. El COK refleja los beneficios potenciales que se pierden al optar por una opción en lugar de otra.

- **Valor Actual Neto (VAN)**: El VAN es un criterio de inversión que permite actualizar los flujos de cobros y pagos del proyecto, considerando un tipo de descuento. Este método ayuda a determinar si la inversión es rentable, mostrando la ganancia o pérdida neta generada en términos presentes.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**: La TIR es la tasa de interés o rendimiento que un proyecto genera. Se considera un indicador importante para evaluar la rentabilidad de la inversión, ya que muestra el porcentaje de retorno esperado a lo largo del tiempo.

- **Payback**: Este criterio mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Es un indicador sencillo que permite evaluar en qué momento el proyecto empieza a generar beneficios netos, proporcionando un marco para decisiones rápidas sobre viabilidad financiera.

Cada uno de estos parámetros se analizará y aplicará en las siguientes secciones del anejo para construir un panorama detallado de la evaluación económica y financiera del proyecto.

3. ANÁLISIS DEL PROYECTO.

El análisis del proyecto constituye una parte esencial en la evaluación económico-financiera, ya que permite identificar y desglosar los elementos clave que influirán en la viabilidad y el éxito de la microcervecería automatizada planificada en Las Rozas de Madrid. Este análisis abarca tanto la comprensión de las condiciones iniciales como las proyecciones financieras a lo largo de la vida útil del proyecto.

En este apartado, se detallan las principales consideraciones y aspectos que se deben evaluar para asegurar un desarrollo sólido del proyecto. Se comienza por revisar las consideraciones previas al análisis, las cuales permiten entender el contexto económico y operativo, y los criterios de evaluación que se utilizarán para medir el desempeño financiero del proyecto. Luego, se examina la vida útil del proyecto, lo que permite estructurar de manera realista la proyección de flujos de caja y determinar el impacto de la depreciación y las renovaciones de inversión en los activos.

El objetivo es establecer una base clara y coherente para evaluar el potencial del proyecto y proporcionar una guía que facilite la toma de decisiones informadas, asegurando la viabilidad financiera y la capacidad del proyecto para generar retornos atractivos.

3.1. Consideraciones previas al análisis.

Para realizar un análisis económico-financiero detallado del proyecto de la microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid, es esencial definir ciertos criterios que guiarán la evaluación. Estas consideraciones permiten estructurar de manera clara el estudio de los flujos de caja, las inversiones y los beneficios potenciales del proyecto, proporcionando un marco sólido para la toma de decisiones.

3.1.1. Criterios de evaluación.

Los criterios que se siguen en este análisis son:

- **Criterio año cero**: El año cero marca el punto de partida del proyecto, en el que se ejecutan la inversión inicial y los gastos asociados a la planificación y

permisos. Este año es crucial para establecer la base financiera del proyecto, pero los gastos previos a este punto, como la compra del terreno de propiedad del promotor, no se incluyen en el análisis.

- **Criterio de periodo contable básico**: Se adopta un año completo (365 días) como periodo de referencia para la evaluación de los cobros y pagos. Esto permite una comparación consistente de los ingresos y costos anuales y asegura que el análisis refleje de forma precisa la operativa continua del proyecto.

- **Criterio de registro al cierre del año**: Los costos y beneficios se contabilizan al final de cada año base, lo cual facilita la consolidación de datos y ofrece una perspectiva integral del desempeño anual del proyecto.

- **Criterio de actualización**: El análisis financiero considera la actualización de los flujos de caja a partir del año 1. Este criterio se aplica para reflejar el valor del dinero en el tiempo, descartando el año cero del análisis de retornos ya que representa el inicio de la inversión.

- **Criterio del pago de intereses**: En caso de que el proyecto implique financiamiento mediante préstamos, tanto el capital como los intereses se reflejan al término de cada año. Este criterio asegura que las obligaciones financieras se contabilizan de manera precisa, reflejando el impacto en la rentabilidad anual.

- **Criterio de exclusión de costos hundidos**: Los costos incurridos antes del año cero se consideran irrelevantes para el análisis financiero, ya que no afectan el rendimiento futuro del proyecto. Solo se evalúan los costos y beneficios desde el inicio de la ejecución.

3.2. Vida útil.

La vida útil de un proyecto se define como el período durante el cual los activos mantienen su capacidad de generar ingresos de forma efectiva, superando los costos asociados y contribuyendo al éxito del proyecto. En términos contables, es el intervalo de tiempo en el que los activos se utilizan y se amortizan, reflejando su desgaste y pérdida de valor.

Para la microcervecería, el proyecto se lleva a cabo en una nave edificada que dispone de las conexiones necesarias para agua y comunicaciones. El proceso de implementación de la línea de producción y los equipos se desarrolla durante los primeros cuatro meses del año, permitiendo que la producción comience en junio. La vida útil del proyecto se estructura de la siguiente manera:

- **Año (0)**: Es el punto de inicio, en el que el promotor presenta la solicitud formal y se preparan todos los aspectos necesarios para el diseño y la disposición de la instalación.

- **Año (1)**: Se dedica a la instalación y el ajuste de la maquinaria y equipos desde enero hasta mayo, asegurando que todo esté listo para iniciar la producción a mitad de año.

- **Años (2-20)**: Este período comprende los años de operación regular, en los que la producción se lleva a cabo de forma continua. Se espera que durante estos años el proyecto genere ingresos sostenibles y se amortice progresivamente la inversión.

Esta planificación de la vida útil del proyecto permite proyectar de forma realista los ingresos, los costos y la rentabilidad a lo largo de dos décadas, proporcionando una visión clara de su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

4. INVERSIÓN.

La inversión necesaria para la puesta en marcha de la microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid se detalla en el *Documento IV. Presupuesto*. Este presupuesto comprende tanto el Presupuesto de Ejecución por Administración (PEA) como el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), los cuales suman un total de 601.642,12 €. Esta cifra representa el costo base de implementación del proyecto, sin incluir los honorarios del equipo encargado del diseño y la ejecución.

Para calcular la inversión inicial completa, se deben sumar los honorarios del proyectista, que representan un 2% del costo total del proyecto. Este porcentaje refleja la compensación por los servicios de planificación y gestión del diseño del proyecto, asegurando que todos los aspectos técnicos y estructurales cumplan con las especificaciones y normativas necesarias.

El cálculo de los honorarios se realiza de la siguiente manera:

Honorarios del proyectista = Presupuesto Total × 0,02
Honorarios del proyectista = 601.642,12 € × 0,02
Honorarios del proyectista = 12.032,84€

De este modo, la inversión total inicial se compone de la suma del presupuesto base más los honorarios calculados:

Concepto		Importe (€)
Presupuesto Total		**601.642,12 €**
	PEA	471.016,70 €
	PEC	130.625,42 €
Honorarios		**12.032,84 €**
Inversión Total		**613.674,96 €**

Tabla 1. – Inversión inicial total.
Fuente. – Elaboración propia.

Esta cifra representa la totalidad de los recursos necesarios para la implementación y puesta en funcionamiento de la microcervecería. Esta inversión cubre la adquisición de maquinaria, la instalación de infraestructura, la

adecuación de los espacios y todos los elementos necesarios para que la producción de cerveza se realice de manera eficiente y cumpliendo los estándares de calidad establecidos. La correcta asignación de estos recursos es esencial para asegurar un inicio sólido de la operativa y garantizar la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

4.1. Renovación de la inversión.

El análisis de la renovación de la inversión es un paso fundamental para garantizar la continuidad operativa de la microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid a lo largo de su vida útil, que se estima en 20 años. Este apartado detalla los aspectos clave que deben considerarse para la planificación de renovaciones parciales de los activos.

En primer lugar, se define que la inversión inicial cubre una serie de elementos de infraestructura que no requieren renovación a lo largo del proyecto, tales como la nave en sí y la instalación eléctrica. Estos elementos se excluyen del cálculo de renovación debido a que el promotor ya los aporta al proyecto desde el inicio, lo cual reduce la carga financiera en los años posteriores.

Sin embargo, la maquinaria y el mobiliario sí se consideran para la renovación, ya que son esenciales para el mantenimiento de la capacidad productiva y la calidad de los procesos. Estos activos tienen una vida útil de 10 años, lo que implica que se deben renovar al menos una vez durante el ciclo de 20 años del proyecto.

Al calcular el valor de desecho, se estima que, al término de su vida útil, la maquinaria conserva un 10% de su valor original y el mobiliario un 6%. Este valor residual refleja la depreciación natural y el desgaste por uso:

- **Maquinaria**: Se renueva al cumplirse los 10 años, manteniendo un valor de desecho del 10% de su valor de adquisición.

- **Mobiliario**: Se considera un valor de desecho del 6%, lo cual implica una pérdida significativa de valor debido al uso continuo y la obsolescencia.

Inmovilizado	Importe (€)	Vida útil	Valor de desecho	Año de reposición	Valor residual (€)
Maquinaria	379.510,00 €	10	10%	10	37.951,00 €
Mobiliario	9.760,00 €	10	6%	10	585,60 €

Tabla 2. – Renovación de la inversión.
Fuente. – Elaboración propia.

Estas renovaciones son necesarias para garantizar que el proyecto opere de manera eficiente y cumpla con las expectativas de producción y calidad a lo largo del tiempo. El cálculo preciso de la reposición y el valor residual de estos activos ayuda a proyectar los costos asociados y a planificar adecuadamente la financiación requerida en la segunda mitad de la vida útil del proyecto.

5. COBROS Y PAGOS.

Durante la vida útil del proyecto de la microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid, se proyectan cobros y pagos que se dividen en dos categorías principales: ordinarios y extraordinarios. Estos elementos son esenciales para entender el flujo financiero anual de la empresa y para garantizar su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

- **Cobros.**

- **Cobros ordinarios**: Los ingresos principales provienen de la venta de la cerveza estilo Märzen producida en su formato en lata de 33 cl. Además, la microcervecería genera ingresos adicionales a partir de la venta de subproductos como el bagazo, que se comercializa para la industria de alimentación animal. Estos cobros se mantienen constantes y representan la principal fuente de ingresos recurrentes.

- **Cobros extraordinarios**: Estos ingresos se generan de manera puntual y se refieren, en su mayoría, a la venta de inmovilizados cuyo período de vida útil es inferior al del proyecto. Esta categoría de cobros solo se considera en los años en los que se lleva a cabo la renovación de activos, como maquinaria y mobiliario. También se pueden incluir subvenciones o créditos que se otorguen al proyecto, los cuales representan una inyección financiera no recurrente pero significativa para la sostenibilidad del negocio.

- **Pagos.**

- **Pagos ordinarios**: Estos son los gastos que se realizan de manera constante para mantener la operación diaria de la microcervecería. Incluyen los costos de adquisición de materias primas, como malta y lúpulo, el material de envase y otros insumos necesarios para la producción y envasado de la cerveza. También se consideran los gastos en agua, energía eléctrica y salarios del personal. Estos pagos aseguran la continuidad y eficiencia de la producción y representan una parte sustancial del presupuesto operativo anual.

- **Pagos extraordinarios**: Estos gastos se efectúan de manera puntual y están relacionados con la compra de nuevos inmovilizados, como maquinaria y mobiliario, que requieren renovación o actualización para mantener la capacidad productiva. Estos pagos se contemplan en los años en los que se proyecta una inversión en la renovación de activos y se destinan a garantizar la sostenibilidad y competitividad de la microcervecería a largo plazo.

El equilibrio entre los cobros y pagos, tanto ordinarios como extraordinarios, es fundamental para evaluar la rentabilidad del proyecto. La proyección precisa de estos elementos permite una gestión financiera eficiente y proporciona una visión clara del rendimiento económico esperado, contribuyendo a una toma de decisiones informada y a la planificación estratégica para el éxito

5.1. Cobros ordinarios.

Los cobros ordinarios de la microcervecería automatizada en Las Rozas de Madrid provienen principalmente de la venta de los productos y subproductos generados en el proceso de producción. Estos ingresos se generan de forma recurrente y son esenciales para garantizar la estabilidad financiera del proyecto.

Venta de cerveza Märzen.

La principal fuente de ingresos ordinarios es la venta de la cerveza Märzen, con una producción anual de 242.480 unidades. Estas unidades se comercializan en formato de latas de metal de 33 cl a un P.V.P de 1,75 €/ud. El volumen de ventas proyectado asegura un flujo constante de ingresos que sostiene la operación diaria y permite financiar otros aspectos del negocio.

$$\text{Cobro ordinario latas} = 242.480 \text{ uds x } 2{,}28 \frac{€}{\text{ud}} = \mathbf{552.854}\ €$$

Subproductos: bagazo y levadura.

El proceso de elaboración de cerveza genera subproductos valiosos que representan una fuente adicional de ingresos. Anualmente, la producción de bagazo alcanza los 16.800 kg. Este material se vende principalmente para la industria de alimentación animal, donde se utiliza como suplemento nutricional. La venta de bagazo no solo contribuye con ingresos adicionales, sino que también

optimiza el aprovechamiento de los recursos y refuerza las prácticas sostenibles de la cervecería.

Por otro lado, la levadura, que se desecha al final de ciertos ciclos productivos, también puede ser comercializada. Aunque en la microcervecería, parte de la levadura es reutilizada en varios lotes, anualmente se descartan 3.990,4 kg de levadura por lote. Esta levadura desechada se puede vender a empresas que la emplean en la producción de suplementos nutricionales o en otras aplicaciones industriales, lo cual añade otro ingreso complementario.

En conjunto, al año se produce un total de 20.790,40 kg de subproductos por los que se obtiene un cobro aproximado de **16.631 €**.

En conjunto, los cobros ordinarios permiten a la microcervecería no solo sostener su producción, sino también diversificar sus fuentes de ingresos a través del aprovechamiento de todos los subproductos generados. Esta estrategia contribuye a la estabilidad económica y a la sostenibilidad de la operación en el largo plazo.

Los cobros ordinarios totales son:

$$\text{Cobros ordinarios} = 552.854 + 16.631 = \mathbf{569.485}\ €/\mathbf{año}$$

No obstante, en el primer año la producción inicia en junio, por lo que el primer lote disponible para la venta estará listo al mes siguiente. Así, durante el primer año, los ingresos por la venta de botellas, cerveza de bodega y subproductos se generan únicamente durante seis meses.

$$\text{Cobros ordinarios (año 1)} = 569.485 \text{ x } \frac{6}{12} = \mathbf{284.742,5}\ €/\mathbf{año\ (1)}$$

5.2. Pagos ordinarios.

Son aquellos pagos que se realizan regularmente para mantener la producción de la cerveza. Estos se recogen en los siguientes apartados:

5.2.1. Materias primas.

Como se ha detallado en el *Anejo 2. Ingeniería del proceso*, se conoce la receta de la producción por lote de la cerveza estilo Märzen. A continuación, en la tabla 3 se desglosa el escandallo de producción de las materias primas.

Materias Primas		Coste	Lote 1.000 L	Anual 80.000 L	Pagos (€)
Malta	Malta Múnich	1,516 €/kg	75,60 kg	6.048,00 kg	9.168,77 €
	Malta Pilsner	1,436 €/kg	75,60 kg	6.048,00 kg	8.684,93 €
	Malta Viena	1,476 €/kg	16,80 kg	1.344,00 kg	1.983,74 €
Lúpulo	Hallertau Mittelfrüh	45,000 €/kg	3,29 kg	263,56 kg	11.859,98 €
Levadura	White Labs Märzen WLP820	171,429 €/L	2,80 L	224,00 L	38.400,10 €
Otros ingredientes	Sulfato Cálcico ($CaSO_4$)	0,830 €/kg	131,60 g	10,53 kg	8,74 €
	Sulfato Magnesio ($MgSO_4$)	2,230 €/kg	13,16 g	1,05 kg	2,35 €
	Sulfato Magnesio ($MgSO_4$)	1,040 €/kg	6,58 g	0,53 kg	0,55 €
	Ácido Láctico ($C_3H_6O_3$)	6,800 €/L	9,87 L	789,60 L	5.369,28 €
				TOTAL	**75.478,43 €**

Tabla 3. – Pagos ordinarios anuales de las materias primas.
Fuente. – Elaboración propia.

5.2.2. Envases.

Como se ha detallado en el *Anejo 2. Ingeniería del proceso*, la cerveza estilo Märzen se envasa en latas de metal de 33 cl que son empaquetadas en cajas de 12 unidades y posteriormente son paletizadas. A continuación, en la tabla 4 se desglosan los pagos anuales correspondientes a los envases.

Balance		Coste	Lote 1.000 L	Anual 80.000 L	Pagos (€)
Envases primarios (latas)		0,060 €/ud	3.031,00 uds	242.480,00 uds	14.548,800 €
Envases secundarios (cajas máster)		0,50 €/ud	253,00 uds	20.240,00 uds	10.120,000 €
Envase terciario	Palets (latas)	6,90 €/ud	2,00 uds	160,00 uds	1.104,000 €
	Film retráctil	8,83 €/ud	0,15 uds	21,46 kg	189,456 €
Material auxiliar	Etiquetas PP	0,145 €/ud	3.031,00 uds	242.480,00 uds	35.159,600 €
	Etiquetas Anónimas	0,115 €/ud	3.031,00 uds	242.480,00 uds	27.885,200 €
				TOTAL	**89.007,056 €**

Tabla 4. – Pagos ordinarios anuales de los envases.
Fuente. – Elaboración propia.

5.2.3. Otras partidas.

En este apartado se consideran los consumos de agua y energía necesarios para la operación de la microcervecería. Las estimaciones se realizan basándose en las recomendaciones del documento "Mejores Técnicas Disponibles en España para el sector cervecero", proporcionado por el Ministerio de Medioambiente. Este enfoque permite garantizar que los cálculos sean precisos y se ajusten a las mejores prácticas del sector, contribuyendo así a una gestión eficiente de los recursos y al cumplimiento de las normativas ambientales vigentes.

- **Gasto de agua.**

En total el consumo de agua estimado de la microcervecería es de 266.381,6 litros al año, incluyendo los consumos de todo el proceso productivo, sistema CIP y el uso administrativo. Por lo tanto, el consumo bimestral de la nave es de 44,5 m^3 aproximadamente, lo que clasifica en la cuota del Bloque 1 del Canal de Isabel II, el encargado de suministrar el agua en las Rozas de Madrid. Con esta información, se procede a desglosar el pago anual estimado a partir de las cuotas variables detalladas en el *Anejo 2. Ingeniería del proceso*.

Media de tarifas anuales:

- Aducción (Bloque 1): 0,4057 €/m^3
- Alcantarillado (De 25 a 50 m^3/bimestre): 0,1203 €/m^3
- Distribución (Bloque 1): 0,1335 €/m^3
- Depuración (De 25 a 50 m^3/bimestre): 0,3556 €/m^3

Costo total por m^3: 0,4057 + 0,1203 + 0,1335 + 0,3556 = 1,0151 €/m^3

Consumo anual: 266.381,6 litros = 266,3816 m^3

Gasto total anual: 1,0151 €/m^3 × 266,3816 m^3 = **270,40 €**

- **Gasto de energía.**

El consumo de energía en una planta cervecera generalmente se distribuye entre energía térmica y energía eléctrica en una proporción cercana a 3:1. Esto significa que aproximadamente el 75% de la energía total se destina a la generación de calor, mientras que el 25% restante se emplea en electricidad, principalmente para la producción de frío. La energía térmica consumida varía entre 20 y 52,3

kWh por hectolitro de cerveza envasada, mientras que el consumo eléctrico se sitúa entre 8,4 y 14,4 kWh por hectolitro. Por lo tanto:

$$\text{Gasto energía térmica} = 2.663{,}82\ \text{hL} \times 50\ \frac{\text{kWh}}{\text{hL}} \times 0{,}15\ \frac{€}{\text{kWh}} = 19.978{,}65\ €/\text{año}$$

$$\text{Gasto energía eléctrica} = 2.663{,}82\ \text{hL} \times 12\ \frac{\text{kWh}}{\text{hL}} \times 0{,}15\ \frac{€}{\text{kWh}} = 4.794{,}88\ €/\text{año}$$

Gasto energía anual = 19.978,65 + 4.794,88 = **24.773,53 €**

- **Salarios.**

La compensación al equipo es una parte esencial de los costos operativos y contribuye directamente al correcto funcionamiento y la sostenibilidad de la microcervecería. Los salarios estimados aseguran que cada empleado reciba una retribución adecuada a sus responsabilidades y a las necesidades del negocio.

Salarios por puesto de trabajo:

- Director general: 50.000 € anuales.
- Operario de producción: 23.000 € anuales.
- Maestro cervecero: 32.000 € anuales.
- Técnico de mantenimiento: 23.000 € anuales.
- Responsable de control de calidad: 27.000 € anuales.
- Encargado de logística y almacén: 23.000 € anuales.
- Personal administrativo: 23.000 € anuales.

Estos salarios son fundamentales para garantizar una operación eficiente y un entorno laboral adecuado en la microcervecería. En total el gasto de mano de obra es de **201.000 €/año**.

- **Marketing.**

En el presupuesto anual de la microcervecería se contempla una partida de **40.000 €** destinada a contratar los servicios de una empresa externa especializada en marketing y gestión comercial. Esta inversión tiene como objetivo impulsar la presencia de la marca en el mercado, atraer nuevos clientes y aumentar las ventas de los productos.

La empresa externa se encargará de desarrollar estrategias de marketing integrales que incluyan campañas publicitarias, gestión de redes sociales, creación de contenido visual y escrito, así como promociones y eventos para posicionar la cerveza en el mercado. Además, el apartado comercial abarcará la identificación de nuevas oportunidades de negocio, la gestión de relaciones con distribuidores y clientes, y la optimización de los canales de venta.

El enfoque profesional de una empresa especializada permitirá a la microcervecería concentrarse en la producción y calidad del producto, mientras que el marketing y las actividades comerciales se gestionan de manera efectiva para maximizar el alcance y la rentabilidad.

- **Aseguradora.**

Para este proyecto, se asegura únicamente la maquinaria, cuyo costo total es de 379.510 €. La tasa de seguro para la maquinaria se estima en un 3% anual, que es un porcentaje comúnmente aplicado en la industria para cubrir equipos de alto valor.

Cálculo del seguro de maquinaria:

- Costo total de la maquinaria asegurada: 379.510 €

- Tasa de seguro aplicada: 3%

Pago anual del seguro de maquinaria: 379.510 € x 0,03 = **11.385,30 €/año**

Por lo tanto, el costo anual del seguro de la maquinaria asciende a 11.385,3 €, que se incluirá como parte de los pagos ordinarios de la microcervecería. Este gasto garantiza la protección de los activos más significativos, reduciendo riesgos financieros en caso de incidentes imprevistos.

5.2.4. Resumen pagos ordinarios.

En este apartado se presenta un resumen consolidado de los pagos ordinarios anuales que la microcervecería debe asumir para mantener sus operaciones. Estos pagos incluyen los costos relacionados con la adquisición de materias primas, envases, consumo de agua y energía, salarios del personal, estrategias de marketing y seguros. Los valores detallados permiten visualizar tanto los gastos del primer año, marcado por la puesta en marcha y adaptación de la planta, como los costos recurrentes durante los años de producción regular (años 2 a 20). La siguiente tabla desglosa estos pagos y ofrece una perspectiva general de los compromisos financieros anuales del proyecto:

Concepto	Año 1 (€/año)	Año 2-20 (€/año)
Materias primas	37.739,22 €	75.478,43 €
Envases	44.503,53 €	89.007,06 €
Gasto de agua	135,20 €	270,40 €
Gasto de energía	12.386,77 €	24.773,53 €
Salarios	100.500,00 €	201.000,00 €
Marketing	20.000,00 €	40.000,00 €
Aseguradora	5.692,65 €	11.385,30 €
Gastos ordinarios	**220.957,36 €**	**441.914,72 €**

Tabla 5. – Resumen de los pagos ordinarios.
Fuente. – Elaboración propia.

5.3. Cobros y pagos extraordinarios.

Los cobros y pagos extraordinarios son aquellos que no forman parte de las operaciones regulares de la microcervecería y que se presentan de manera esporádica. En este caso, se relacionan principalmente con la renovación de maquinaria y mobiliario necesarios para mantener la eficiencia y operatividad de la planta a lo largo del tiempo. Estos eventos se consideran esenciales para asegurar la continuidad y competitividad del proyecto en el largo plazo.

- **Cobros extraordinarios**.

En el año 10 del proyecto, se generan ingresos extraordinarios derivados de la venta de maquinaria y mobiliario que han alcanzado el final de su vida útil. Estos activos, aunque ya no son necesarios para la producción, aún poseen un valor residual. Para la maquinaria, se estima un valor de reventa del 10% de su costo inicial, mientras que, para el mobiliario, este porcentaje es del 6%.

- **Valor de reventa de la maquinaria**: 379.510 € × 0,10 = **37.951 €**

- **Valor de reventa del mobiliario**: 9.760 € × 0,06 = **585,60 €**

Total de cobros extraordinarios en el año 10: 37.951 € + 585,60 € = **38.536,60 €**

- **Pagos extraordinarios**.

En el mismo año 10, se realiza una inversión significativa para renovar la maquinaria y el mobiliario, asegurando que la planta continúe operando con equipos actualizados y en buen estado. Este gasto incluye la compra de nueva maquinaria y mobiliario, cuyos valores corresponden a sus costos iniciales.

- **Costo de renovación de la maquinaria**: **379.510 €**

- **Costo de renovación del mobiliario**: **9.760 €**

Total de pagos extraordinarios en el año 10: 379.510 € + 9.760 € = **389.270,00 €**

El análisis de estos cobros y pagos extraordinarios es fundamental para prever el impacto financiero que tendrá la renovación de activos en los flujos de caja del proyecto. Aunque representan un gasto significativo, también garantizan que la microcervecería pueda seguir produciendo de manera eficiente en los años posteriores.

6. FLUJOS DE CAJA.

Después de analizar y detallar los cobros y pagos, tanto ordinarios como extraordinarios, que surgen a lo largo de la ejecución y la operación del proyecto, se procede a determinar los flujos de caja anuales. Estos flujos reflejan la diferencia entre los ingresos y los gastos de cada año, proporcionando una visión clara de la situación financiera y permitiendo la evaluación de la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

El flujo de caja anual se calcula considerando todos los cobros generados por la venta de la cerveza y otros ingresos, y restando los pagos necesarios para mantener la operación, así como cualquier gasto extraordinario previsto. La inversión inicial se efectúa en el primer año, y no se proyectan más pagos extraordinarios en los años siguientes, salvo en el año 10, que es cuando se realiza la renovación de la maquinaria y el mobiliario.

En los primeros 10 años de vida útil de la microcervecería, los flujos de caja son esenciales para evaluar la estabilidad financiera y la capacidad del proyecto de generar ingresos suficientes para cubrir los costos operativos y de inversión. Estos primeros años incluyen tanto el periodo de recuperación de la inversión como la etapa de funcionamiento normal de la planta.

La Tabla 6 presenta los flujos de caja de los 20 años de vida útil del proyecto, reflejando los ingresos netos y los desembolsos asociados. En el primer año, se observa la inversión inicial aportada por el promotor, lo cual impacta significativamente el flujo de caja de ese año. A lo largo de los siguientes años, los flujos de caja son positivos, con la excepción del año 10, donde se evidencian pagos extraordinarios por la renovación de los activos, compensados en parte por los cobros derivados de la venta de maquinaria y mobiliario antiguos.

Estos datos son fundamentales para calcular indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación (payback), los cuales permiten evaluar la viabilidad del proyecto en términos económicos.

AÑO	COBROS ORDINARIOS	COBROS EXTRAORDINARIOS	COBROS TOTALES	PAGOS ORDINARIOS	PAGOS EXTRAORDINARIOS	PAGOS TOTALES	INVERSIÓN	FLUJO DE CAJA	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA ACUMULADO
0							-613.674,96 €		-613.674,96 €	-613.674,96 €
1	284.742,50 €		284.742,50 €	-220.957,36 €		-220.957,36 €		63.785,14 €	63.785,14 €	-549.889,82 €
2	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	-422.319,54 €
3	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	-294.749,26 €
4	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	-167.178,98 €
5	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	-39.608,70 €
6	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	87.961,58 €
7	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	215.531,86 €
8	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	343.102,14 €
9	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	470.672,42 €
10	569.485,00 €	38.536,60 €	608.021,60 €	-441.914,72 €	-389.270,00 €	-831.184,72 €		-223.163,12 €	-223.163,12 €	247.509,30 €
11	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	375.079,58 €
12	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	502.649,86 €
13	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	630.220,14 €
14	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	757.790,42 €
15	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	885.360,70 €
16	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	1.012.930,98 €
17	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	1.140.501,26 €
18	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	1.268.071,54 €
19	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	1.395.641,82 €
20	569.485,00 €		569.485,00 €	-441.914,72 €		-441.914,72 €		127.570,28 €	127.570,28 €	1.523.212,10 €

Tabla 6. – Flujos de caja.
Fuente. – Elaboración propia.

7. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

En este apartado se presentan los criterios de evaluación financiera utilizados para analizar la rentabilidad y viabilidad del proyecto de la microcervecería. Estos criterios permiten valorar de manera objetiva el desempeño económico del proyecto y tomar decisiones informadas sobre su sostenibilidad a largo plazo. Cada criterio proporciona una perspectiva distinta sobre la eficiencia y el retorno de la inversión, contribuyendo a una evaluación integral de la inversión.

Los subapartados que siguen explican los indicadores financieros más relevantes, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (Payback). Estos indicadores se utilizan para determinar si el proyecto generará beneficios suficientes para justificar la inversión y cómo se compara con otras oportunidades de inversión

7.1. VAN.

El Valor Actual Neto (VAN) es uno de los indicadores clave para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Este criterio se utiliza para determinar si el proyecto genera un valor adicional respecto a la inversión inicial al considerar todos los flujos de caja futuros descontados a una tasa de interés específica. Un VAN positivo indica que el proyecto es rentable y que se obtienen ganancias por encima del costo de capital, mientras que un VAN negativo sugiere que la inversión no es viable.

En este análisis, se consideran los flujos de caja generados durante los 20 años de vida útil del proyecto, incluyendo tanto los cobros y pagos ordinarios como los extraordinarios. La inversión inicial se realiza en el año 0 y afecta de manera significativa el flujo de caja neto de dicho año, presentando un saldo negativo de **-613.674,96 €**. A partir del año 1, los flujos de caja netos se vuelven positivos y se mantienen estables, con excepción del año 10, cuando se registran pagos extraordinarios por la renovación de maquinaria y mobiliario.

Para calcular el VAN, se aplica la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

- F_t es el flujo de caja neto en el año t,
- r es la tasa de descuento o tipo de interés exigido a la inversión (10%),
- I_0 es la inversión inicial,
- n es el número total de periodos (20 años en este caso).

El resultado del VAN obtenido a través de los flujos de caja en Excel del es de **279.193,35 €** indica que el proyecto de la microcervecería es rentable y genera un valor adicional positivo al finalizar los 20 años de vida útil (VAN > 0). Este valor significa que, descontando todos los flujos de caja futuros al 10% (la tasa de interés exigida para la inversión), la suma total de los beneficios supera la inversión inicial y los costos operativos, dejando una ganancia neta.

Este resultado es un indicador positivo para los promotores y gestores del proyecto, ya que muestra que, después de cubrir todos los costos y descontar los flujos de efectivo futuros, la inversión genera un excedente que compensa los riesgos y el costo de oportunidad. Un VAN positivo como este es una señal de que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que también proporciona un retorno adicional que contribuye a la sostenibilidad y el crecimiento financiero de la microcervecería.

El valor de **279.193,35 €** es un indicativo de que el proyecto tiene potencial para generar beneficios sólidos y puede considerarse una inversión atractiva dentro del sector.

7.2. TIR.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador clave que se utiliza para medir la rentabilidad esperada de un proyecto de inversión. Esta tasa representa el porcentaje de retorno que el proyecto generará sobre la inversión inicial. La TIR se calcula como la tasa de descuento que iguala el valor actual de los flujos de caja futuros con el monto de la inversión inicial, es decir, la tasa a la cual el Valor Actual Neto (VAN) es igual a cero.

La fórmula para calcular la TIR es:

$$0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{F_t}{(1 + \text{TIR})^t}$$

Donde:

- F_t es el flujo de caja neto en el año t,
- *TIR* es la tasa interna de retorno,
- t es el año correspondiente,
- n es el número total de periodos (en este caso, 20 años).

En el análisis del proyecto de la microcervecería en Las Rozas de Madrid, la TIR obtenida a partir de los flujos de caja en Excel es del 16%, lo cual es una señal muy positiva. Este resultado es significativo porque supera el tipo de interés exigido del 10%, que es la tasa de descuento utilizada en el cálculo del VAN. Esto significa que el proyecto no solo cubre los costos de la inversión y el capital exigido, sino que también genera un rendimiento adicional del 6% sobre la tasa mínima esperada.

Una TIR del 16% sugiere que la inversión es atractiva y que el proyecto es capaz de proporcionar un retorno considerablemente superior al costo de capital. Esto aporta confianza a los inversores y a los gestores del proyecto, ya que implica que la microcervecería puede no solo recuperar la inversión inicial, sino también generar beneficios sustanciales a lo largo de sus 20 años de vida útil. Este resultado refuerza la viabilidad financiera del proyecto y permite compararlo de forma favorable con otras posibles inversiones. En general, una TIR que supere la tasa de descuento o el costo de oportunidad indica que el proyecto es rentable y que podría ser una opción sólida y ventajosa para los promotores.

7.3. PAYBACK.

El **período de recuperación de la inversión (Payback)** es un criterio financiero que se utiliza para determinar el tiempo que se necesita para recuperar la inversión inicial a través de los flujos de caja generados por el proyecto. Es una medida sencilla y efectiva para evaluar el riesgo y la liquidez del proyecto, mostrando en cuántos años los ingresos acumulados igualan los costos de la inversión. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el método del **Payback** no considera el valor del dinero en el tiempo ni la rentabilidad generada después de la recuperación de la inversión.

La fórmula para calcular el **Payback** se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{Ft}$$

Donde:

- *a*: Nº periodo anterior hasta recuperar la inversión inicial,
- I_0: inversión inicial,
- *b*: Suma de los flujos hasta el final del periodo *a*,
- F_t: Valor del flujo de caja del año en el que se recupera la inversión.

$$\textbf{Payback} = 5 + \frac{(613.674{,}96\ € - 574.066{,}26\ €)}{127.570{,}28\ €} = \mathbf{5{,}31}$$

El Payback del proyecto se obtiene en el año 6, aproximadamente en el primer tercio de ese año. Este resultado implica que el proyecto necesita alrededor de 5,3 años para recuperar la inversión inicial, lo cual es razonable considerando la vida útil total del proyecto de 20 años. Este período de recuperación es una señal de que el proyecto puede comenzar a generar beneficios netos a partir del sexto año, lo que disminuye el riesgo financiero y demuestra una recuperación de capital en un tiempo aceptable.

Aunque el Payback no tiene en cuenta los flujos de caja posteriores ni el valor del dinero en el tiempo, ofrece una visión clara de la rapidez con la que el proyecto puede recuperar la inversión, lo que refuerza la confianza en la viabilidad económica de la microcervecería.

8. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEJO 8.

Canal de Isabel II. (2024, mayo). *Tarifas del agua 2024*. https://oficinavirtual.canaldeisabelsegunda.es/documents/2106432/2122006/Tarifas.pdf/93924022-6396-2be8-d36e-cc33509c01b1?t=1717679700613

Dtarantinosp. (2024, 22 octubre). *Precio de la luz HOY en España: Coste del kWh de la luz hora por hora*. https://www.companias-de-luz.com/precio-de-la-luz/kwh/espana/

Gestopolis (s.f.) *El Costo de Oportunidad de Capital (COK) y El valor Actual Neto (VAN)*. Recuperado el 5 de noviembre de 2024 de https://www.gestiopolis.com/costo-oportunidad-capital-cok-valor-actual-neto-van/

Pindado Tapia, Emilio. (2019). *Temario de la asignatura Introducción a la Administración y Dirección de Empresas*. Grado en Ingeniería Alimentaria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid.

DOCUMENTO II. PLANOS

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL DOCUMENTO II.

PLANO 1: Plano de localización. ..... ¡Error! Marcador no definido.

PLANO 2: Situación de la parcela sobre ortofoto y mapa topográfico **3**

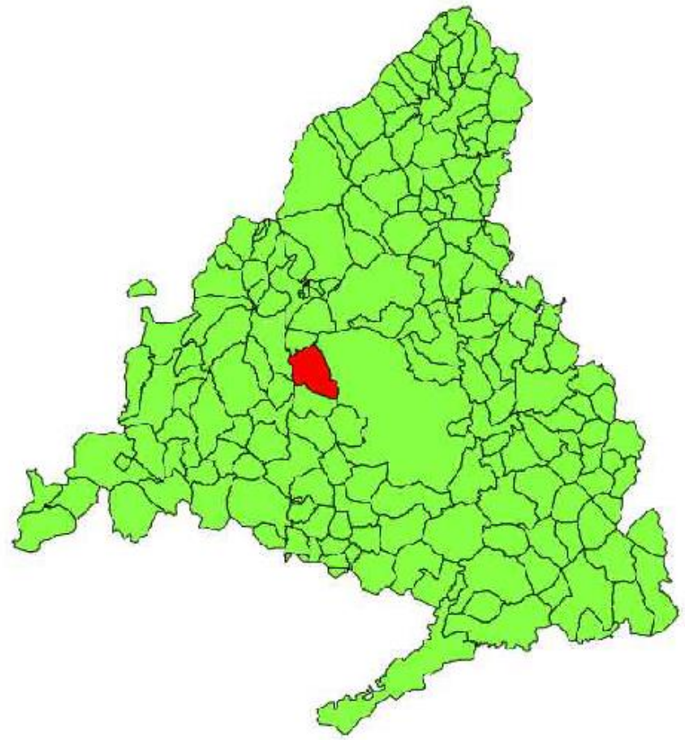
PLANO 3: Planta de distribución. ..... ¡Error! Marcador no definido.

PLANO 4: Planta de cotas y superficies. ..... ¡Error! Marcador no definido.

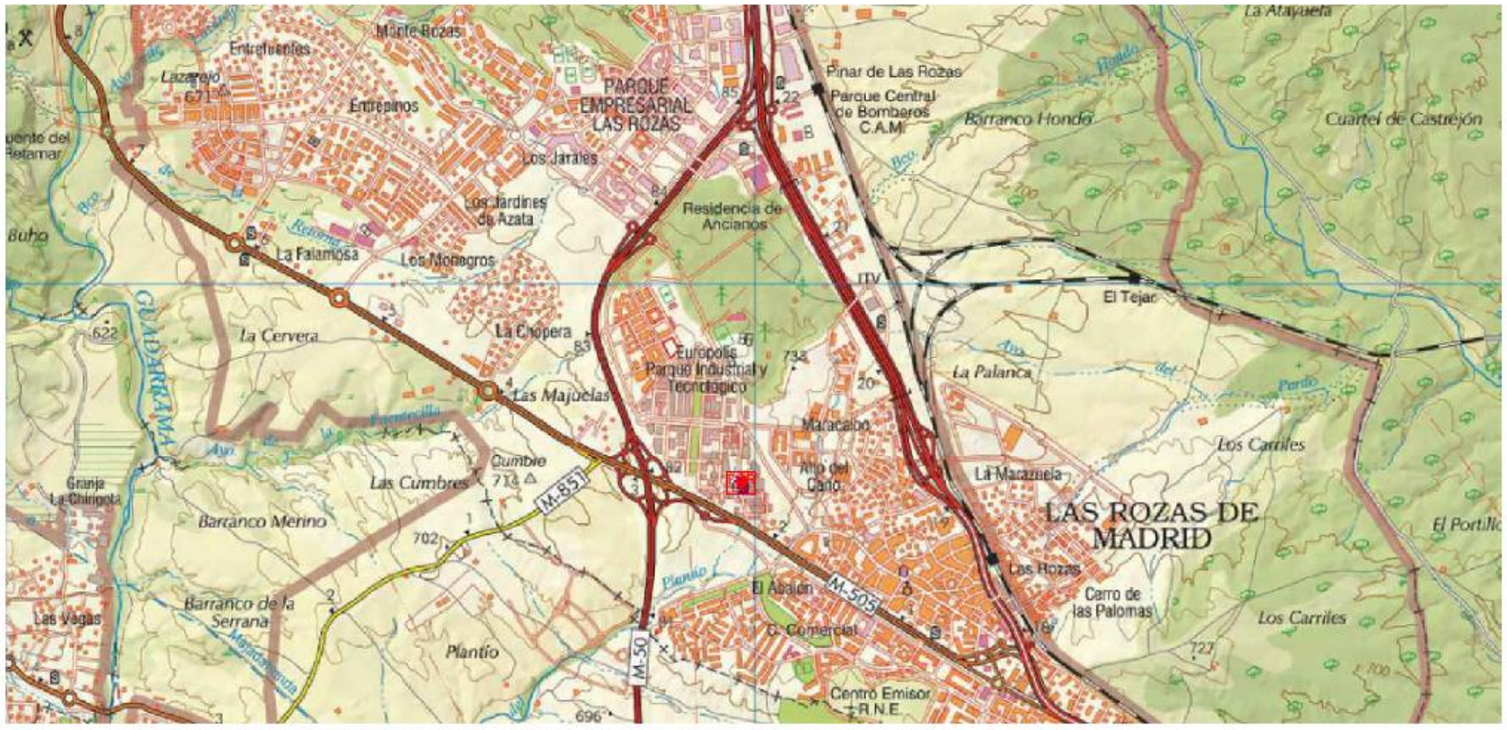
PLANO 5: Distribución de luminarias y líneas de alumbrado. **1**

PLANO 6: Distribución de la línea de fuerza. **1**

Situación de la Comunidad de Madrid en la Península Ibérica



Situación del municipio de Las Rozas de Madrid en la Comunidad de Madrid



Situación de la parcela sobre el mapa topográfico (CartoMadrid) en el municipio de Las Rozas de Madrid

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)

PLANO: Plano de localización

Nº: 1

ESCALA: VARIAS

FIRMADO EL ALUMNO: Carlos Manuel de la Peña Espinoza

GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA

FECHA: JULIO 2024

Situación de la parcela sobre mapa topográfico de la Comunidad de Madrid (Escala 1:50000)

Situación de la parcela sobre ortofoto de Las Rozas de Madrid (Escala 1:5000)

Situación de la parcela sobre mapa topográfico de Las Rozas de Madrid (Escala 1:15000)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

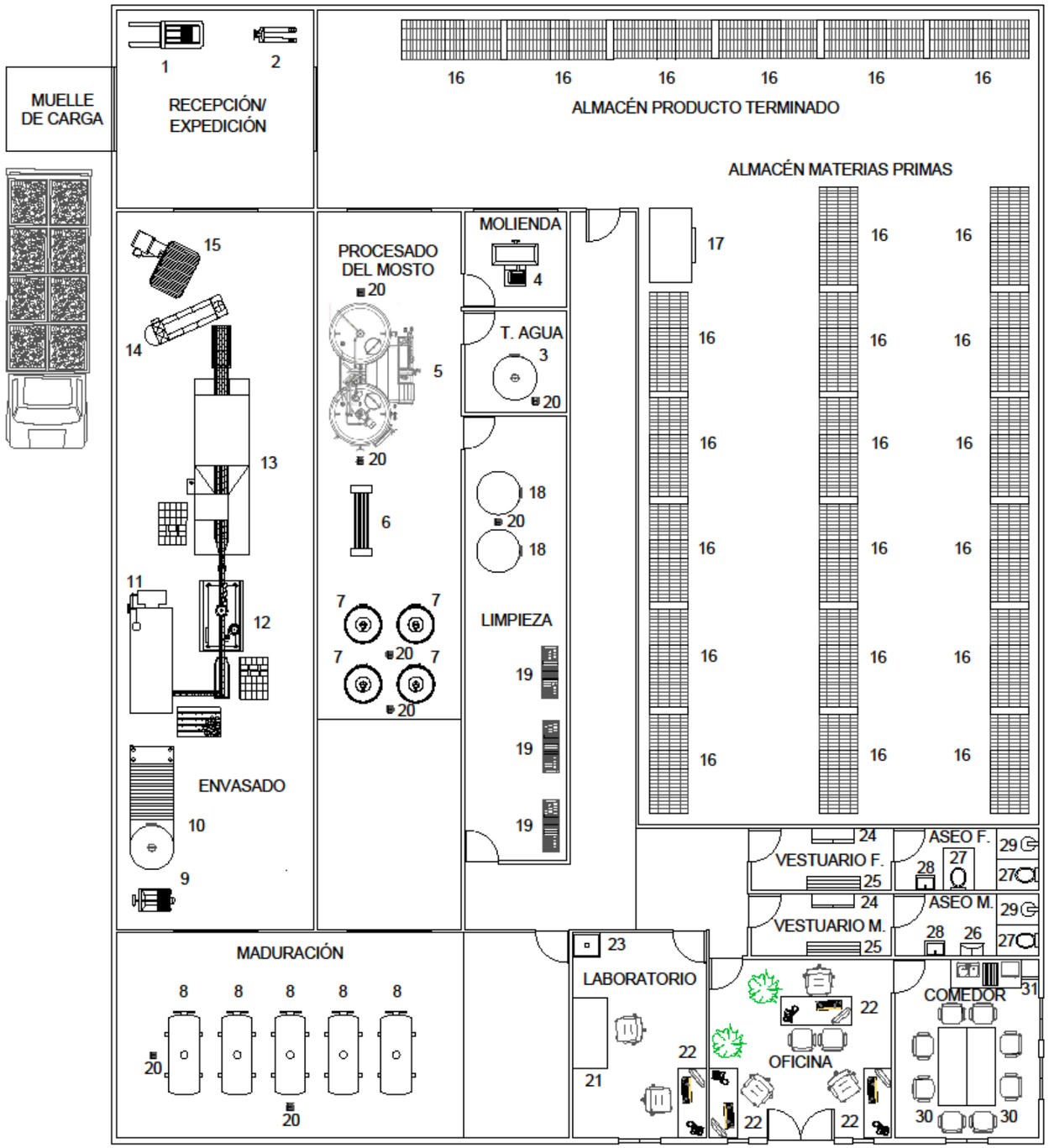
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

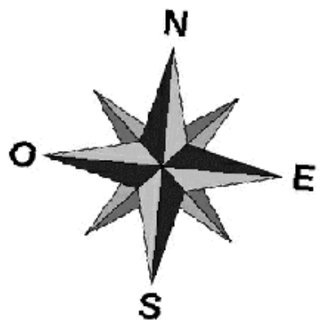
TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)

PLANO: Situación de la parcela sobre ortofoto y mapa topográfico — **Nº:** 2

ESCALA:	FIRMADO EL ALUMNO:	GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA
VARIAS	Carlos Manuel de la Peña Espinoza	FECHA: JULIO 2024





Equipo / Maquinaria	Leyenda	Dimensiones (m)
Carro elevador	1	0,8 x 2,1
Traspaleta manual	2	0,54 x 1,22
Tanque 1.200 L	3	Ø 1,25
Molino 6 rodillos	4	1,3 x 1,1
Equipo de cocción	5	4,25 x 2,51
Intercambiador de calor	6	0,6 x 2,0
Fermentador	7	Ø 1,05
Tanque 1.000 L	8	0,86 x 2,384
Filtro de placas	9	1,2 x 1,0
Pateurizador	10	3,2 x 1,5
Llenadora - enjuagadora	11	3,5 x 1,2
Etiquetadora	12	2,0 x 1,2
Empaquetadora	13	5,0 x 1,6
Robot paletizador	14	2,5 x 1,9
Retractiladora	15	3,1 x 1,8
Estantería PALET	16	2,8 x 1,1
Cámara frigotífica	17	2,12 x 1,32
Depósitos 500 L	18	Ø 1,2
Estantería	19	1,5 x 0,45
Bomba de recirculación	20	0,204 x 0,204
Mesa de trabajo	21	2,0 x 1,0
Mesa de oficina	22	2,0 x 0,8
Campana de flujo	23	0,8 x 0,7
Taquilla	24	1,2 x 0,5
Banco	25	1,5 x 0,4
Urinario	26	0,365 x 0,66
Inodoro	27	0,55 x 0,42
Lavamanos	28	0,55 x 0,42
Ducha	29	0,9 x 1,2
Mesa comedor	30	2,2 x 0,8
Frigorífico	31	0,5 x 0,56

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)

PLANO: Planta de distribución

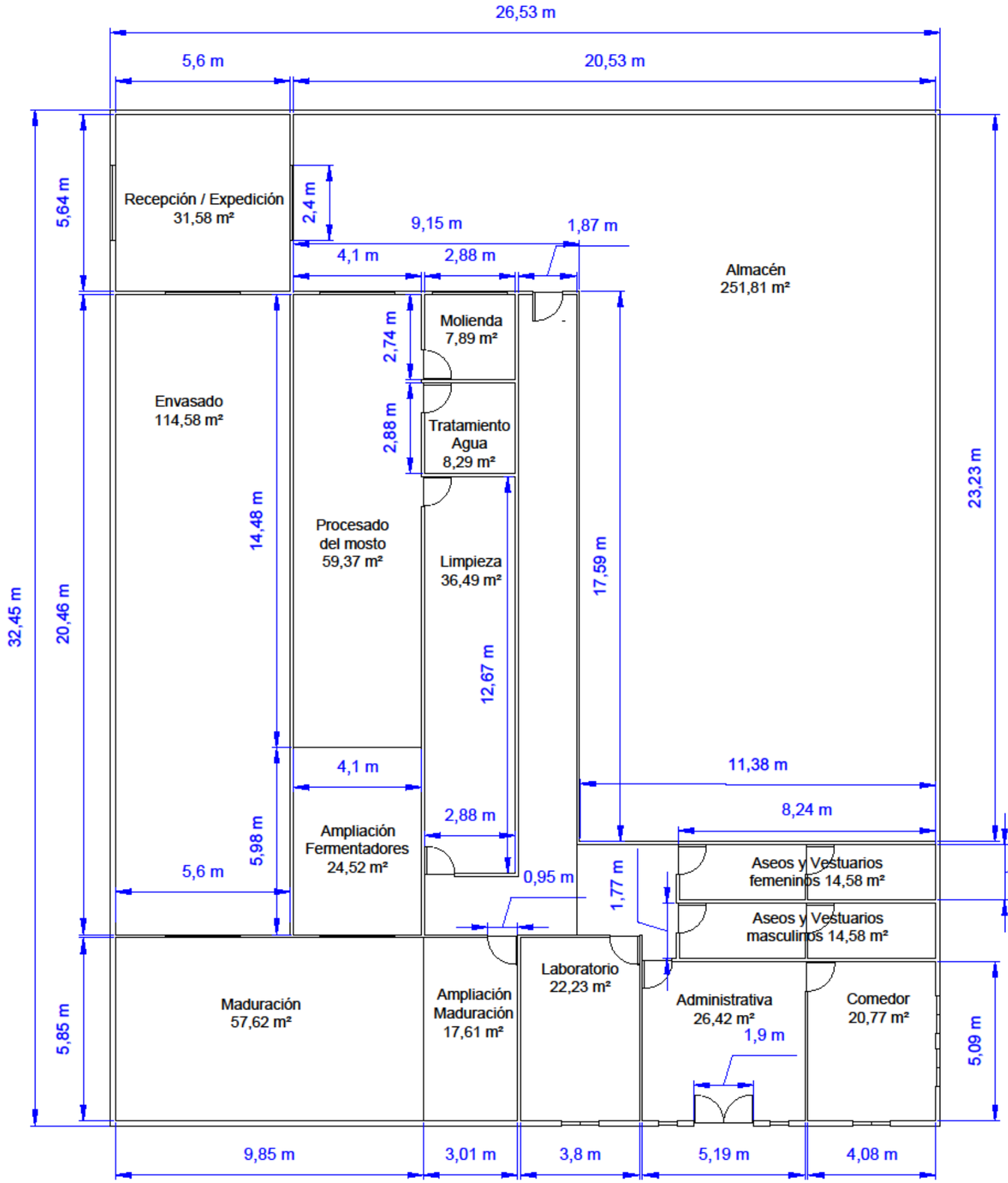
Nº: 3

ESCALA: 1:100

FIRMADO EL ALUMNO: Carlos Manuel de la Peña Espinoza

GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA

FECHA: OCTUBRE 2024



CUADRO DE SUPERFICIES	Dimensiones (m²)	Superficie Construida (m²)
NAVE INDUSTRIAL	**32,45 x 26,53**	**861,00**
Zona de recepción/ expedición	5,64 x 5,60	31,58
Zona de tratamiento del agua	2,88 x 2,88	8,29
Zona de molienda	2,88 x 2,74	7,89
Zona de procesado del mosto	4,10 x 14,48	59,37
* Ampliacion 3 fermentadores	5,98 x 4,10	24,52
Zona de maduración	5,85 x 9,85	57,62
* Ampliación 6 maduradores	5,85 x 3,01	17,61
Zona de envasado	5,60 x 20,46	114,58
Zona de almacenamiento 1	11,38 x 17,59	200,20
Zona de almacenamiento 2	9,15 x 5,64	51,61
Área de limpieza	12,67 x 2,88	36,49
Laboratorio	5,85 x 3,80	22,23
Zona administrativa	5,09 x 5,19	26,42
Aseos y vestuarios masculinos	1,77 x 8,24	14,58
Aseos y vestuarios femeninos	1,77 8,24	14,58
Comedor	5,09 x 4,08	20,77
	TOTAL	**708,34**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)

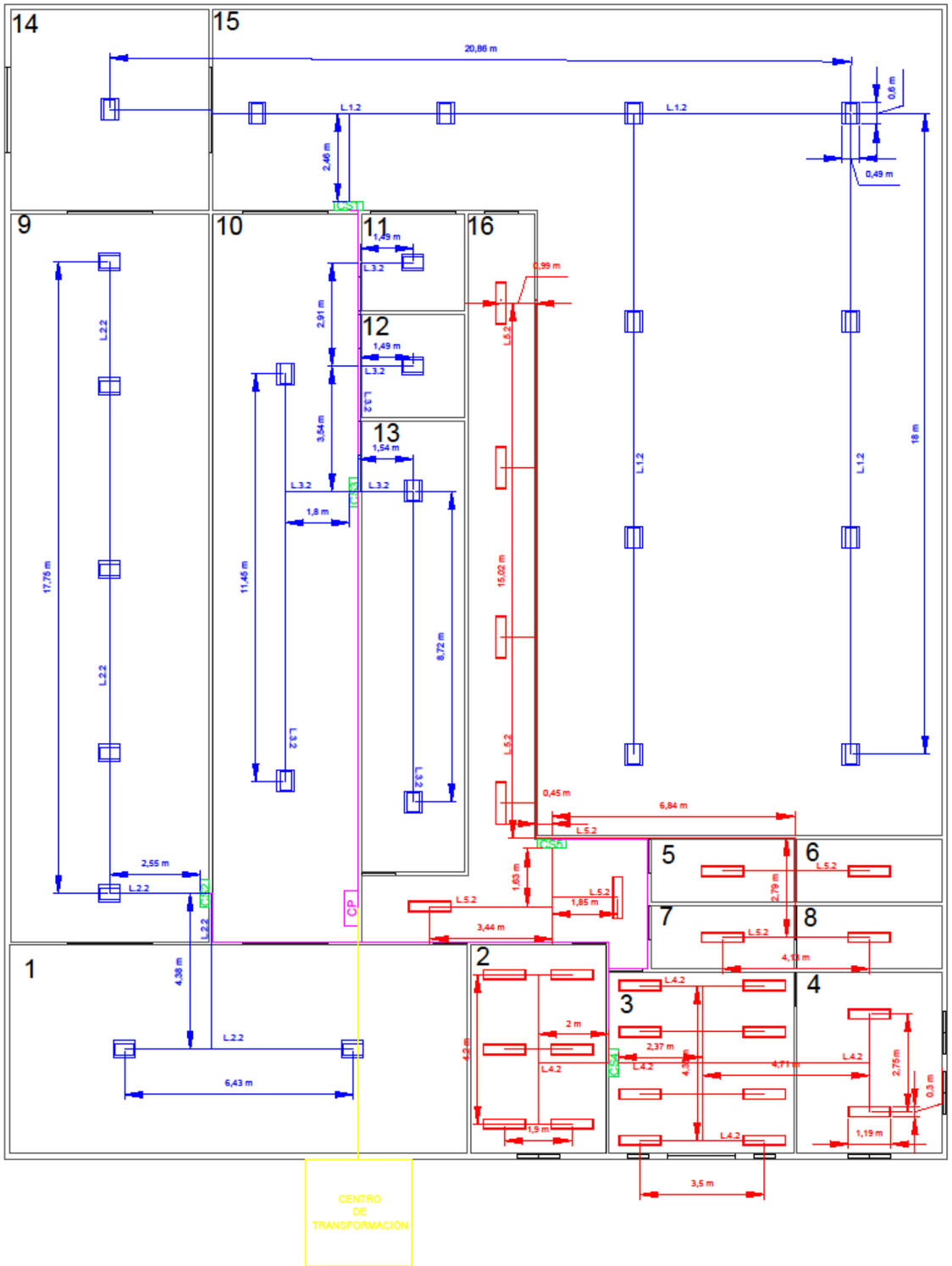
PLANO: Planta de cotas y superficies — **Nº:** 4

ESCALA: 1:100

FIRMADO EL ALUMNO: Carlos Manuel de la Peña Espinoza

GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA

FECHA: OCTUBRE 2024

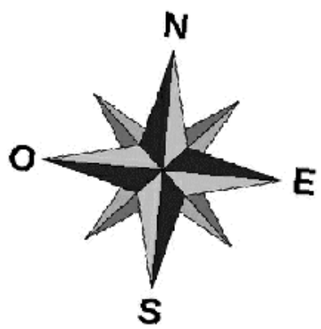


LEYENDA	Cuadro Secundario	Cuadro Principal	Centro de transformación
Símbolo	CS	CP	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Lista de luminarias (Edificación 1, Microcervecería)

Líneas	Fabricante	Nombre del artículo	Diagrama	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
L.4.2/ L.5.5	Philips	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC		1x	3600 lm	0.80	29 W	26
L.1.2/ L.2.2 /L.3.2	Philips	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB		1x	23000 lm	0.80	160 W	24

#	Nombre	Parámetros	Mín	Max	Medio	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil (Zona de maduración)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	186 lx	408 lx	324 lx	0.51	0.41
2	Plano útil (Laboratorio)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	339 lx	687 lx	554 lx	0.61	0.51
3	Plano útil (Zona administrativa)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	394 lx	724 lx	588 lx	0.66	0.54
4	Plano útil (Comedor)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	87.0 lx	334 lx	216 lx	0.40	0.26
5	Plano útil (Vestuarios femeninos)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	104 lx	335 lx	227 lx	0.46	0.31
6	Plano útil (Aseos femeninos)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	100.0 lx	331 lx	220 lx	0.45	0.30
7	Plano útil (Vestuarios masculinos)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	99.6 lx	335 lx	226 lx	0.44	0.30
8	Plano útil (Aseos masculinos)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	91.9 lx	332 lx	221 lx	0.42	0.28
9	Plano útil (Zona de envasado)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	332 lx	685 lx	524 lx	0.63	0.48
10	Plano útil (Zona de procesado del mosto)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	101 lx	383 lx	246 lx	0.41	0.26
11	Plano útil (Zona de molienda)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	393 lx	453 lx	433 lx	0.91	0.87
12	Plano útil (Zona de tratamiento del agua)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	349 lx	455 lx	427 lx	0.82	0.77
13	Plano útil (Área de limpieza)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	219 lx	426 lx	351 lx	0.62	0.51
14	Plano útil (Zona de recepción/ expedición)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	188 lx	322 lx	271 lx	0.69	0.58
15	Plano útil (Zona de almacenamiento)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	242 lx	588 lx	486 lx	0.52	0.41
16	Plano útil (Pasillos)	Iluminancia perpendicular (Adaptable)	80.7 lx	206 lx	165 lx	0.49	0.39



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)

PLANO: Distribución de luminarias y líneas de alumbrado

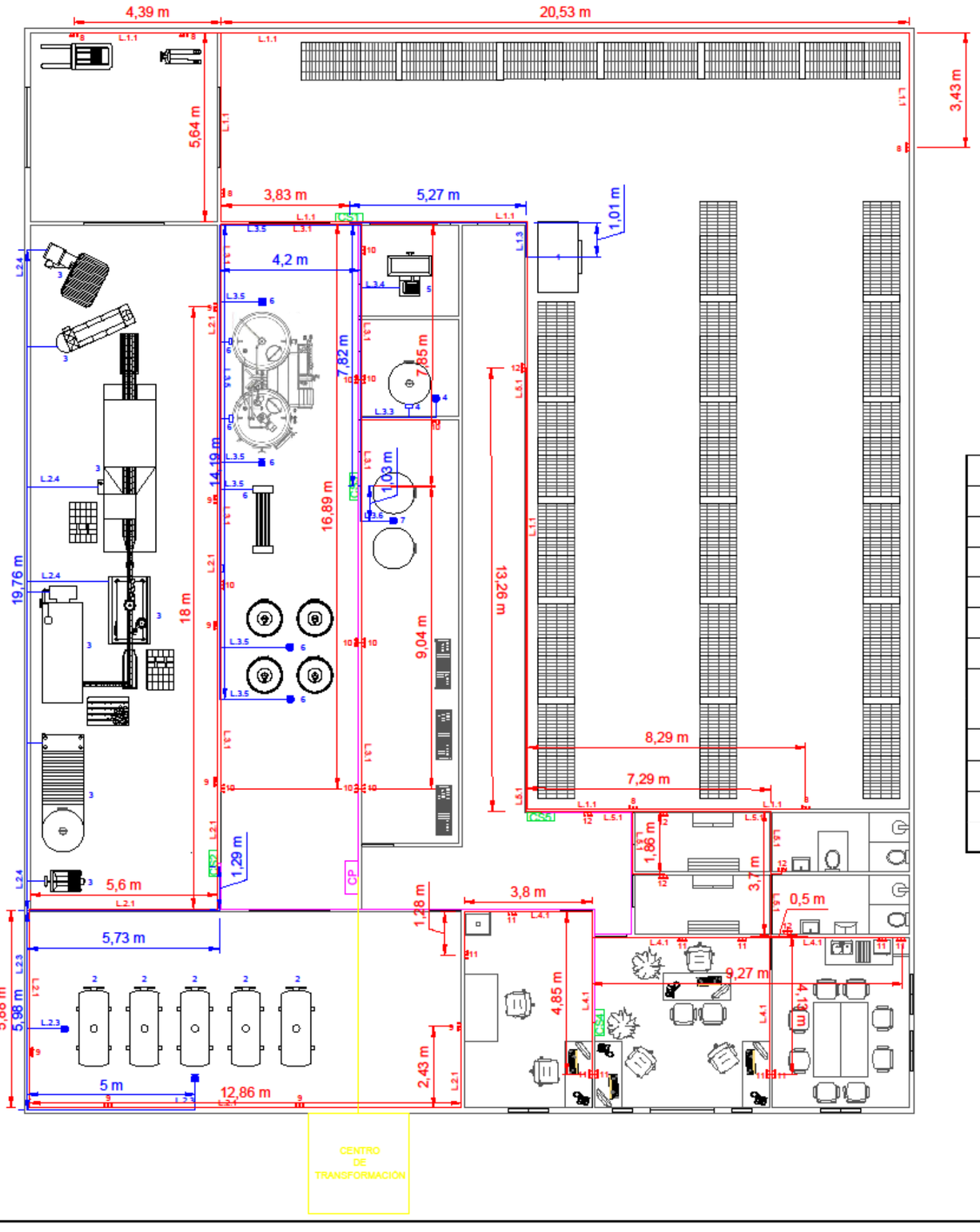
Nº: 5

ESCALA: 1:100

FIRMADO EL ALUMNO: Carlos Manuel de la Peña Espinoza

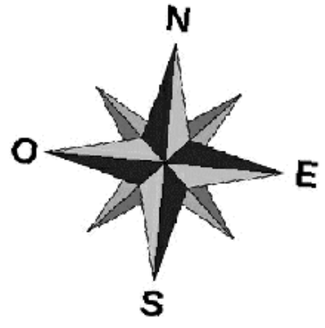
GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA

FECHA: OCTUBRE 2024



LEYENDA	Símbolo
Cuadro Secundario	CS
Cuadro Principal	CP
Centro de transformación	
Motor	
Toma de corriente	

Línea	Nº	Maquinaria / Toma de corriente	P(W)	Mono/trifásica
L1.3	1	Cámara frigorífica	1.879	Trifásica
L2.3	2	Equipos maduración	1.540	Trifásica
L2.4	3	Equipos y maquinaria envasado	36.451	Trifásica
L3.3	4	Equipos y maquinaria tratamiento del agua	11.509	Trifásica
L3.4	5	Equipos y maquinaria molienda	5.500	Trifásica
L3.5	6	Equipos y maquinaria procesado del mosto	24.421	Trifásica
L3.6	7	Equipos y maquinaria limpieza	1.646	Trifásica
L1.1	8	6 tomas de corriente (2.500 W)	15.000	Trifásica
L2.1	9	8 tomas de corriente (2.500 W)	20.000	Trifásica
L3.1	10	10 tomas de corriente (2.500 W)	25.000	Trifásica
L4.1	11	10 tomas de corriente (1.500 W)	15.000	Monofásica
L5.1	12	6 tomas de corriente (1.500 W)	9.000	Monofásica



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid)

PLANO: Distribución de la línea de fuerza

Nº: 6

ESCALA: 1:100

FIRMADO EL ALUMNO: Carlos Manuel de la Peña Espinoza

GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA

FECHA: OCTUBRE 2024

DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL DOCUMENTO III.

1. INTRODUCCIÓN. 1

1.1 Objetivo. 1

1.2 Alcance. 1

1.3 Documentación del proyecto. 1

1.4 Compatibilidad y relación entre documentos. 2

2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA 3

2.1 Materias primas. 3

2.2 Documentos de soporte. 3

2.3 Trabajos en general. 4

3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y EL MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN 5

3.1 Condiciones Generales. 5

3.2 Conductores de cobre y aluminio para baja tensión. 6

3.2.1 Modos de instalación. 6

3.2.2 Caídas de tensión. 6

3.2.3 Intensidades máximas admisibles. 7

3.2.4 Factores de corrección. 7

3.2.5 Factores de corrección por tipo de receptor o instalación. 7

3.2.6 Efectos de corrientes armónicas. 7

3.2.7 Radios de curvatura. 8

3.3 Canalizaciones por tubería aislante rígida. 8

3.3.1 Normas. 8

3.3.2 Modos de instalación. 8

3.3.3 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas. 9

3.3.4 Accesibilidad a las instalaciones. 9

3.4 Canalizaciones por tubería aislante flexible. 10

3.4.1 Normas. 10

3.4.2 Modos de instalación. 10

3.4.3 Condiciones de servicio. 11

3.5 Cuadros eléctricos de distribución. 12

3.5.1 Normas. 12
3.5.2 Características eléctricas. 12
3.5.3 Características de diseño. 13
3.5.4 Ensayos eléctricos. 14
3.5.5 Montaje y puesta en servicio. 14
3.6 Pequeño material eléctrico. 15
3.6.1 Normas. 15
3.6.2 Unidades funcionales. 16
3.6.3 Accesorios y sistemas de instalación. 16
3.6.4 Ensayos eléctricos. 17
3.6.5 Montaje y puesta en servicio. 17
3.7 Luminarias de tubos fluorescentes con reactancia electrónica y alta frecuencia. 18
3.7.1 Normas. 18
3.7.2 Ensayos eléctricos. 18
3.7.3 Etiquetado e identificación. 19
3.7.4 Manipulación y transporte. 19
3.7.5 Montaje y puesta en servicio. 20
3.8 Aparatos autónomos de emergencia y señalización. 20
3.8.1 Normas. 20
3.8.2 Características de diseño. 21
3.8.3 Ensayos eléctricos. 21
3.8.4 Etiquetado e identificación. 22
3.8.5 Manipulación y transporte. 22
3.8.6 Montaje y puesta en servicio. 22
3.9 Downlights empotrables. 23
3.9.1 Normas. 23
3.9.2 Ensayos eléctricos. 23
3.9.3 Etiquetado e identificación. 24
3.9.4 Manipulación y transporte. 24
3.9.5 Montaje y puesta en servicio. 25
3.10 Leds adosables. 25
3.10.1 Normas. 25

3.10.2 Ensayos eléctricos. 26
3.10.3 Etiquetado e identificación. 27
3.10.4 Manipulación y transporte. 27
3.10.5 Montaje y puesta en servicio. 27
3.11 Puesta a tierra. 28
3.11.1 Normas. 28
3.11.2 Tomas de tierra. 28
3.11.3 Conducciones enterradas. 29
3.11.4 Conductores de tierra. 29
3.11.5 Bornes de puesta a tierra. 29
3.11.6 Conductores de protección. 29
3.11.7 Condiciones generales. 30
4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FALCUTATIVA. 31
4.1 Obligaciones y derechos del contratista. 31
4.1.1 Remisión de solicitud de ofertas. 31
4.1.2 Residencia del contratista. 31
4.1.3 Reclamaciones respecto a las órdenes de la dirección. 31
3.1.4 Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe. 32
3.1.5 Copia de documentos. 32
4.2 Trabajos, medios auxiliares y material. 32
4.2.1 Libro de órdenes. 33
4.2.2 Comienzo y plazo de ejecución de los trabajos. 33
4.2.3 Condiciones generales en la ejecución de los trabajos. 33
4.2.4 Trabajos defectuosos. 33
4.2.5 Obras y vicios ocultos. 34
4.2.6 Materiales defectuosos o inutilizables. 34
4.2.7 Medios auxiliares. 34
4.3 Recepción y liquidación. 34
4.3.1 Recepción con carácter provisional. 34
4.3.2 Plazo de garantía. 35
4.3.3 Conservación de los trabajos temporales. 35
4.3.4 Recepción con carácter definitivo. 35

4.3.5 Liquidación final. 36
4.3.6 Liquidación en caso de rescisión de contrato. 36
4.4 Facultades de la dirección de obras. 36
5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA..... 38
5.1 Fundamento. 38
5.2 Garantías de cumplimiento y finanzas. 38
5.2.1 Garantías. 38
5.2.2 Finanzas. 39
5.2.3 Ejecución de trabajos con cargos a la fianza. 39
5.2.4 Devolución de la fianza. 39
5.3 Precios y revisiones. 40
5.3.1 Precios contradictorios. 40
5.3.2 Reclamaciones de aumento de precio. 40
5.3.3 Revisión de precios. 40
5.3.4 Elementos comprometidos del presupuesto. 41
5.3.5 Equivocaciones en el presupuesto. 41
5.4 Acopio de materiales. 41
5.5 Mejoras de trabajo libremente ejecutadas. 43
5.6 Pagos. 44
5.7 Demoras por pagos. 45
5.8 Indemnización por retraso de los pagos. 45
5.9 Indemnización por daños de causa mayor al contratista. 46
5.10 Mejoras y aumento de la obra. 47
5.11 Seguro de los trabajadores. 48
5.12 Conservación de la obra. 49
5.13 Uso del edificio o bienes del propietario por el contratista. 50
6. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL. 52
6.1 Jurisdicción. 52
6.2 Accidentes de trabajo y daño a terceros. 52
6.3 Pagos de arbitrios. 53
6.4 Causas de recisión de contrato. 53

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Objetivo.

El presente documento tiene como finalidad establecer un conjunto de condiciones técnicas, facultativas, económicas y legales necesarias para la correcta ejecución del diseño y dimensionamiento de la microcervecería automatizada con una capacidad de producción de 80.000 litros anuales en Las Rozas de Madrid. Estas condiciones pretenden garantizar la viabilidad y eficiencia de la construcción, implementación y puesta en marcha de las instalaciones, así como asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y normativa aplicable.

1.2 Alcance.

El alcance del pliego de condiciones abarca todas las actividades relacionadas con la preparación, construcción y montaje de la microcervecería, así como la puesta en funcionamiento de los equipos y sistemas necesarios para el proceso de elaboración de cerveza. Se incluyen el suministro y la instalación de maquinaria, la ejecución de obras civiles y de infraestructura, las instalaciones eléctricas y de refrigeración, y todos los trabajos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta. El documento define también los criterios de calidad y seguridad que deben cumplirse a lo largo del proyecto y durante la fase de operación.

1.3 Documentación del proyecto.

Este proyecto se compone de los siguientes documentos, que actúan como guía y referencia durante todo el proceso de ejecución:

- **Documento I: Memoria y Anejos a la Memoria**. Contiene la descripción del proyecto, los objetivos técnicos, las especificaciones de diseño, los cálculos realizados, y un resumen de las soluciones técnicas adoptadas.

- **Documento II: Planos**. Incluye los planos técnicos necesarios para la representación gráfica de todos los elementos proyectados, imprescindibles para la ejecución precisa del proyecto.

- **Documento III: Pliego de Condiciones**. Regula las normas y requisitos que deben cumplirse desde el punto de vista técnico, económico y legal.

- **Documento IV: Presupuesto**. Detalla los costes asociados al proyecto y las mediciones de todas las unidades de obra, proporcionando una visión clara del impacto económico.

El contratista y todas las partes implicadas deberán respetar y seguir estos documentos, considerando su contenido como obligatorio, excepto cuando se aprueben modificaciones específicas de forma oficial.

1.4 Compatibilidad y relación entre documentos.

Los documentos que componen este proyecto están diseñados para ser complementarios y trabajar en conjunto, asegurando la correcta ejecución de todas las fases del proyecto. La *Memoria*, los *Planos*, los *Anejos* y el *Pliego de Condiciones* proporcionan una guía integral que abarca tanto los aspectos técnicos como legales necesarios para la realización del proyecto.

Desde un punto de vista técnico, la *Memoria* es el documento de mayor relevancia, seguida de los *Planos* y los *Anejos*. Los *Anejos* desempeñan un papel crucial, ya que son donde se detalla la información de manera más específica y exhaustiva. En ellos se incluyen los cálculos técnicos, esquemas precisos y análisis que respaldan las decisiones de diseño y aseguran la correcta ejecución del proyecto. Por tanto, los *Anejos* complementan y refuerzan la *Memoria* y los *Planos*, proporcionando datos esenciales y especificaciones técnicas que deben ser seguidas al pie de la letra.

Desde el punto de vista legal, el *Pliego de Condiciones* es el documento más importante, ya que establece las responsabilidades, derechos y obligaciones de todas las partes involucradas, además de garantizar que se cumplan todas las normativas aplicables. La correcta interpretación y aplicación de todos estos documentos es fundamental para evitar ambigüedades y asegurar que el proyecto se lleve a cabo conforme a las normativas y estándares vigentes, así como para garantizar la calidad y la seguridad de la construcción y operación de la microcervecería.

.

2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.

El pliego de condiciones técnicas describe los aspectos fundamentales que deben cumplir los materiales, procesos y la instalación de los diferentes sistemas en la microcervecería. Este apartado garantiza que todas las actividades se realicen bajo normas técnicas específicas, garantizando la seguridad, calidad y conformidad del proyecto. A continuación, se detallan las condiciones y normativas aplicables a cada sección técnica del proyecto.

2.1 Materias primas.

Las materias primas utilizadas en el proceso de elaboración de la cerveza deben cumplir con estrictos estándares de calidad. El agua, la malta, el lúpulo y la levadura, elementos esenciales en la producción cervecera, deben ser analizados y sometidos a pruebas fisicoquímicas y microbiológicas antes de su ingreso a la planta para garantizar su idoneidad. Estas pruebas aseguran que los ingredientes sean seguros y de la más alta calidad, cumpliendo con la legislación europea sobre seguridad alimentaria, que se encuentra detallada en el Reglamento (CE) 852/2004 sobre la higiene de los productos alimenticios y las normativas nacionales vigentes. Estos controles son necesarios para mantener la consistencia y las propiedades organolépticas de la cerveza, así como para garantizar la seguridad del consumidor final.

2.2 Documentos de soporte.

El contratista es responsable de contar con la documentación necesaria que respalde cada etapa del proyecto. Esta documentación incluye planos detallados de las instalaciones, manuales técnicos, certificados de conformidad y homologación de los equipos y materiales, y protocolos de pruebas y ensayos. Cada uno de estos documentos debe ser conforme a las normas de calidad internacionales, como las certificaciones ISO 9001, y las directrices europeas que aseguran la trazabilidad y calidad del proceso.

Durante la ejecución de la obra, es esencial que el contratista mantenga un registro actualizado que detalle los trabajos realizados, los materiales utilizados y las pruebas efectuadas. Al finalizar el proyecto, debe presentarse un informe exhaustivo que refleje todos los pasos llevados a cabo, el resultado de las pruebas de funcionamiento y las verificaciones de cumplimiento con la normativa

aplicable. La entrega de esta documentación es crucial para cumplir con las disposiciones legales y contractuales y garantizar que la microcervecería esté lista para operar de acuerdo con los requisitos técnicos establecidos.

2.3 Trabajos en general.

La ejecución de los trabajos debe seguir las mejores prácticas de la industria cervecera y respetar todas las normativas de seguridad y construcción aplicables, como la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995) y el Real Decreto 1627/1997, que establece disposiciones mínimas de seguridad en las obras. Todos los materiales y equipos empleados en la construcción deben estar en perfectas condiciones y cumplir con los estándares de calidad establecidos.

El contratista es responsable de corregir cualquier trabajo o componente que no cumpla con las especificaciones sin coste adicional para el propietario. Además, se espera que las áreas de trabajo se mantengan limpias y organizadas, y que se adopten todas las medidas de seguridad necesarias para proteger a los trabajadores y prevenir riesgos. Este enfoque no solo garantiza la calidad de la obra, sino también la seguridad y bienestar de todos los involucrados en el proyecto.

3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y EL MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN.

3.1 Condiciones Generales.

La instalación de sistemas eléctricos de baja tensión debe realizarse empleando materiales de alta calidad que cumplan con las especificaciones y estándares exigidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y otras disposiciones legales vigentes. Los materiales utilizados deben someterse a análisis y pruebas para confirmar su calidad, y estos controles estarán a cargo del contratista. Cualquier material que, por necesidades del proyecto, deba emplearse y no esté especificado, debe ser previamente aprobado por la Dirección Técnica. Se rechazará cualquier componente que no cumpla con los requisitos necesarios para garantizar la seguridad y la funcionalidad de la instalación.

Los trabajos deben ejecutarse con la mayor precisión y calidad, siguiendo las buenas prácticas de la industria y las normativas establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Las instrucciones de la Dirección Técnica deben respetarse en todo momento, y no se aceptarán desviaciones que puedan justificar una reducción en la calidad de los trabajos o en la selección de materiales y mano de obra. Además, el contratista no puede usar como excusa la baja en subasta para alterar la calidad de la ejecución ni para solicitar cambios en los proyectos inicialmente previstos.

Los materiales no previstos en el proyecto, pero que resulten en precios contradictorios, deberán cumplir con los criterios de calidad necesarios a juicio de la Dirección Facultativa. El contratista no podrá reclamar modificaciones en estos términos ni solicitar compensación alguna por las exigencias impuestas para mantener la integridad y calidad del trabajo realizado. En resumen, la ejecución debe alinearse con las regulaciones vigentes, garantizando instalaciones seguras, duraderas y conformes con las mejores prácticas de ingeniería.

3.2 Conductores de cobre y aluminio para baja tensión.

Los conductores eléctricos destinados a instalaciones interiores deben cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y aplicarse en sistemas con una tensión nominal de hasta 1000V. Estos conductores deben seleccionarse y utilizarse de acuerdo con las especificaciones indicadas en las instrucciones técnicas complementarias (ITC-BT-19).

3.2.1 Modos de instalación.

Los modos de instalación de los conductores están clasificados de acuerdo con la norma UNE 20460-5-523, que define las características de disipación térmica de los diferentes tipos de instalación. Esto permite agrupar las instalaciones con capacidades de disipación de calor similares en tablas de carga comunes. Los conductores pueden ser aislados sin cubierta, unipolares, y con un nivel de aislamiento de hasta 750V, adecuados para conductos de superficie o empotrados. Los cables con una cubierta adicional, que pueden ser unipolares o multipolares, deben tener un aislamiento de 1000V y pueden instalarse en sistemas cerrados similares.

Para asegurar una correcta instalación, se debe retirar únicamente la envoltura necesaria para realizar conexiones en terminales o bornas, evitando que el conductor sobresalga. Las conexiones deben realizarse mediante bornas o kits adecuados, y no se aceptarán empalmes por torsión. Los conductores deben fijarse de forma segura con bridas, abrazaderas o collares, manteniendo la integridad de las cubiertas y respetando una distancia máxima de 0,40 metros entre puntos de fijación para conductores no armados y 0,75 metros para los armados.

3.2.2 Caídas de tensión.

La sección de los conductores debe calcularse para que la caída de tensión entre el punto de origen y cualquier punto de uso se mantenga dentro de los límites establecidos por la ITC-BT-19. Las caídas de tensión máximas permitidas varían según el tipo de instalación: un 3% en circuitos de alumbrado y un 5% en otros usos para aplicaciones en baja tensión en entornos industriales y terciarios. Estos valores aseguran un funcionamiento eficiente sin pérdidas significativas de energía.

3.2.3 Intensidades máximas admisibles.

Las intensidades máximas permitidas para los conductores deben alinearse con los valores especificados en la norma UNE 20460-5-523, considerando una temperatura ambiente de 40ºC. La elección de la sección de los conductores depende del método de instalación y del tipo de material aislante, ya sea termoplástico (PVC, Z1) o termoestable (XLPE, EPR).

3.2.4 Factores de corrección.

Cuando las condiciones de la instalación se desvían de los estándares establecidos, como una temperatura ambiente diferente a 40ºC o agrupaciones de circuitos, se deben aplicar los factores de corrección correspondientes. Estos factores se encuentran detallados en la tabla A.52-1bis de la UNE 20460-5-523 y son esenciales para ajustar la capacidad de los conductores a las condiciones específicas de la instalación.

3.2.5 Factores de corrección por tipo de receptor o instalación.

En instalaciones con características particulares, como generadoras en baja tensión o con motores, los conductores deben dimensionarse para soportar una intensidad no inferior al 125% de la máxima prevista. En locales con riesgo de incendio o explosión, la intensidad admisible se reduce en un 15% según la ITC-BT-29.

3.2.6 Efectos de corrientes armónicas.

Los conductores deben ser seleccionados y dimensionados para manejar adecuadamente los efectos de corrientes armónicas, que pueden causar sobrecalentamiento y otros problemas de rendimiento. Los métodos de cálculo y los ajustes necesarios están especificados en el anexo C de la norma UNE 20460-5-523.

3.2.7 Radios de curvatura.

Para garantizar la integridad de los conductores y la seguridad de la instalación, se deben respetar los radios de curvatura mínimos recomendados para los diferentes tipos de cables. Estos valores aseguran que los conductores no sufran daños ni deterioros durante la instalación y uso, y son específicos según las normativas aplicables como UNE 21123.

3.3 Canalizaciones por tubería aislante rígida.

Las canalizaciones por tubería aislante rígida son fundamentales en las instalaciones eléctricas de baja tensión, ya que protegen los conductores de factores externos y contribuyen a la seguridad y durabilidad del sistema eléctrico. A continuación, se detallan los aspectos técnicos y normativos relevantes para la correcta instalación y operación de estas canalizaciones.

3.3.1 Normas.

Las canalizaciones rígidas empleadas en instalaciones eléctricas deben cumplir con los estándares de calidad y seguridad estipulados en la normativa aplicable. En particular, estas tuberías deben ajustarse a las normas UNE-EN 60423, UNE-EN 50086-2-1, UNE-EN 50086-2-2 y UNE 20.324. Estas normativas aseguran que las canalizaciones cumplen con los requisitos de protección, resistencia al impacto, y no propagación de la llama, garantizando un entorno seguro para su uso en instalaciones eléctricas.

3.3.2 Modos de instalación.

Las canalizaciones por tubería rígida pueden instalarse de diversas formas, dependiendo de las características de la obra y las necesidades específicas de la instalación:

- **Canalizaciones fijas en superficie**: Estas se montan directamente sobre las paredes o techos y deben estar alineadas y aseguradas con abrazaderas a intervalos regulares, con una distancia máxima de 0,80 metros entre cada soporte.

- **Canalizaciones empotradas en obra de fábrica**: Se instalan en paredes, techos o falsos techos, así como en huecos de la construcción o canales protectores. Cuando los tubos se empotran en hormigón, se debe garantizar que estén adecuadamente cubiertos por al menos 1 cm de material.

- **Canalizaciones embebidas en hormigón**: Esta modalidad se utiliza para instalaciones que requieren una protección adicional contra daños mecánicos o ambientales.

Los accesorios como codos, tes y cruces deben ser específicos para el tipo de tubería rígida empleada y deben mantener sus propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión. Además, las curvas en los tubos deben ser continuas para evitar la reducción de la sección y facilitar la introducción y retirada de los conductores una vez instalados.

El número de curvas en ángulo recto entre registros consecutivos no debe exceder de tres, y las uniones entre tubos rígidos y flexibles se realizan con racores especiales.

3.3.3 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas.

Cuando las canalizaciones eléctricas se instalan cerca de otras de tipo no eléctrico, es fundamental respetar una distancia mínima de 3 cm entre las superficies exteriores de ambas para evitar interferencias. En casos donde las canalizaciones eléctricas estén próximas a conductos de calor (como de calefacción, vapor o humo), deben tomarse medidas para evitar que la temperatura alcance niveles peligrosos, incluyendo el uso de pantallas calorífugas.

Si las canalizaciones eléctricas se sitúan debajo de otras que puedan generar condensación (por ejemplo, de vapor, agua o gas), deben incluir protecciones adecuadas para evitar que la humedad afecte su integridad.

3.3.4 Accesibilidad a las instalaciones.

La disposición de las canalizaciones debe permitir un fácil acceso para maniobras, inspecciones y mantenimientos. Esto incluye garantizar que los circuitos y componentes estén identificados claramente para facilitar futuras

reparaciones o modificaciones. Las canalizaciones que atraviesan elementos de construcción como muros y tabiques deben protegerse contra daños mecánicos, químicos y de humedad, y no deben incluir empalmes o derivaciones de cables en toda su extensión.

3.4 Canalizaciones por tubería aislante flexible.

Las canalizaciones por tubería aislante flexible se utilizan para facilitar la instalación en lugares que requieren flexibilidad y adaptabilidad. Este tipo de canalización permite proteger los conductores de manera efectiva y es adecuada para distintas configuraciones de instalación en las instalaciones eléctricas de baja tensión.

3.4.1 Normas.

Las tuberías aislantes flexibles deben cumplir con las normativas específicas de calidad y seguridad para garantizar su idoneidad en la instalación eléctrica. Las normas principales que regulan estos materiales son la UNE-EN 60423 y la UNE-EN 50086-2-3, así como la UNE 20.324. Estas normativas aseguran que los tubos sean estancos, resistentes a la compresión, al impacto y que no propaguen la llama. Además, es esencial que las canalizaciones cumplan con las condiciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT-21), las cuales establecen los requisitos para su uso en instalaciones de baja tensión.

3.4.2 Modos de instalación.

La instalación de las tuberías aislantes flexibles puede realizarse de varias formas, dependiendo de las necesidades de la obra y de las condiciones del entorno. Los modos de instalación incluyen:

- **Empotradas en obra de fábrica**: Se colocan en paredes, techos y falsos techos, o en huecos de la construcción. Estas canalizaciones deben estar adecuadamente sujetas para evitar movimientos o daños que comprometan la integridad de los conductores.

- **Embebidas en hormigón**: Este método proporciona una mayor protección a los conductores frente a impactos y factores externos. Es importante que las tuberías estén completamente cubiertas para asegurar que la protección sea eficaz.

- **Aéreas o al aire**: En este caso, las canalizaciones se fijan a estructuras de soporte adecuadas y se utilizan abrazaderas específicas que garantizan la estabilidad y el mantenimiento de la canalización en su posición correcta.

- **Enterradas**: Cuando se opta por una instalación subterránea, es fundamental que las tuberías cuenten con un grado de protección que asegure su resistencia a la compresión y a posibles daños mecánicos.

Todos los elementos de fijación y los accesorios utilizados, como codos, tes y uniones, deben ser compatibles con el tipo de tubería flexible empleado, manteniendo sus propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión. Además, la instalación y la disposición de los tubos deben seguir las directrices de la ITC-BT-21 y la UNE 20460-5-523, asegurando que se cumplan los requisitos de seguridad y funcionalidad.

3.4.3 Condiciones de servicio.

Las condiciones de servicio incluyen la recepción, manipulación y almacenamiento de las tuberías flexibles. Al recibir las unidades, es crucial realizar una inspección para detectar posibles daños causados durante el transporte. Los materiales deben manipularse cuidadosamente para evitar torsiones, abolladuras e impactos que puedan comprometer su funcionalidad. Para garantizar su integridad, se recomienda el uso de equipos de manipulación adaptados al tipo de material, como unidades de elevación y otras herramientas de apoyo.

Si la instalación no es inmediata, los materiales deben conservarse en su embalaje original y almacenarse en un lugar seco y adecuado, evitando la exposición a condiciones adversas que puedan afectar sus propiedades. Esto asegura que las tuberías mantengan sus características de resistencia y protección hasta el momento de la instalación, proporcionando un entorno seguro y eficiente para la distribución de la energía eléctrica.

3.5 Cuadros eléctricos de distribución.

Los cuadros eléctricos de distribución son elementos esenciales para la centralización y manejo de aparamenta de seccionamiento, protección, medida, mando y control en instalaciones de baja tensión. Este apartado detalla las normas, características y procedimientos específicos para asegurar la correcta instalación y funcionamiento de estos elementos.

3.5.1 Normas.

Los cuadros eléctricos de distribución deben cumplir con una serie de normativas que garantizan su seguridad y funcionalidad. Entre las más importantes se encuentran:

- UNE-EN 60439-1, que regula la clasificación, condiciones de uso, características eléctricas, construcción y ensayos de los cuadros de distribución.
- UNE 20324 y UNE-EN 50102, que especifican la protección de la envolvente.
- UNE-EN 60447 y UNE-EN 60073, que abordan la maniobra de los aparatos eléctricos y la señalización, respectivamente.
- CEI 60152, CEI 60391 y CEI 60446, que se refieren a la identificación de los conductores.

Además, todos los componentes de material plástico utilizados en los cuadros deben cumplir con el requisito de autoextinguibilidad de acuerdo con la norma UNE-EN 60695-2.

3.5.2 Características eléctricas.

Las características eléctricas de los cuadros de distribución deben incluir:

- **Tensión asignada de empleo (Ue)**: Hasta 1000 V.
- **Tensión asignada de aislamiento (Ui)**: Hasta 1000 V.

- **Tensión soportada al impulso (Uimp)**: Hasta 8 kV.
- **Frecuencia asignada**: Entre 50-60 Hz.
- **Corriente asignada**: Hasta 3200 A.
- **Corriente de corta duración admisible (Icw)**: Hasta 105 kA.
- **Corriente de cresta admisible (Ipk)**: Hasta 254 kA.
- **Grado de protección**: IP31, IP41, IP65, dependiendo de las condiciones de instalación (con o sin puerta, con panel lateral ventilado o ciego).

Estas características deben constar en los documentos constructivos proporcionados al cliente para asegurar la transparencia y conformidad con las especificaciones del proyecto.

3.5.3 Características de diseño.

El diseño de los cuadros eléctricos debe contemplar las siguientes consideraciones:

- **Sistema funcional**: Debe permitir la realización de cualquier tipo de cuadro de distribución, ya sea principal o secundario, hasta una corriente de 3200 A, en entornos industriales o terciarios. Todos los accesorios de la aparamenta deben ser estandarizados y compatibles con los componentes principales, asegurando un fácil acceso.
- **Envolvente metálica**: La estructura debe ser modular y ampliable, formada por kits componibles. Los materiales de la estructura y los paneles deben ser tratados y barnizados para asegurar su resistencia a la corrosión y cumplir con la norma UNE-EN 60439-1.
- **Sistemas de barras**: Las barras deben ser de cobre, tratadas mediante anodización y dispuestas de forma que favorezcan la disipación térmica. Se debe respetar una distancia mínima de aislamiento, calculada en función de la tensión de trabajo y las condiciones ambientales.

- **Disposición de la aparamenta**: Los elementos deben colocarse de manera que se evite el sobrecalentamiento, favoreciendo la disipación de calor por convección natural o mediante ventilación forzada.

3.5.4 Ensayos eléctricos.

Los cuadros deben someterse a ensayos eléctricos en taller para verificar su conformidad. Estos ensayos incluyen:

- Revisión de la ejecución conforme a planos y esquemas.
- Verificación del número y calibre de los aparatos instalados.
- Comprobación del cableado y la identificación de los conductores.
- Evaluación de las distancias de aislamiento y del grado de protección.
- Ensayo dieléctrico y pruebas de funcionamiento de elementos como relés y sistemas de enclavamiento.
- Inspección de pantallas de protección contra contactos directos e indirectos.

El responsable de la conformidad del equipo es el fabricante, quien debe elaborar un informe técnico detallando los resultados de los ensayos.

3.5.5 Montaje y puesta en servicio.

El montaje debe seguir las recomendaciones del fabricante y los esquemas de conexión previstos. Se debe prestar especial atención a:

- **Conexiones eléctricas**: La unión de los conductores activos y de protección debe realizarse de acuerdo con las especificaciones técnicas.
- **Sistemas de soportación**: Asegurar una fijación robusta y un enlace adecuado entre los elementos del cuadro.

- **Protección y seguridad**: Los cuadros deben contar con tapas y protecciones adicionales que permitan realizar las formas 2 o 3 de compartimentación, protegiendo contra contactos directos.

El mantenimiento se realiza sin tensión y debe ser sencillo, permitiendo un acceso total a la aparamenta. La seguridad del usuario queda garantizada mediante un diseño que minimice riesgos y facilite la intervención cuando sea necesario.

3.6 Pequeño material eléctrico.

El pequeño material eléctrico incluye mecanismos modulares utilizados para diversas funciones como mando, protección, toma de corriente y control de circuitos en instalaciones eléctricas. Este apartado aborda los detalles normativos, funcionales, de instalación y de pruebas que garantizan su correcto uso y desempeño en las instalaciones.

3.6.1 Normas.

El pequeño material eléctrico debe cumplir con un conjunto de normativas específicas que aseguran su calidad y seguridad. Entre estas normativas se incluyen:

- **UNE-EN 60669-1** para mecanismos de mando.
- **Directivas de Baja Tensión (BT)** y Compatibilidad Electromagnética (CEM).
- **UNE-EN 60898** y **UNE-EN 61009-1** para dispositivos de protección.
- **UNE 20315** para tomas de corriente.
- **EN 60669-2-1** y **EN 60669-2-3** para mecanismos de regulación y temporización.

Estas normas aseguran que los elementos sean seguros, resistentes y aptos para su uso en aplicaciones domésticas y de distribución terciaria.

3.6.2 Unidades funcionales.

Las unidades funcionales principales del pequeño material eléctrico incluyen:

- **Mecanismos de mando**: Se utilizan para encender y apagar circuitos eléctricos que controlan cargas resistivas, inductivas y pequeños motores. Sus características típicas son de 250V y capacidades de corriente de 10, 16, 20, 25 y 32A.

- **Protección magnetotérmica y diferencial**: Estos dispositivos proporcionan una protección adicional en baños, cocinas y otras áreas húmedas o con riesgo eléctrico, ofreciendo una tensión de 230V y capacidades de corriente de 6, 10 y 16A, con un poder de corte que varía entre 1500 y 3000A.

- **Bases portafusibles modulares**: Diseñadas para proteger circuitos de elevada corriente de cortocircuito.

- **Tomas de corriente**: Utilizadas para la alimentación de dispositivos electrónicos y electrodomésticos, con opción de protección infantil, y con características de 250V y 10/16A.

- **Señalización y balizado**: Pilotos y sistemas de alumbrado de emergencia para indicar rutas y salidas en caso de fallos eléctricos.

3.6.3 Accesorios y sistemas de instalación.

Los accesorios y sistemas de instalación están constituidos por:

- **Bastidores**: Elementos que permiten el enclavamiento de los mecanismos tanto en posición horizontal como vertical. Fabricados en aleaciones de zinc y aluminio, deben cumplir con las normas UNE-EN 60669-1 y UNE 20315.

- **Marcos**: Hechos de termoplásticos reciclables y autoextinguibles de alta resistencia al impacto.

- **Cajas empotrables**: Equipadas con pretroqueles para facilitar la entrada de cables sin necesidad de taladrado, fabricadas con termoplásticos resistentes al calor y al fuego, y sin halógenos.

- **Cajas de superficie y contenedores estancos**: Proporcionan protección adicional, siendo los contenedores estancos adecuados para entornos con exigencias de estanqueidad (IP55) y resistencia al impacto (IK07).

La correcta instalación de estos elementos garantiza que los mecanismos cumplan con los estándares de seguridad y funcionalidad, protegiendo los circuitos y permitiendo un manejo eficiente.

3.6.4 Ensayos eléctricos.

Los ensayos eléctricos se realizan en fábrica para asegurar la conformidad con la normativa y verificar el correcto funcionamiento tanto mecánico como eléctrico de los dispositivos. Estos ensayos incluyen:

- **Ensayo dieléctrico** para comprobar la capacidad de aislamiento de los materiales.

- **Pruebas de funcionamiento mecánico** para garantizar la resistencia y la operatividad bajo las condiciones previstas.

- **Inspección de acabado** para confirmar la calidad visual y la ausencia de defectos en el producto.

El fabricante es responsable de llevar a cabo estos ensayos y de proporcionar la documentación que certifique que los productos cumplen con las normativas aplicables.

3.6.5 Montaje y puesta en servicio.

El montaje del pequeño material eléctrico debe seguir las recomendaciones del fabricante, respetando el esquema de conexión previsto. Es crucial asegurar un buen ensamble entre los diferentes componentes, así como la conexión correcta de los conductores activos y de protección.

Durante la puesta en servicio, se deben realizar verificaciones que garanticen la correcta fijación de los sistemas y la seguridad de las conexiones. Las instrucciones de instalación y mantenimiento deben estar claramente indicadas, permitiendo una intervención segura en caso de futuras revisiones o reparaciones.

3.7 Luminarias de tubos fluorescentes con reactancia electrónica y alta frecuencia.

Las luminarias de tubos fluorescentes con reactancia electrónica y alta frecuencia son una opción común en instalaciones eléctricas debido a su eficiencia energética y capacidad de proporcionar un alumbrado uniforme. A continuación, se describen las normas, procesos de ensayo, etiquetado, manipulación y el montaje de estas luminarias para garantizar su uso correcto y seguro.

3.7.1 Normas.

Las luminarias deben cumplir con la norma UNE-EN 60598, que establece los requisitos generales y de seguridad para luminarias. Los componentes específicos de estas luminarias, como las reactancias electrónicas, deben seguir normativas como la UNE-EN 55015, UNE-EN 60928, UNE-EN 60929, UNE-EN 61000-3-2 y UNE-EN 61547. Además, los casquillos deben ajustarse a la UNE-EN 60061, mientras que los portalámparas deben cumplir con la UNE-EN 60400. Los tubos fluorescentes utilizados deben ser conformes a las normas UNE-EN 60081 y UNE-EN 61195, y el cableado debe seguir la normativa UNE 21031.

3.7.2 Ensayos eléctricos.

Los ensayos eléctricos se realizan en fábrica para verificar la conformidad de construcción con respecto a la normativa. Estos ensayos comprenden:

- **Pruebas de funcionamiento eléctrico y mecánico** para asegurar que las luminarias operan correctamente bajo condiciones normales de servicio.

- **Ensayos de grado de protección** para confirmar que las luminarias cumplen con los niveles adecuados de protección contra el ingreso de partículas y agua, de acuerdo con los grados de protección IP.

- **Verificación del acabado** para garantizar que la luminaria no presenta defectos visibles que puedan afectar su desempeño o seguridad.

La declaración de conformidad del fabricante debe incluir todas las pruebas realizadas y sus resultados, asegurando que el producto cumple con la UNE-EN 60598 y otras normas relevantes.

3.7.3 Etiquetado e identificación.

Las luminarias deben estar correctamente etiquetadas con la información requerida, que incluye:

- **Identificación del producto**.
- **Tensión y frecuencia de línea**.
- **Intensidad nominal** y **potencia máxima** de funcionamiento.
- **Esquema de conexión** para facilitar la instalación y el mantenimiento.

Esta identificación asegura que los instaladores y operadores tengan acceso a la información necesaria para realizar conexiones seguras y conformes a las especificaciones.

3.7.4 Manipulación y transporte.

Al recibir las luminarias, es crucial verificar cada unidad para detectar posibles daños sufridos durante el transporte. La manipulación debe realizarse de manera cuidadosa para evitar exponer los componentes a golpes o impactos que puedan comprometer su integridad. Si las luminarias no se instalan de forma inmediata, deben conservarse en su embalaje original y almacenarse en un entorno seco y seguro, protegido de condiciones que puedan dañar sus elementos internos o externos.

3.7.5 Montaje y puesta en servicio.

El montaje de las luminarias debe seguir las instrucciones específicas del fabricante y el esquema de conexión previsto. Es fundamental prestar atención a:

- **Ensamble adecuado entre los elementos** de la luminaria, garantizando una unión segura y estable.

- **Conexión eléctrica de los conductores** activos y de protección, asegurando que se respetan las polaridades y las conexiones a tierra necesarias para la seguridad operativa.

- **Sistemas de fijación** robustos que eviten el desplazamiento o caídas durante la operación.

Una vez instaladas, las luminarias deben someterse a pruebas de funcionamiento para confirmar que operan correctamente y que todos los elementos de protección funcionan como se espera. Esto incluye verificar que los reactores electrónicos trabajan a alta frecuencia, reduciendo parpadeos y mejorando la eficiencia energética de la instalación.

3.8 Aparatos autónomos de emergencia y señalización.

Los aparatos autónomos de emergencia y señalización son esenciales en sistemas eléctricos, especialmente en situaciones de corte de suministro, donde garantizan la seguridad al proporcionar iluminación y orientación. Este apartado cubre las normativas, características de diseño, ensayos, etiquetado, manipulación y montaje de estos dispositivos.

3.8.1 Normas.

Los aparatos de emergencia y señalización deben cumplir con las normas UNE-EN 60598-2-22, que regulan las características de seguridad y rendimiento de estas luminarias. En el caso de aparatos que utilicen lámparas incandescentes, se aplica la norma UNE-EN 20062, mientras que las luminarias con lámparas fluorescentes deben ajustarse a la UNE-EN 20392. Además, deben observar las condiciones establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

(REBT), específicamente la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-28, que detalla los requisitos de seguridad para estos sistemas.

3.8.2 Características de diseño.

Los aparatos autónomos de emergencia y señalización deben integrar lámparas de señalización visibles y eficientes. Deben estar equipados con sistemas de control remoto para su puesta en reposo y reencendido, lo cual permite una gestión segura en condiciones críticas. Los bornes de telemando deben contar con protección contra conexiones accidentales de 230 V, garantizando la seguridad en la manipulación y operación.

Las baterías, generalmente constituidas por acumuladores de níquel-cadmio (Ni-Cd), deben proporcionar una autonomía mínima de una hora, durante la cual se mantenga un flujo luminoso constante y suficiente. Esta autonomía es fundamental para garantizar que los aparatos cumplan su función de señalización en situaciones de emergencia, proporcionando un tiempo adecuado para la evacuación y gestión de la contingencia.

3.8.3 Ensayos eléctricos.

Los ensayos de los aparatos de emergencia y señalización se realizan en fábrica, siguiendo un protocolo establecido que verifica la conformidad de los productos con las normas mencionadas. Los ensayos incluyen:

- **Pruebas de funcionamiento mecánico y eléctrico** para asegurar que los aparatos funcionen correctamente en condiciones de uso.

- **Ensayo dieléctrico** para verificar el aislamiento y la seguridad de los componentes.

- **Pruebas de grado de protección y acabado** para garantizar que los equipos resistan las condiciones ambientales y mecánicas previstas en su uso.

La conformidad de estos ensayos debe ser documentada en la declaración del fabricante, la cual debe incluir todos los resultados obtenidos.

3.8.4 Etiquetado e identificación.

Los aparatos deben incluir un etiquetado claro que informe sobre las características y especificaciones del producto. Esta etiqueta debe contener:

- **Identificación del producto** con nombre y tipo.
- **Tensión y frecuencia de línea** a la que operan.
- **Intensidad nominal** y **potencia máxima** de funcionamiento.
- **Esquema de conexión** que permita una instalación sencilla y segura.

Este etiquetado es esencial para garantizar que los instaladores y usuarios tengan la información necesaria para la correcta operación y mantenimiento de los aparatos.

3.8.5 Manipulación y transporte.

La manipulación y transporte de los aparatos autónomos de emergencia y señalización deben realizarse con precaución para evitar daños. Al recibir las unidades, se debe inspeccionar cada una para detectar posibles deterioros que pudieran haberse producido durante el transporte. Si los equipos no se instalan de inmediato, deben conservarse en su embalaje original y almacenarse en un lugar seco y seguro, alejado de condiciones adversas que puedan comprometer su integridad.

Este procedimiento asegura que los aparatos mantengan sus características técnicas intactas hasta el momento de su instalación, preservando su funcionalidad y garantizando un rendimiento óptimo en caso de emergencia.

3.8.6 Montaje y puesta en servicio.

El montaje de los aparatos de emergencia y señalización debe seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante y ajustarse a los esquemas de conexión indicados. Durante la instalación, se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Conexiones eléctricas**: Deben realizarse de manera precisa, asegurando que los conductores activos y de protección estén conectados correctamente y respetando la polaridad.

- **Fijación del equipo**: Los aparatos deben montarse de forma segura, utilizando anclajes que garanticen su estabilidad y eviten caídas o desplazamientos durante su funcionamiento.

- **Pruebas de funcionamiento inicial**: Una vez instalados, los aparatos deben ser probados para verificar que funcionan correctamente y cumplen con la autonomía mínima de operación especificada. Este paso incluye la revisión de los sistemas de control remoto y de las baterías, comprobando su estado de carga y capacidad de respuesta en situaciones de emergencia.

3.9 Downlights empotrables.

Los downlights empotrables son luminarias de iluminación integrada, comúnmente utilizadas en proyectos de iluminación por su diseño discreto y funcionalidad eficiente. A continuación, se detallan los aspectos normativos, ensayos, etiquetado, manejo y montaje de estos equipos.

3.9.1 Normas.

Los downlights empotrables deben cumplir con la norma UNE-EN 60598, que establece los requisitos generales de seguridad y rendimiento de las luminarias. Los componentes de estas luminarias, como las reactancias electrónicas, deben respetar normas como UNE-EN 55015, UNE-EN 60928, UNE-EN 60929, UNE-EN 61000-3-2 y UNE-EN 61547. Los casquillos utilizados deben seguir la UNE-EN 60061, mientras que los portalámparas deben ajustarse a la UNE-EN 60400. Para tubos fluorescentes de un casquillo, se aplican las normas UNE-EN 60081 y UNE-EN 61195, y el cableado debe cumplir con la UNE 21031.

3.9.2 Ensayos eléctricos.

Los ensayos eléctricos de los downlights empotrables se realizan en fábrica siguiendo un protocolo establecido para verificar la conformidad con las normativas. Estos ensayos incluyen:

- **Pruebas de funcionamiento eléctrico y mecánico** para confirmar que la luminaria opera de acuerdo con las condiciones de diseño.

- **Ensayos de grado de protección** para comprobar que las luminarias cumplen con los estándares requeridos para su uso en diversas condiciones ambientales.

- **Revisión de acabado** para asegurar que la luminaria no presenta defectos visibles y cumple con los criterios de calidad establecidos.

El fabricante es responsable de emitir una declaración de conformidad que refleje los resultados de estas pruebas y certifique la conformidad con la norma UNE-EN 60598.

3.9.3 Etiquetado e identificación.

El etiquetado de los downlights empotrables debe incluir información clara y precisa, como:

- **Identificación del producto**.

- **Tensión y frecuencia de operación**.

- **Intensidad nominal** y **potencia máxima** admisible.

- **Esquema de conexión**, que facilite una instalación segura y eficiente.

Este etiquetado es esencial para proporcionar a los instaladores y operadores la información necesaria para la correcta manipulación y operación de los equipos.

3.9.4 Manipulación y transporte.

La manipulación y transporte de los downlights deben realizarse de manera cuidadosa para evitar daños físicos que comprometan su funcionalidad. Al recibir las unidades, se debe llevar a cabo una inspección visual para detectar posibles daños ocasionados durante el transporte. Si los equipos no se instalan de inmediato, deben mantenerse en su embalaje original y almacenarse en un

lugar seco y seguro, evitando la exposición a condiciones adversas que puedan afectar la integridad de los componentes.

3.9.5 Montaje y puesta en servicio.

El montaje de los downlights empotrables debe seguir estrictamente las recomendaciones del fabricante y los esquemas de conexión especificados. Para garantizar un montaje adecuado, se deben observar las siguientes pautas:

- **Conexión de conductores**: Asegurar que las conexiones eléctricas de los conductores activos y de protección se realicen correctamente, respetando la polaridad y la conexión a tierra.

- **Fijación del equipo**: Utilizar sistemas de anclaje que aseguren una instalación estable, evitando movimientos o caídas que puedan afectar la operatividad de la luminaria.

- **Pruebas de funcionamiento**: Realizar pruebas de encendido y funcionamiento para verificar que la luminaria responde de acuerdo con las especificaciones de diseño, incluyendo la comprobación de la reactancia electrónica y la eficiencia de la emisión de luz.

La puesta en servicio de los downlights garantiza su óptimo desempeño, contribuyendo a un entorno seguro y funcional en la instalación eléctrica.

3.10 Leds adosables.

Los leds adosables se utilizan comúnmente en instalaciones de iluminación por su capacidad de proporcionar un alumbrado eficiente y de alta calidad, además de su fácil integración en diversos entornos. A continuación, se describen los aspectos normativos, ensayos, etiquetado, manipulación y montaje de estos dispositivos.

3.10.1 Normas.

Los leds adosables deben cumplir con las especificaciones establecidas en la UNE-EN 60598, que regula los requisitos generales de seguridad y rendimiento

de las luminarias. Además, los componentes deben seguir las normativas específicas:

- **Reactancias electrónicas**: Cumplirán con las UNE-EN 55015, UNE-EN 60928, UNE-EN 60929, UNE-EN 61000-3-2 y UNE-EN 61547.

- **Casquillos y portalámparas**: Se ajustarán a las normas UNE-EN 60061 y UNE-EN 60838, respectivamente.

- **Cables y conductores**: Deberán cumplir con las normas de cableado UNE 21031.

El cumplimiento de estas normas asegura que los equipos operen con seguridad y de acuerdo con los estándares europeos y nacionales de calidad.

3.10.2 Ensayos eléctricos.

Los ensayos eléctricos se realizan en fábrica, siguiendo un protocolo específico para verificar la conformidad de la construcción con las normativas aplicables. Estos ensayos incluyen:

- **Pruebas de funcionamiento eléctrico y mecánico**: Para confirmar que los leds adosables operan correctamente bajo condiciones normales de uso.

- **Ensayo de grado de protección**: Verificar que los dispositivos cumplan con los niveles de protección adecuados frente al ingreso de polvo y agua, lo que garantiza su durabilidad en diferentes entornos.

- **Verificación de acabado**: Inspeccionar la luminaria para asegurar que no presenta defectos físicos que puedan afectar su rendimiento o seguridad.

La declaración de conformidad, emitida por el fabricante, debe reflejar los resultados de estas pruebas, certificando que los productos cumplen con la norma UNE-EN 60598.

3.10.3 Etiquetado e identificación.

Los leds adosables deben llevar un etiquetado claro que informe sobre:

- **Identificación del producto**.
- **Tensión y frecuencia de operación**.
- **Intensidad nominal** y **potencia máxima** admisible.
- **Esquema de conexión**, que facilite su correcta instalación y mantenimiento.

Este etiquetado garantiza que los instaladores y usuarios tengan la información necesaria para una manipulación y operación seguras y conformes a las especificaciones del equipo.

3.10.4 Manipulación y transporte.

La manipulación y transporte de los leds adosables deben realizarse con precaución para evitar daños que puedan afectar su integridad. Al recibir las unidades, se debe realizar una inspección visual para detectar posibles daños ocasionados durante el transporte. Si los equipos no se instalan de inmediato, deben conservarse en su embalaje original y almacenarse en un lugar seco y protegido para mantener sus características técnicas intactas.

3.10.5 Montaje y puesta en servicio.

El montaje de los leds adosables debe seguir las instrucciones del fabricante, asegurando la correcta conexión y fijación de los elementos. Las consideraciones importantes incluyen:

- **Conexiones eléctricas**: Realizar conexiones seguras de los conductores activos y de protección, respetando la polaridad y asegurando la correcta puesta a tierra.
- **Fijación del dispositivo**: Utilizar sistemas de anclaje adecuados que aseguren que los leds permanezcan estables y bien sujetos durante su uso.

- **Pruebas de funcionamiento**: Una vez instalados, se deben realizar pruebas de encendido y funcionamiento para verificar que el equipo responde conforme a las especificaciones de diseño y cumple con los estándares de rendimiento y seguridad.

La puesta en servicio garantiza que los leds adosables estén listos para su operación, proporcionando una iluminación eficiente y segura en el espacio en el que se han instalado.

3.11 Puesta a tierra.

La puesta a tierra es un elemento esencial en las instalaciones eléctricas, ya que permite limitar la tensión que puedan presentar las masas metálicas con respecto a tierra, asegurar la actuación efectiva de los dispositivos de protección y minimizar los riesgos derivados de defectos en los materiales. Este apartado detalla las normas, tomas de tierra, conducciones, conductores y otros aspectos relacionados.

3.11.1 Normas.

La puesta a tierra debe cumplir con las condiciones establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), específicamente en la ITC-BT-18, y observar la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE). Estas normativas aseguran que los sistemas de puesta a tierra sean seguros y eficaces, permitiendo la correcta evacuación de corrientes de fuga y protegiendo tanto a los usuarios como a los equipos.

3.11.2 Tomas de tierra.

Las tomas de tierra pueden realizarse mediante el uso de jabalinas o picas, las cuales suelen estar construidas de hierro-cobre (Fe/Cu) o hierro galvanizado. La introducción en el terreno se hace por hincado y deben tener una configuración redonda de alta resistencia para evitar deformaciones durante la instalación. Se recomienda un diámetro mínimo de 19 mm y una longitud de al menos 2 metros para garantizar una conexión efectiva y duradera con el terreno.

3.11.3 Conducciones enterradas.

Las conducciones enterradas forman parte del sistema de puesta a tierra y consisten en un anillo que rodea el perímetro del edificio, conectando todas las uniones de puesta a tierra y vinculándose al anillo en ambos extremos. Los conductores desnudos enterrados se consideran parte del electrodo de puesta a tierra y sus características deben definirse en el proyecto para asegurar su eficacia en la dispersión de corriente.

3.11.4 Conductores de tierra.

Los conductores de tierra deben dimensionarse de acuerdo con las tablas de la ITC-BT-18, considerando su sección adecuada para cumplir con las exigencias del sistema. Esto incluye tanto los cables enterrados como los situados en superficie, garantizando que los conductores puedan manejar la corriente de fallo sin riesgo de sobrecalentamiento o daño.

3.11.5 Bornes de puesta a tierra.

Los bornes de conexión son necesarios para asegurar una unión efectiva entre los dispositivos del circuito de puesta a tierra. Deben ser capaces de resistir los esfuerzos dinámicos y térmicos asociados a un cortocircuito, lo que requiere elementos de fijación robustos que aseguren una conexión segura y continua en el sistema.

3.11.6 Conductores de protección.

La sección de los conductores de protección se establece según la relación indicada en la tabla de la ITC-BT-18 o mediante cálculo conforme a la UNE 20460-5-54, apartado 543.1.1. Estos conductores deben proporcionar una ruta segura para la corriente de fuga, protegiendo tanto a las personas como a los equipos eléctricos conectados.

3.11.7 Condiciones generales.

El trazado de los conductores de tierra debe ser lo más directo posible, evitando cambios bruscos de dirección y asegurando que no queden sometidos a esfuerzos mecánicos. Además, deben estar protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico. Las conexiones finales se realizan siempre por derivación del circuito principal, sin incluir elementos metálicos que puedan interferir en la continuidad eléctrica.

Los conductores deben garantizar un buen contacto eléctrico, tanto en la unión con las masas metálicas como con el electrodo. Las conexiones deben realizarse con piezas de empalme adecuadas y fijarse con tornillería, elementos de compresión o soldaduras de alto punto de fusión para asegurar una conexión firme y duradera. Si existen tomas de tierra independientes, se debe mantener una separación y aislamiento adecuados para evitar tensiones peligrosas en caso de fallos.

4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FALCUTATIVA.

4.1 Obligaciones y derechos del contratista.

El contratista asume una serie de obligaciones y derechos que le permiten ejecutar los trabajos de forma correcta y conforme al proyecto y las especificaciones establecidas. Estos compromisos aseguran un desarrollo organizado y ajustado a las normativas aplicables.

4.1.1 Remisión de solicitud de ofertas.

La Dirección Técnica es responsable de solicitar ofertas a empresas especializadas en el sector, proporcionando el proyecto o un extracto con la información esencial. Si un ofertante considera oportuno, puede presentar soluciones alternativas que recomienden una optimización de la instalación. Se fija un plazo de un mes como máximo para la recepción de las propuestas, permitiendo así un proceso de selección eficiente y enmarcado en los tiempos del proyecto.

4.1.2 Residencia del contratista.

Durante todo el período de ejecución de la obra, desde su inicio hasta la aceptación definitiva, el contratista o su representante debe residir en un lugar próximo a la obra y no puede ausentarse sin la autorización escrita del Ingeniero Director. La residencia debe estar registrada oficialmente, y en caso de ausencia del contratista, las notificaciones se harán a la persona de mayor rango técnico presente en la obra. En situaciones de ausencia prolongada, se deben dejar indicaciones claras y una persona designada para asumir responsabilidades.

4.1.3 Reclamaciones respecto a las órdenes de la dirección.

No se permite al contratista presentar reclamaciones sobre decisiones de carácter técnico o facultativo emitidas por el Ingeniero Director. Sin embargo, si el contratista considera que debe protegerse ante posibles responsabilidades, puede hacerlo mediante una declaración razonada que justifique su posición. Por otro lado, cualquier reclamación que el contratista desee realizar y que tenga un componente económico debe ser presentada a través del Ingeniero Director, y solo podrá hacerlo si estas reclamaciones se ajustan a las estipulaciones y términos establecidos en los Pliegos de Condiciones. Esta regla busca mantener

la transparencia y asegurar que los procedimientos de gestión y supervisión de la obra se lleven a cabo sin interrupciones ni conflictos injustificados.

3.1.4 Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe.

El contratista tiene la obligación de reemplazar a cualquier miembro de su equipo, incluidos operarios y trabajadores, si el Ingeniero Director lo solicita. Esta medida puede tomarse en casos donde no se cumplan las instrucciones dadas por el Ingeniero Director o sus asistentes encargados de supervisar la obra, o si algún miembro del personal muestra incapacidad manifiesta o actitudes que comprometan el desarrollo adecuado de los trabajos. Esta disposición también aplica a situaciones en las que se detecten comportamientos de mala fe que afecten el ritmo o la calidad de la obra. La finalidad de esta norma es mantener un entorno de trabajo profesional y eficiente, asegurando que el proyecto avance conforme a lo planificado.

3.1.5 Copia de documentos.

El contratista tiene el derecho de obtener copias de las Especificaciones, presupuestos y demás documentos que formen parte del contrato, por su cuenta. En caso de que el contratista desee solicitar estas copias de manera formal, deberá obtener la aprobación del Ingeniero Director de la obra. Esta autorización solo se concede una vez que el contrato ha sido adjudicado y formalizado. La posibilidad de acceder a estos documentos garantiza que el contratista tenga toda la información necesaria para ejecutar la obra con precisión y conforme a los términos acordados, favoreciendo una correcta gestión y ejecución del proyecto.

4.2 Trabajos, medios auxiliares y material.

El desarrollo y la ejecución de los trabajos en una obra requieren de la implementación de normas y prácticas específicas que aseguren un proceso eficiente y seguro. Esta sección describe las directrices y responsabilidades del contratista en cuanto a los trabajos, medios auxiliares y materiales utilizados en la obra.

4.2.1 Libro de órdenes.

El contratista debe disponer del Libro de Órdenes en la oficina de la obra, donde se registrarán todas las indicaciones e instrucciones emitidas por el Ingeniero Director. Las órdenes documentadas en dicho libro son de carácter obligatorio, y el contratista está comprometido a cumplirlas, al igual que las condiciones estipuladas en el pliego de condiciones.

4.2.2 Comienzo y plazo de ejecución de los trabajos.

El contratista está obligado a notificar por escrito al Ingeniero Director el inicio de los trabajos en un plazo máximo de 24 horas desde su comienzo. La ejecución de la obra debe iniciar dentro de los 15 días posteriores a la fecha de adjudicación. El Ingeniero Director debe recibir, mediante un oficio formal, la notificación de la fecha propuesta para el inicio de las labores. Además, el plazo de finalización de la obra debe ajustarse a los términos previamente establecidos por la Dirección de Obra.

4.2.3 Condiciones generales en la ejecución de los trabajos.

Durante la ejecución de la obra, el contratista debe emplear materiales y mano de obra de acuerdo con las especificaciones de las "Condiciones de Índole Técnica". Es su responsabilidad garantizar que todos los trabajos realizados se ajusten a lo contratado y se desarrollen de manera adecuada hasta la recepción final de la obra. En caso de defectos o errores en la ejecución, no se admitirán excusas basadas en la falta de observación de la Dirección de Obra ni en la aprobación de las certificaciones parciales.

4.2.4 Trabajos defectuosos.

Si durante la ejecución se detectan defectos en los trabajos realizados, los materiales empleados o los equipos instalados, y estos no cumplen con las condiciones esperadas, el Ingeniero Director puede exigir que las partes defectuosas sean desmontadas y reconstruidas conforme a lo estipulado en el contrato. Esta corrección de errores debe efectuarse antes de la aceptación definitiva de la obra.

4.2.5 Obras y vicios ocultos.

El contratista es responsable de los trabajos y de cualquier defecto o vicio oculto que pueda surgir durante el período de garantía. Si se detectan problemas que comprometan la calidad y seguridad de la obra, estos deben ser reparados a la mayor brevedad y sin costo adicional para la propiedad.

4.2.6 Materiales defectuosos o inutilizables.

Cualquier material que se considere defectuoso o inutilizable durante el proceso de la obra debe ser retirado y sustituido por el contratista sin costo adicional. Esta sustitución garantiza que los estándares de calidad sean cumplidos, manteniendo la integridad y seguridad de la obra.

4.2.7 Medios auxiliares.

El contratista es responsable de proveer todos los medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la obra, tales como andamios, cimbras y equipos de maquinaria. Además, debe asumir la responsabilidad de cualquier accidente o avería relacionada con la insuficiencia de estos medios auxiliares. También se encargará de las medidas de protección y señalización requeridas para garantizar la seguridad de la obra, incluyendo vallas, señalización temporal y otras medidas preventivas exigidas por la normativa vigente.

4.3 Recepción y liquidación.

La recepción y liquidación de los trabajos es un proceso fundamental que marca la finalización de las obras y establece las condiciones bajo las cuales el contratista y el propietario acuerdan el cumplimiento del contrato y la entrega de los trabajos realizados. A continuación, se detallan las etapas clave de este proceso.

4.3.1 Recepción con carácter provisional.

Para la recepción provisional, es necesaria la asistencia del propietario, del Ingeniero Director de Obra y del contratista, o de un representante autorizado. Durante este proceso, se revisa el estado de la obra para determinar si cumple con las condiciones técnicas estipuladas en el contrato. Si la obra se encuentra en buen estado, se considera provisionalmente recibida y se inicia el período de garantía, que usualmente es de un año. Si la obra no cumple con las condiciones

adecuadas, el Ingeniero Director deberá dejar constancia de los defectos observados en el acta y otorgar un plazo al contratista para subsanar los problemas antes de realizar una nueva inspección.

4.3.2 Plazo de garantía.

El plazo de garantía comienza a partir de la fecha de la recepción provisional y se extiende por un período de un año. Durante este tiempo, el contratista es responsable de corregir cualquier defecto o vicio oculto que pueda surgir y que esté vinculado a una deficiente ejecución o calidad de los materiales. Si se detectan estos fallos, el contratista debe repararlos sin coste adicional para el propietario, asegurando que la obra se mantenga en condiciones óptimas.

4.3.3 Conservación de los trabajos temporales.

Es obligación del contratista mantener la conservación de la obra durante el período de garantía, especialmente si el propietario aún no ha ocupado la instalación. Esto incluye mantener la obra limpia y en buen estado, sin dejar herramientas, materiales o mobiliario innecesarios en el lugar. En el caso de que la obra esté ocupada, el contratista debe realizar revisiones periódicas y reparaciones según lo indicado en el pliego de condiciones. Además, debe destinar un vigilante de obras a su cargo para garantizar la supervisión constante y atender cualquier requerimiento de la Dirección Facultativa.

4.3.4 Recepción con carácter definitivo.

Una vez transcurrido el período de garantía, se realiza la recepción definitiva de la obra. Esta debe cumplir con las mismas condiciones que la recepción provisional. Si la obra se encuentra en buen estado y se han solucionado todos los defectos observados previamente, el contratista queda liberado de cualquier responsabilidad económica. En caso de que persistan defectos, la recepción definitiva se pospone hasta que el Ingeniero Director confirme que los trabajos cumplen con los estándares requeridos. De no cumplirse los requisitos, el contrato puede ser rescindido, lo que implica la pérdida de la garantía si no se considera viable establecer un nuevo plazo de recepción.

4.3.5 Liquidación final.

La liquidación final se efectúa una vez que la obra ha sido aceptada de forma definitiva. Este proceso incluye la revisión del coste total de los trabajos ejecutados, así como cualquier modificación aprobada por la Dirección Técnica. El contratista no tiene derecho a reclamar aumentos en el coste si estos no han sido aprobados previamente por escrito. La liquidación se realiza en base a los acuerdos establecidos en el contrato y queda registrada en un documento firmado tanto por el propietario como por el contratista.

4.3.6 Liquidación en caso de rescisión de contrato.

En caso de rescisión del contrato, la liquidación debe realizarse mediante un acuerdo liquidatario, redactado por ambas partes. Este documento debe incluir el importe de los trabajos realizados hasta la fecha de la rescisión, reflejando fielmente el estado de avance de la obra y las obligaciones cumplidas por ambas partes. La liquidación debe ajustarse a los términos establecidos y garantiza que se cubran los costos justificados hasta el momento de la terminación del contrato.

4.4 Facultades de la dirección de obras.

La dirección de obras, liderada por el Ingeniero Director, es fundamental para garantizar que la ejecución del proyecto cumpla con las normas técnicas y estándares de calidad estipulados. La Dirección de Obra tiene la autoridad y responsabilidad de supervisar todos los aspectos de la construcción, asegurando que se desarrollen conforme al proyecto y a las condiciones del contrato.

Supervisión y autoridad técnica.
El Ingeniero Director tiene la función de supervisar y dirigir los trabajos de forma continua, ya sea personalmente o mediante sus representantes técnicos. Esta autoridad abarca tanto a las personas involucradas en la obra como a los materiales y equipos utilizados. La Dirección de Obra tiene la potestad de dictar instrucciones y tomar decisiones técnicas para corregir o mejorar la ejecución, lo cual es esencial para mantener la calidad y seguridad de la obra.

Recusación del contratista.
Cuando sea necesario y justificado, el Ingeniero Director tiene la facultad de recusar al contratista. Esta medida puede adoptarse si se considera que la

permanencia del contratista en la obra afecta negativamente el desarrollo del proyecto o si se demuestra que no cumple con las condiciones estipuladas. La recusación debe ser una acción razonada y documentada, asegurando que se respeta la legalidad del proceso.

Control de calidad y cumplimiento.
La Dirección de Obra tiene la capacidad de realizar inspecciones y pruebas a los materiales y a los trabajos en cualquier etapa de la construcción. Esto implica verificar que los trabajos se realicen conforme al proyecto aprobado y que los materiales cumplan con las especificaciones técnicas. Si se encuentran defectos o incumplimientos, la Dirección de Obra puede ordenar la corrección inmediata de las fallas, incluso exigiendo la demolición y reconstrucción de partes defectuosas, garantizando así la calidad final de la obra.

Responsabilidad en la coordinación.
El Ingeniero Director es también responsable de coordinar con otros profesionales y agentes involucrados en el proyecto, facilitando la integración de distintas fases y la correcta ejecución de trabajos especializados. Esto asegura que todos los elementos y procesos de la obra se alineen con el cronograma y las especificaciones técnicas.

Documentación y seguimiento.
La Dirección de Obra debe mantener registros precisos de todas las actividades de supervisión, órdenes emitidas y modificaciones realizadas. Estos registros forman parte de la documentación que se presentará en el proceso de recepción de la obra y que respalda el cumplimiento de los términos contractuales.

Las facultades de la dirección de obras son esenciales para garantizar la calidad y seguridad de la construcción, y su actuación debe ajustarse siempre a las normativas y condiciones acordadas en el proyecto y el contrato.

5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.

5.1 Fundamento.

El fundamento de las condiciones de índole económica radica en la garantía de que el contratista recibirá el importe correspondiente por todos los trabajos realizados, siempre y cuando estos se hayan ejecutado en conformidad con el proyecto y las condiciones establecidas, tanto generales como particulares. Esto implica que la correcta ejecución de los trabajos y la adherencia a los términos del contrato son esenciales para que el contratista cumpla con las obligaciones contractuales y se le reconozca el derecho a los pagos acordados.

La estructura económica del contrato debe reflejar una relación justa entre el cumplimiento de las especificaciones y la retribución correspondiente. De esta forma, el proyecto garantiza que los recursos sean administrados de manera eficiente y que se mantenga un equilibrio financiero durante toda la duración del trabajo. Además, se establece que cualquier pago se realiza bajo la supervisión del Ingeniero Director, quien debe verificar que las obras se han llevado a cabo de acuerdo con las normativas y los estándares de calidad estipulados.

En resumen, la base económica de las condiciones es asegurar que se remuneren únicamente los trabajos que cumplen con lo establecido en el proyecto y las condiciones estipuladas. Esto protege tanto al contratista, que recibe el pago por su trabajo adecuado, como al propietario, que se asegura de que los recursos se destinen a trabajos ejecutados correctamente y con la calidad esperada.

5.2 Garantías de cumplimiento y finanzas.

Las garantías de cumplimiento y las disposiciones financieras establecen las bases para asegurar que el contratista cumpla con todas las obligaciones estipuladas en el contrato, garantizando la correcta ejecución de las obras y el resguardo de los intereses del propietario.

5.2.1 Garantías.

El Ingeniero Director tiene la potestad de solicitar al contratista referencias bancarias y garantías por parte de instituciones financieras reconocidas. Estas referencias deben presentarse antes de la firma del contrato, con el fin de verificar

que el contratista posee la solvencia económica y los recursos necesarios para cumplir con los términos del proyecto de manera eficiente y responsable. Este requisito garantiza que el contratista cuenta con el respaldo suficiente para afrontar los compromisos adquiridos, tanto en términos de ejecución como de posibles contingencias.

5.2.2 Finanzas.

Se puede requerir al contratista un depósito de garantía equivalente al 15% del presupuesto total de la obra adjudicada. Este depósito actúa como respaldo financiero para el propietario, asegurando que el contratista cumpla con las obligaciones contractuales. El monto de la garantía se retiene hasta que se verifique la correcta finalización y recepción de los trabajos. Esta fianza tiene el propósito de proteger al propietario en caso de incumplimientos y cubrir posibles gastos derivados de la ejecución incorrecta de las labores o de la necesidad de contratar a terceros para completarlas.

5.2.3 Ejecución de trabajos con cargos a la fianza.

Si el contratista se rehúsa a ejecutar algún trabajo o lo realiza de forma deficiente, el Ingeniero Director tiene la facultad de ordenar la realización de dichos trabajos por un tercero o por administración directa, a nombre del propietario. Los costos de estas acciones se cargarán a la fianza depositada por el contratista. En el caso de que el monto de la fianza no sea suficiente para cubrir los costos incurridos, el propietario se reserva el derecho de tomar medidas legales para recuperar los gastos adicionales, asegurando que la obra se complete conforme a lo establecido en el contrato.

5.2.4 Devolución de la fianza.

La devolución de la fianza se realiza una vez que se ha completado la recepción definitiva de la obra y se han cumplido todos los términos contractuales. Esta devolución debe llevarse a cabo en un plazo no superior a ocho días tras la recepción, siempre y cuando no existan reclamaciones pendientes por parte de proveedores, trabajadores o autoridades competentes, y el proyecto haya sido concluido sin defectos significativos. El contratista queda entonces eximido de las obligaciones financieras relacionadas con la fianza y se le devuelve el monto depositado como garantía.

Esta estructura de garantías y disposiciones financieras protege tanto al propietario como al contratista, fomentando una relación transparente y un compromiso sólido en la ejecución del proyecto.

5.3 Precios y revisiones.

El apartado de precios y revisiones es esencial para establecer las bases de cualquier ajuste en los precios de las obras y garantizar la equidad entre las partes contratantes durante la ejecución del proyecto. A continuación, se detallan los aspectos específicos de los precios contradictorios, reclamaciones, revisión de precios, elementos comprometidos del presupuesto y errores presupuestarios.

5.3.1 Precios contradictorios.

Los precios contradictorios surgen cuando el propietario o el Ingeniero Director decide introducir cambios o agregar unidades en las obras previamente planificadas. En estos casos, el contratista está obligado a realizar las modificaciones requeridas. Si no se llega a un acuerdo sobre los precios, la resolución debe efectuarse antes del inicio de los trabajos, aplicando primero el concepto más análogo en el cuadro de precios y, de ser necesario, recurriendo al banco de precios más utilizado en la localidad. Estos precios contradictorios se referirán siempre a la fecha de formalización del contrato.

5.3.2 Reclamaciones de aumento de precio.

El contratista pierde el derecho a reclamar un aumento en los precios fijos si no presenta una observación antes de la firma del contrato. No se aceptarán reclamaciones basadas en errores u omisiones, ni en el contenido de la Memoria del proyecto, ya que este documento no es determinante para la definición del contrato. Si se identifican errores en la adquisición de materiales o errores aritméticos, estos pueden ser corregidos siempre que se detecten en un plazo de cuatro meses desde la adjudicación del proyecto. La revisión de precios, en caso de aumento, no afectará el presupuesto inicial.

5.3.3 Revisión de precios.

La revisión de precios es admisible durante la realización de los trabajos, debido a la variabilidad de los costos de mano de obra, cargas sociales, materiales y

transporte. Esta revisión puede implicar un ajuste al alza o a la baja, tomando en cuenta las variaciones del mercado. El contratista podrá solicitar un ajuste de precios al propietario si demuestra que ha habido un cambio significativo en los costos desde la firma del contrato. Ambas partes deben acordar un nuevo precio unitario antes de la continuación de la obra, y cualquier desajuste debe ser justificado y aprobado formalmente.

Si el propietario o el Ingeniero Director no aceptan el nuevo precio propuesto, podrán sugerir un precio alternativo que el contratista puede decidir aceptar. En caso de un acuerdo sobre nuevos precios unitarios, se debe seguir un procedimiento similar al aplicado en la revisión de precios al alza.

5.3.4 Elementos comprometidos del presupuesto.

Al establecer los precios en el presupuesto, se considera el costo de montaje, instalación y puesta en marcha de los equipos, así como los medios auxiliares necesarios. También se incluyen indemnizaciones, impuestos, multas y otros pagos requeridos por las administraciones locales y estatales. Por tanto, el presupuesto debe cubrir todos los materiales y elementos adicionales necesarios para completar el trabajo y dejarlo listo para su entrega.

5.3.5 Equivocaciones en el presupuesto.

El contratista debe haber revisado detenidamente los documentos del proyecto antes de su aceptación. Si no ha señalado errores u observaciones, se entiende que no tiene derecho a reclamar por errores en las medidas o precios durante la ejecución de la obra. El presupuesto inicial será la base para cualquier trabajo posterior, asegurando que las partes no puedan modificar los términos de manera arbitraria durante la ejecución.

5.4 Acopio de materiales.

El acopio de materiales es una etapa crítica en la gestión de proyectos de construcción, ya que garantiza que los recursos necesarios estén disponibles en tiempo y forma para el desarrollo de las obras. A continuación, se describen las responsabilidades y procesos relacionados con el acopio de materiales por parte del contratista.

Procedimiento de acopio de materiales.

El contratista está obligado a adquirir los materiales y equipos necesarios para la ejecución de la obra cuando el propietario lo ordene por escrito. Una vez que el propietario ha pagado el importe acordado por estos materiales, pasan a ser de su propiedad exclusiva. Sin embargo, la conservación y el resguardo de dichos materiales son responsabilidad del contratista. Esta disposición asegura que los materiales estén bajo cuidado y se encuentren en condiciones óptimas para su uso durante la ejecución del proyecto.

Responsabilidad en la conservación.

Aunque los materiales adquiridos se convierten en propiedad del propietario tras el pago, el contratista debe asegurarse de que estos se mantengan en condiciones adecuadas y protegidos de daños o pérdidas. Esto implica tomar medidas de almacenamiento seguro y mantener un registro de inventario preciso. La responsabilidad de conservación es vital para evitar retrasos en la obra debido a la falta de disponibilidad de materiales en buen estado.

Gestión y control de inventario.

El contratista debe implementar sistemas de gestión de inventario que permitan un control riguroso de los materiales acopiados. Esto incluye la identificación y etiquetado de los materiales, la organización del espacio de almacenamiento y la rotación de inventario, cuando sea necesario, para garantizar que los materiales más antiguos se utilicen primero y así evitar deterioros.

Control de calidad.

Los materiales y equipos acopiados deben cumplir con las especificaciones técnicas del proyecto y ser aprobados por la dirección de obra antes de su uso. La dirección de obra puede solicitar al contratista la presentación de muestras y realizar inspecciones para verificar la calidad y conformidad de los materiales. Si se detectan fallos o deficiencias en los materiales, el contratista debe gestionarlos y, de ser necesario, reemplazarlos sin costos adicionales para el propietario.

En resumen, el acopio de materiales implica una coordinación estrecha entre el contratista y el propietario, asegurando que todos los recursos necesarios estén disponibles y en óptimas condiciones para el desarrollo eficiente del proyecto. La correcta gestión de los materiales y su conservación garantizan la continuidad de

la obra y previenen contratiempos que puedan afectar los plazos y costos estipulados.

5.5 Mejoras de trabajo libremente ejecutadas.

Las mejoras de trabajo libremente ejecutadas por el contratista son acciones o modificaciones que superan los requisitos originalmente establecidos en el proyecto. A continuación, se detallan los principios que rigen estas situaciones y las implicaciones económicas para el contratista.

Realización de mejoras sin solicitud previa.

Si el contratista, incluso contando con la autorización del Técnico Director, emplea materiales de mayor calidad, tamaño o preparación que los especificados en el proyecto, o realiza sustituciones de elementos por otros con un coste superior, no tendrá derecho a una compensación adicional. Esto se aplica también en los casos donde el contratista introduce modificaciones en la obra que, aunque beneficiosas a juicio del Técnico Director, no estaban contempladas en el proyecto inicial. La normativa busca garantizar que el contratista solo reciba el abono correspondiente al valor del trabajo como si se hubiera ejecutado conforme a lo inicialmente proyectado y adjudicado.

Condiciones de ejecución.

Las mejoras realizadas por iniciativa propia del contratista deben cumplir con todas las normativas y estándares de calidad aplicables, y deben ser aprobadas y supervisadas por la Dirección de Obra. Aunque estas mejoras puedan considerarse beneficiosas, no eximen al contratista de su responsabilidad de adherirse a los lineamientos del proyecto ni justifican reclamaciones adicionales por incrementos en los costos.

Limitaciones económicas.

La política de compensación es clara: el contratista no tiene derecho a reclamar un pago superior al estipulado por la obra original, incluso si las modificaciones aportan mejoras sustanciales al proyecto. Esto busca evitar que los contratistas realicen cambios no solicitados con la expectativa de obtener un mayor pago. La única excepción se produce si la mejora es solicitada expresamente por el propietario, en cuyo caso se deben formalizar los términos de la compensación antes de la ejecución.

En resumen, el contratista debe ser consciente de que las decisiones para mejorar los materiales o modificar la obra, a pesar de ser aprobadas, no implican un ajuste en el costo original a menos que se acuerde de forma previa con el propietario.

5.6 Pagos.

Los pagos al contratista se realizan conforme a los plazos previamente acordados en el contrato, y su monto está basado en las certificaciones de obra que expide el Ingeniero Director. Estas certificaciones son el medio para validar y justificar los montos a pagar, ya que reflejan de manera fiel los avances y el cumplimiento de las tareas conforme a lo estipulado en los términos contractuales.

El propietario tiene la obligación de realizar los pagos una vez se han emitido las certificaciones y, en general, estos deben llevarse a cabo sin demoras injustificadas para mantener un flujo de caja estable que permita la correcta continuidad de las obras. La certeza en los plazos de pago es esencial para asegurar que las labores no sufran interrupciones y que el contratista pueda gestionar adecuadamente los recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

En el caso de incumplimientos por parte del propietario, que deriven en demoras de pago, el contratista no tiene el derecho de interrumpir el trabajo ni de ralentizar su ritmo. Esta disposición se implementa para proteger la integridad de los plazos y evitar un impacto negativo en el cronograma del proyecto. Sin embargo, en situaciones de demoras significativas y documentadas, el contratista puede buscar un resarcimiento, que se abordará de acuerdo con las cláusulas contractuales relativas a indemnizaciones o posibles ajustes financieros.

Este enfoque permite que ambas partes mantengan un compromiso claro sobre sus responsabilidades y que el proceso de ejecución de la obra se lleve a cabo de manera eficiente, respetando los acuerdos establecidos en el contrato y en las condiciones de pago pactadas previamente.

5.7 Demoras por pagos.

El contratista, bajo ninguna circunstancia, puede alegar retrasos en los pagos como motivo para suspender el avance de las obras ni para disminuir la velocidad de ejecución de las mismas. Esta disposición garantiza que el ritmo de trabajo se mantenga conforme a los plazos establecidos, preservando la continuidad y evitando contratiempos que puedan afectar al desarrollo integral del proyecto.

La imposibilidad de detener o ralentizar las obras debido a demoras en los pagos refleja un compromiso con el cumplimiento del cronograma pactado, protegiendo así la inversión y los intereses del propietario. Esta normativa busca evitar excusas que puedan justificar la alteración del ritmo de trabajo y asegurar que el contratista cumpla con sus obligaciones de acuerdo a los términos estipulados en el contrato, sin interrupciones que comprometan la entrega de las obras.

En este contexto, el contratista debe gestionar de manera eficiente sus recursos financieros y operativos para poder continuar con la obra sin interrupciones, incluso si se presentaran retrasos en los pagos. La previsión y la gestión adecuada de los recursos son fundamentales para mantener el ritmo de ejecución y cumplir con los plazos de entrega establecidos.

De esta manera, la normativa fomenta la estabilidad y continuidad del proyecto, dejando claro que cualquier eventualidad relacionada con la demora de los pagos debe resolverse a través de los procedimientos correspondientes y no puede utilizarse como motivo para detener o reducir la actividad en la obra.

5.8 Indemnización por retraso de los pagos.

El contratista tiene derecho a una indemnización en caso de que el propietario incurra en retrasos no justificados en el pago de las obras. Esta indemnización tiene como objetivo compensar los perjuicios materiales que pueda sufrir el contratista debido a dichas demoras. Los pagos fuera de los plazos acordados pueden impactar negativamente en la capacidad del contratista para gestionar los recursos necesarios para la obra, lo que podría traducirse en dificultades operativas y financieras.

La cuantía de la indemnización se determina en función de los daños materiales ocasionados al contratista por la falta de cumplimiento en los plazos de pago establecidos en el contrato. Esta medida busca proteger la viabilidad económica del contratista y asegurar que los retrasos ajenos no comprometan el desarrollo continuo y eficiente de la obra.

Para proceder con el reclamo de indemnización, es necesario que el contratista documente de manera adecuada los perjuicios sufridos a causa del retraso en los pagos, aportando pruebas que respalden la magnitud de los daños materiales. La resolución de estos reclamos se realiza conforme a las condiciones establecidas en el pliego y a las normativas aplicables, garantizando que se cumpla con el debido proceso y que se salvaguarden los derechos de ambas partes.

En resumen, esta cláusula actúa como un mecanismo de equilibrio para asegurar que el contratista reciba una compensación justa en caso de que las demoras en los pagos afecten el normal desarrollo del proyecto, permitiendo así una gestión más estable y previsible de las obras.

5.9 Indemnización por daños de causa mayor al contratista.

El contratista no tiene derecho a solicitar indemnización por pérdidas, daños o perjuicios sufridos en la obra, salvo en los casos que se consideran de fuerza mayor. Este enfoque tiene como finalidad establecer una línea clara entre los eventos comunes y aquellos extraordinarios que podrían justificar una compensación por parte del propietario.

Se entiende como fuerza mayor a aquellos eventos imprevisibles y fuera del control del contratista que, incluso con todas las medidas de precaución adoptadas, no pueden evitarse. Los casos que se reconocen como fuerza mayor incluyen:

- **Incendios causados por fenómenos atmosféricos**, como descargas eléctricas.

- **Daños ocasionados por terremotos o maremotos**, que son eventos de carácter sísmico imprevisible.
- **Destrucción por vientos huracanados, mareas o crecidas de ríos**, siempre que estos fenómenos superen las previsiones normales del país y se

demuestre que el contratista tomó todas las medidas razonables para evitar o reducir los daños.

- **Movimientos del terreno** en el que se construye la obra, si estos resultan en daños significativos y no previsibles.

- **Actos de violencia durante conflictos bélicos, movimientos sediciosos o robos tumultuosos** que causen daños en la obra.

Es fundamental que el contratista, en estos casos de fuerza mayor, demuestre que se han implementado todas las acciones posibles para mitigar el impacto de dichos eventos. La indemnización que pudiera recibir dependerá de la verificación de la situación y de la evaluación por parte del ingeniero director, quien determinará la magnitud de los daños y la aplicabilidad de la compensación.

Este procedimiento garantiza que la responsabilidad del propietario y la protección del contratista estén limitadas a circunstancias que realmente escapan al control de las partes implicadas. La inclusión de esta cláusula en el contrato refuerza un marco de equidad, asegurando que solo en situaciones excepcionales y demostradas se otorgue una compensación por daños que resulten de causas mayores.

5.10 Mejoras y aumento de la obra.

Las mejoras y ampliaciones en la obra solo se permiten si el Director Técnico las ordena de forma escrita. Esta medida busca asegurar que cualquier modificación en el alcance original del proyecto esté debidamente autorizada y justificada. Las mejoras incluyen el uso de materiales y dispositivos de mayor calidad a los especificados en el contrato o la introducción de ajustes beneficiosos en la construcción.

En ausencia de autorización escrita, las mejoras realizadas por el contratista, aunque sean consideradas ventajosas, no son reconocidas ni se remuneran. Esta disposición protege al propietario de costos inesperados y asegura que las modificaciones en la obra se realicen solo cuando exista un acuerdo formal entre ambas partes.

El aumento en la obra, entendido como la ampliación del alcance de las unidades contratadas, tampoco es permitido a menos que el Director Técnico lo apruebe por escrito. Esto incluye ajustes en las mediciones que se realicen durante el desarrollo del proyecto. Si bien no se aceptan incrementos que no estén previamente aprobados, en casos donde se produzcan errores de medición durante la ejecución del proyecto, el Director Técnico puede autorizar un aumento si lo considera necesario y justificable.

Esta política busca mantener la transparencia y la precisión en la ejecución de las obras, evitando cambios no autorizados y preservando la coherencia con el presupuesto y los planes originales. Además, refuerza la importancia de la comunicación y la validación previa entre el contratista y el Director Técnico para cualquier modificación en el proyecto.

En definitiva, esta cláusula establece un proceso controlado y documentado para la incorporación de mejoras y aumentos en la obra, garantizando que todas las partes involucradas tengan claridad sobre las implicaciones técnicas y económicas de dichos cambios.

5.11 Seguro de los trabajadores.

El contratista está obligado a asegurar a los trabajadores involucrados en la ejecución de la obra durante todo el período que dure el proyecto, hasta la recepción definitiva. La póliza de seguro debe cubrir el valor total de los trabajos y garantizar protección frente a cualquier accidente que pueda ocurrir en el transcurso de la obra. El monto asegurado debe reflejar de manera continua el valor actualizado de la obra, de forma que se cubran adecuadamente los riesgos asociados.

En caso de siniestro, el pago realizado por la aseguradora se ingresa a favor del propietario, quien lo utilizará para financiar la reconstrucción o reparación de los trabajos dañados, permitiendo que la obra continúe sin interrupciones. El reembolso de los montos utilizados en estas circunstancias se realiza al contratista mediante certificaciones, siguiendo el mismo proceso que se aplica a los demás trabajos de la obra.

Es importante que el contratista informe al propietario sobre los términos y condiciones de la póliza de seguro antes de contratarla. De esta manera, el propietario puede expresar su conformidad o señalar reparos respecto a los términos de la cobertura. Esta medida garantiza que la póliza cumpla con los estándares de seguridad y protección necesarios para la correcta ejecución del proyecto.

El incumplimiento de la obligación de asegurar a los trabajadores y la obra se considera una falta grave que puede dar lugar a la rescisión del contrato. En este caso, el contratista debe devolver la fianza, cubrir los costos pendientes relacionados con materiales y trabajos, e indemnizar por los daños y perjuicios derivados del accidente. La indemnización pagada por la aseguradora se calcula en proporción al valor de los daños, y la evaluación de los mismos queda a cargo del ingeniero director.

Este apartado establece un marco de seguridad y responsabilidad, asegurando que los riesgos inherentes al proceso de construcción estén adecuadamente cubiertos y que tanto el contratista como el propietario estén protegidos frente a imprevistos que puedan afectar el desarrollo de la obra.

5.12 Conservación de la obra.

El contratista tiene la obligación de asegurar la correcta conservación de la obra durante el período de garantía, desde la recepción provisional hasta la definitiva. Esta responsabilidad incluye la realización de todas las acciones necesarias para mantener la integridad de la construcción y asegurar que la misma se encuentre en buen estado, especialmente en caso de que el propietario no haya ocupado aún el edificio o instalación.

Si el contratista no cumple con la conservación adecuada de la obra, el Director Técnico tiene la potestad de tomar las medidas necesarias para garantizar la limpieza y la preservación del proyecto, y el costo de dichas medidas será cargado al contratista. Estas acciones pueden incluir la contratación de servicios de limpieza o la implementación de medidas de mantenimiento específicas, siempre buscando mantener la obra en las mejores condiciones posibles hasta que finalice el período de garantía.

Una vez que el plazo de garantía ha concluido y la obra ha sido aceptada de forma definitiva, el contratista debe dejar el lugar completamente limpio y desocupado, en un plazo establecido por el Director Técnico. No se permite que queden en la obra equipos, herramientas o materiales que no sean esenciales para la limpieza final y la entrega formal de la construcción.

En el caso de que el edificio se ocupe durante el período de garantía, la obligación del contratista de revisar y mantener la obra en buen estado persiste. Esto implica que se realicen inspecciones periódicas y se sigan las indicaciones del Director Técnico para la conservación de la obra. Además, el contratista debe asignar a su propio costo a un vigilante de obras que actúe de acuerdo con las instrucciones recibidas, asegurando una supervisión constante durante este tiempo.

Esta normativa tiene como fin garantizar que el proyecto se mantenga en óptimas condiciones hasta que el propietario asuma completamente su control y se asegure de que cualquier defecto o necesidad de mantenimiento sea abordada de manera oportuna y conforme a las pautas establecidas en el pliego de condiciones.

5.13 Uso del edificio o bienes del propietario por el contratista.

Durante la ejecución de la obra, el contratista puede hacer uso de edificios, materiales o equipos que pertenezcan al propietario, pero siempre debe contar con la autorización previa y expresa de este último. Esta autorización asegura que el contratista emplee estos recursos de manera controlada y con el conocimiento pleno del propietario sobre el uso y las implicaciones de dicho acceso.

El contratista asume la obligación de mantener en buen estado todos los bienes utilizados y devolverlos al propietario en las mismas condiciones en que fueron entregados al término del contrato. Cualquier desgaste, daño o deterioro causado a los bienes por el uso indebido o falta de mantenimiento durante el tiempo de la obra debe ser reparado por el contratista, quien también se compromete a reponer los elementos que queden inutilizables. Este compromiso no concede al contratista derecho a compensación por mejoras o reposiciones realizadas.

Si, al finalizar el contrato, el contratista no cumple con la obligación de restituir los bienes del propietario en condiciones adecuadas, el propietario puede proceder a realizar las reparaciones o reposiciones necesarias. El costo de estas acciones se cargará al contratista y, en su caso, se descontará de la fianza. Esta medida busca proteger los intereses del propietario y asegurar que sus activos se mantengan en condiciones óptimas tras la finalización de la obra.

Este apartado enfatiza la importancia de la responsabilidad del contratista en el manejo de los recursos ajenos durante la ejecución de un proyecto. Garantiza que el uso de los bienes del propietario se realice de forma cuidadosa y que cualquier consecuencia derivada de dicho uso sea asumida por el contratista, evitando así perjuicios para el propietario al concluir el contrato.

6. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.

6.1 Jurisdicción.

Para cualquier cuestión, litigio o discrepancia que surja durante o después de la ejecución de las obras, las partes acuerdan someterse a la resolución de un tribunal de árbitros, compuesto en igual número por representantes de ambas partes y presidido por el Ingeniero Director de la obra. En última instancia, si fuera necesario, se acudiría a los Tribunales de Justicia en la localidad donde se encuentra la propiedad, renunciando expresamente al fuero domiciliario de las partes. Esta disposición establece un marco claro para la resolución de conflictos y asegura que las disputas se gestionen de manera imparcial y bajo las regulaciones legales pertinentes.

El contratista debe ejecutar las obras conforme a los términos y condiciones establecidos en el contrato y en los documentos del proyecto, teniendo presente que la memoria del proyecto no se considera un documento contractual vinculante. Además, se compromete a respetar la legislación aplicable en materia de contratos de trabajo, accidentes laborales, subsidios familiares y seguridad social.

6.2 Accidentes de trabajo y daño a terceros.

El contratista es responsable de cumplir con todas las disposiciones legales vigentes en materia de prevención de accidentes laborales y de asegurar la protección de los trabajadores durante la ejecución de la obra. Cualquier accidente o daño que ocurra en el transcurso de las actividades de construcción es responsabilidad exclusiva del contratista, quien debe asumir todas las obligaciones derivadas de estas situaciones. Esta cláusula libera al propietario de cualquier responsabilidad por incumplimientos en la seguridad laboral por parte del contratista.

El contratista debe implementar todas las medidas de seguridad obligatorias para proteger a los trabajadores en las áreas de trabajo peligrosas. Se entiende que los precios acordados en el contrato ya incluyen los costos relacionados con la implementación de estas medidas de seguridad. La falta de cumplimiento con estas normativas hace que el contratista sea el único responsable por los

accidentes o daños que puedan ocurrir, y deberá demostrar que cumple con los requisitos legales cuando se le requiera.

6.3 Pagos de arbitrios.

Los pagos de impuestos y tasas generales o específicas que deban abonarse durante la ejecución de la obra, ya sean de carácter municipal o no, quedan a cargo del contratista, salvo que se indique lo contrario en las condiciones del proyecto. Estos pagos pueden incluir arbitrios relacionados con elementos como vallas, alumbrado y otros conceptos inherentes al desarrollo de la obra. No obstante, si el Ingeniero Director considera justo un reembolso por algún pago, este se abonará al contratista tras su aprobación.

6.4 Causas de recisión de contrato.

El contrato puede rescindirse en ciertas circunstancias específicas, entre las cuales se incluyen la incapacidad o muerte del contratista y su declaración de quiebra. En estos casos, el propietario tiene la opción de aceptar o rechazar la oferta de los herederos o representantes legales del contratista para continuar con la obra bajo las condiciones estipuladas en el contrato. Si el propietario decide no aceptar esta opción, la rescisión se realizará sin derecho a indemnización alguna para los sucesores.

Este apartado garantiza que el desarrollo de la obra se gestione de forma ordenada y dentro de un marco legal bien definido, protegiendo tanto al propietario como al contratista y asegurando que los derechos y responsabilidades de ambas partes estén claramente establecidos en caso de situaciones imprevistas que puedan afectar la continuidad del proyecto.

DOCUMENTO IV. PRESUPUESTO

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza

ÍNDICE DEL DOCUMENTO IV.

1. INTRODUCCIÓN. 2

2. PRESUPUESTO DE ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS. 3

3. PRESUPUESTO DE ÁREAS OPERATIVAS. 6

3. PRESUPUESTO DEL MOBILIARIO. 9

5. PRESUPUESTO DE CARPINTERÍA. 11

6. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO. 12

1. INTRODUCCIÓN.

Este Documento IV: Presupuesto forma parte del proyecto de diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada con una capacidad productiva de 80.000 litros anuales, ubicada en una nave industrial ya construida en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid). El propósito de este presupuesto es detallar los costos necesarios para la implementación de los equipos, sistemas y mobiliario esenciales para la operatividad y funcionalidad de la microcervecería.

El presupuesto se estructura en las siguientes secciones:

- **Presupuesto de Adquisición de los Equipos**: Detalla los costos de adquisición de los equipos de proceso y producción necesarios para la elaboración de la cerveza.

- **Presupuesto de Áreas Operativas**: Incluye los costos específicos de la instalación eléctrica y los sistemas de automatización, fundamentales para el funcionamiento continuo y automatizado de la planta.

- **Presupuesto de Mobiliario**: Recoge los costos de adquisición del mobiliario necesario para las áreas de oficina, recepción y demás espacios de trabajo.

- **Presupuesto de Carpintería**: Se refiere a los elementos de carpintería necesarios para la adecuación y funcionalidad de las instalaciones.

- **Recapitulación y Presupuesto Total del Proyecto**: Ofrece una visión general de los costos totales del proyecto, proporcionando una perspectiva completa de la inversión requerida.

Este presupuesto ha sido elaborado con el objetivo de garantizar la viabilidad económica del proyecto y facilitar la planificación y asignación de recursos financieros. Además, se han considerado las normativas locales y nacionales aplicables, asegurando el cumplimiento de los estándares técnicos, de seguridad y de sostenibilidad.

2. PRESUPUESTO DE ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS.

En esta sección se presenta una estimación detallada de los costos de adquisición de todos los equipos necesarios para el proceso productivo y el control de calidad de la microcervecería, con una capacidad anual de 80.000 litros. Este presupuesto abarca el equipamiento para cada etapa del proceso de producción, asegurando que se cumplan los requisitos de calidad, eficiencia y automatización especificados para la planta.

Este desglose de inversión en maquinaria y equipamiento ofrece una planificación precisa de los recursos financieros necesarios, permitiendo una ejecución eficiente del proyecto y garantizando una producción que cumpla con los más altos estándares de calidad y seguridad.

Código	Designación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
CAPÍTULO 01. MAQUINARIA Y EQUIPOS				
SUBCAPÍTULO 01.01 EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO				
01.01.01	Tanque 1.200 L - Letina ZT-1200	1 ud	4.500,00	4.500,00
01.01.02	Molino 6 rodillos - Czech Mini Breweries / MMR-600	1 ud	3.200,00	3.200,00
01.01.03	Sala de cocción - Slowbeer Plus 2000HL	1 ud	88.000,00	88.000,00
01.01.04	Intercambiador de calor - Plate Heat Exchanger, modelo PHE 1000	1 ud	4.600,00	4.600,00
01.01.05	Fermentador - Slowbeer Atmosférico Termoaislado	4 ud	7.000,00	28.000,00
01.01.06	Tanque 1.000 L - Slowbeer Madurador Horizontal PED	13 ud	4.000,00	52.000,00
01.01.07	Filtro de placas P-Series	1 ud	400,00	400,00
01.01.08	Llenadora - enjuagadora - Comac Microbrew Canning Line	1 ud	18.000,00	18.000,00
01.01.09	Cinta transportadora - FlexLink X65 Conveyor System	14,5 m	500,00	7.250,00
01.01.10	Pasteurizador - Comac Flash Pasteruizer	1 ud	35.000,00	35.000,00
01.01.11	Etiquetadora - LabelOn™ Modular Labeler	1 ud	10.000,00	10.000,00

Código	Designación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
01.01.12	Empaquetadora - OCME Vega Wrap Around	1 ud	12.000,00	12.000,00
01.01.13	Robot paletizador - Fanuc M-410iB/160	1 ud	30.000,00	30.000,00
01.01.14	Retractiladora - Robopac Rotoplat 3000 HD	1 ud	5.500,00	5.500,00
01.01.15	Depósitos 500 L - Biotanks Depósito PRFV	2 ud	1.200,00	2.400,00
			SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 01.01	**300.850,00 €**
SUBCAPÍTULO 01.02 MATERIAL AUXILIAR DEL PROCESO PRODUCTIVO				
01.02.01	Campana de flujo	1 ud	800,00	800,00
01.02.02	Muelle de descarga - Loading Systems	1 ud	4.000,00	4.000,00
01.02.03	Carro elevador - Toyota BT Staxio SWE120L	1 ud	3.000,00	3.000,00
01.02.04	Transpaleta manual - Jungheinrich AM 22	1 ud	500,00	500,00
01.02.05	Cámara frigorífica modular de Friocontrol	1 ud	8.000,00	8.000,00
01.02.06	Estantería de 6 palets europeos - Mecalux Selectiva Alta Capacidad	44 ud	300,00	13.200,00
			SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 01.02	**29.500,00 €**
SUBCAPÍTULO 01.03 EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN				
01.03.01	Software SCADA (inVIEW IIoT Platform).	1 ud	7.000,00	7.000,00
01.03.02	PLC / HMI - Unitronics Vision 1040	1 ud	2.500,00	2.500,00
01.03.03	Sensor de temperatura - TSYS01-Family	25 ud	100,00	2.500,00
01.03.04	Sensor de nivel - LDS Series	35 ud	120,00	4.200,00
01.03.05	Sensor de presión - TP HART/SMART	23 ud	150,00	3.450,00
01.03.06	Sensor de flujo - CombiFlow PF75H	7 ud	250,00	1.750,00
01.03.07	Sensor temporizador - B506 Series 1/16 DIN Multifunction LED Timer	22 ud	80,00	1.760,00

Código	Designación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
01.03.08	Sensor contador - LR-X Series Compact Laser Sensor	9 ud	200,00	1.800,00
01.03.09	Sensor óptico de oxígeno disuelto - VisiFerm DO Arc 120 H0	1 ud	1.500,00	1.500,00
01.03.10	Calentador - FXTH Flexible Tank Heater	3 ud	600,00	1.800,00
01.03.11	Bomba de recirculación - Grundfos CR 10	8 ud	1.000,00	8.000,00
01.03.12	Electroválvulas - Alfa Laval Unique Mixproof	86 ud	150,00	12.900,00
			SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 01.03	**49.160,00 €**
			TOTAL CAPÍTULO 01	**379.510,00 €**

El presupuesto de ejecución material (PEM) TOTAL, sin IVA de los equipos del proceso producto, del material auxiliar del proceso productivo y de control de calidad y los equipos de automatización es de **379.510,00 € (TRECIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL QUINIENTOS DIEZ EUROS)**.

3. PRESUPUESTO DE ÁREAS OPERATIVAS.

En esta sección se presenta el presupuesto destinado a las áreas operativas de la microcervecería, que incluye los costos específicos de la instalación eléctrica. Estas áreas son fundamentales para garantizar el funcionamiento seguro, eficiente y continuo de la planta, dado que se trata de una producción automatizada con una capacidad anual de 80.000 litros.

Este desglose permitirá una visión clara de la inversión necesaria en las áreas operativas, permitiendo planificar de forma efectiva los recursos financieros necesarios para asegurar que cada fase del proceso productivo esté respaldada por una infraestructura confiable y moderna.

Código	Designación	Cantidad		Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
CAPÍTULO 02. INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
SUBCAPÍTULO 02.01 CAJA CENTRAL DE PROTECCIÓN Y ACOMETIDA					
02.01.01	Acometida trifásica 4(1x70) mm2 cobre con PVC	10	m	132,54	1.325,40
02.01.02	Cuadro de mando y protección para 8 salidas	1	ud	3.070,40	3.070,40
02.01.03	Toma de tierra independiente con placa de cobre	1	ud	376,62	376,62
02.01.04	Centro de transformación con capacidad de 160 kVA	1	ud	12.000,00	12.000,00
02.01.05	Cuadros eléctricos secundarios	5	ud	1.500,00	7.500,00
		SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 02.01			**24.272,42 €**
SUBCAPÍTULO 02.02 INSTALACIÓN DE FUERZA					
02.02.01	Circuito Monofásico 2x2,5 mm2 cobre con PVC	30,65	m	5,60	171,64
02.02.02	Circuito Monofásico 2x4 mm2 cobre con PVC	27,43	m	8,50	233,16
02.02.03	Circuito Trifásico 3x1,5 mm2 cobre con PVC	205,00	m	6,55	1.342,75
02.02.04	Circuito Trifásico 3x4 mm2 cobre con PVC	50,13	m	9,95	498,79
02.02.05	Circuito Trifásico 3x16 mm2 cobre con PVC	41,68	m	24,81	1.034,08
02.02.06	Circuito Trifásico 3x25 mm2 cobre con PVC	49,00	m	34,90	1.710,10

Código	Designación	Cantidad		Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
02.02.07	Base superficial IP447 32 A 3P+TT	20	ud	72,80	1.456,00
02.02.08	Tomas de corriente (2.500 W)	24	ud	45,00	1.080,00
02.02.09	Tomas de corriente (1.500 W)	16	ud	35,00	560,00
	SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 02.02				**8.086,52 €**
SUBCAPÍTULO 02.03 ILUMINACIÓN					
02.03.01	Luminarias GentleSpace Gen 3 LED (160 W)	24	ud	1.422,78	34.146,72
02.03.02	Luminarias CoreLine Panel G4 LED (29 W)	23	ud	248,43	5.713,89
02.03.03	Punto luz superficien tubo PVC	18	ud	30,00	540,00
02.03.04	Circuito Monofásico 2x1,5 mm2 cobre con PVC	201,98	m	5,60	1.131,09
02.03.05	Circuito Monofásico 2x2,5 mm2 cobre con PVC	64,37	m	5,60	360,47
	SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 02.03				**41.892,17 €**
SUBCAPÍTULO 02.04 APARAMENTA					
02.04.01	Interruptor diferencial instantáneo con sensibilidad de 30 mA	22	ud	65,49	1.440,78
02.04.02	Interruptor diferencial 1 segundo con sensibilidad de 100 mA	1	ud	120,00	120,00
02.04.03	Interruptor automático magnetotérmico curva C, 10 A	3	ud	24,61	73,83
02.04.04	Interruptor automático magnetotérmico curva C, 13 A	1	ud	27,50	27,50
02.04.05	Interruptor automático magnetotérmico curva C, 16 A	1	ud	29,00	29,00
02.04.06	Interruptor automático magnetotérmico curva C, 200 A	1	ud	468,47	468,47
02.04.07	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 10 A	6	ud	16,28	97,68
02.04.08	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 13 A	2	ud	18,50	37,00
02.04.09	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 16 A	1	ud	21,00	21,00
02.04.10	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 17 A	2	ud	22,50	45,00

Código	Designación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
02.04.11	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 22 A	1 ud	25,00	25,00
02.04.12	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 27 A	1 ud	27,50	27,50
02.04.13	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 50 A	1 ud	45,00	45,00
02.04.14	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 70 A	1 ud	65,00	65,00
02.04.15	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 75 A	1 ud	70,00	70,00
02.04.16	Interruptor automático magnetotérmico curva D, 90 A	1 ud	85,00	85,00
			SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 02.04	**2.677,76 €**
			TOTAL CAPÍTULO 03	**76.928,87 €**

El presupuesto de ejecución material (PEM) TOTAL, sin IVA de la instalación eléctrica con la instalación incluida es de **76.928,87 € (SETENTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS VEINTIOCHO EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS)**.

3. PRESUPUESTO DEL MOBILIARIO.

En esta sección se presenta el presupuesto detallado del mobiliario necesario para equipar y acondicionar las diferentes áreas de la microcervecería. Estas áreas incluyen la zona administrativa, el laboratorio, los baños, los vestuarios y el comedor. Contar con un mobiliario adecuado es fundamental para garantizar un entorno de trabajo funcional, cómodo y eficiente que permita optimizar las actividades operativas y administrativas de la planta.

Este desglose de costos permitirá una planificación detallada de la inversión en mobiliario, asegurando que cada área de la microcervecería esté equipada de manera óptima para cumplir con las funciones específicas que se requieren en cada espacio.

Código	Designación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
CAPÍTULO 03. MOBILIARIO				
SUBCAPÍTULO 03.01 MOBILIARIO LABORATORIO Y ÁREA DE LIMPIEZA				
03.01.01	Estantería 1,5 x 0,45 m del área de limpieza	3 ud	150,00	450,00
03.01.02	Mesa de trabajo 2 x 1 m del laboratorio	1 ud	250,00	250,00
03.01.03	Mesa de oficina 2 x 0,8 m del laboratorio	1 ud	200,00	200,00
03.01.04	Campana de flujo	1 ud	800,00	800,00
03.01.05	Silla de oficina	1 ud	75,00	75,00
03.01.06	Ordenador con teclado, ratón y monitor	1 ud	1.000,00	1.000,00
		SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 03.01		**2.775,00 €**
SUBCAPÍTULO 03.02 MOBILIARIO ZONA ADMINISTRATIVA Y COMEDOR				
03.02.01	Mesa de oficina 2 x 0,8 m del laboratorio	3 ud	200,00	600,00
03.02.02	Silla de oficina	5 ud	75,00	375,00
03.02.03	Ordenador con teclado, ratón y monitor	3 ud	1.000,00	3.000,00
03.02.04	Mesa de comedor	2 ud	150,00	300,00

Código	Designación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
03.02.05	Silla de comedor	6 ud	50,00	300,00
03.02.06	Frigorífico	1 ud	500,00	500,00
03.02.07	Microondas	1 ud	100,00	100,00
03.02.08	Fregadero	1 ud	200,00	200,00
		SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 03.01		**5.375,00 €**
SUBCAPÍTULO 03.03 MOBILIARIO VESTUARIOS Y ASEOS				
03.03.01	Sanitario	3 ud	150,00	450,00
03.03.02	Urinario	1 ud	100,00	100,00
03.03.03	Lavabo	2 ud	80,00	160,00
03.03.04	Ducha	2 ud	200,00	400,00
03.03.05	Taquilla	2 ud	150,00	300,00
03.03.06	Banco	2 ud	100,00	200,00
		SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 03.01		**1.610,00 €**
			TOTAL CAPÍTULO 03	**9.760,00 €**

El presupuesto de ejecución material (PEM) TOTAL, sin IVA de la instalación del mobiliario es de **9.760,00 € (NUEVE MIL SETECIENTOS SESENTA EUROS)**.

5. PRESUPUESTO DE CARPINTERÍA.

En esta sección se presenta el presupuesto detallado de los costos de carpintería relacionados con las puertas y ventanas de la microcervecería. Estas estructuras son fundamentales para garantizar la seguridad, accesibilidad y confort de las instalaciones, además de contribuir a la eficiencia energética y la estética general del espacio.

Este desglose permitirá una planificación detallada de la inversión en carpintería, asegurando que tanto las puertas como las ventanas cumplan con los estándares de calidad, seguridad y funcionalidad necesarios para la microcervecería.

Código	Designación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Subtotal (€)
CAPÍTULO 04. CARPINTERÍA				
SUBCAPÍTULO 04.01 PUERTAS Y VENTANAS				
04.01.01	Puerta doble de entrada exterior de 1,9 m de anchura	1 ud	1.000,00	1.000,00
04.01.02	Puerta simple interior entre zonas de 0,8 m de anchura	13 ud	300,00	3.900,00
04.01.03	Ventana simple de 0,6 m de anchura	1 ud	200,00	200,00
04.01.04	Ventana doble de 1,2 metros de anchura	1 ud	500,00	500,00
04.01.05	Puerta industrial entre zonas operativas de 2,4 m de ancho	7 ud	1.450,00	10.150,00
04.01.06	Puerta ducha	1 ud	175,00	175,00
04.01.07	Puerta aseos	3 ud	150,00	450,00
		SUBTOTAL SUPCAPÍTULO 03.01		**16.375,00 €**
		TOTAL CAPÍTULO 03		**16.375,00 €**

El presupuesto de ejecución material (PEM) TOTAL, sin IVA de la instalación de la carpintería es de **16.375,00 € (DIECISEIS MIL TRESCIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS**

6. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO.

CAPÍTULO	RESUMEN	€ EUROS	%
02	INSTALACIÓN ELÉCTRICA….	76.928,87 €	82,45%
04	CARPINTERÍA….	16.375,00 €	17,55%
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)……		**93.303,87 €**	
	13% Gastos generales….	12.129,50 €	
	6,00% Beneficio industrial….	5.598,23 €	
	SUMA DE G.G. Y B.I….	17.727,74 €	
	21,00% I.V.A….	19.593,81 €	
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA DE LAS OBRAS E INSTALACIONES (PEC) con I.V.A.....		**130.625,42 €**	
01	MAQUINARIA Y EQUIPOS….	379.510,00 €	97,49%
03	MOBILIARIO….	9.760,00 €	2,51%
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN ADMINISTRACIÓN (PEA)…….		**389.270,00 €**	
	21,00% I.V.A….	81.746,70 €	
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR ADM. DE LA MAQUINARIA, EQUIPOS Y MATERIAL (PEA) con I.V.A.....		**471.016,70 €**	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL con I.V.A…..		**601.642,12 €**	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SEISCIENTOS UN MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS con DOCE CÉNTIMOS.

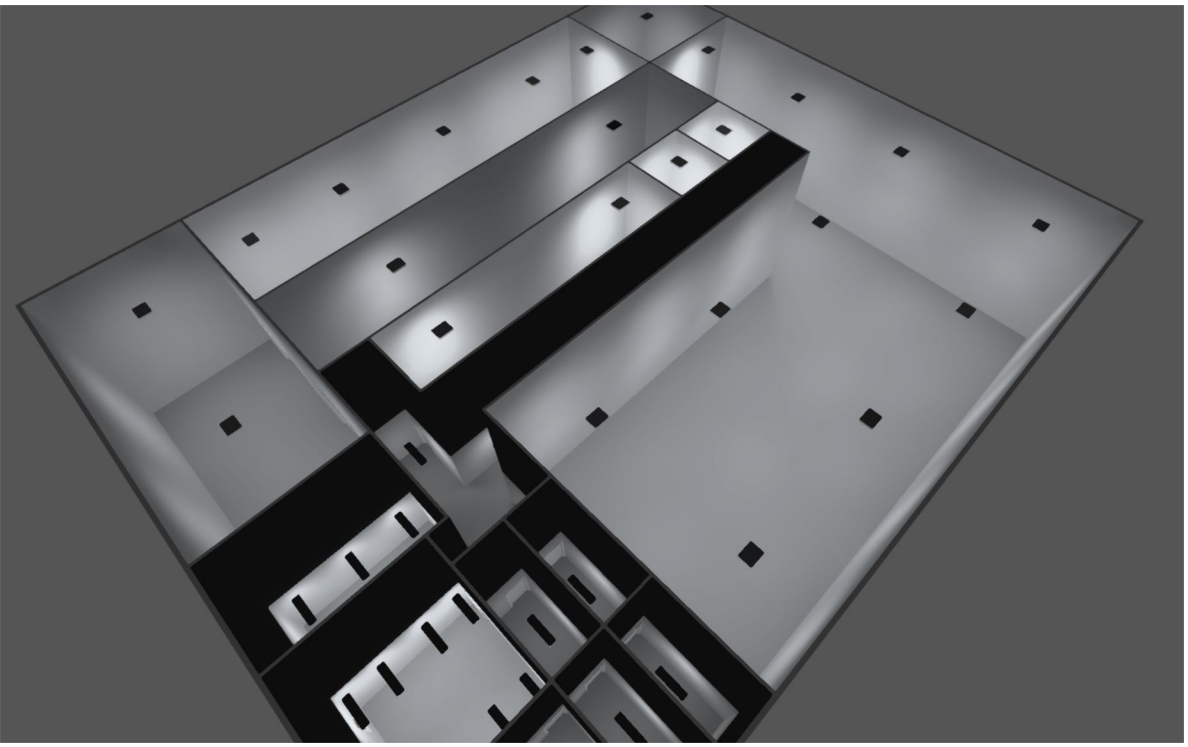
Carlos Manuel de la Peña Espinoza

Las Rozas de Madrid, a 12 de noviembre de 2024.

ANEXO 1 DEL ANEJO 5. INGENIERÍA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Carlos Manuel de la Peña Espinoza



Anexo 1 del Anejo 5. Ingeniería de la instalación eléctrica.

Diseño y dimensionamiento de una microcervecería automatizada de 80.000 L/año, en Las Rozas de Madrid (Comunidad de Madrid).

Created with DIALux

Contenido

Portada 1
Contenido 2
Lista de luminarias 7

Fichas de producto

Philips - BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB (1x) 8
Philips - RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC (1x) 9

Terreno 1 - Edificación 1

Microcerveceria

Lista de locales / Escena de luz 1 10
Lista de luminarias 17
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 18

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Área de limpieza

Resumen / Escena de luz 1 21
Plano de situación de luminarias 23
Lista de luminarias 25
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 26
Plano útil (Área de limpieza) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 28

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Aseos femeninos

Resumen / Escena de luz 1 29
Plano de situación de luminarias 31
Lista de luminarias 33
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 34
Plano útil (Aseos femeninos) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 36

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Aseos masculinos

Resumen / Escena de luz 1 37
Plano de situación de luminarias 39
Lista de luminarias 41

Contenido

Objetos de cálculo / Escena de luz 1 42
Plano útil (Aseos masculinos) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 44

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria
Comedor

Resumen / Escena de luz 1 45
Plano de situación de luminarias 47
Lista de luminarias 49
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 50
Plano útil (Comedor) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 52

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria
Laboratorio

Resumen / Escena de luz 1 53
Plano de situación de luminarias 55
Lista de luminarias 57
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 58
Plano útil (Laboratorio) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 60

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria
Pasillos

Resumen / Escena de luz 1 61
Plano de situación de luminarias 63
Lista de luminarias 65
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 66
Plano útil (Pasillos) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 68

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria
Vestuarios femeninos

Resumen / Escena de luz 1 69
Plano de situación de luminarias 71
Lista de luminarias 73
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 74

Contenido

Plano útil (Vestuarios femeninos) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 76

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Vestuarios masculinos

Resumen / Escena de luz 1 77
Plano de situación de luminarias 79
Lista de luminarias 81
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 82
Plano útil (Vestuarios masculinos) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 84

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona administrativa

Resumen / Escena de luz 1 85
Plano de situación de luminarias 87
Lista de luminarias 89
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 90
Plano útil (Zona administrativa) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 92

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona de almacenamiento

Resumen / Escena de luz 1 93
Plano de situación de luminarias 95
Lista de luminarias 97
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 98
Plano útil (Zona de almacenamiento) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 100

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona de envasado

Resumen / Escena de luz 1 101
Plano de situación de luminarias 103
Lista de luminarias 105
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 106
Plano útil (Zona de envasado) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 108

Contenido

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona de maduración

Resumen / Escena de luz 1 109
Plano de situación de luminarias 111
Lista de luminarias 113
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 114
Plano útil (Zona de maduración) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 116

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona de molienda

Resumen / Escena de luz 1 117
Plano de situación de luminarias 119
Lista de luminarias 121
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 122
Plano útil (Zona de molienda) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 124

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona de procesado del mosto

Resumen / Escena de luz 1 125
Plano de situación de luminarias 127
Lista de luminarias 129
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 130
Plano útil (Zona de procesado del mosto) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 132

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona de recepción/ expedición

Resumen / Escena de luz 1 133
Plano de situación de luminarias 135
Lista de luminarias 137
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 138
Plano útil (Zona de recepción/ expedición) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 140

DIALux

Contenido

Terreno 1 - Edificación 1 - Microcerveceria

Zona de tratamiento del agua

Resumen / Escena de luz 1 141
Plano de situación de luminarias 143
Lista de luminarias 145
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 146
Plano útil (Zona de tratamiento del agua) / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) 148

Lista de luminarias

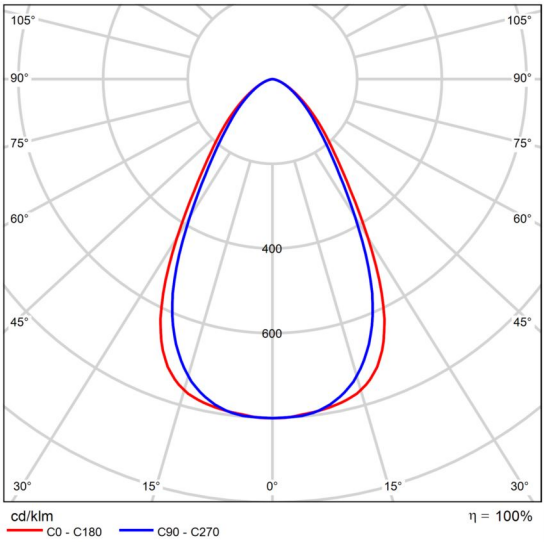
Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
645072 lm	4594.0 W	140.4 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
24	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W
26	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Ficha de producto

Philips - BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

P	160.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	23000 lm
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm
η	99.91 %
Rendimiento lumínico	143.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



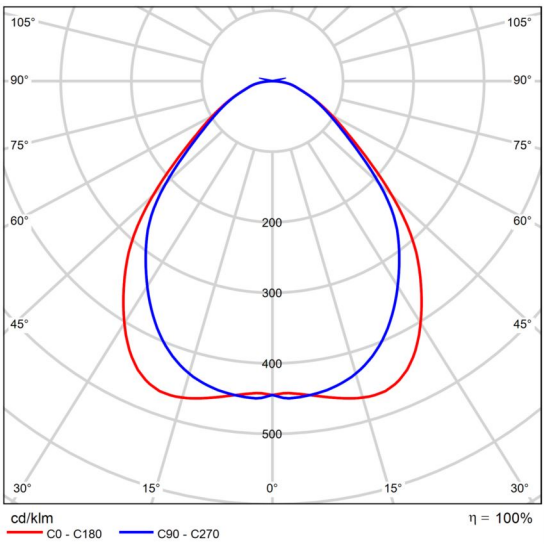
CDL polar

Adaptable high-bay lighting offering high efficiency and connectivity options to lighting systems and software applications. With the third generation of the GentleSpace high-bay luminaire, we continue to bring innovations to the market by offering adaptable high bay lighting solutions for high ceiling and industrial applications. GentleSpace gen3 offers a wide variety of options in terms of optics and beam angles (from very narrow to wide), a choice of mounting possibilities and cover materials and a variety of lumen packages. This means that GentleSpace gen3 can easily help you create a tailor-made and ideal lighting solution for almost any high ceiling and/or industrial application. It can also support changes in application requirements (such as layout changes) thanks to its flexible optical system, which can be easily adjusted even after installation. In addition, GentleSpace gen3 also provides the option of advanced connectivity and is ready to be connected to IoT-based system and software applications such as Interact Industry. Overall, whether you are looking for a reliable “fit & forget” solution or one that can be adapted and controlled after installation, GentleSpace gen3 is the ideal solution for your application.

Ficha de producto

Philips - RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

P	29.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	3600 lm
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	124.1 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

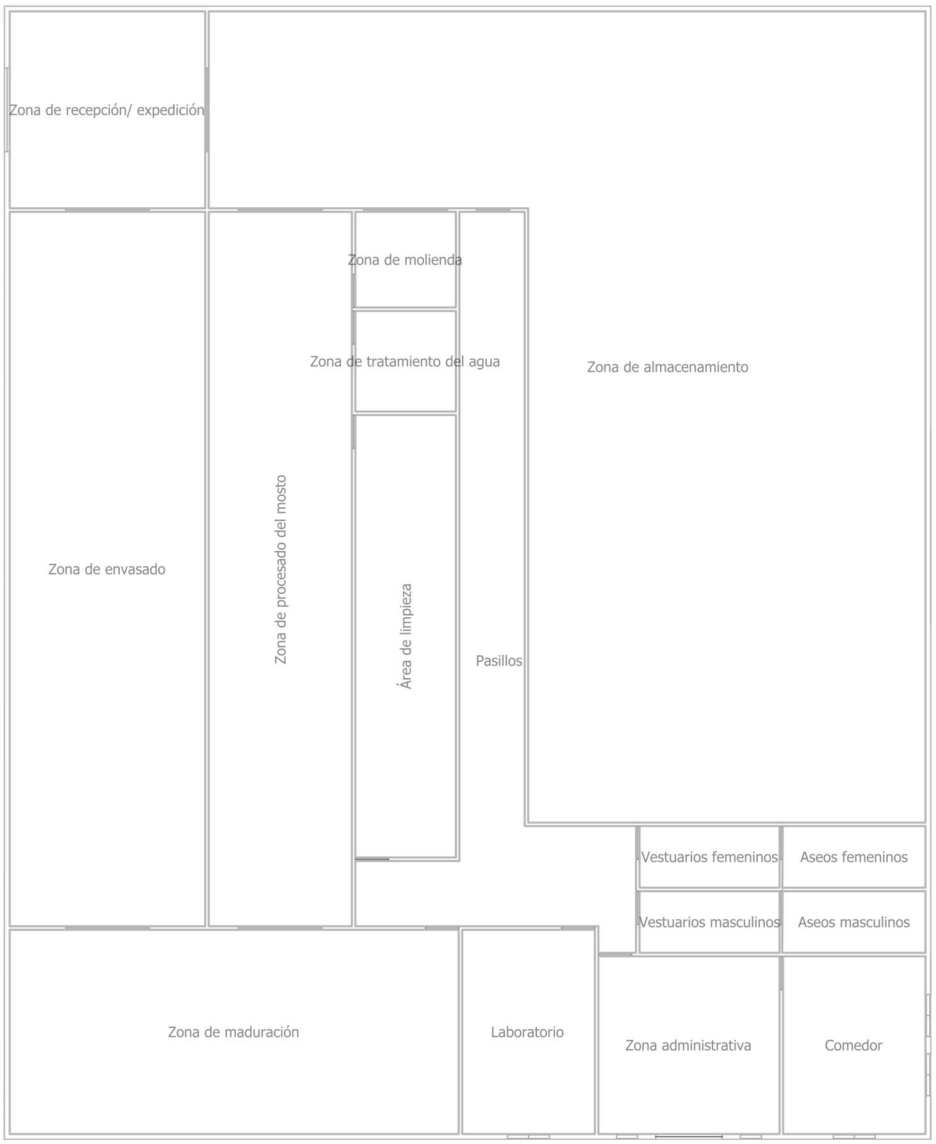


CDL polar

For every project where light really matters, innovative and easy to install CoreLine Panel Generation 4 delivers on the CoreLine promise of innovative, easy-to-use and high-quality LED lighting panels. This range of LED solutions is ready to directly replace functional luminaires in general lighting applications. CoreLine LED Panels' multi-color and lumen packages offer an innovative way to switch with two colors of white light and four lumen options - all in one LED panel fixture. And thanks to a new connector, installation of these RC123V LED panels is also quick and easy.

Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Lista de locales



Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Lista de locales

Área de limpieza

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
320.0 W	36.49 m²	8.77 W/m² = 2.50 W/m²/100 lx (Área)	351 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Aseos femeninos

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
29.0 W	7.23 m²	4.01 W/m² = 1.82 W/m²/100 lx (Área)	220 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Aseos masculinos

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
29.0 W	7.23 m²	4.01 W/m² = 1.82 W/m²/100 lx (Área)	221 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Lista de locales

Comedor

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
58.0 W	20.77 m²	2.79 W/m² = 1.29 W/m²/100 lx (Área)	216 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
2	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Laboratorio

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
174.0 W	22.23 m²	7.83 W/m² = 1.41 W/m²/100 lx (Área)	554 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
6	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Pasillos

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
174.0 W	53.81 m²	3.23 W/m² = 1.95 W/m²/100 lx (Área)	165 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
6	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Lista de locales

Vestuarios femeninos

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
29.0 W	7.08 m²	4.10 W/m² = 1.81 W/m²/100 lx (Área)	227 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Vestuarios masculinos

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
29.0 W	7.08 m²	4.10 W/m² = 1.82 W/m²/100 lx (Área)	226 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Zona administrativa

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
232.0 W	26.42 m²	8.78 W/m² = 1.47 W/m²/100 lx (Área)	599 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
8	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm

Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Lista de locales

Zona de almacenamiento

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
1600.0 W	315.96 m²	5.06 W/m² = 1.09 W/m²/100 lx (Área)	466 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
10	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Zona de envasado

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
800.0 W	114.58 m²	6.98 W/m² = 1.33 W/m²/100 lx (Área)	524 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
5	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Zona de maduración

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
320.0 W	75.23 m²	4.25 W/m² = 1.31 W/m²/100 lx (Área)	324 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Lista de locales

Zona de molienda

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
160.0 W	7.89 m²	20.28 W/m² = 4.68 W/m²/100 lx (Área)	433 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Zona de procesado del mosto

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
320.0 W	83.89 m²	3.81 W/m² = 1.55 W/m²/100 lx (Área)	246 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Zona de recepción/ expedición

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
160.0 W	31.58 m²	5.07 W/m² = 1.87 W/m²/100 lx (Área)	271 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Lista de locales

Zona de tratamiento del agua

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
160.0 W	8.29 m²	19.29 W/m² = 4.52 W/m²/100 lx (Área)	427 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm

Edificación 1 · Microcerveceria

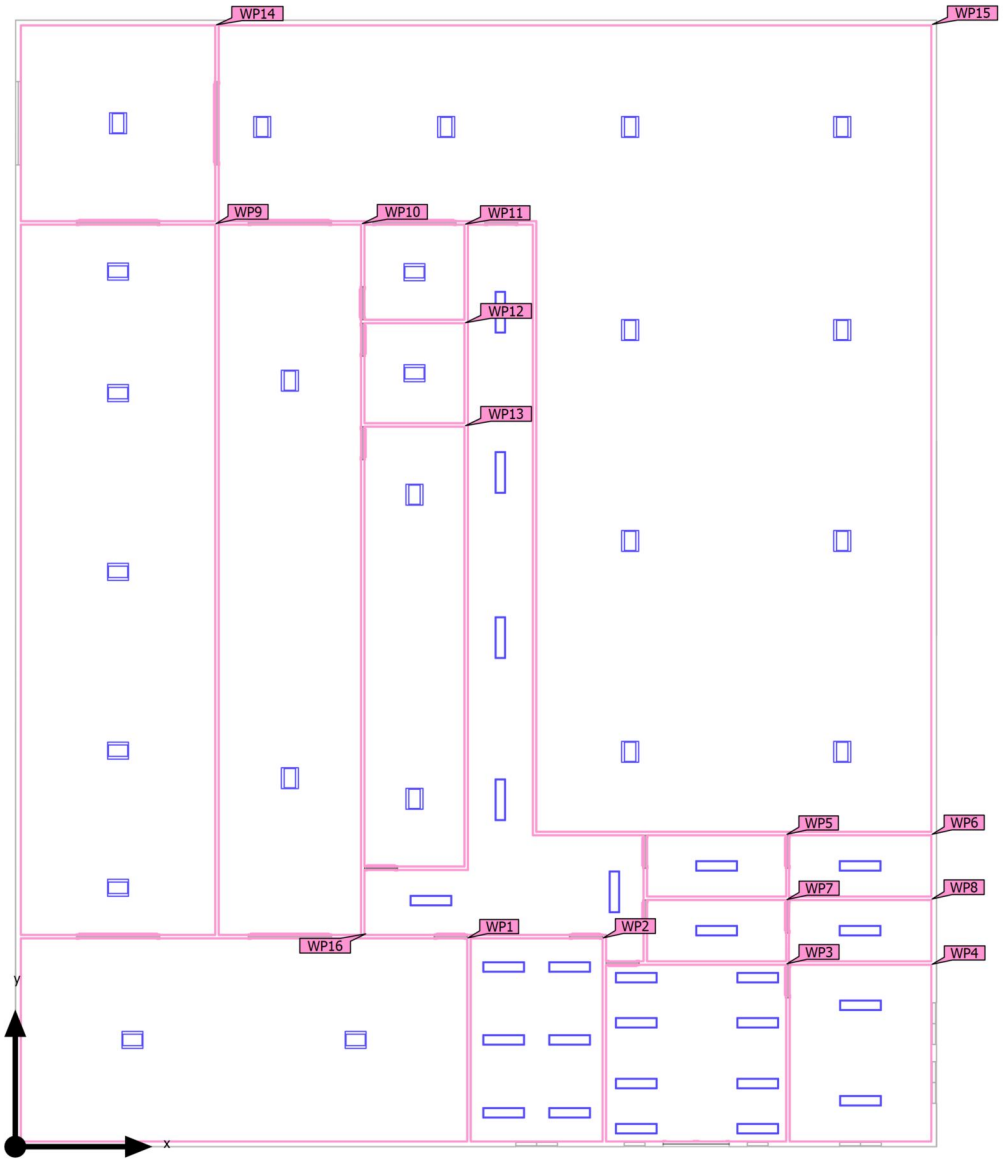
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
645072 lm	4594.0 W	140.4 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
24	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W
26	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de maduración) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	324 lx (≥ 200 lx) ✓	166 lx	406 lx	0.51 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP1
Plano útil (Laboratorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	554 lx (≥ 500 lx) ✓	339 lx	667 lx	0.61 (≥ 0.60) ✓	0.51	WP2
Plano útil (Zona administrativa) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	599 lx (≥ 500 lx) ✓	394 lx	724 lx	0.66 (≥ 0.60) ✓	0.54	WP3
Plano útil (Comedor) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	216 lx (≥ 200 lx) ✓	87.0 lx	334 lx	0.40 (≥ 0.40) ✓	0.26	WP4
Plano útil (Vestuarios femeninos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	227 lx (≥ 200 lx) ✓	104 lx	335 lx	0.46 (≥ 0.40) ✓	0.31	WP5
Plano útil (Aseos femeninos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	220 lx (≥ 200 lx) ✓	100.0 lx	331 lx	0.45 (≥ 0.40) ✓	0.30	WP6
Plano útil (Vestuarios masculinos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	226 lx (≥ 200 lx) ✓	99.6 lx	335 lx	0.44 (≥ 0.40) ✓	0.30	WP7
Plano útil (Aseos masculinos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	221 lx (≥ 200 lx) ✓	91.9 lx	332 lx	0.42 (≥ 0.40) ✓	0.28	WP8
Plano útil (Zona de envasado) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	524 lx (≥ 500 lx) ✓	332 lx	685 lx	0.63 (≥ 0.60) ✓	0.48	WP9
Plano útil (Zona de procesado del mosto) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	246 lx (≥ 200 lx) ✓	101 lx	383 lx	0.41 (≥ 0.40) ✓	0.26	WP10
Plano útil (Zona de molienda) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	433 lx (≥ 300 lx) ✓	393 lx	453 lx	0.91 (≥ 0.60) ✓	0.87	WP11

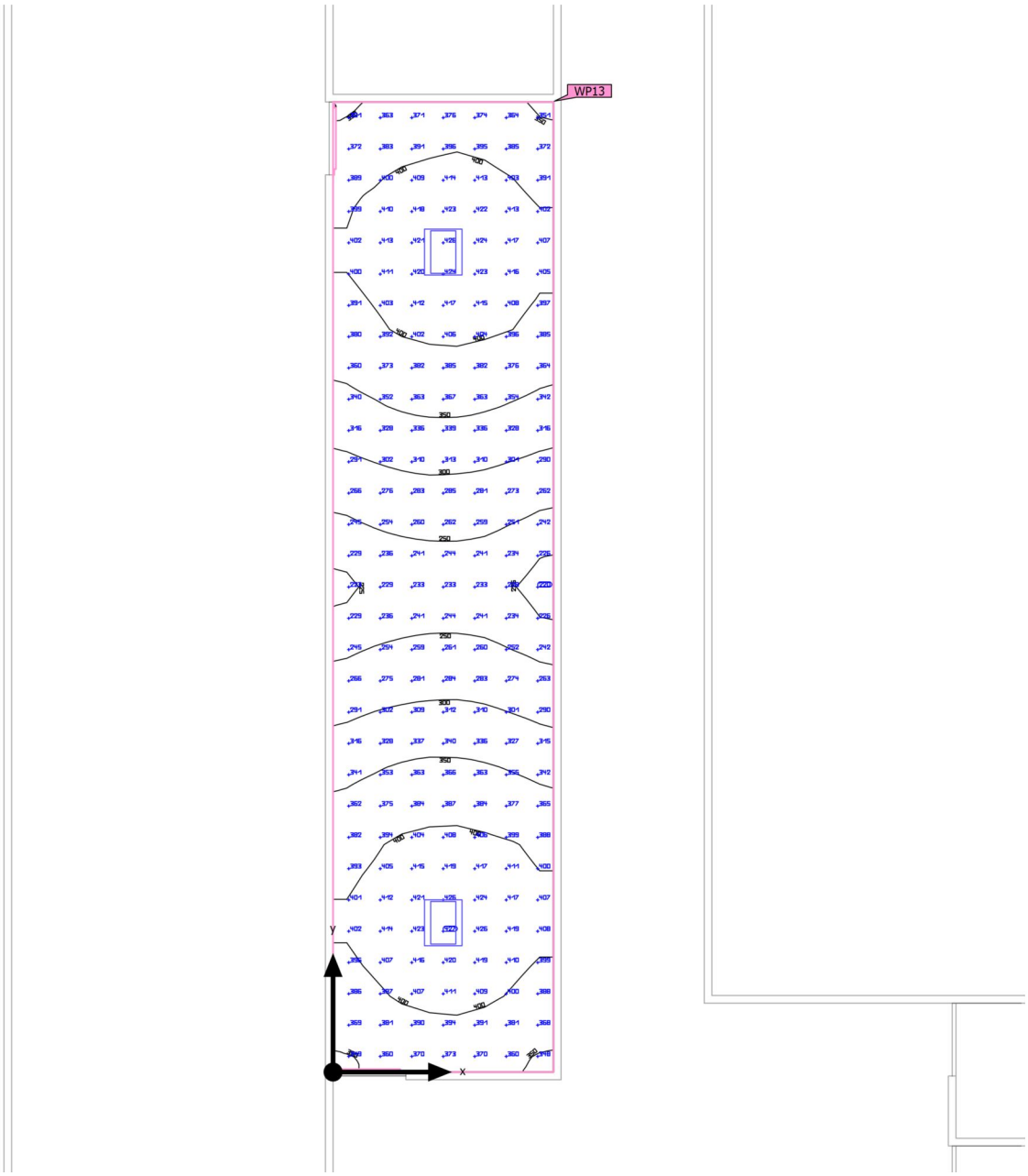
Edificación 1 · Microcerveceria (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

Plano útil (Zona de tratamiento del agua) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	427 lx (≥ 200 lx) ✓	349 lx	455 lx	0.82 (≥ 0.40) ✓	0.77	WP12
Plano útil (Área de limpieza) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	351 lx (≥ 200 lx) ✓	219 lx	426 lx	0.62 (≥ 0.40) ✓	0.51	WP13
Plano útil (Zona de recepción/ expedición) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	271 lx (≥ 200 lx) ✓	188 lx	322 lx	0.69 (≥ 0.40) ✓	0.58	WP14
Plano útil (Zona de almacenamiento) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	466 lx (≥ 75.0 lx) ✓	242 lx	588 lx	0.52 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP15
Plano útil (Pasillos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	165 lx (≥ 100 lx) ✓	80.7 lx	206 lx	0.49 (≥ 0.40) ✓	0.39	WP16

Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza (Escena de luz 1)

Resumen



Base	36.49 m²	Altura interior del local	7.800 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	7.800 m
		Altura Plano útil	0.850 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	351 lx	≥ 200 lx	✓	WP13
	U_o (g_1)	0.62	≥ 0.40	✓	WP13
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG,max}$	21	≤ 25	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	720 kWh/a	máx. 1300 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	8.77 W/m²	–		
		2.50 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 2.880 m x 12.670 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

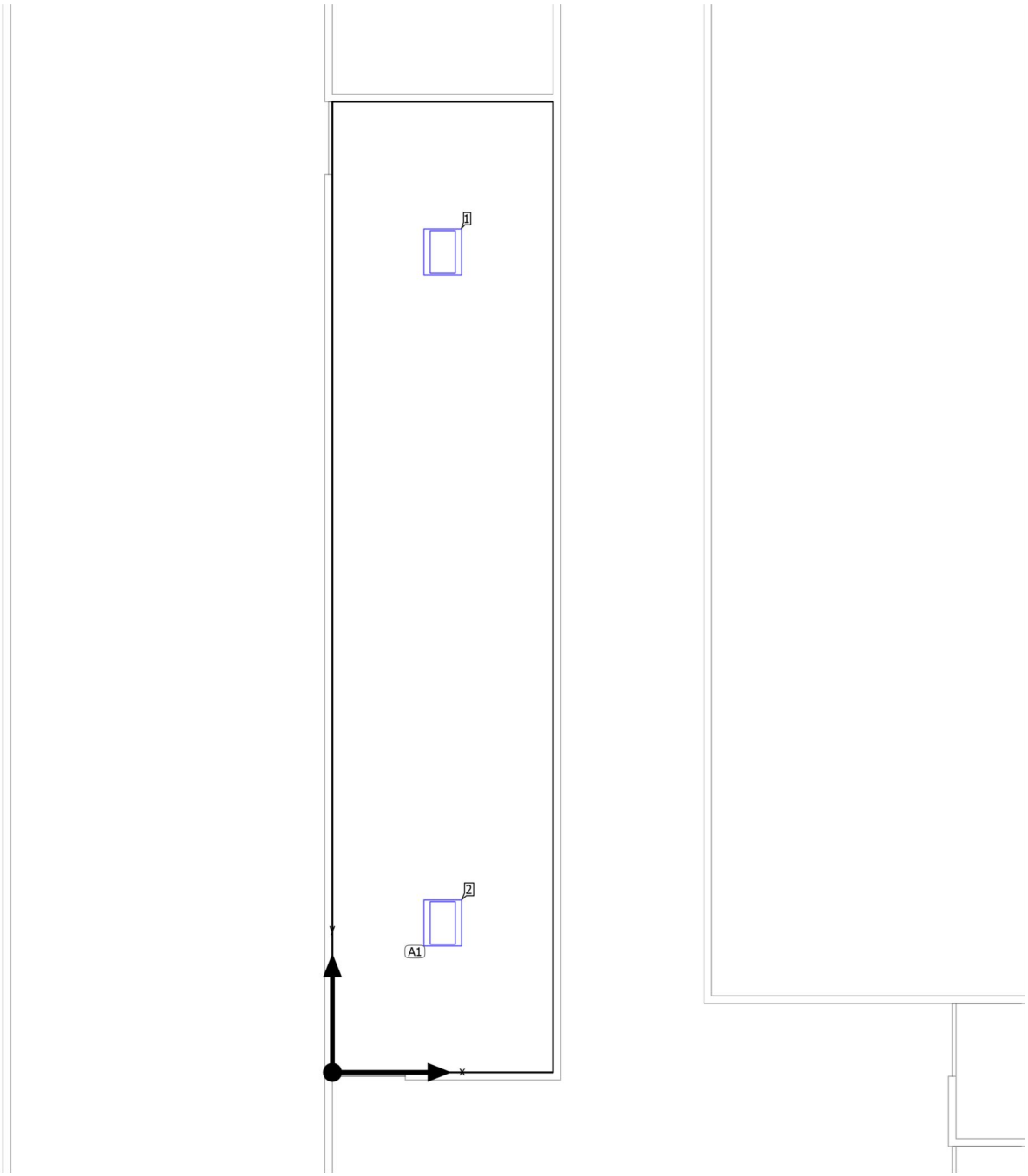
Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	21	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

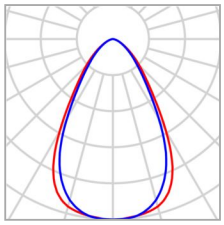
Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips	P	160.0 W
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm
Lámpara	1x		

2 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.440 m / 1.950 m / 7.800 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.440 m	10.710 m	7.800 m	1
1.440 m	1.950 m	7.800 m	2

Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza

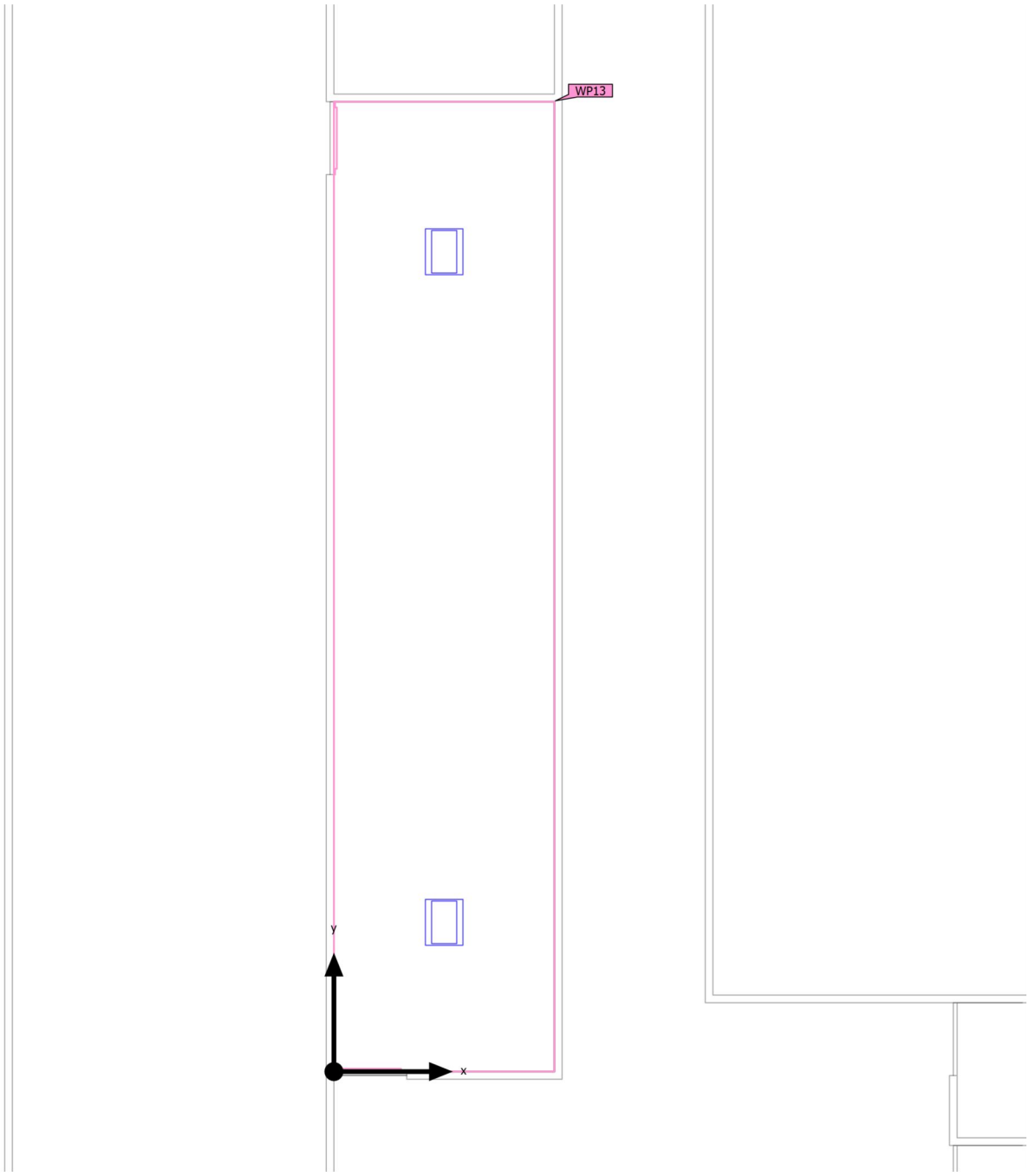
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
45956 lm	320.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

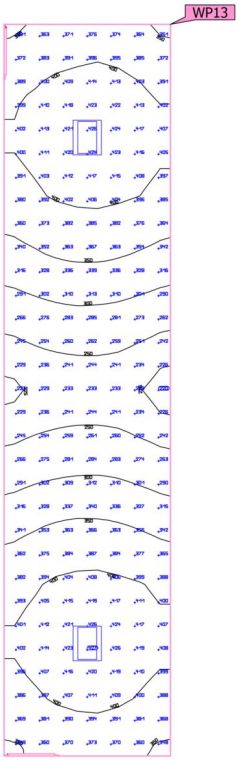
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Área de limpieza) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	351 lx (≥ 200 lx) ✓	219 lx	426 lx	0.62 (≥ 0.40) ✓	0.51	WP13

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Edificación 1 · Microcerveceria · Área de limpieza (Escena de luz 1)

Plano útil (Área de limpieza)

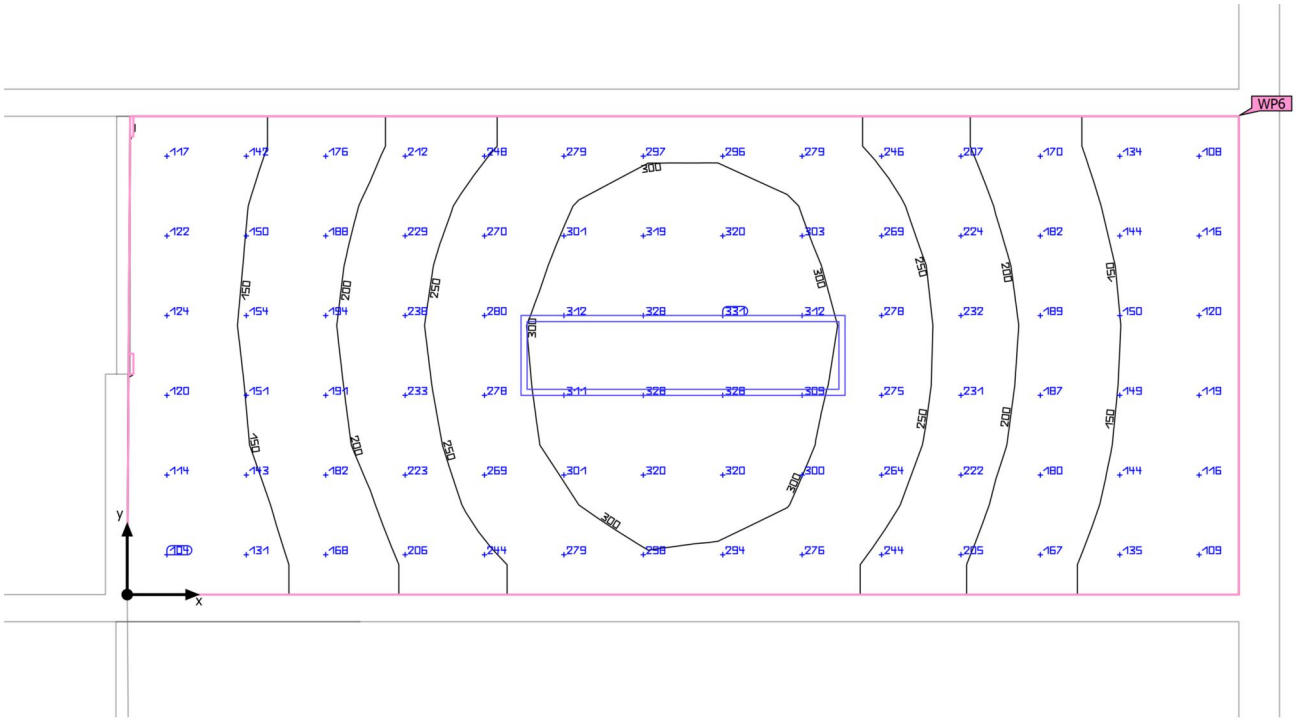


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Área de limpieza) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	351 lx (≥ 200 lx) ✓	219 lx	426 lx	0.62 (≥ 0.40) ✓	0.51	WP13

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos (Escena de luz 1)

Resumen



Base	7.23 m²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	3.011 m
		Altura Plano útil	0.850 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	220 lx	≥ 200 lx	✓	WP6
	U_o (g_1)	0.45	≥ 0.40	✓	WP6
Evaluación del deslumbramiento[1]	$R_{UG, max}$	16	≤ 25	✓	
Valores de consumo[2]	Consumo	23.9 kWh/a	máx. 300 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	4.01 W/m²	–		
		1.82 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 1.765 m x 4.100 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

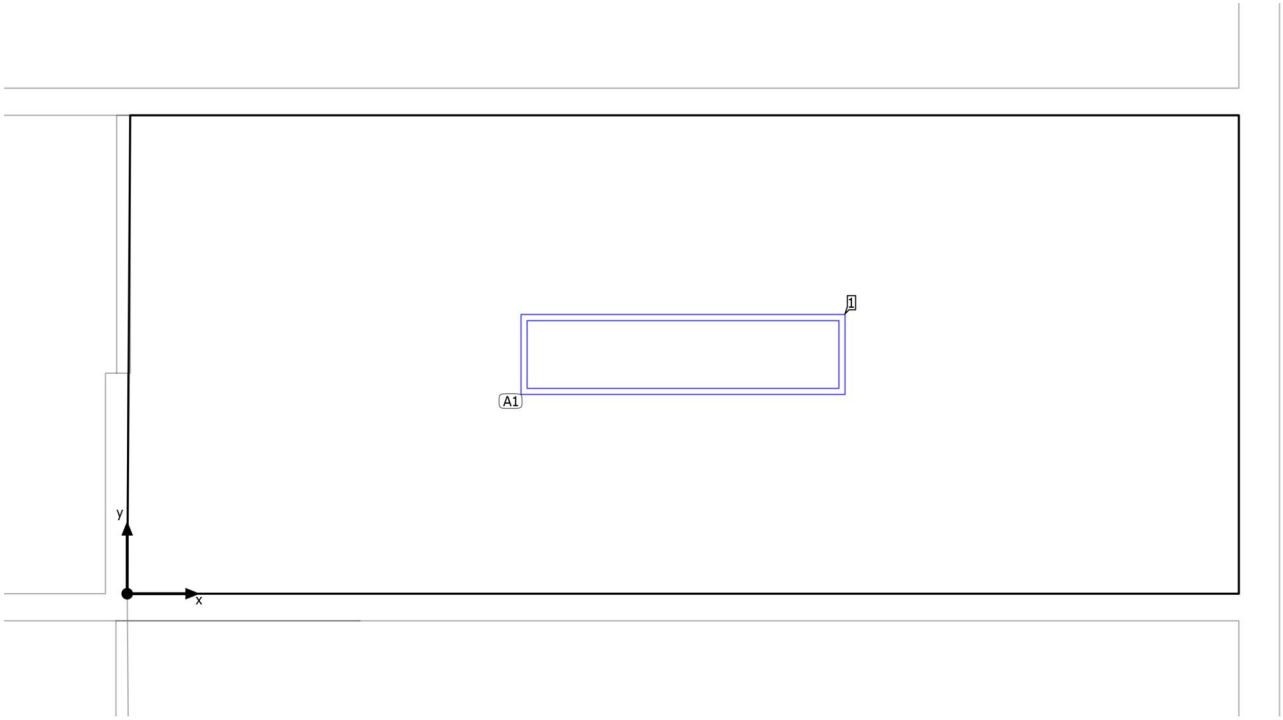
Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	16	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

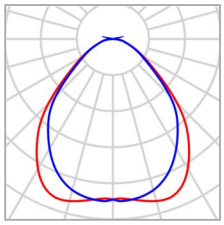
Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC
Lámpara	1x

P	29.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm

1 x Philips RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.050 m / 0.883 m / 3.011 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 4.100 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 1.765 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.050 m	0.883 m	3.011 m	1

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos

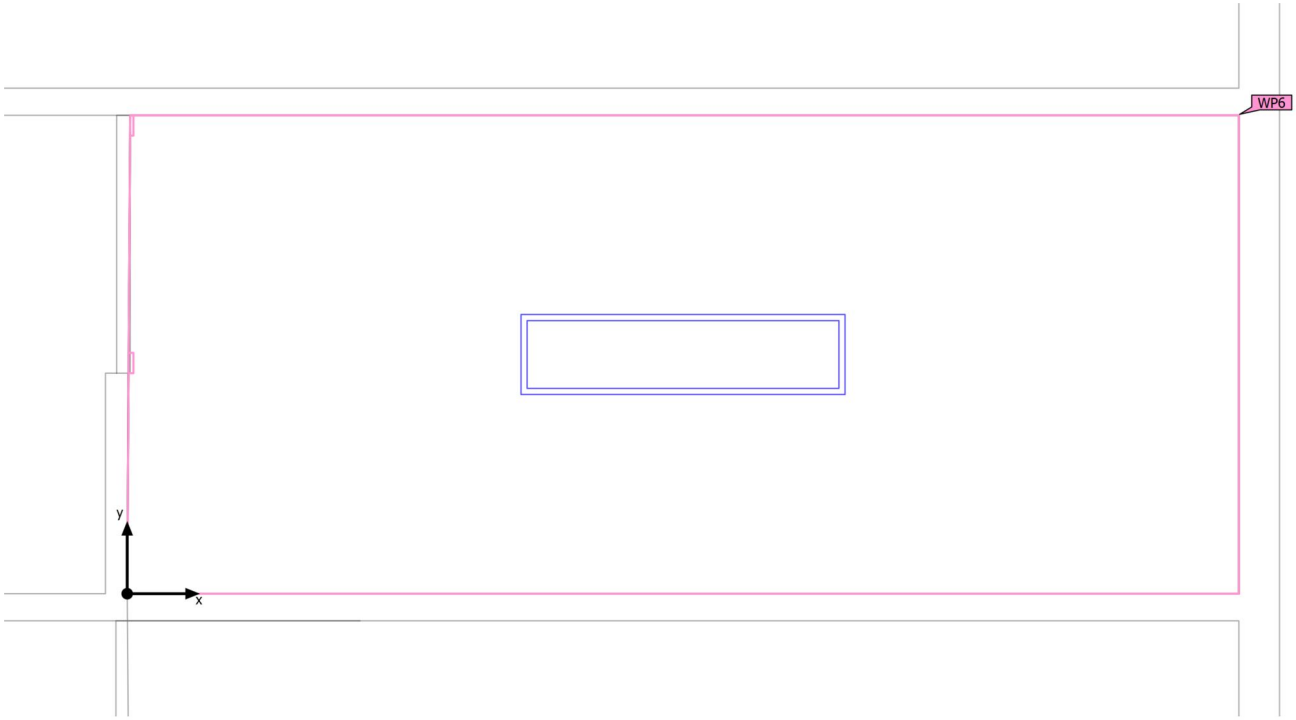
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
3600 lm	29.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

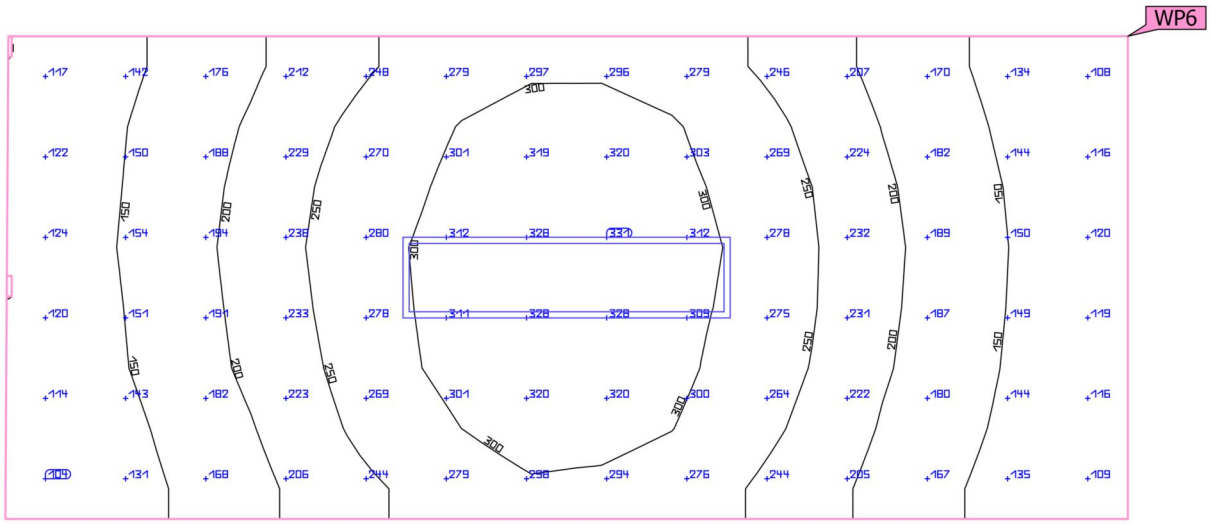
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Aseos femeninos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	220 lx (≥ 200 lx) ✓	100.0 lx	331 lx	0.45 (≥ 0.40) ✓	0.30	WP6

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos femeninos (Escena de luz 1)

Plano útil (Aseos femeninos)

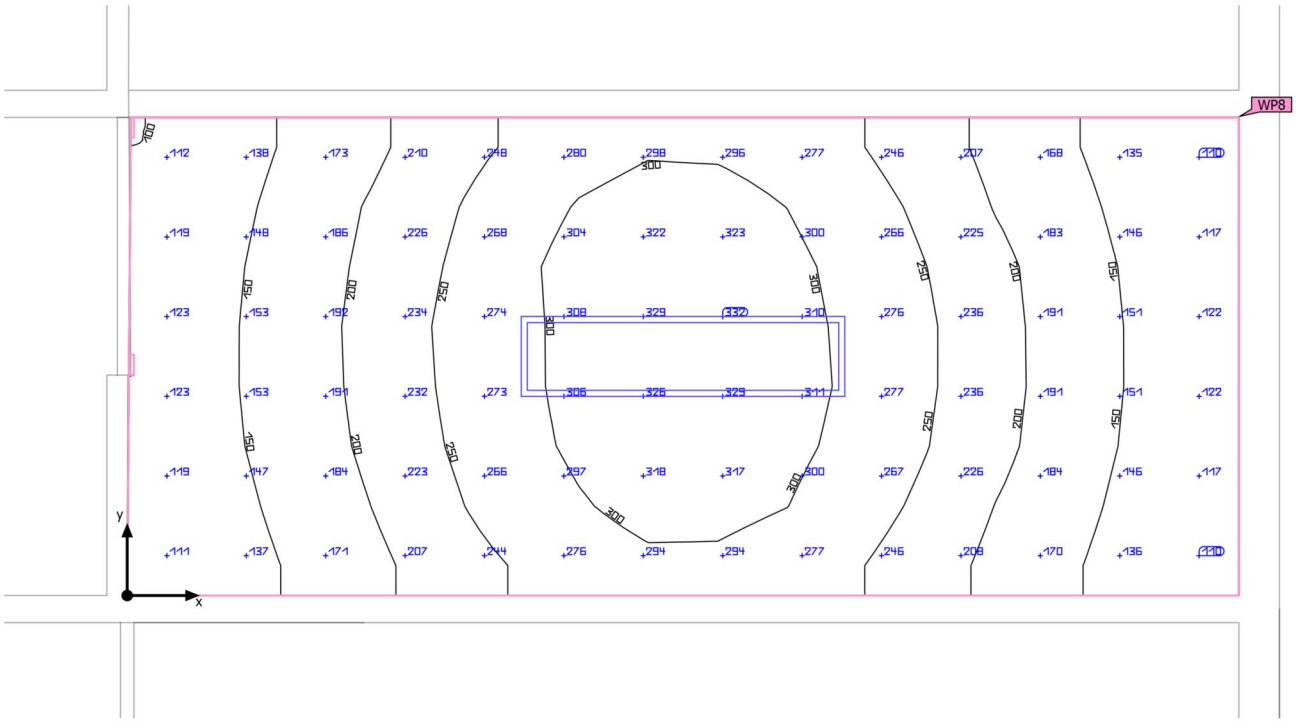


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Aseos femeninos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	220 lx (≥ 200 lx) ✓	100.0 lx	331 lx	0.45 (≥ 0.40) ✓	0.30	WP6

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos (Escena de luz 1)

Resumen



Base	7.23 m²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

Altura interior del local	3.000 m
Altura de montaje	3.011 m
Altura Plano útil	0.850 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	221 lx	≥ 200 lx	✓	WP8
	U_o (g_1)	0.42	≥ 0.40	✓	WP8
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG, max}$	16	≤ 25	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	23.9 kWh/a	máx. 300 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	4.01 W/m²	–		
		1.82 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 4.105 m x 1.765 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

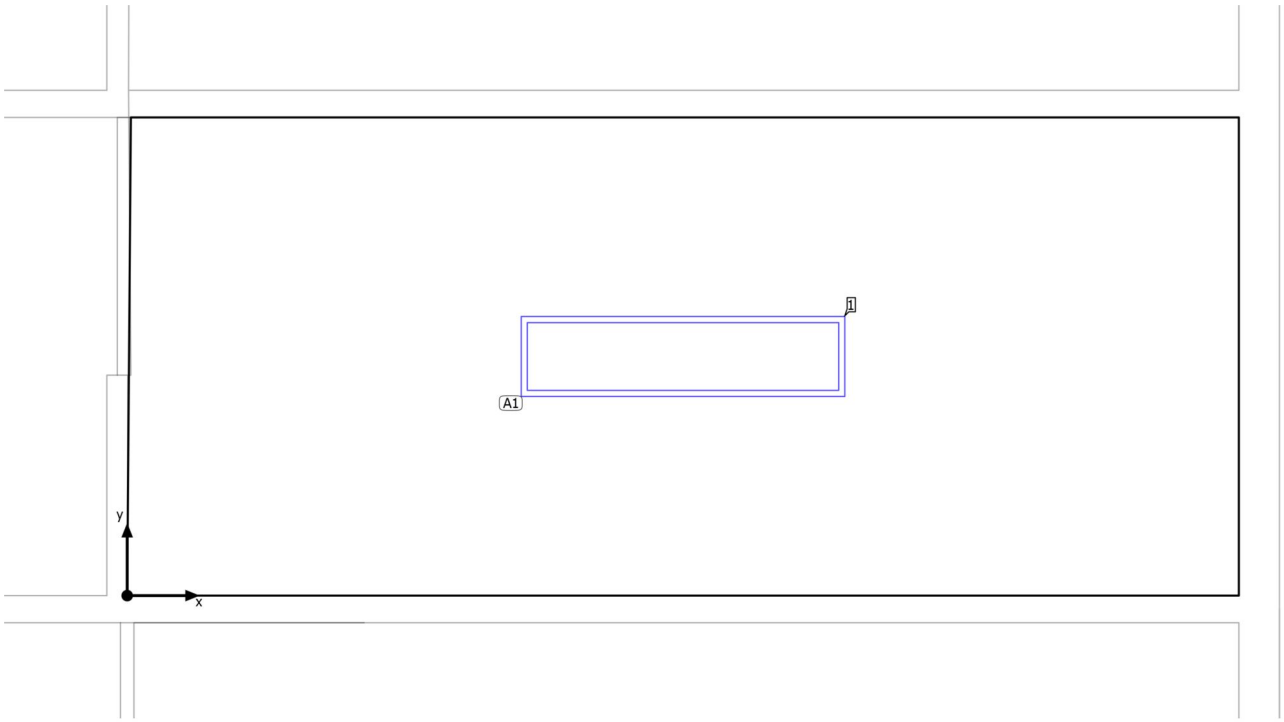
Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	16	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

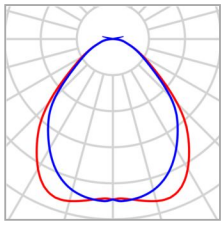
Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC
Lámpara	1x

P	29.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm

1 x Philips RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.052 m / 0.882 m / 3.011 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 4.105 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 1.765 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.052 m	0.882 m	3.011 m	1

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos

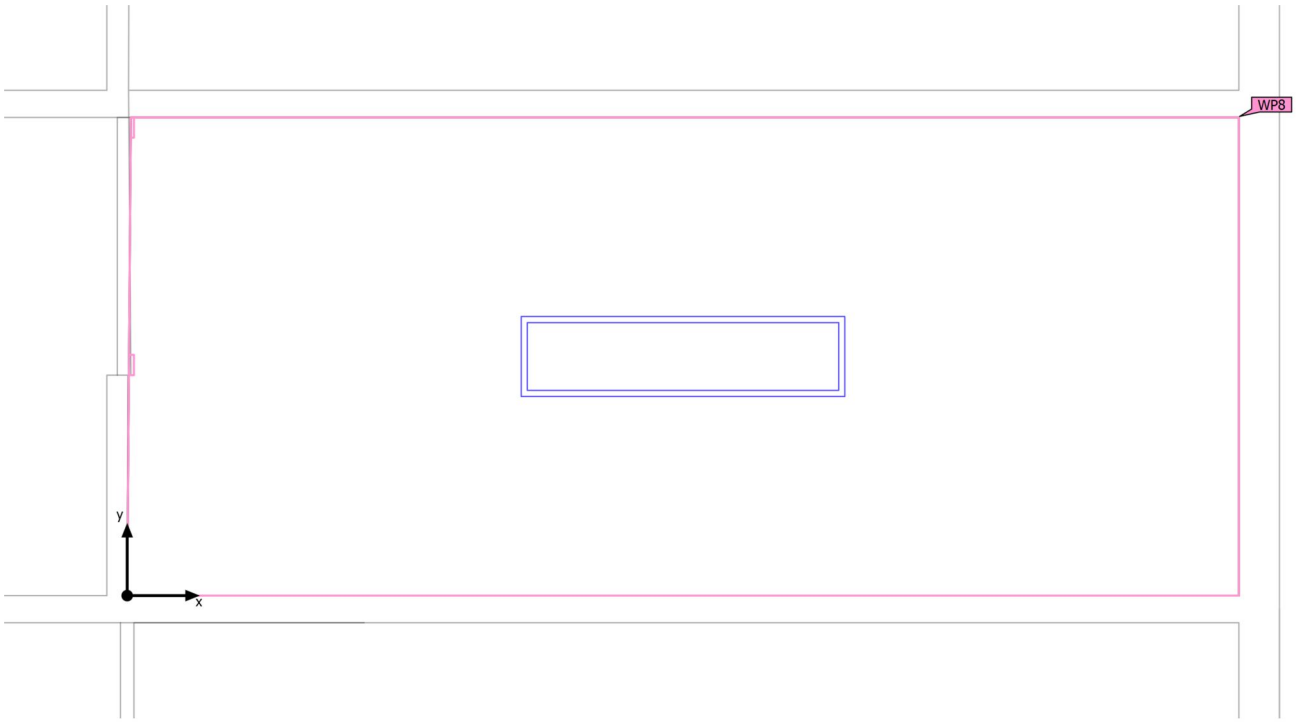
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
3600 lm	29.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

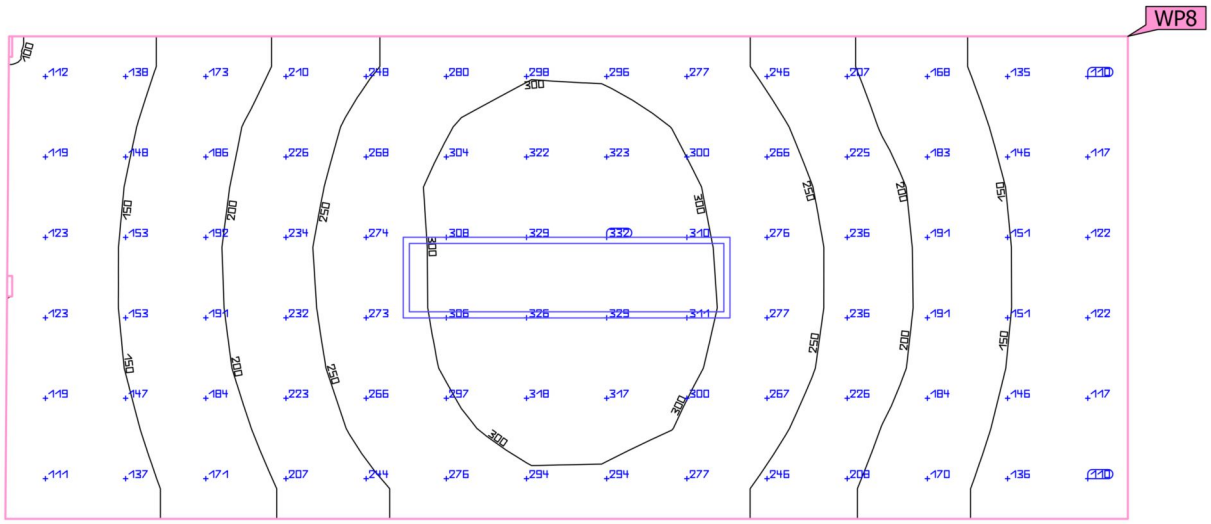
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Aseos masculinos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	221 lx (≥ 200 lx) ✓	91.9 lx	332 lx	0.42 (≥ 0.40) ✓	0.28	WP8

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Aseos masculinos (Escena de luz 1)

Plano útil (Aseos masculinos)

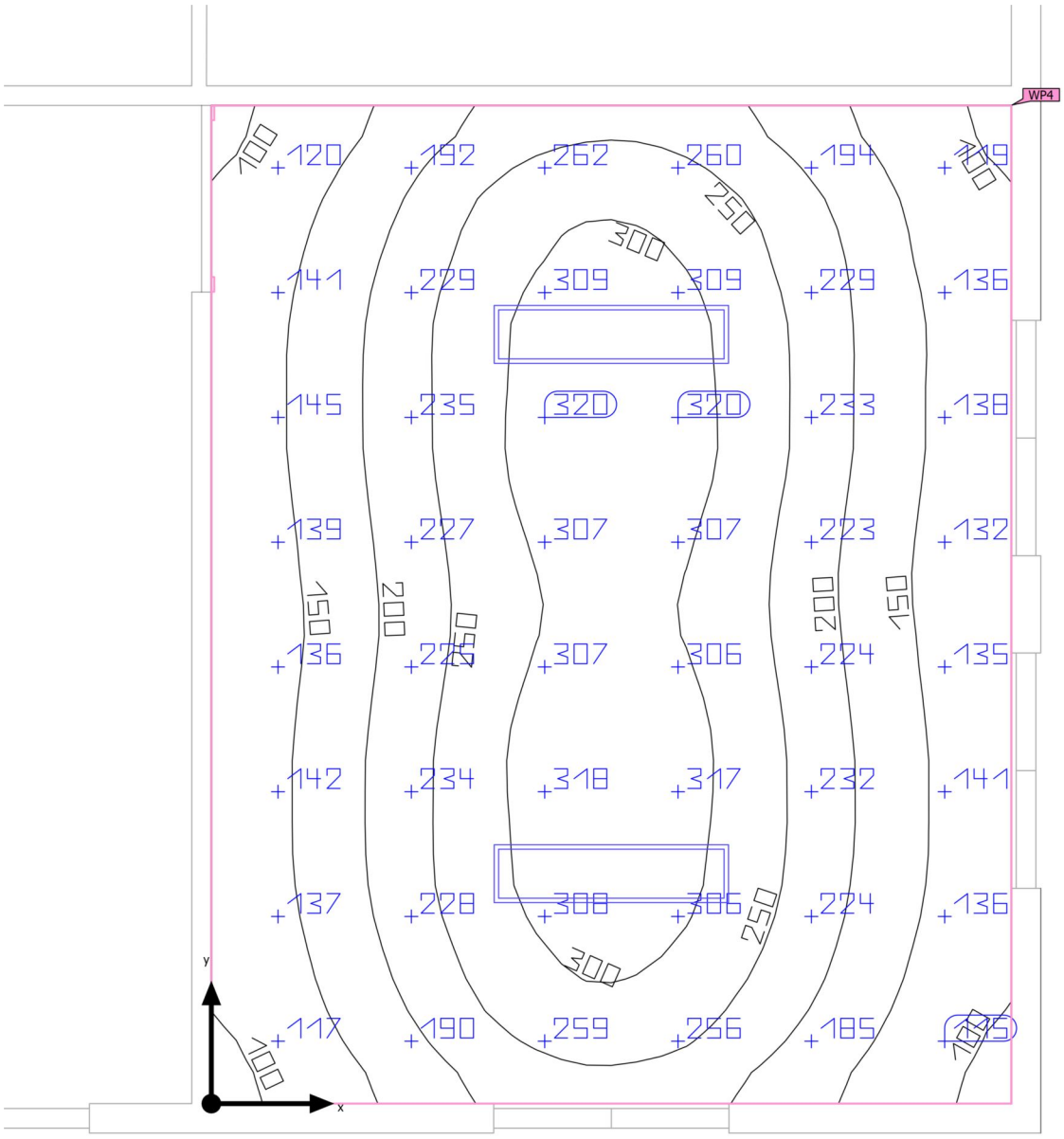


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Aseos masculinos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	221 lx (≥ 200 lx) ✓	91.9 lx	332 lx	0.42 (≥ 0.40) ✓	0.28	WP8

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor (Escena de luz 1)

Resumen



Base	20.77 m²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	3.011 m
		Altura Plano útil	0.850 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	216 lx	≥ 200 lx	✓	WP4
	U_o (g_1)	0.40	≥ 0.40	✓	WP4
Evaluación del deslumbramiento[1]	$R_{UG, max}$	17	≤ 22	✓	
Valores de consumo[2]	Consumo	[119 - 158] kWh/a	máx. 750 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	2.79 W/m²	–		
		1.29 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 4.080 m x 5.090 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

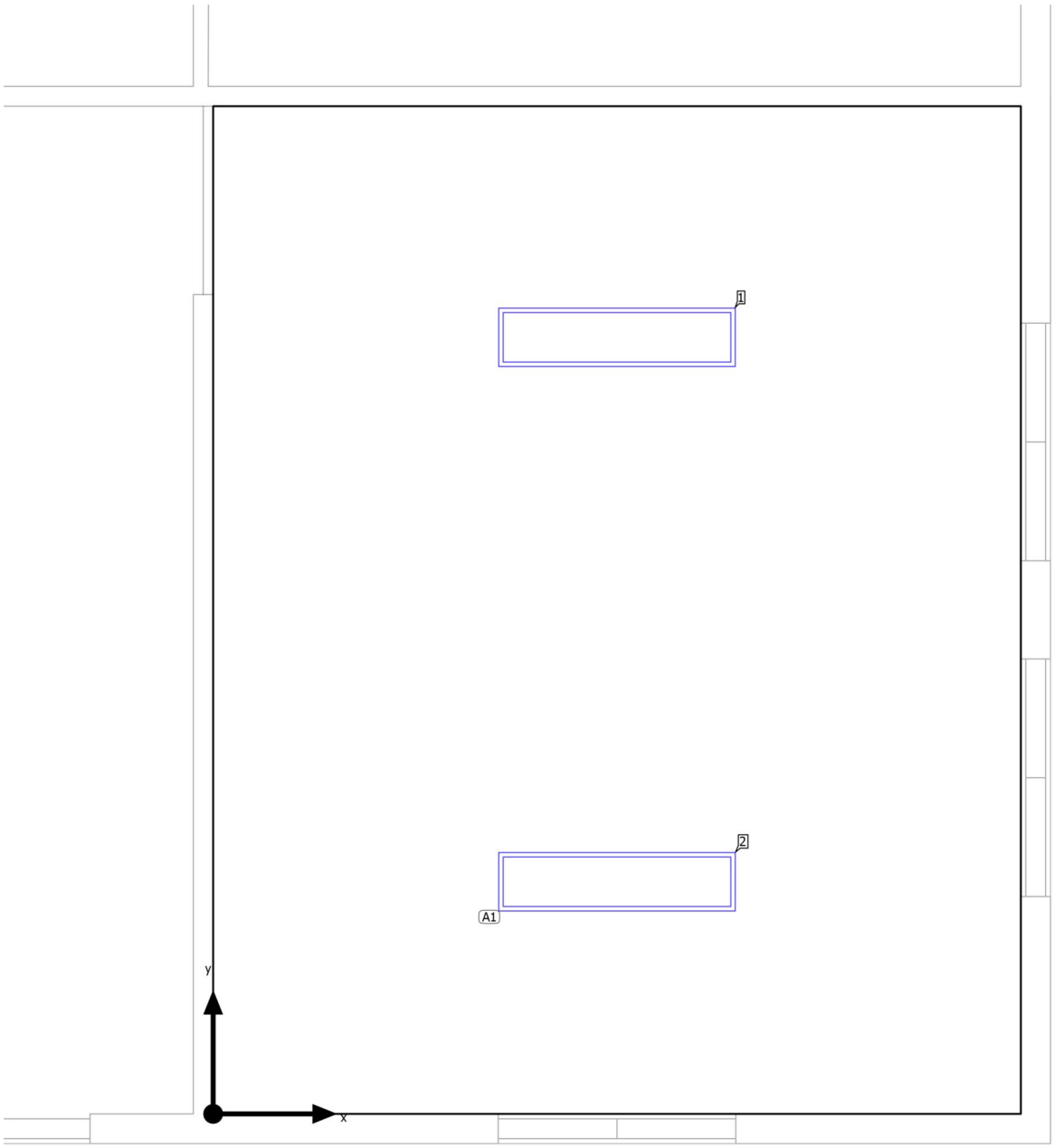
Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.1 Cantinas, cocinas para preparar té/café)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	17	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

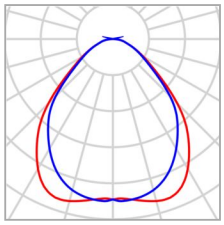
Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC
Lámpara	1x

P	29.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm

2 x Philips RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.040 m / 1.172 m / 3.011 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.040 m	3.922 m	3.011 m	1
2.040 m	1.172 m	3.011 m	2

Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor

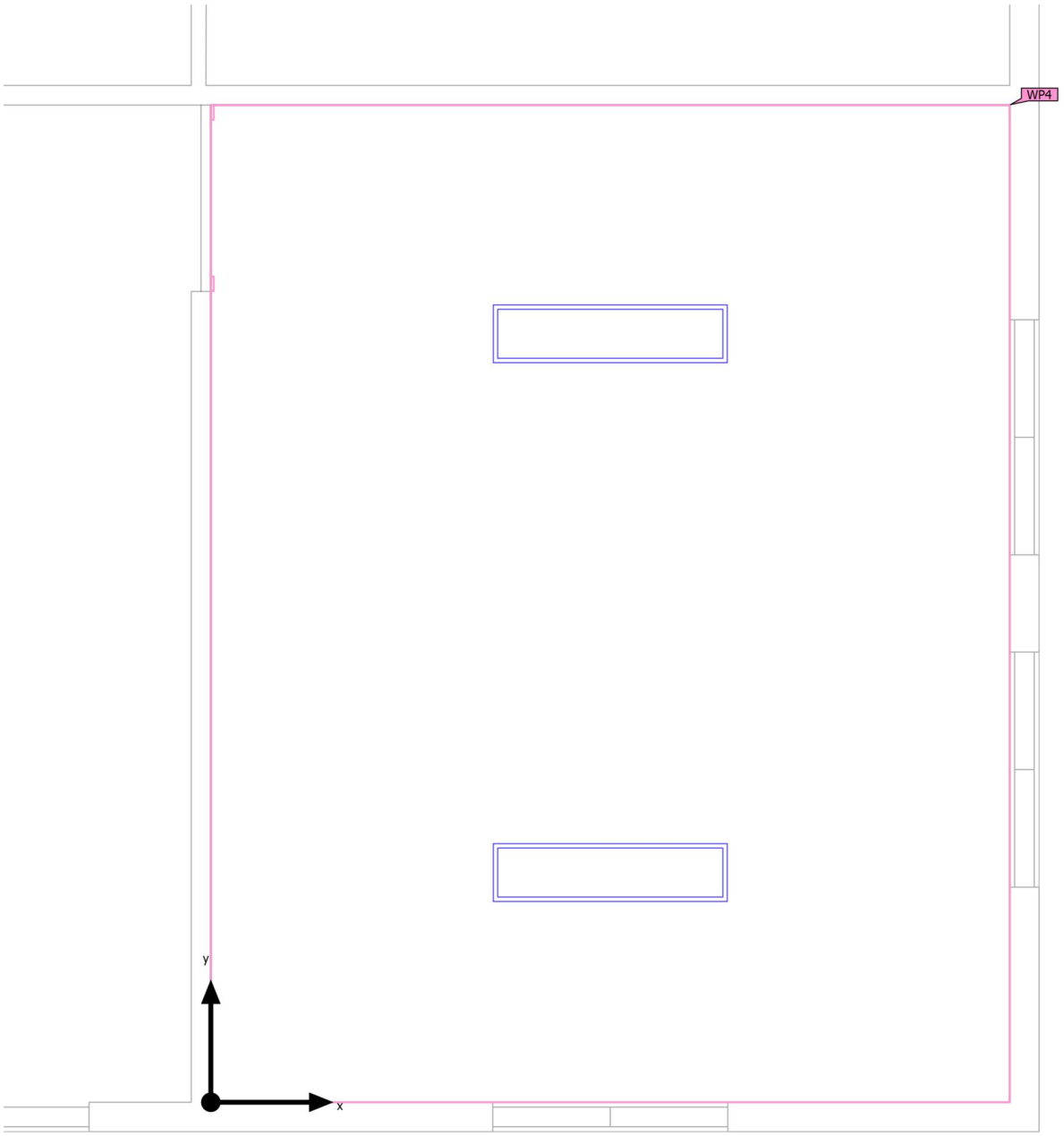
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
7200 lm	58.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

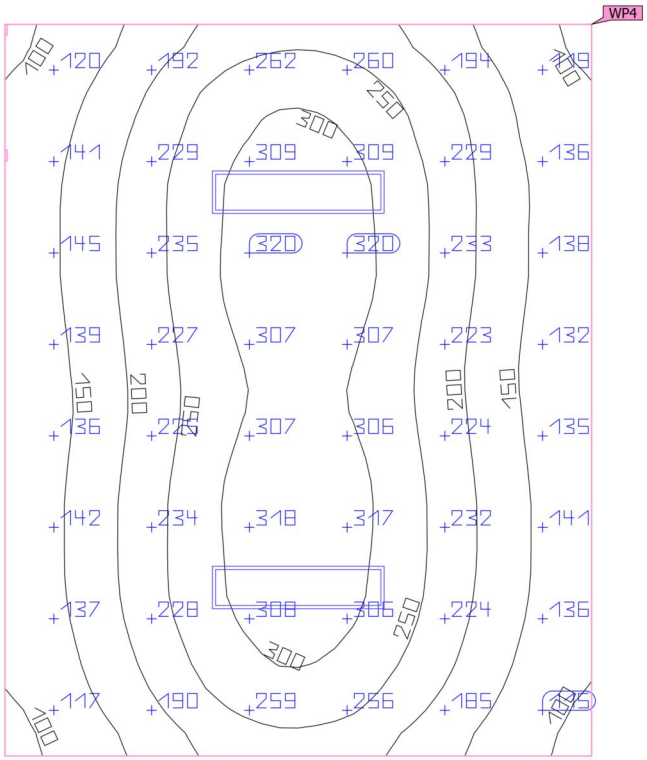
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Comedor) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	216 lx (≥ 200 lx) ✓	87.0 lx	334 lx	0.40 (≥ 0.40) ✓	0.26	WP4

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.1 Cantinas, cocinas para preparar té/café)

Edificación 1 · Microcerveceria · Comedor (Escena de luz 1)

Plano útil (Comedor)

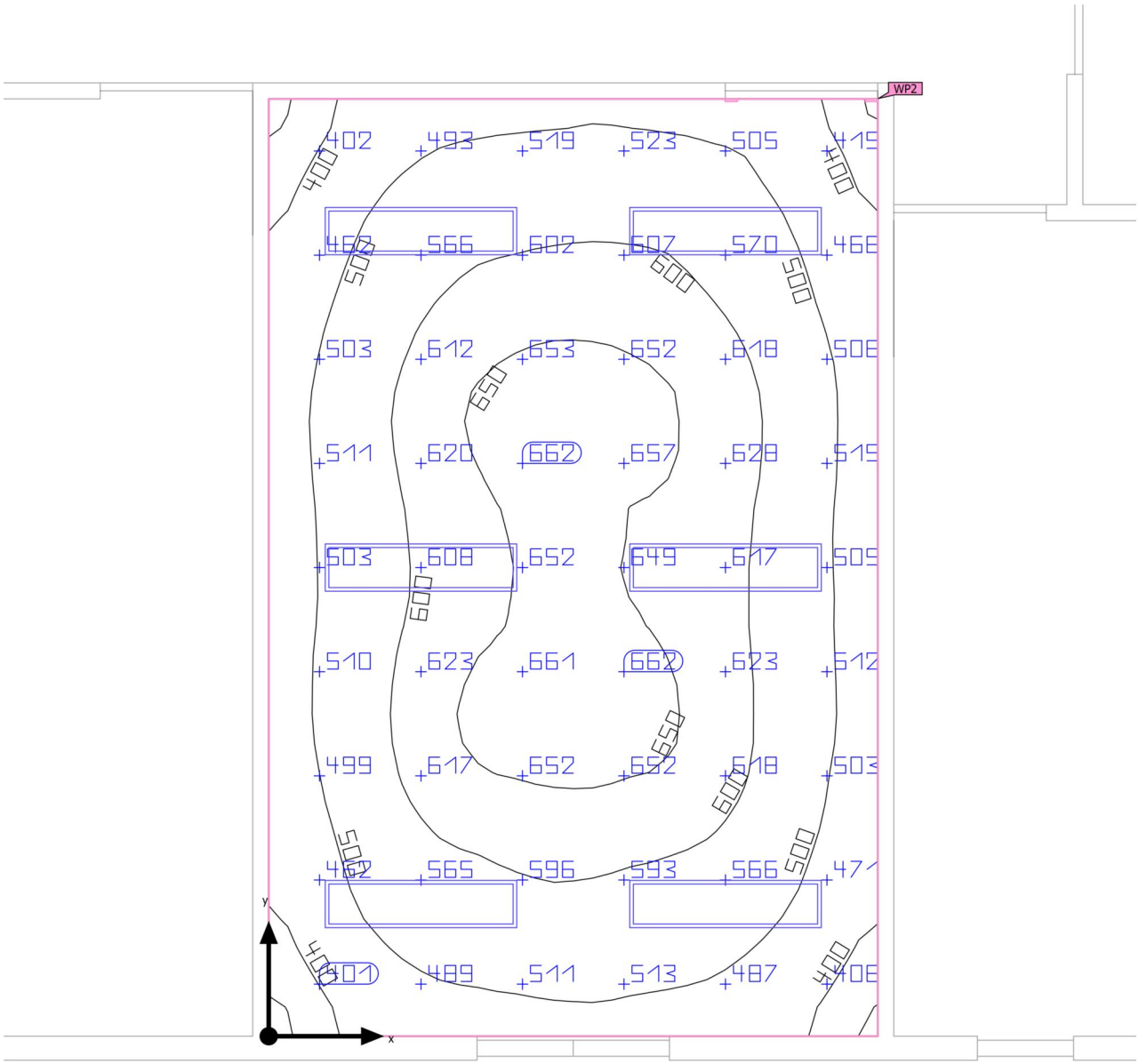


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Comedor) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	216 lx (≥ 200 lx) ✓	87.0 lx	334 lx	0.40 (≥ 0.40) ✓	0.26	WP4

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.1 Cantinas, cocinas para preparar té/café)

Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio (Escena de luz 1)

Resumen



Base	22.23 m²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	3.011 m
		Altura Plano útil	0.850 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	554 lx	≥ 500 lx	✓	WP2
	U_o (g_1)	0.61	≥ 0.60	✓	WP2
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG, max}$	17	≤ 19	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	[239 - 392] kWh/a	máx. 800 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	7.83 W/m²	–		
		1.41 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 3.800 m x 5.850 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

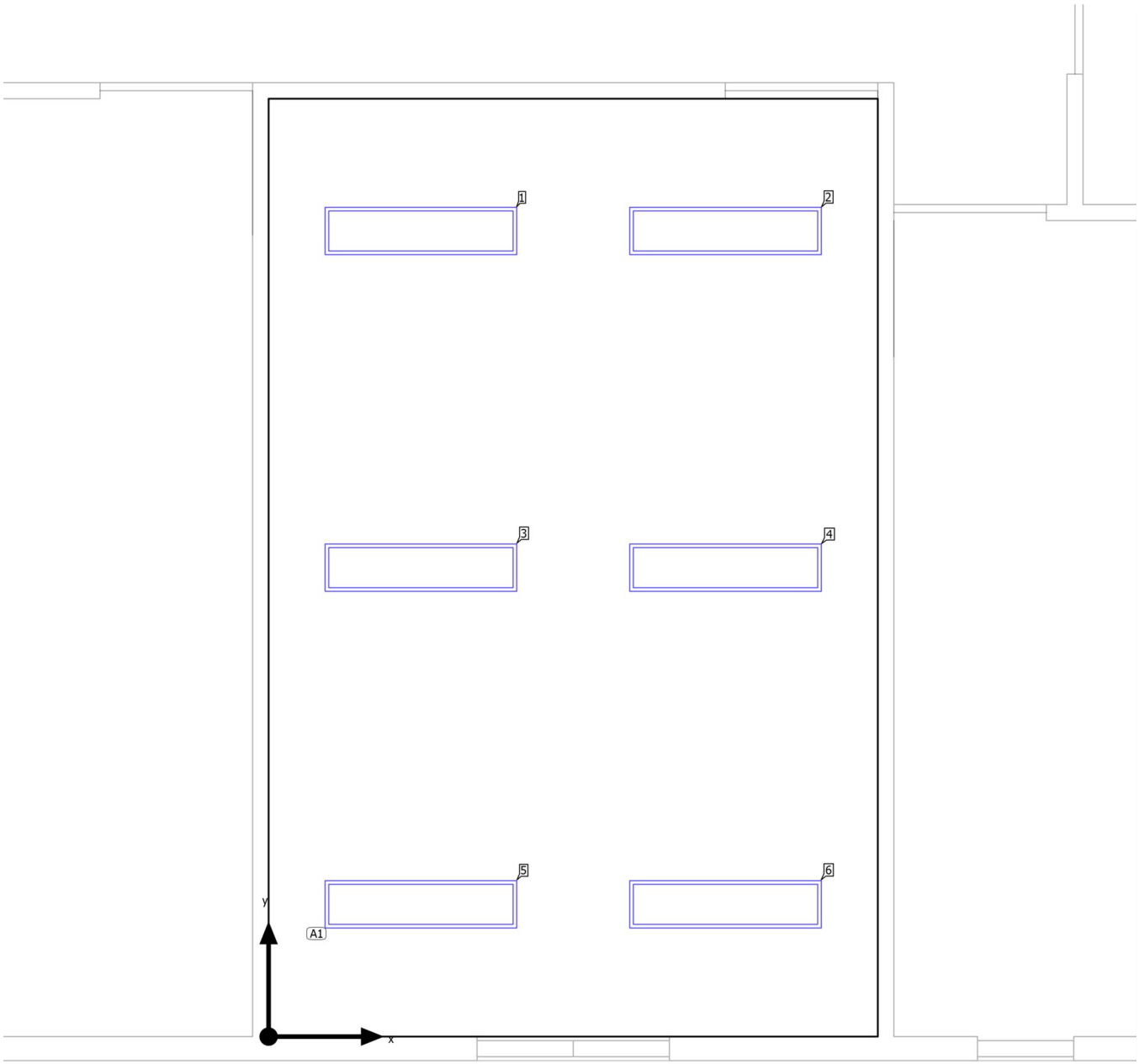
Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.7 Laboratorios)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	17	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

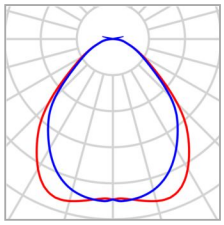
Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC
Lámpara	1x

P	29.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm

6 x Philips RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	0.950 m / 0.825 m / 3.011 m
Dirección X	2 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Dirección Y	3 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.950 m	5.025 m	3.011 m	1
2.850 m	5.025 m	3.011 m	2
0.950 m	2.925 m	3.011 m	3
2.850 m	2.925 m	3.011 m	4
0.950 m	0.825 m	3.011 m	5
2.850 m	0.825 m	3.011 m	6

Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio

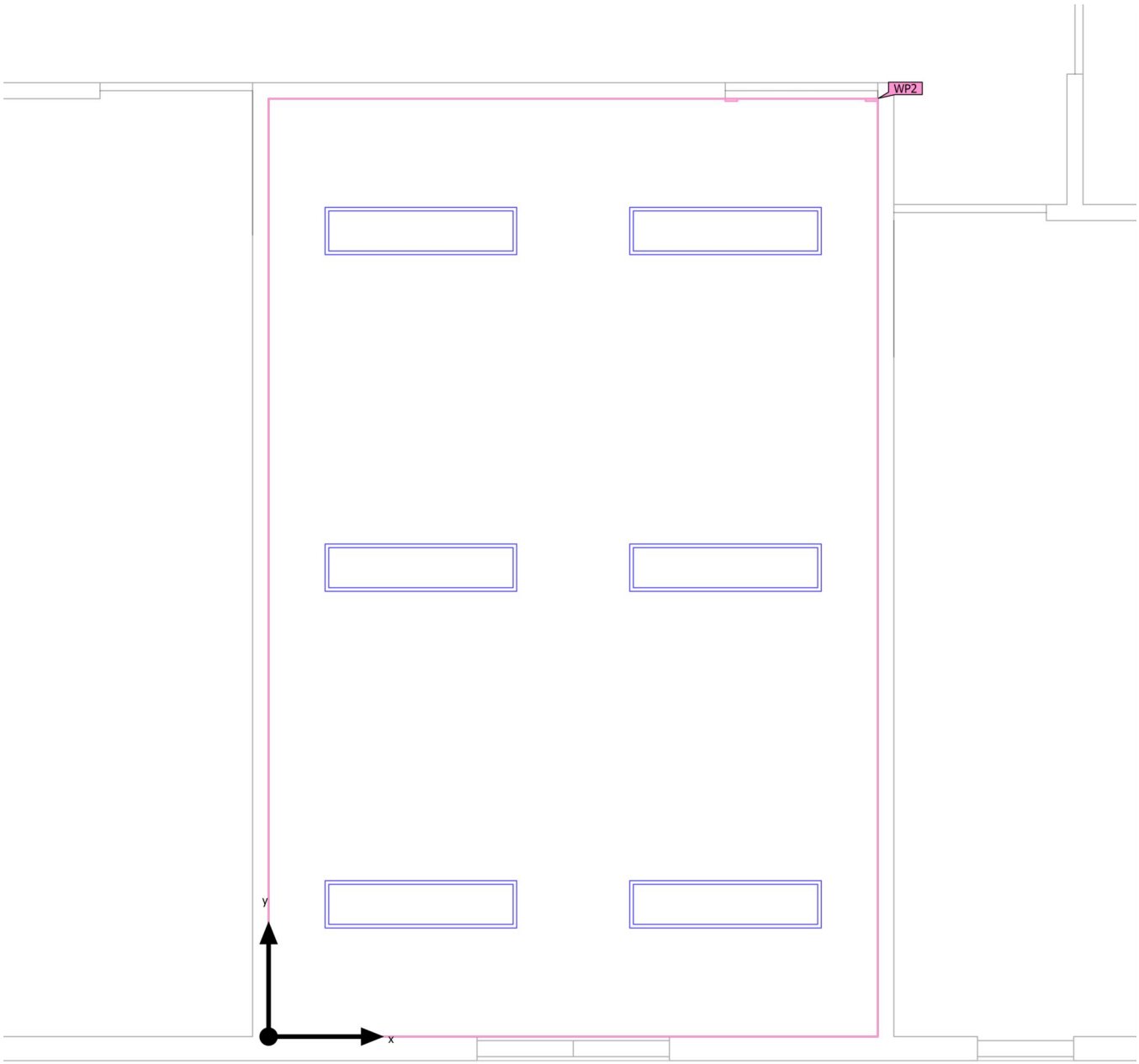
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
21600 lm	174.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

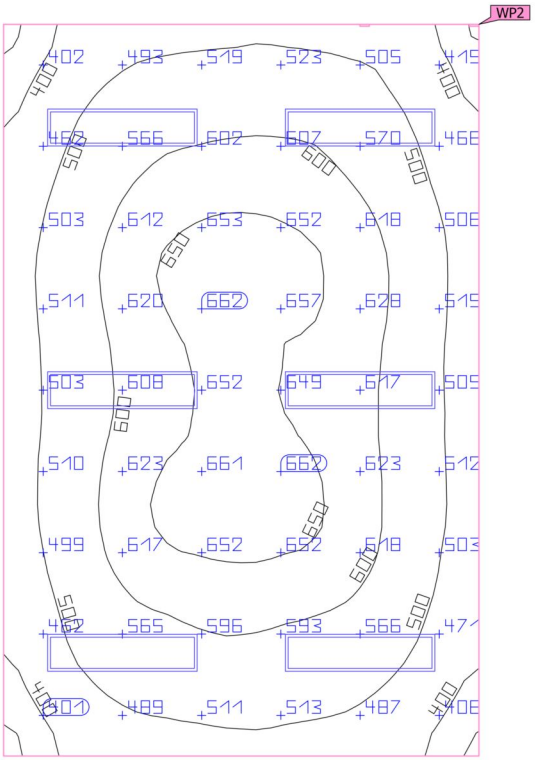
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Laboratorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	554 lx (≥ 500 lx) ✓	339 lx	667 lx	0.61 (≥ 0.60) ✓	0.51	WP2

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.7 Laboratorios)

Edificación 1 · Microcerveceria · Laboratorio (Escena de luz 1)

Plano útil (Laboratorio)

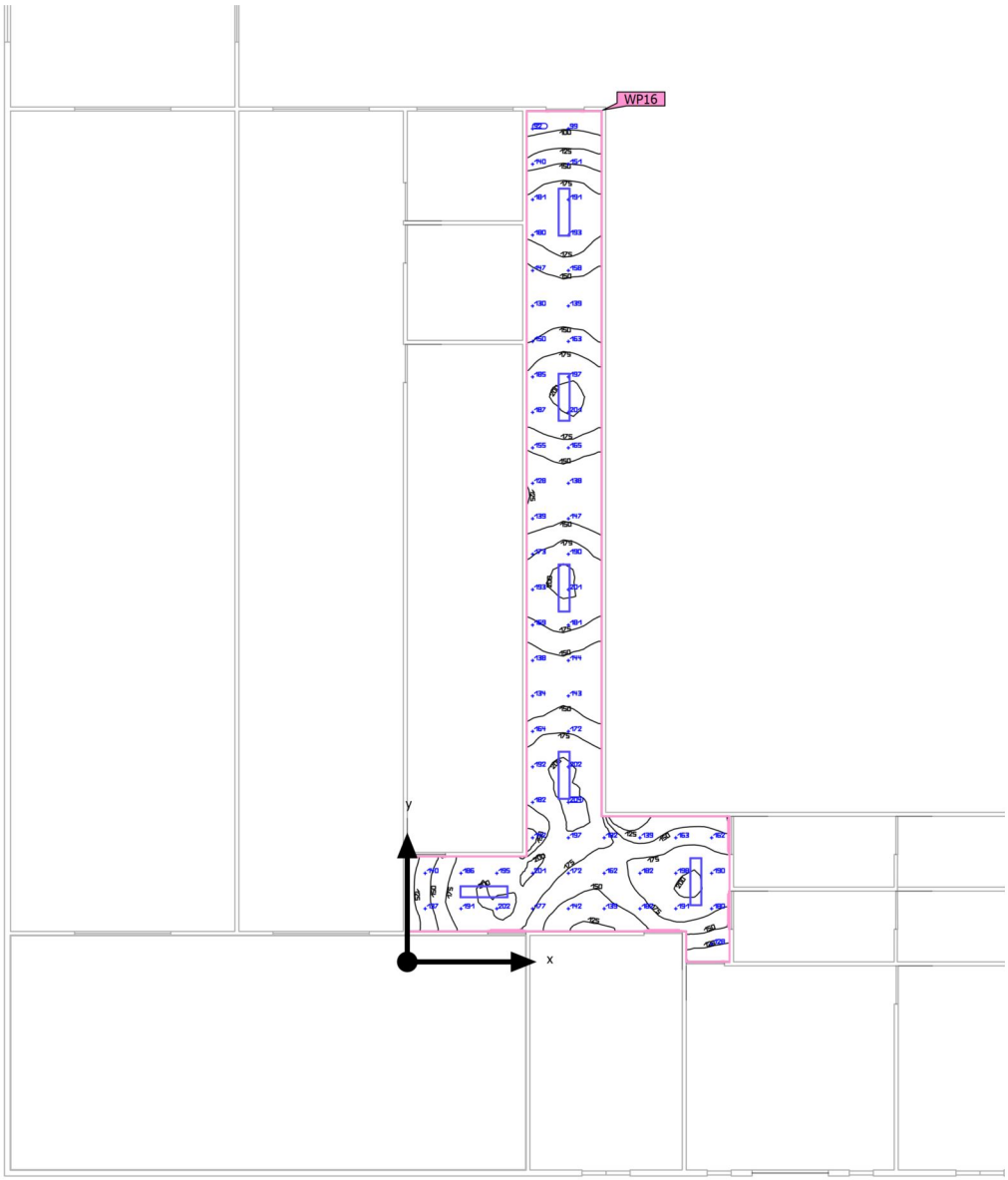


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Laboratorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	554 lx (≥ 500 lx) ✓	339 lx	667 lx	0.61 (≥ 0.60) ✓	0.51	WP2

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.7 Laboratorios)

Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos (Escena de luz 1)

Resumen



Base	53.81 m²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

Altura interior del local	3.000 m
Altura de montaje	3.011 m
Altura Plano útil	0.000 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	165 lx	≥ 100 lx	✓	WP16
	U_o (g_1)	0.49	≥ 0.40	✓	WP16
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG, max}$	19	≤ 28	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	191 kWh/a	máx. 1900 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	3.23 W/m²	–		
		1.95 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 8.040 m x 21.220 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

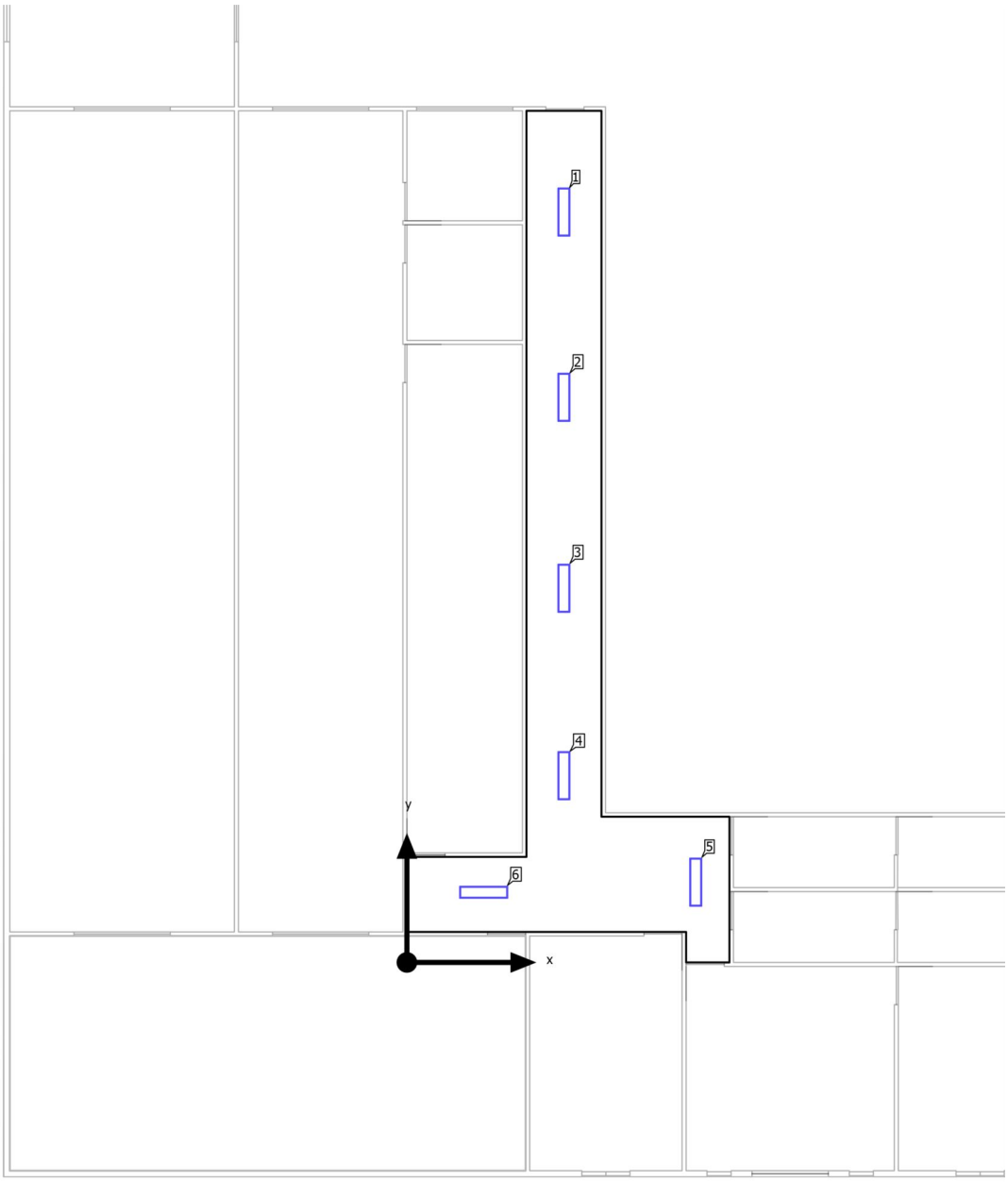
Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios (9.1 Superficies de tránsito y pasillos)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	19	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

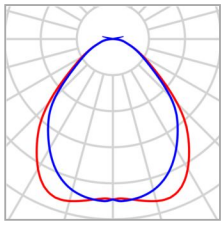
Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips	P	29.0 W
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm
Lámpara	1x		

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
3.913 m	18.698 m	3.011 m	1
3.913 m	14.081 m	3.011 m	2
3.913 m	9.323 m	3.011 m	3
3.913 m	4.653 m	3.011 m	4
7.200 m	2.000 m	3.011 m	5
1.914 m	1.748 m	3.011 m	6

Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos

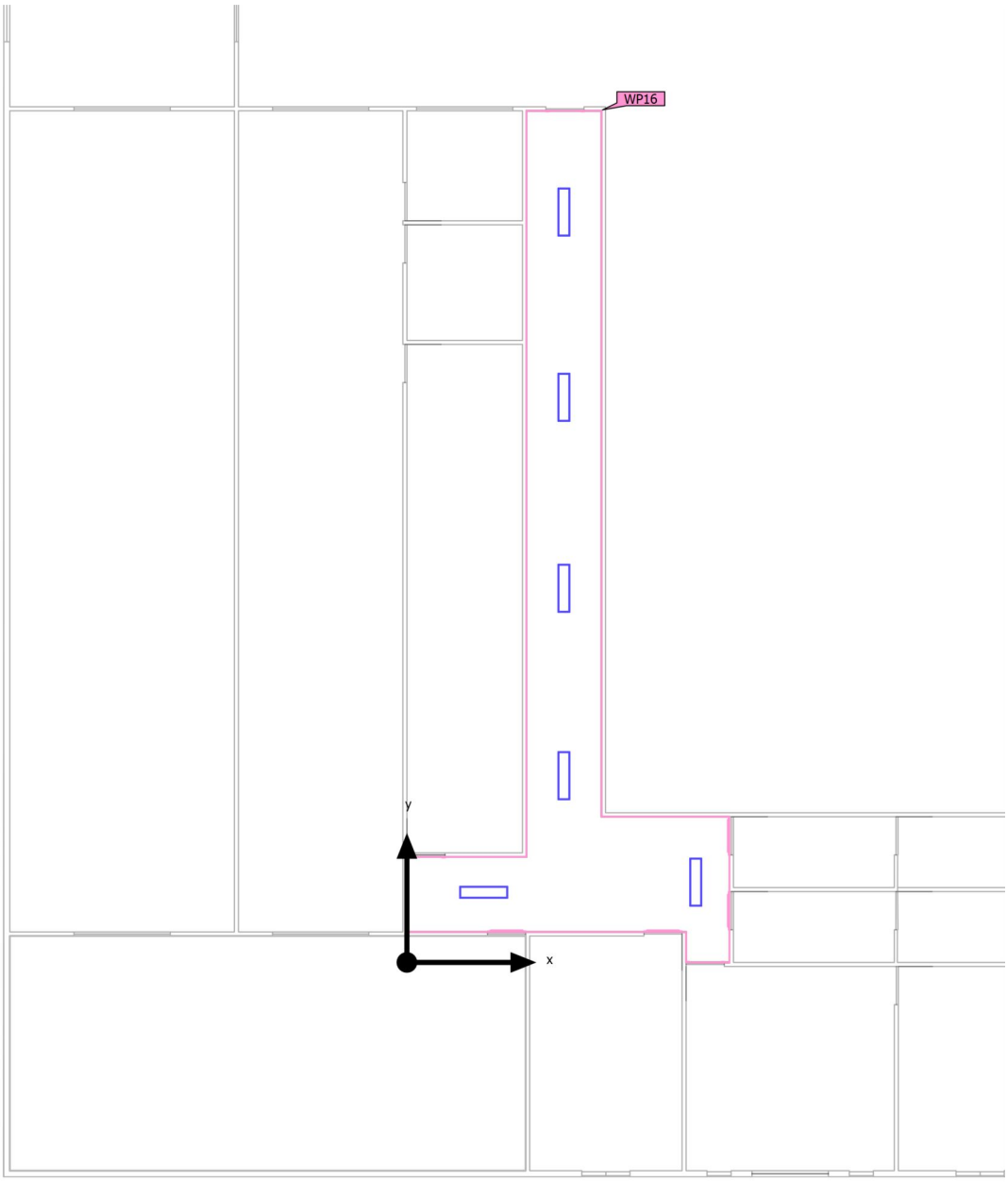
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
21600 lm	174.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

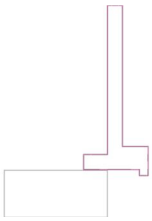
Planos útiles

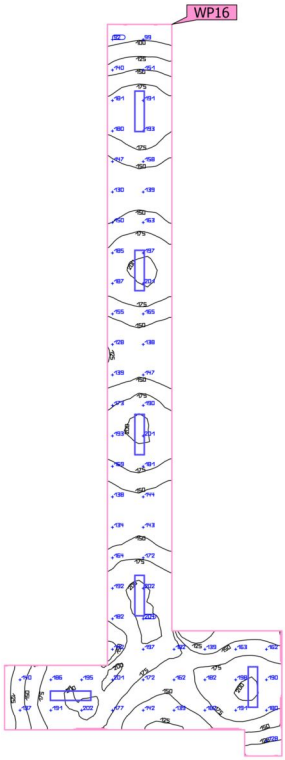
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Pasillos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	165 lx (≥ 100 lx) ✓	80.7 lx	206 lx	0.49 (≥ 0.40) ✓	0.39	WP16

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios (9.1 Superficies de tránsito y pasillos)

Edificación 1 · Microcerveceria · Pasillos (Escena de luz 1)

Plano útil (Pasillos)



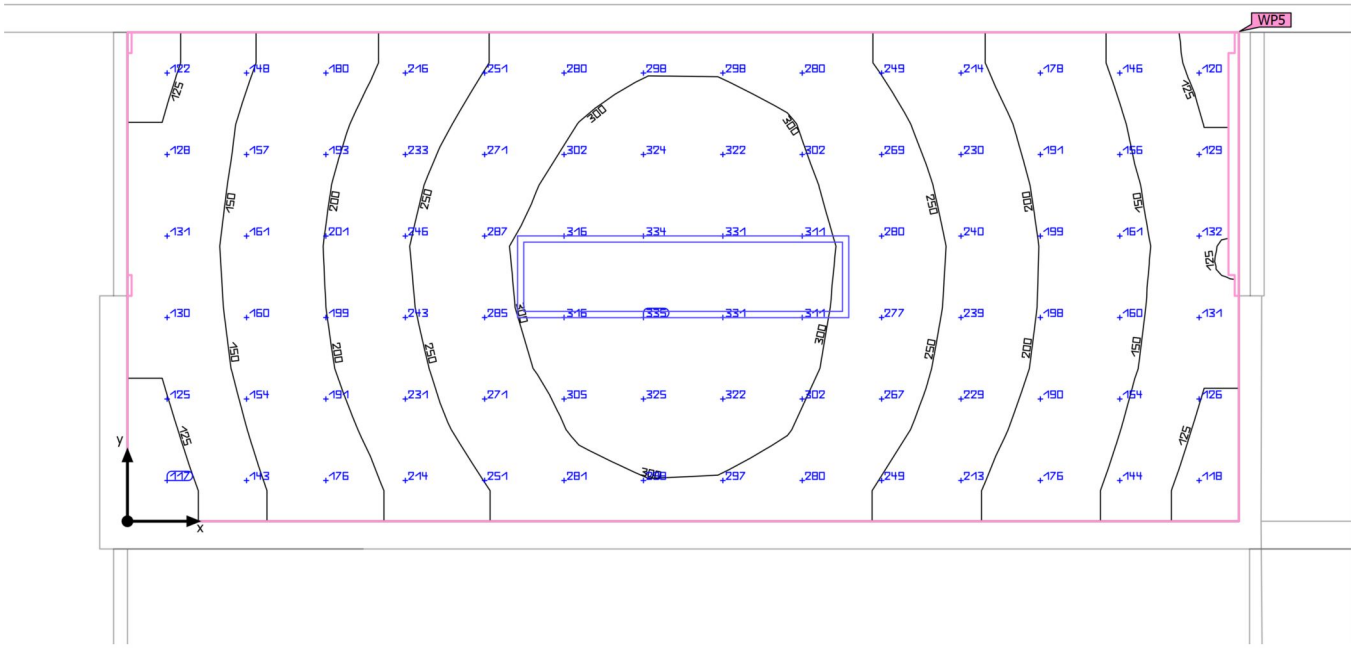


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Pasillos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	165 lx (≥ 100 lx) ✓	80.7 lx	206 lx	0.49 (≥ 0.40) ✓	0.39	WP16

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios (9.1 Superficies de tránsito y pasillos)

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos (Escena de luz 1)

Resumen



Base	7.08 m²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

Altura interior del local	3.000 m
Altura de montaje	3.011 m
Altura Plano útil	0.850 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	227 lx	≥ 200 lx	✓	WP5
	U_o (g_1)	0.46	≥ 0.40	✓	WP5
Evaluación del deslumbramiento[1]	$R_{UG, max}$	16	≤ 25	✓	
Valores de consumo[2]	Consumo	23.9 kWh/a	máx. 250 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	4.10 W/m²	–		
		1.81 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 4.010 m x 1.765 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

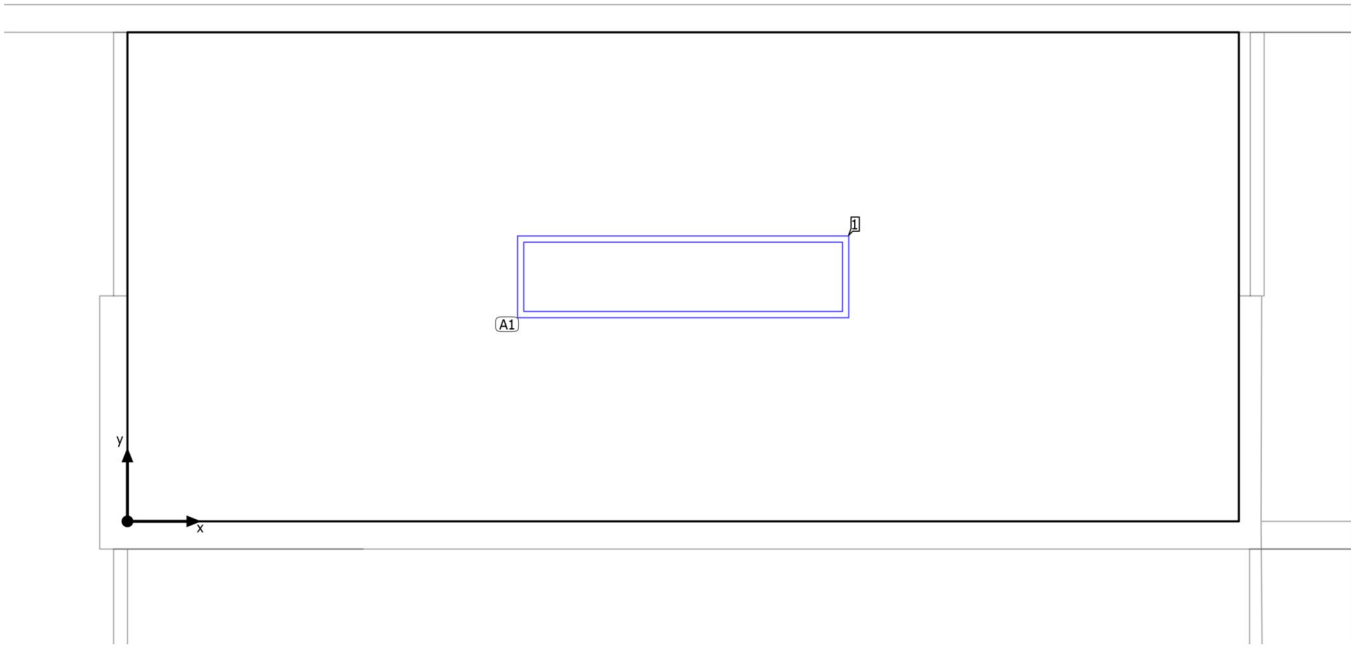
Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	16	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

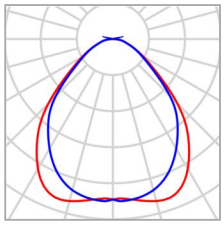
Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC
Lámpara	1x

P	29.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm

1 x Philips RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.005 m / 0.883 m / 3.011 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 4.010 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 1.765 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.005 m	0.883 m	3.011 m	1

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos

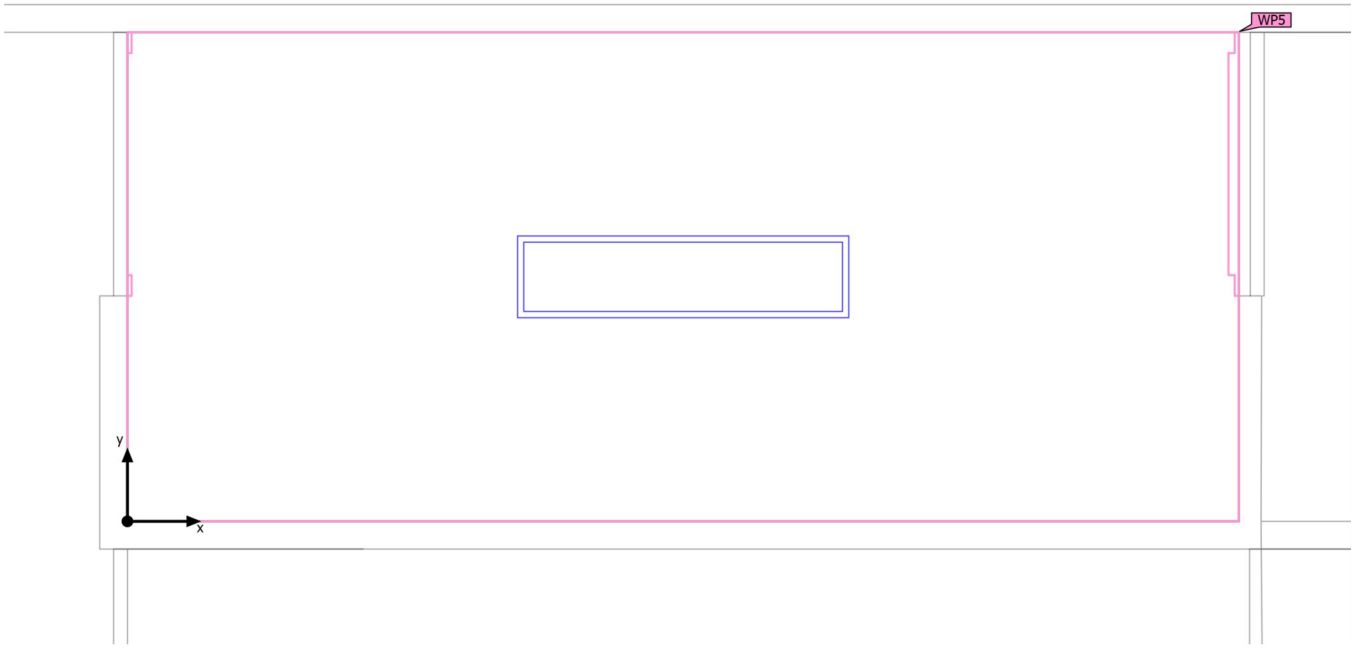
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
3600 lm	29.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

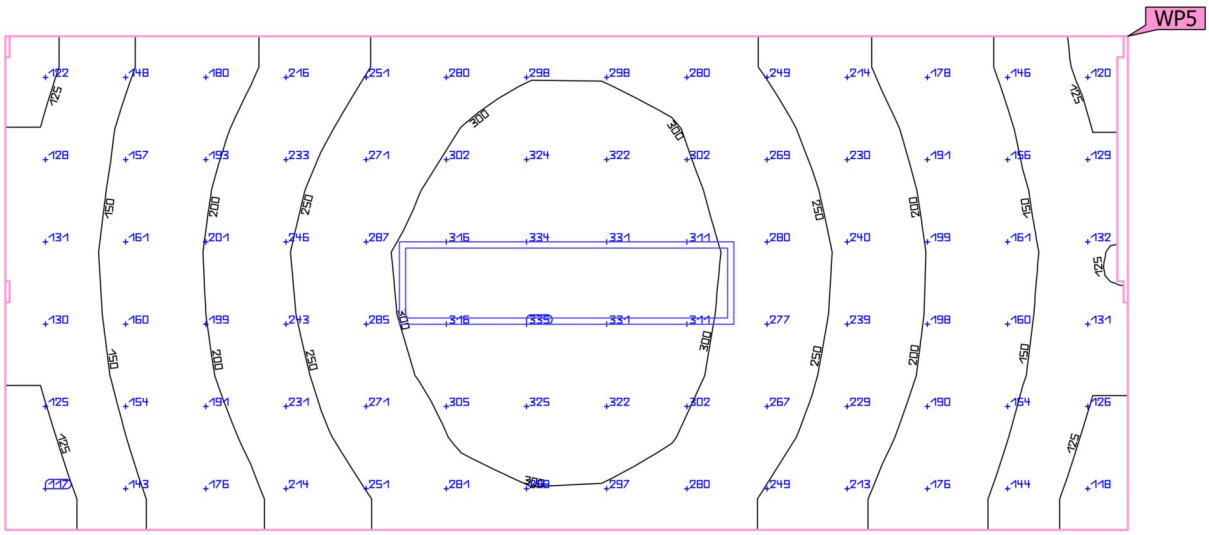
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Vestuarios femeninos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	227 lx (≥ 200 lx) ✓	104 lx	335 lx	0.46 (≥ 0.40) ✓	0.31	WP5

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios femeninos (Escena de luz 1)

Plano útil (Vestuarios femeninos)

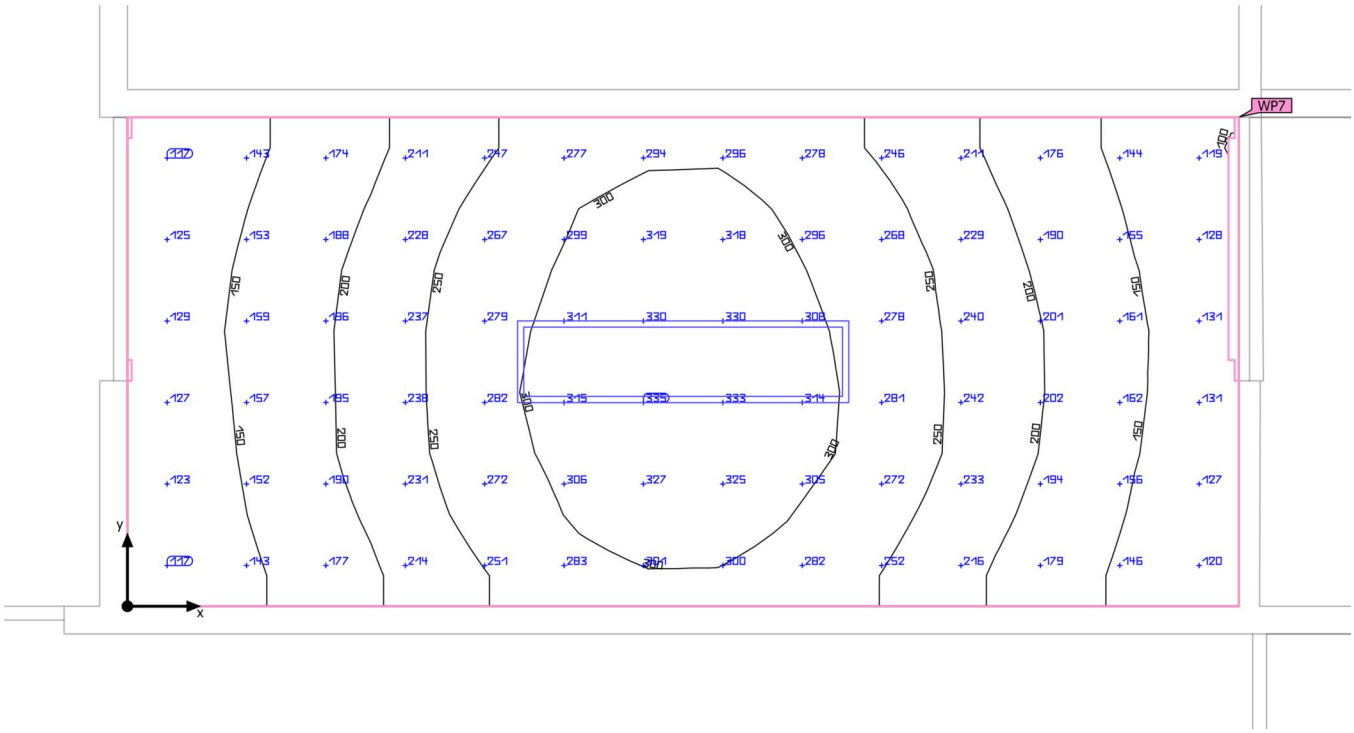


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Vestuarios femeninos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	227 lx (≥ 200 lx) ✓	104 lx	335 lx	0.46 (≥ 0.40) ✓	0.31	WP5

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos (Escena de luz 1)

Resumen



Base	7.08 m²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

Altura interior del local	3.000 m
Altura de montaje	3.011 m
Altura Plano útil	0.850 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	226 lx	≥ 200 lx	✓	WP7
	U_o (g_1)	0.44	≥ 0.40	✓	WP7
Evaluación del deslumbramiento[1]	$R_{UG, max}$	16	≤ 25	✓	
Valores de consumo[2]	Consumo	23.9 kWh/a	máx. 250 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	4.10 W/m²	–		
		1.82 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 4.010 m x 1.765 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

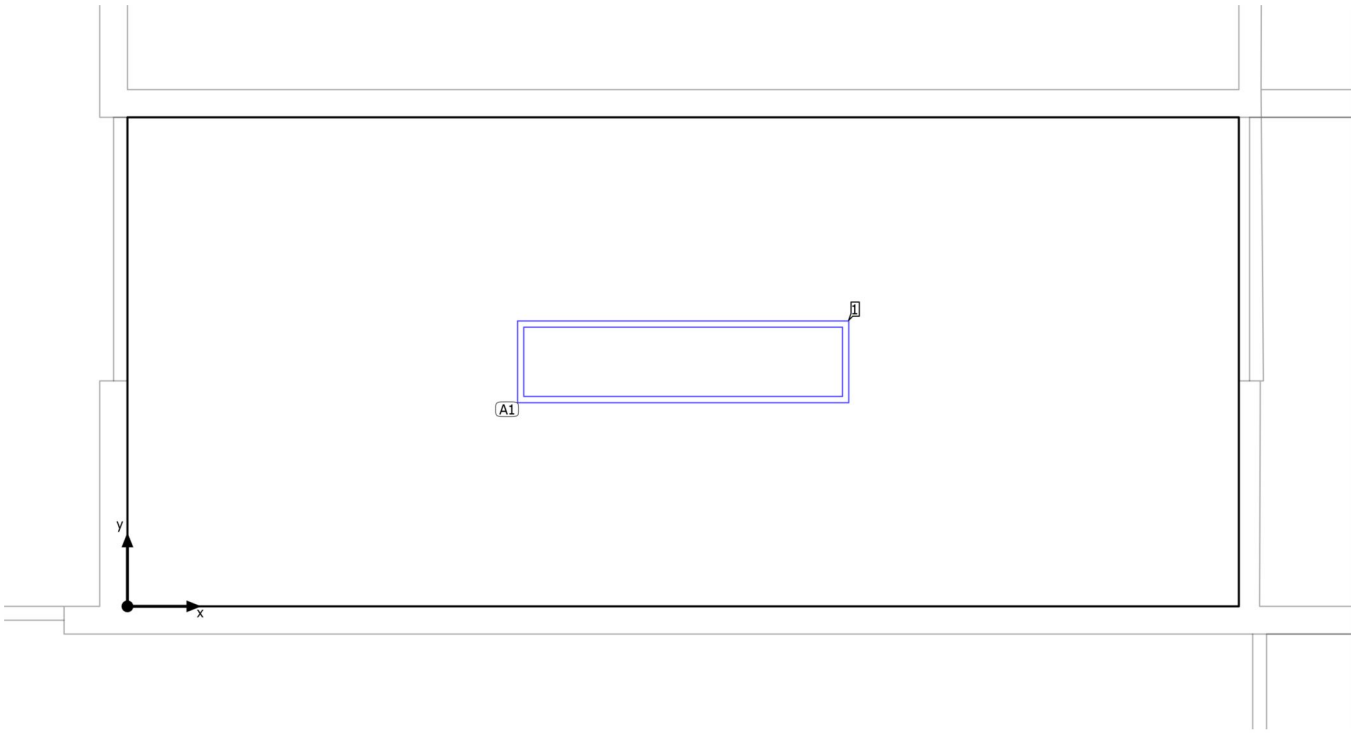
Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	16	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

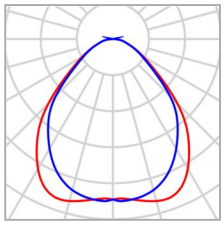
Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC
Lámpara	1x

P	29.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm

1 x Philips RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.005 m / 0.882 m / 3.011 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 4.010 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 1.765 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.005 m	0.882 m	3.011 m	1

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos

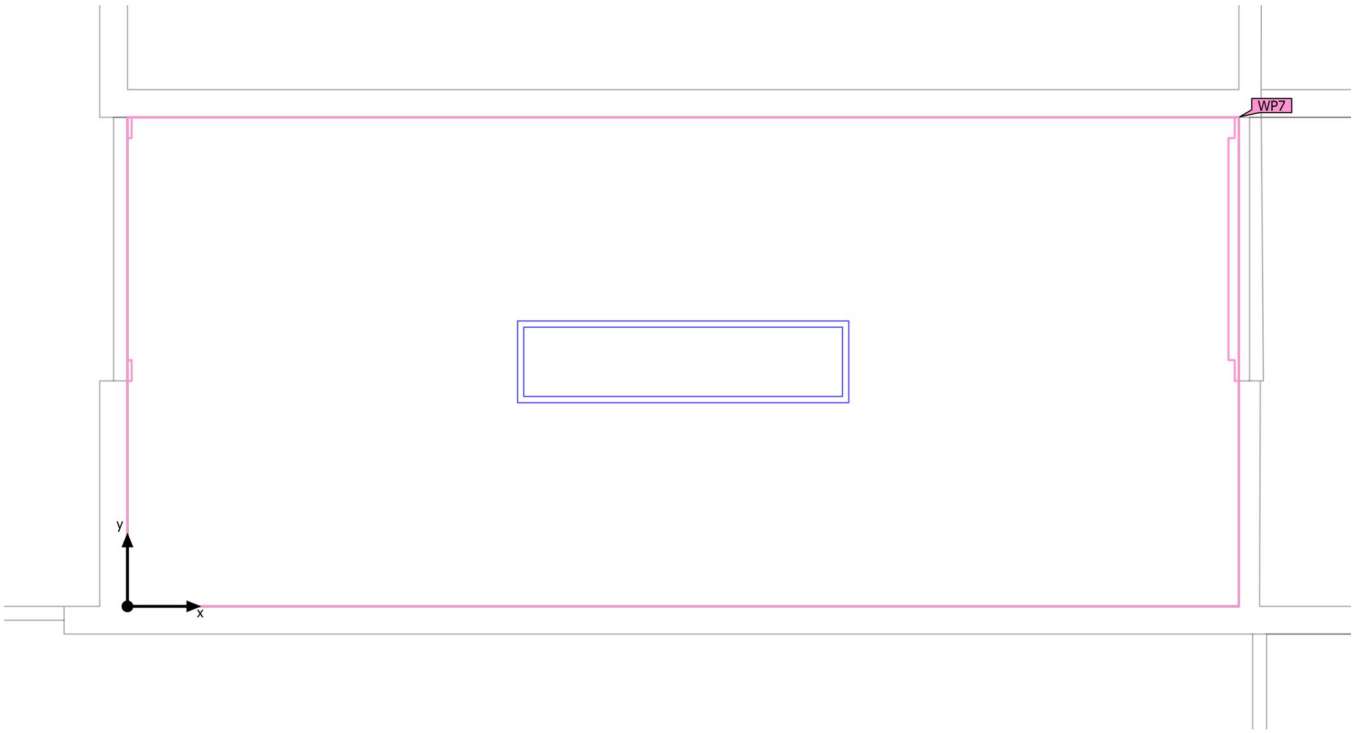
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
3600 lm	29.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

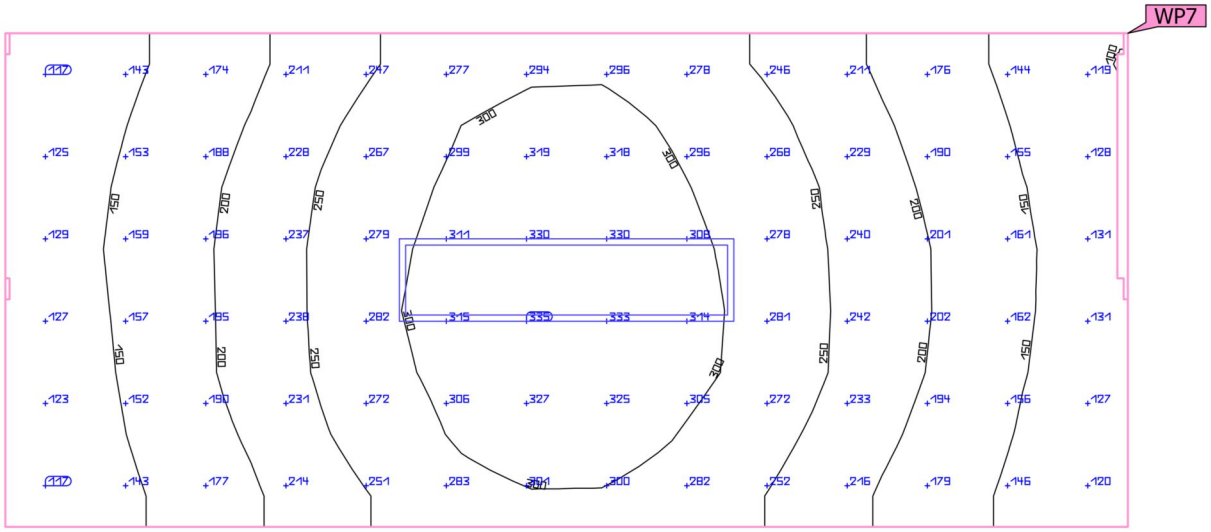
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Vestuarios masculinos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	226 lx (≥ 200 lx) ✓	99.6 lx	335 lx	0.44 (≥ 0.40) ✓	0.30	WP7

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Vestuarios masculinos (Escena de luz 1)

Plano útil (Vestuarios masculinos)

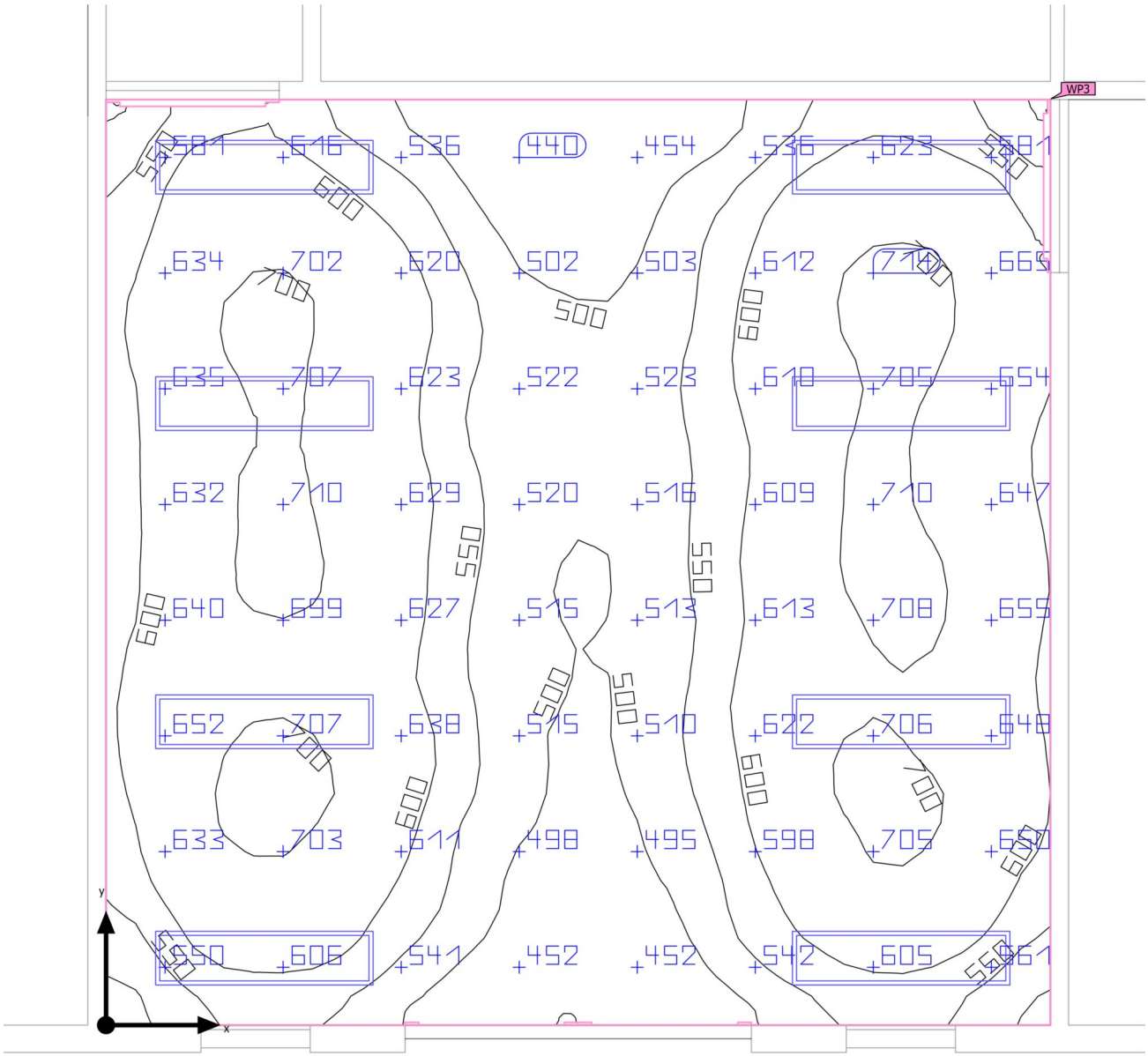


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Vestuarios masculinos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	226 lx (≥ 200 lx) ✓	99.6 lx	335 lx	0.44 (≥ 0.40) ✓	0.30	WP7

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios (10.4 Guardarropías, lavabos, baños, retretes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa (Escena de luz 1)

Resumen



Base	26.42 m²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

Altura interior del local	3.000 m
Altura de montaje	3.011 m
Altura Plano útil	0.850 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	599 lx	≥ 500 lx	✓	WP3
	U_o (g_1)	0.66	≥ 0.60	✓	WP3
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG, max}$	17	≤ 19	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	[362 - 574] kWh/a	máx. 950 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	8.78 W/m²	–		
		1.47 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 5.190 m x 5.090 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

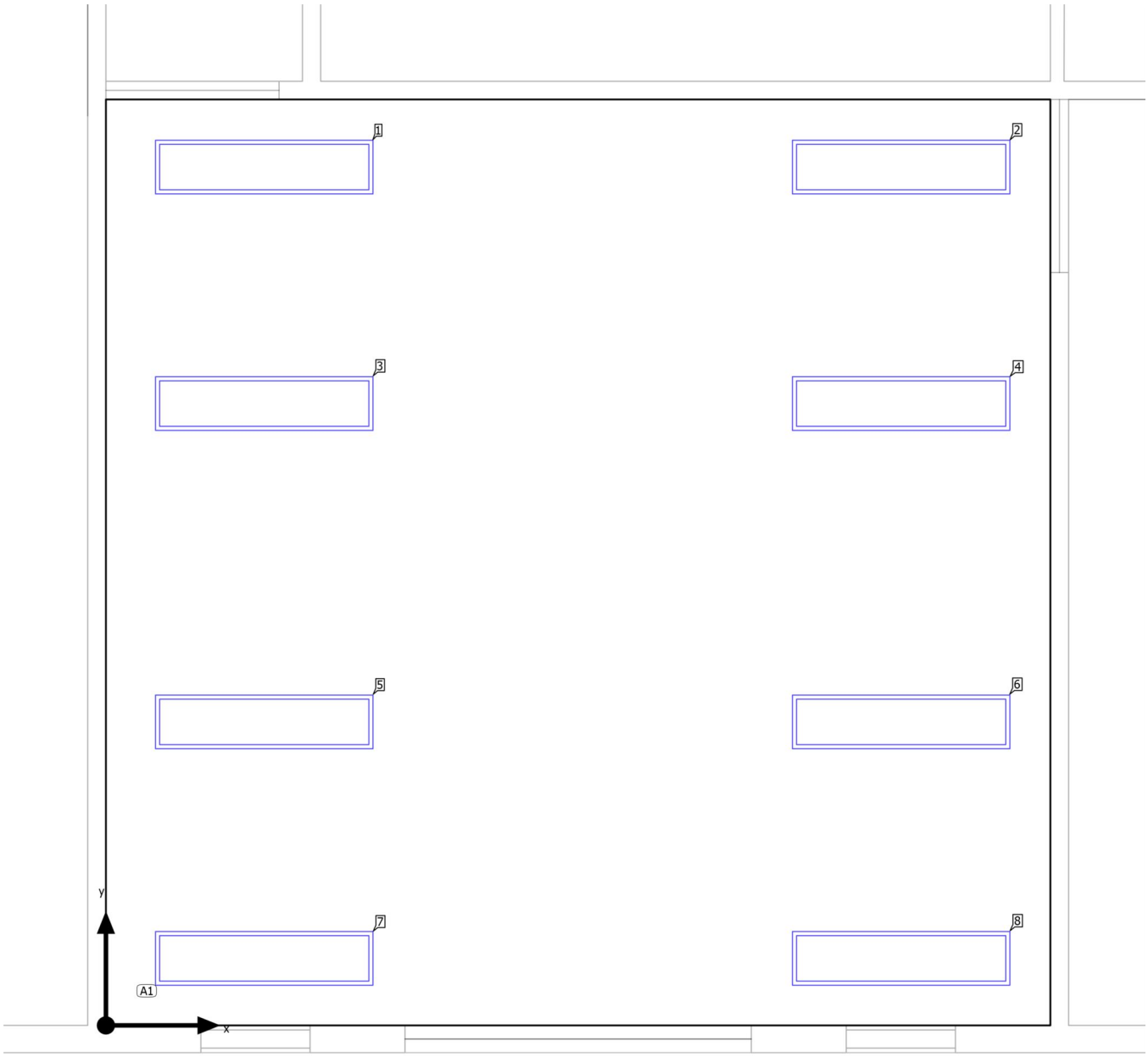
Perfil de uso: Oficinas (34.2 Escribir, máquina de escribir, lectura, tratamiento de textos)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
8	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	17	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

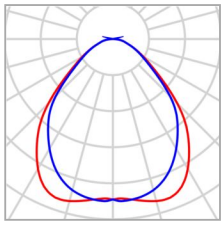
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC
Lámpara	1x

P	29.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	3600 lm

8 x Philips RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	0.870 m / 0.368 m / 3.011 m
Dirección X	2 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Dirección Y	4 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.870 m	4.718 m	3.011 m	1
4.370 m	4.718 m	3.011 m	2
0.870 m	3.418 m	3.011 m	3
4.370 m	3.418 m	3.011 m	4
0.870 m	1.668 m	3.011 m	5
4.370 m	1.668 m	3.011 m	6
0.870 m	0.368 m	3.011 m	7
4.370 m	0.368 m	3.011 m	8

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa

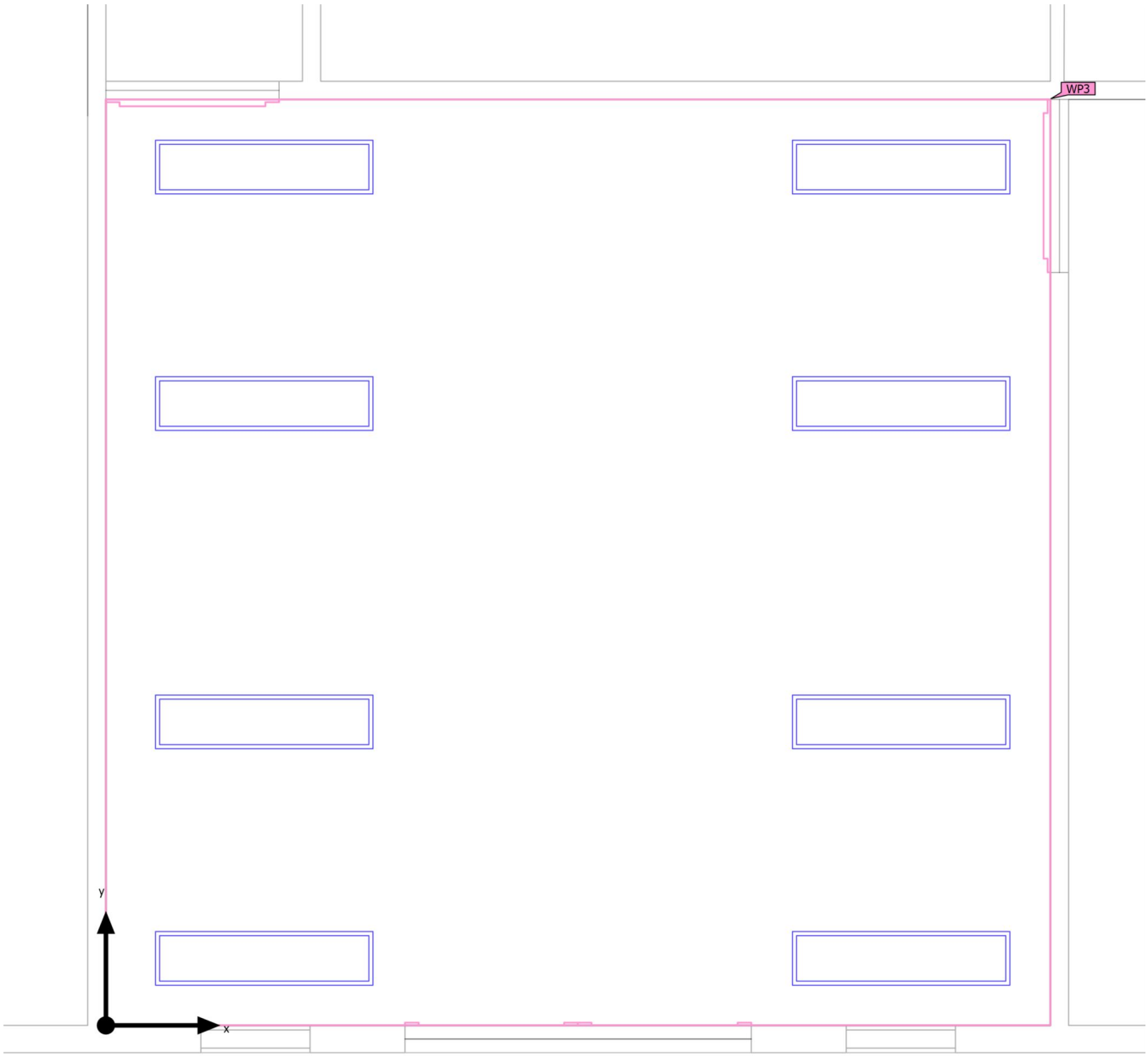
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
28800 lm	232.0 W	124.1 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
8	Philips		RC132V G4 W30L120 PSD 1 xLED36S/840 OC	29.0 W	3600 lm	124.1 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

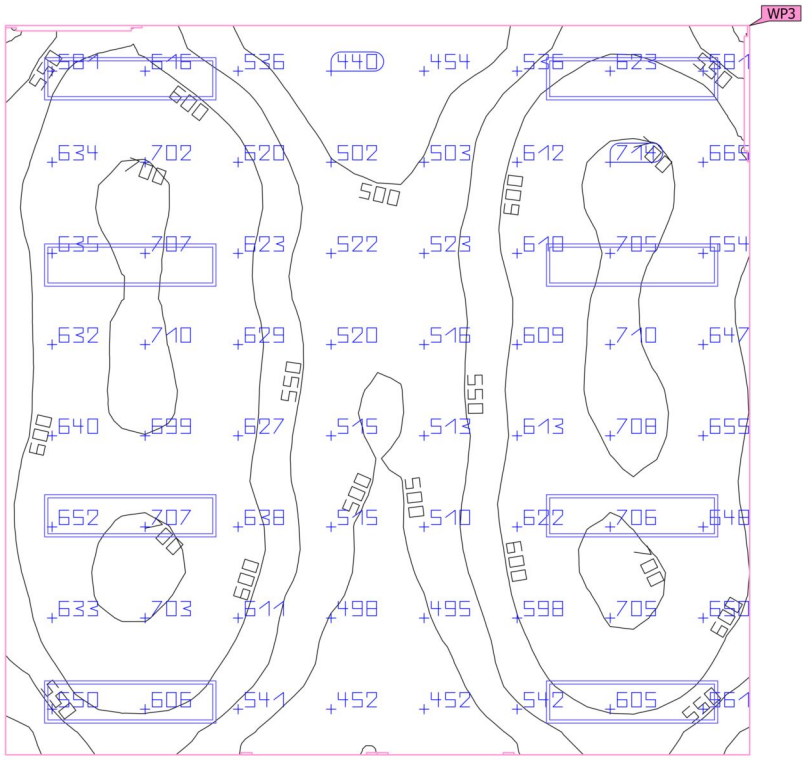
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona administrativa) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	599 lx (≥ 500 lx) ✓	394 lx	724 lx	0.66 (≥ 0.60) ✓	0.54	WP3

Perfil de uso: Oficinas (34.2 Escribir, máquina de escribir, lectura, tratamiento de textos)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona administrativa (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona administrativa)

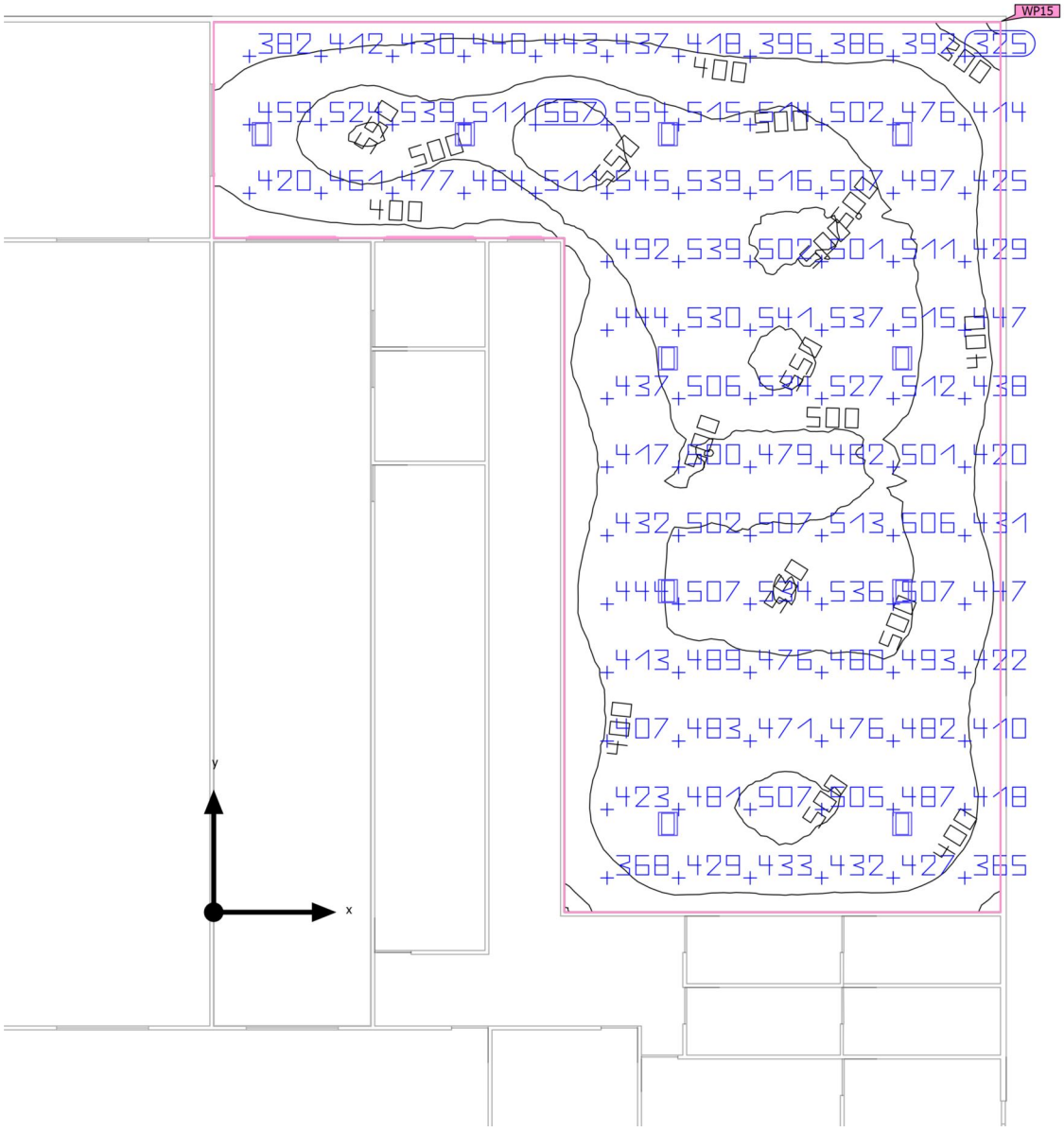


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona administrativa) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	599 lx (≥ 500 lx) ✓	394 lx	724 lx	0.66 (≥ 0.60) ✓	0.54	WP3

Perfil de uso: Oficinas (34.2 Escribir, máquina de escribir, lectura, tratamiento de textos)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento (Escena de luz 1)

Resumen



Base	315.96 m²	Altura interior del local	7.800 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	7.800 m
		Altura Plano útil	0.800 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	466 lx	≥ 75.0 lx	✓	WP15
	U_o (g_1)	0.52	≥ 0.40	✓	WP15
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG, max}$	22	–		
Valores de consumo(2)	Consumo	8410 kWh/a	máx. 11100 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	5.06 W/m²	–		
		1.09 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 20.530 m x 23.230 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

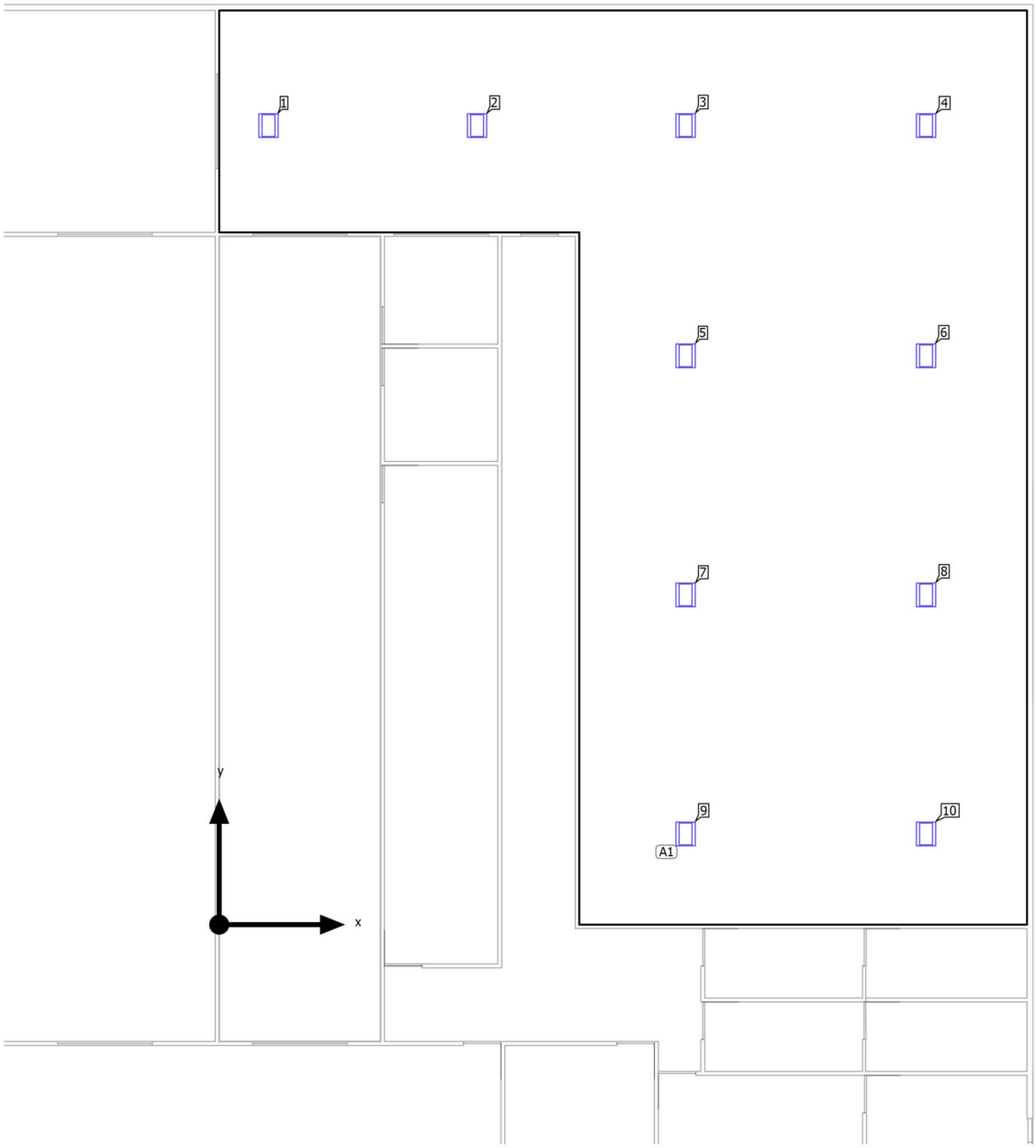
Perfil de uso: Logística y almacén (13.6 Almacenamiento en estantes - espacio de los estantes)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
10	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	22	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

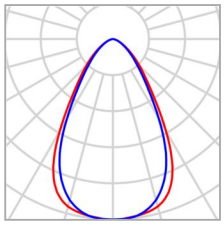
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB
Lámpara	1x

P	160.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm

10 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	11.853 m / 2.304 m / 7.800 m
Dirección X	4 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Dirección Y	4 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.253 m	20.304 m	7.800 m	1
6.553 m	20.304 m	7.800 m	2
11.853 m	20.304 m	7.800 m	3
17.964 m	20.304 m	7.800 m	4
11.853 m	14.454 m	7.800 m	5
17.964 m	14.454 m	7.800 m	6
11.853 m	8.379 m	7.800 m	7
17.964 m	8.379 m	7.800 m	8
11.853 m	2.304 m	7.800 m	9
17.964 m	2.304 m	7.800 m	10

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento

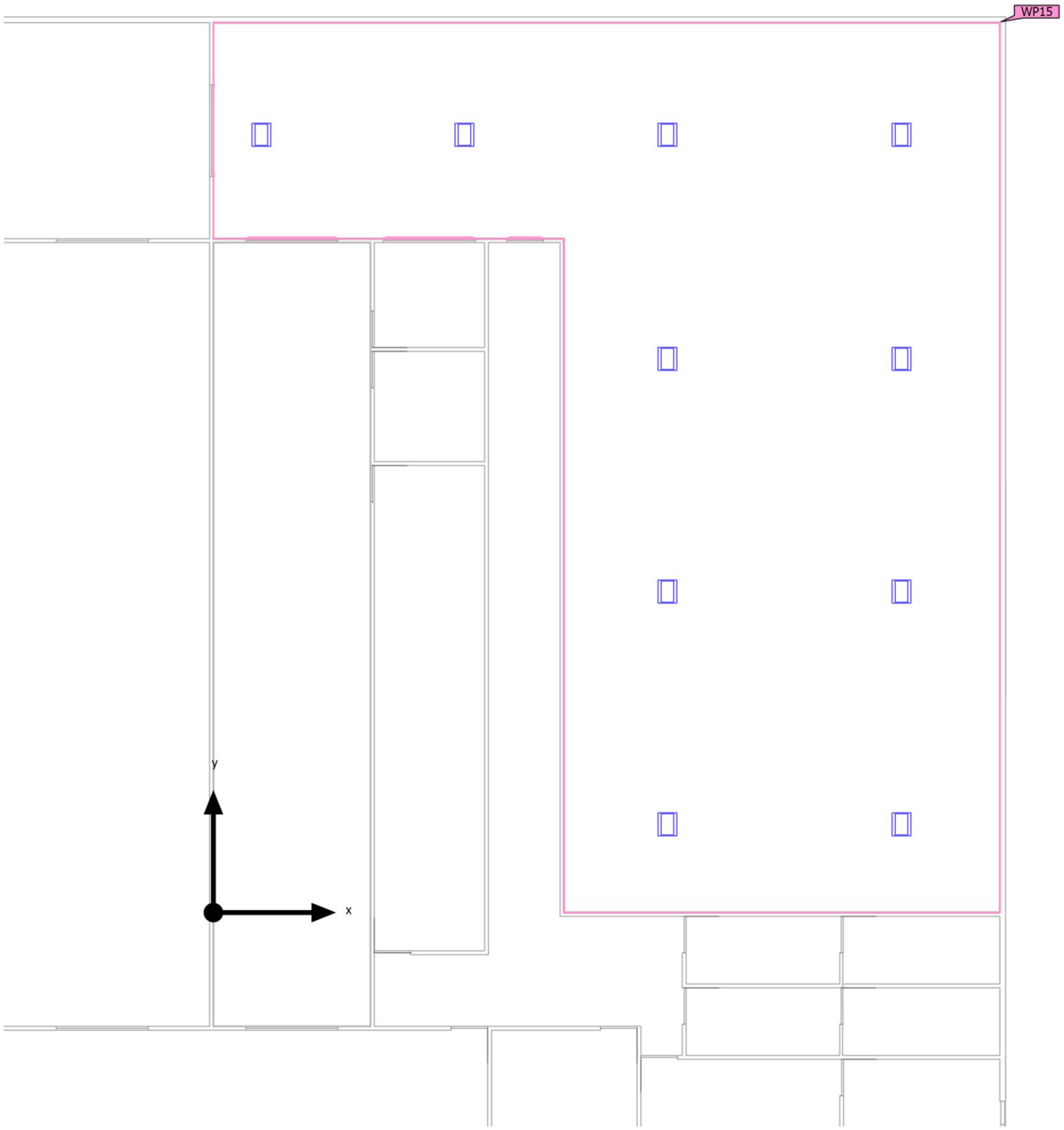
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
229780 lm	1600.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
10	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

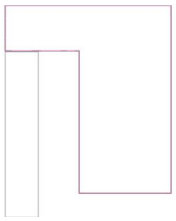
Planos útiles

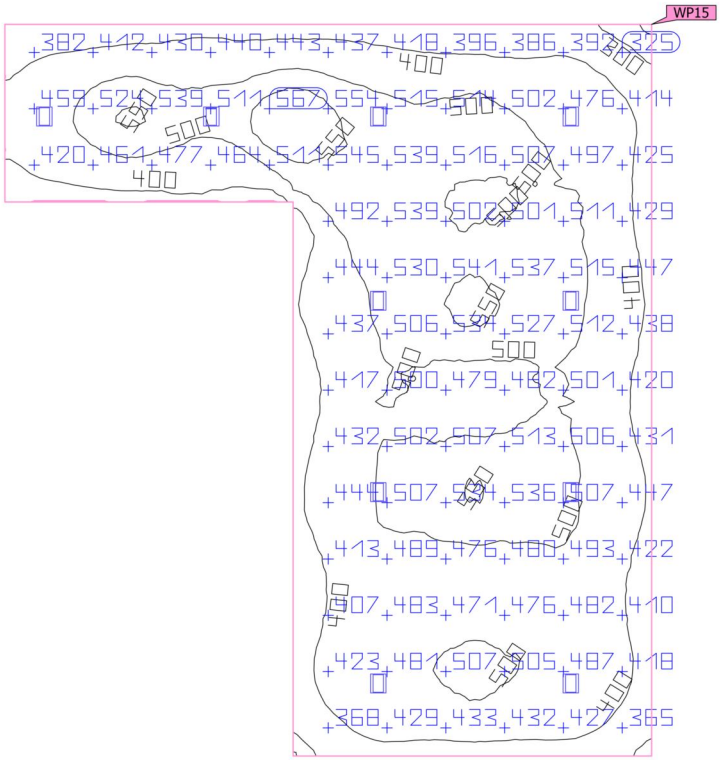
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de almacenamiento) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	466 lx (≥ 75.0 lx) ✓	242 lx	588 lx	0.52 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP15

Perfil de uso: Logística y almacén (13.6 Almacenamiento en estantes - espacio de los estantes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de almacenamiento (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona de almacenamiento)



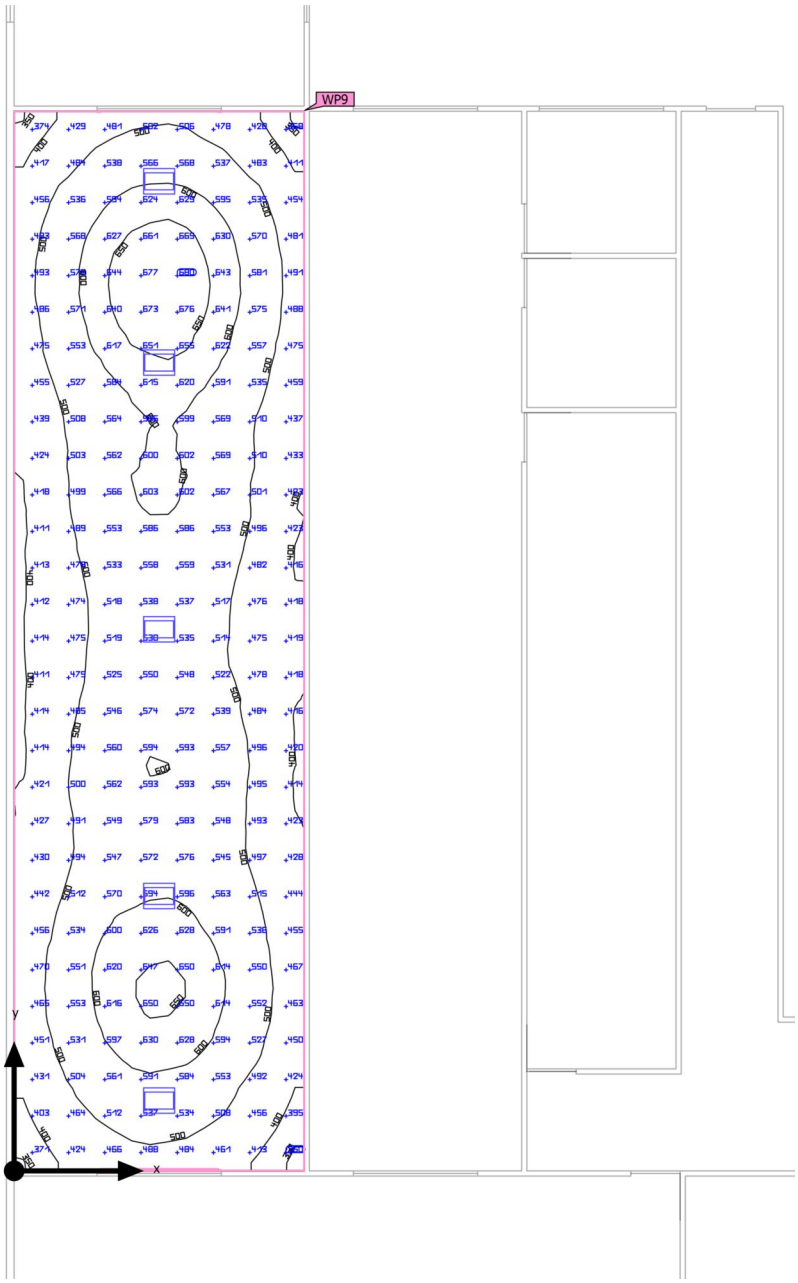


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de almacenamiento) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	466 lx (≥ 75.0 lx) ✓	242 lx	588 lx	0.52 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP15

Perfil de uso: Logística y almacén (13.6 Almacenamiento en estantes - espacio de los estantes)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado (Escena de luz 1)

Resumen



Base	114.58 m²	Altura interior del local	7.800 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	7.800 m
		Altura Plano útil	0.850 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	524 lx	≥ 500 lx	✓	WP9
	U_o (g_1)	0.63	≥ 0.60	✓	WP9
Evaluación del deslumbramiento[1]	$R_{UG,max}$	22	≤ 22	✓	
Valores de consumo[2]	Consumo	1800 kWh/a	máx. 4050 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	6.98 W/m²	–		
		1.33 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 5.600 m x 20.460 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

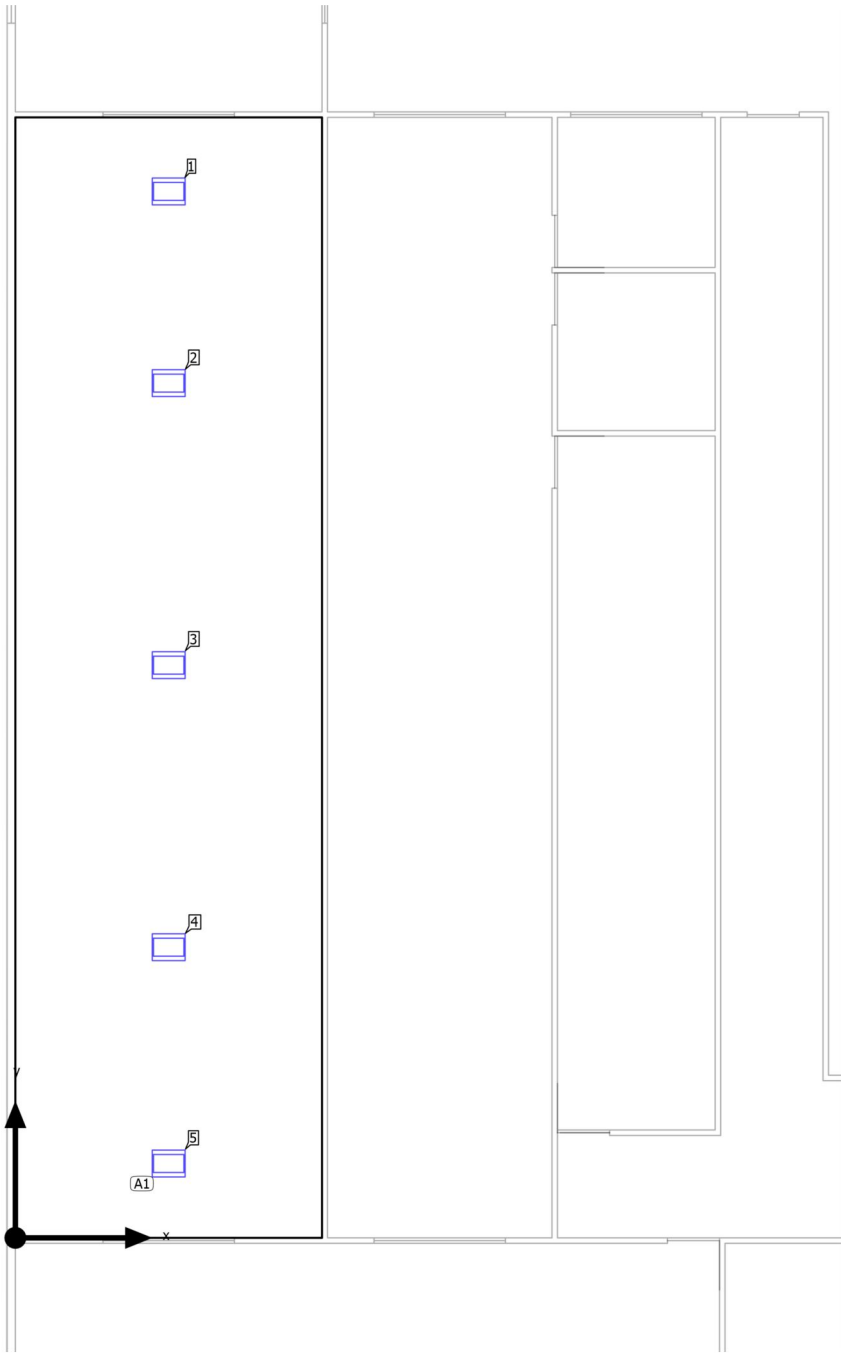
Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.6 Control de vasos y botellas, control del producto, guarnición, clasificación, decoración)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
5	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	22	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

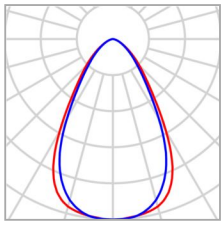
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips	P	160.0 W
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm
Lámpara	1x		

5 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.800 m / 1.358 m / 7.800 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Dirección Y	5 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.800 m	19.108 m	7.800 m	1
2.800 m	15.608 m	7.800 m	2
2.800 m	10.458 m	7.800 m	3
2.800 m	5.308 m	7.800 m	4
2.800 m	1.358 m	7.800 m	5

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado

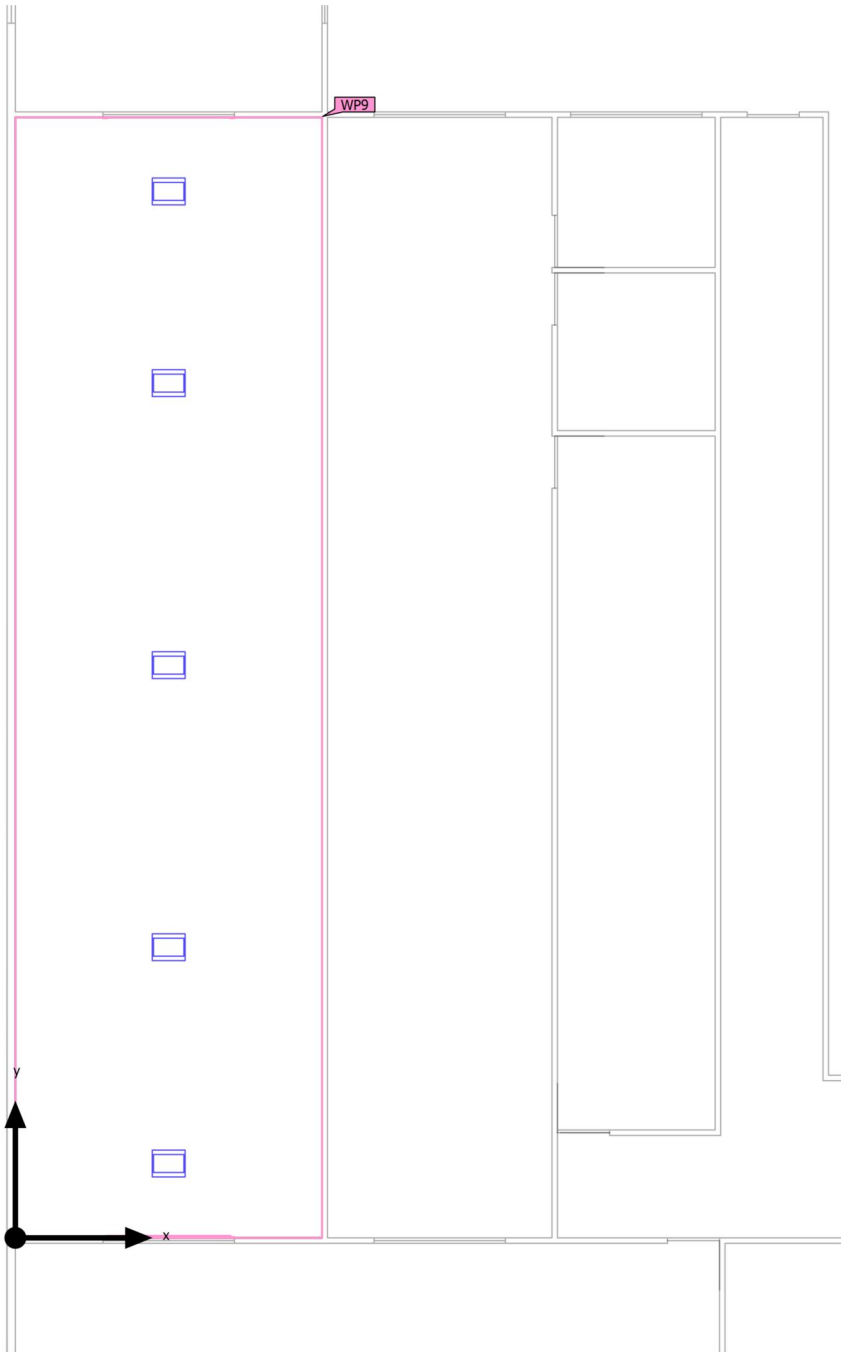
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
114890 lm	800.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
5	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

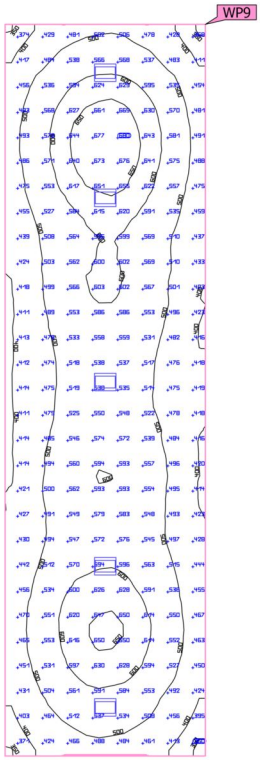
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de envasado) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	524 lx (≥ 500 lx) ✓	332 lx	685 lx	0.63 (≥ 0.60) ✓	0.48	WP9

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.6 Control de vasos y botellas, control del producto, guarnición, clasificación, decoración)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de envasado (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona de envasado)

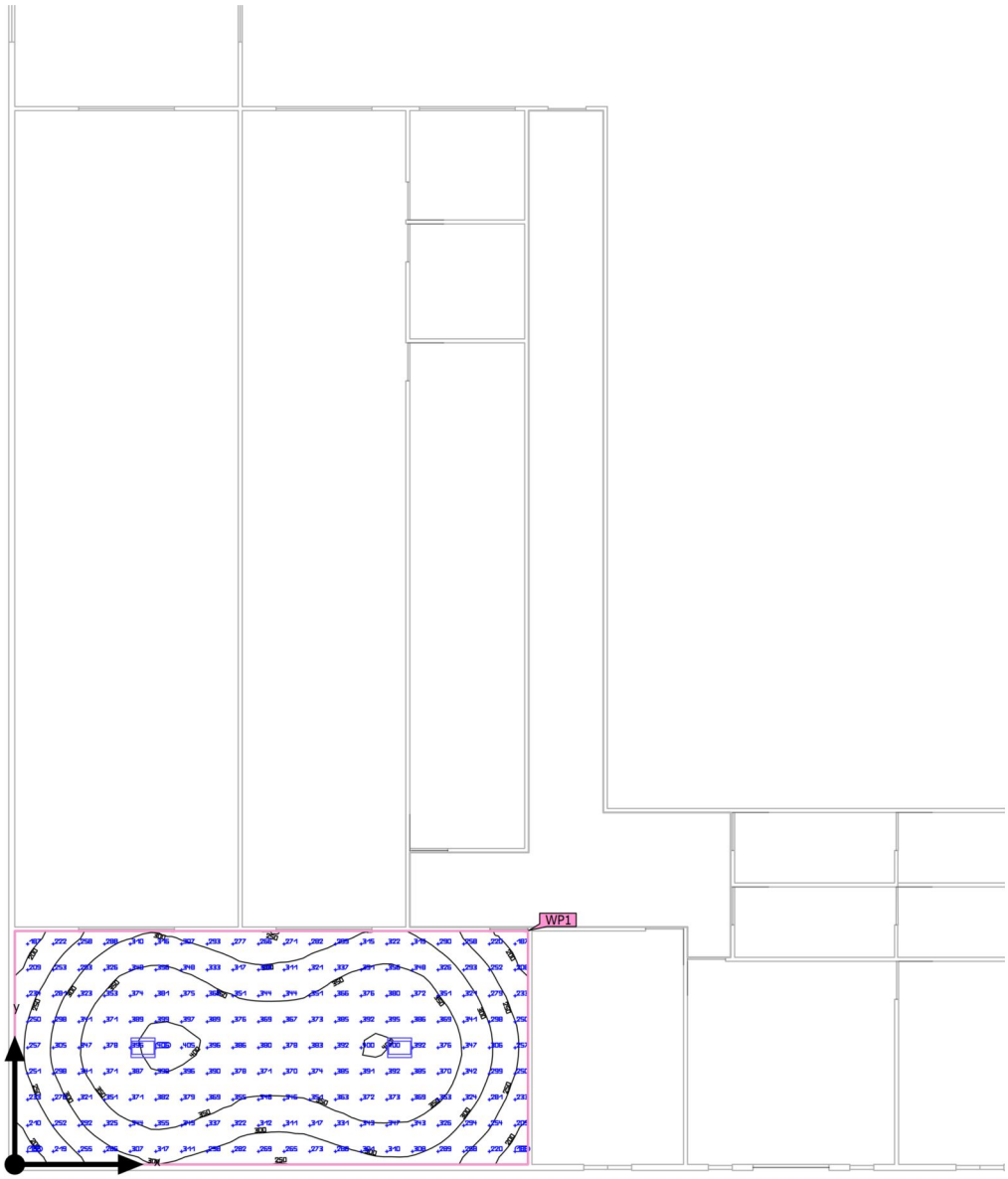


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de envasado) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	524 lx (≥ 500 lx) ✓	332 lx	685 lx	0.63 (≥ 0.60) ✓	0.48	WP9

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.6 Control de vasos y botellas, control del producto, guarnición, clasificación, decoración)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración (Escena de luz 1)

Resumen



Base	75.23 m²	Altura interior del local	7.800 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	7.800 m
		Altura Plano útil	0.850 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	324 lx	≥ 200 lx	✓	WP1
	U_o (g_1)	0.51	≥ 0.40	✓	WP1
Evaluación del deslumbramiento[1]	$R_{UG, max}$	21	≤ 25	✓	
Valores de consumo[2]	Consumo	720 kWh/a	máx. 2650 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	4.25 W/m²	–		
		1.31 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 12.860 m x 5.850 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

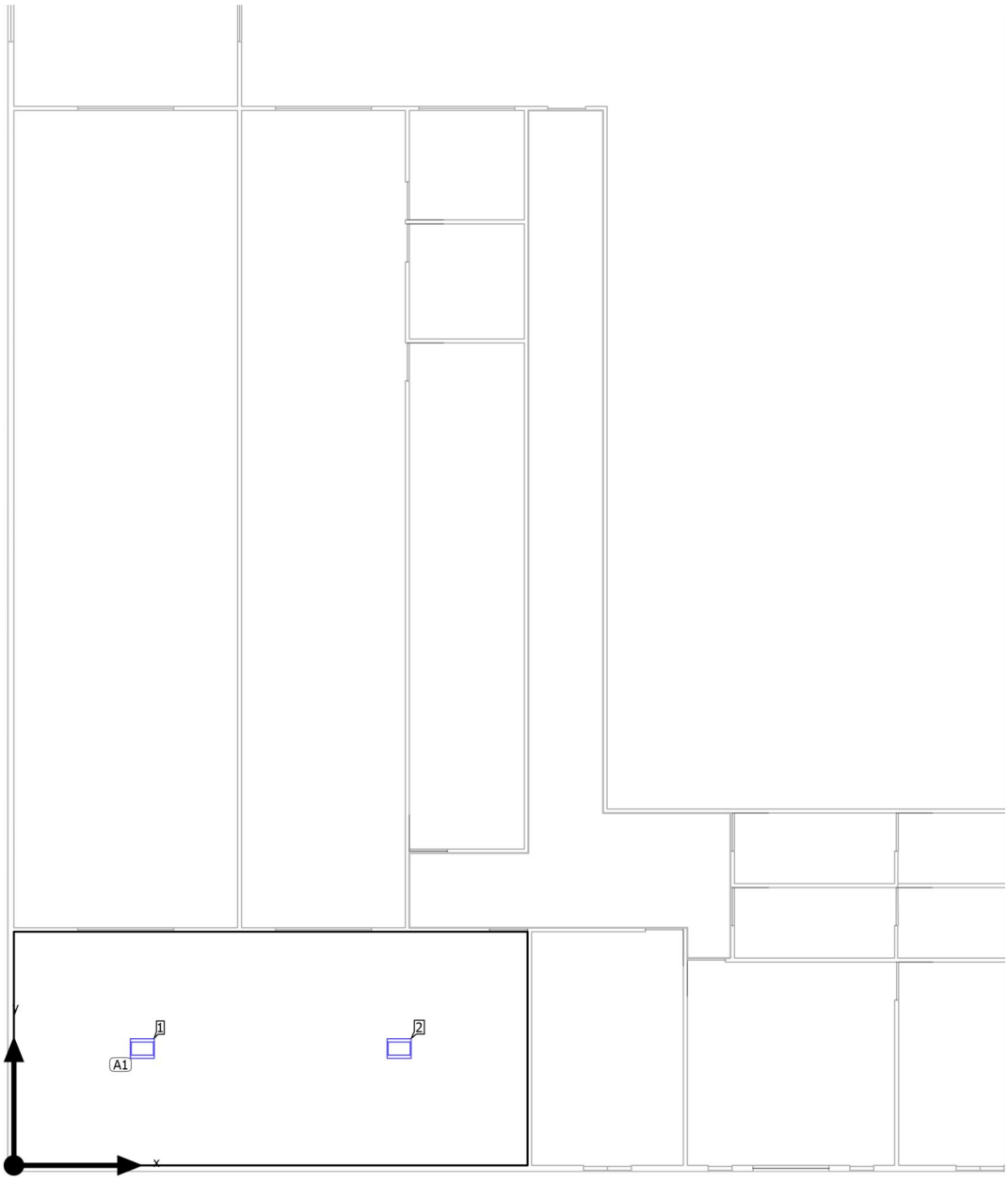
Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	21	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

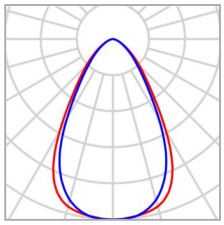
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB
Lámpara	1x

P	160.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm

2 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	3.215 m / 2.925 m / 7.800 m
Dirección X	2 Uni., Centro - centro, 6.430 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 5.850 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
3.215 m	2.925 m	7.800 m	1
9.645 m	2.925 m	7.800 m	2

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración

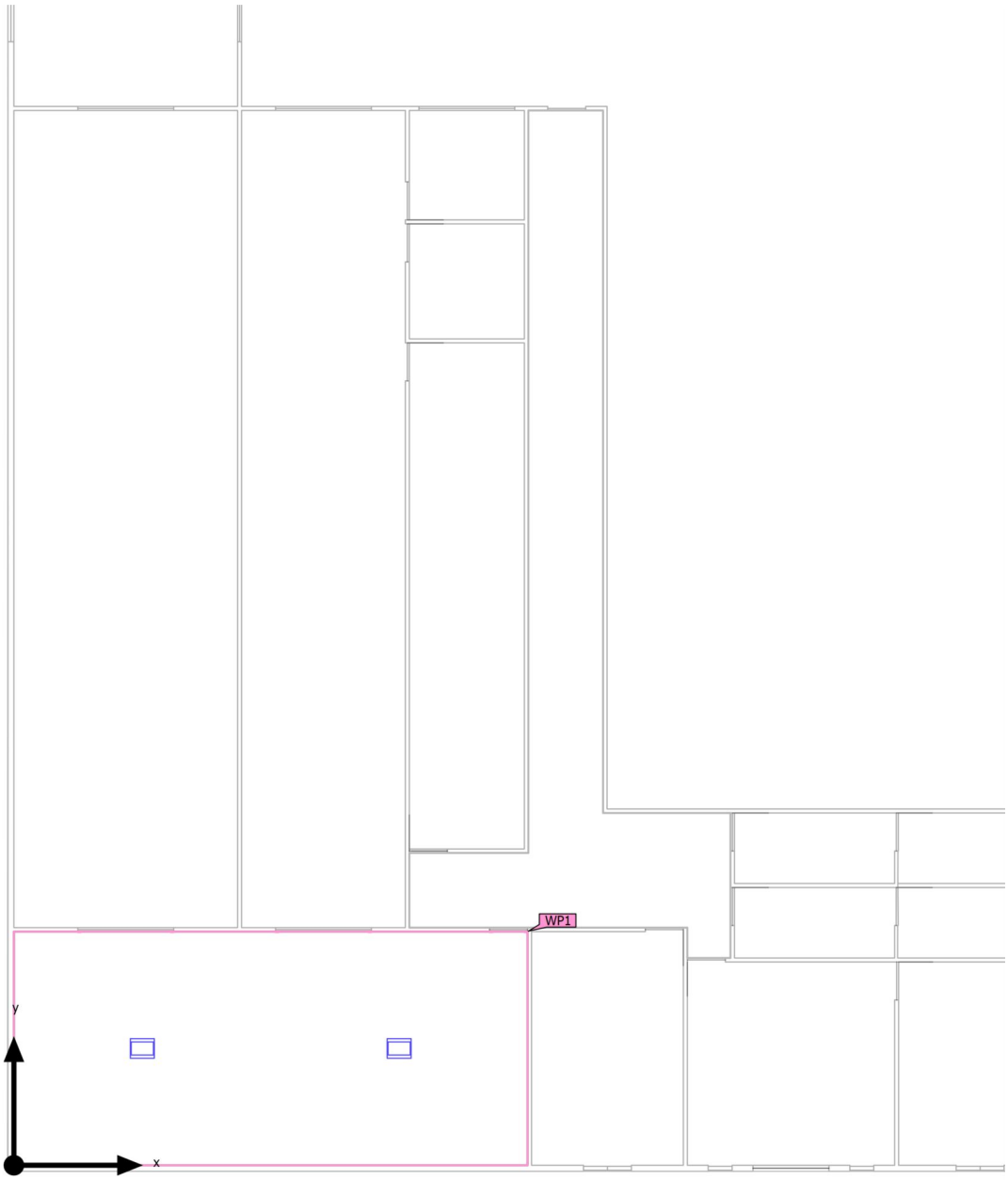
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
45956 lm	320.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

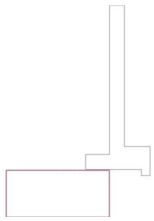
Planos útiles

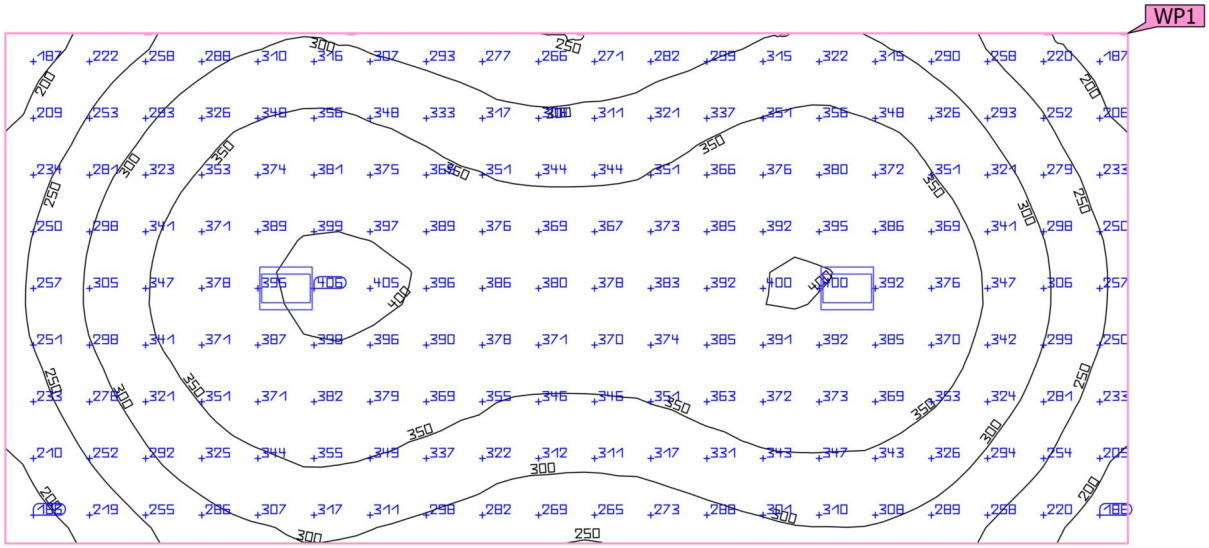
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de maduración) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	324 lx (≥ 200 lx) ✓	166 lx	406 lx	0.51 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP1

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de maduración (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona de maduración)



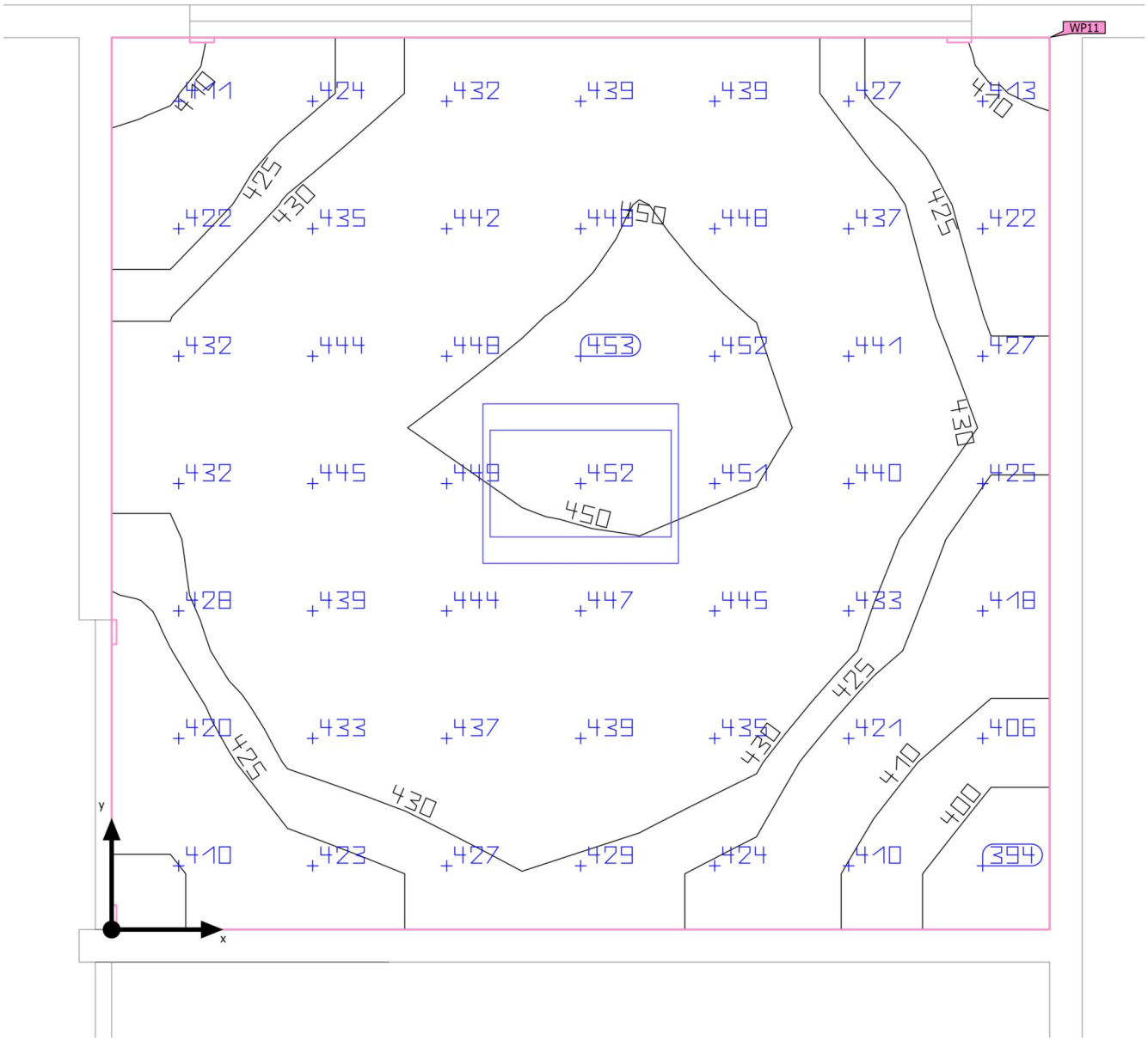


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de maduración) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	324 lx (≥ 200 lx) ✓	166 lx	406 lx	0.51 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP1

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda (Escena de luz 1)

Resumen



Base	7.89 m²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

Altura interior del local	7.800 m
Altura de montaje	7.800 m
Altura Plano útil	0.850 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	433 lx	≥ 300 lx	✓	WP11
	U_o (g_1)	0.91	≥ 0.60	✓	WP11
Evaluación del deslumbramiento[1]	$R_{UG,max}$	21	≤ 25	✓	
Valores de consumo[2]	Consumo	360 kWh/a	máx. 300 kWh/a	✗	
Área	Potencia específica de conexión	20.28 W/m²	–		
		4.68 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 2.880 m x 2.740 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

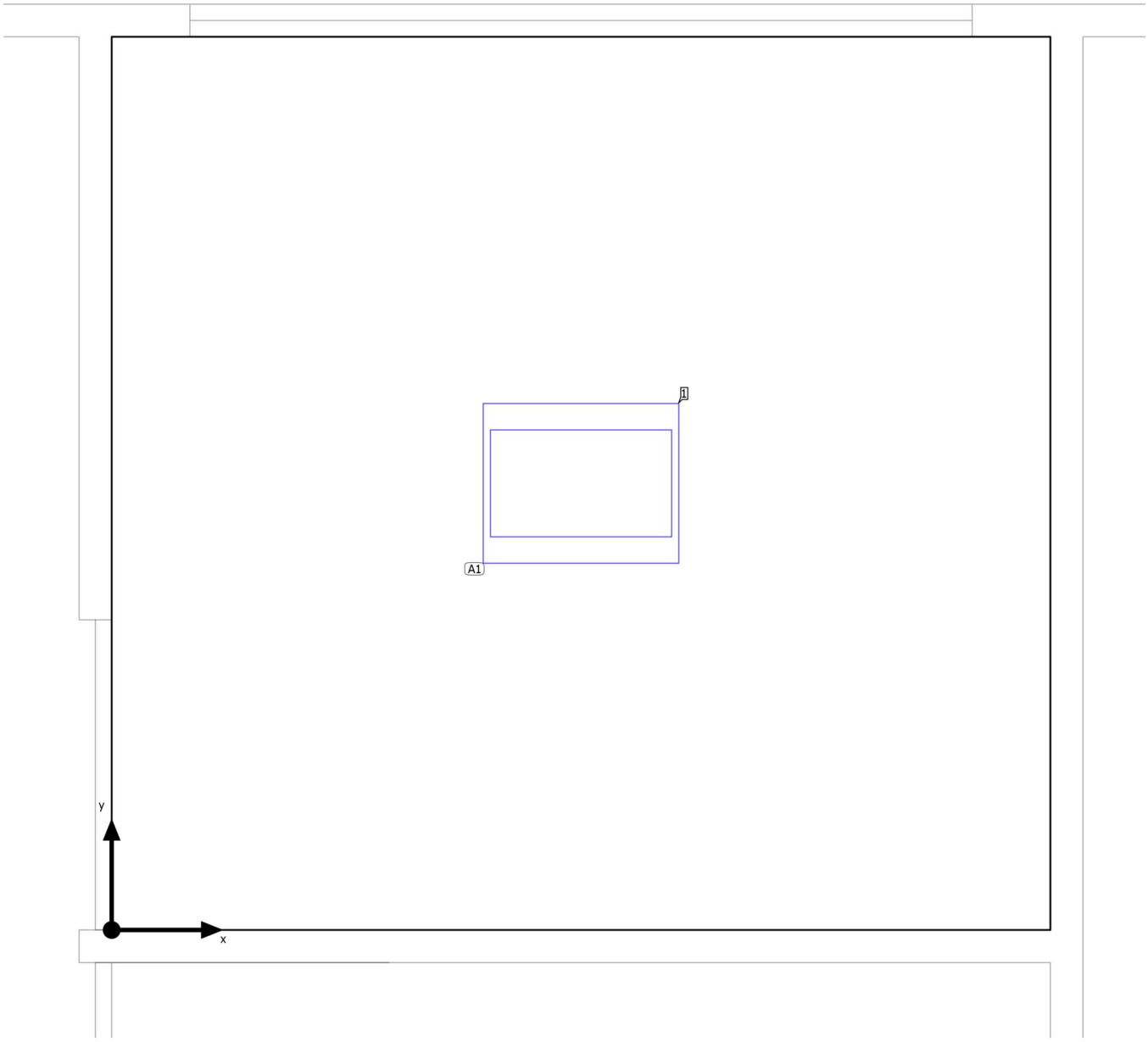
Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.2 Clasificación y lavado de productos, harinas, mezclas, envasado)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	21	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

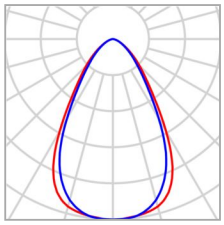
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB
Lámpara	1x

P	160.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm

1 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.440 m / 1.370 m / 7.800 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 2.880 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 2.740 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.440 m	1.370 m	7.800 m	1

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda

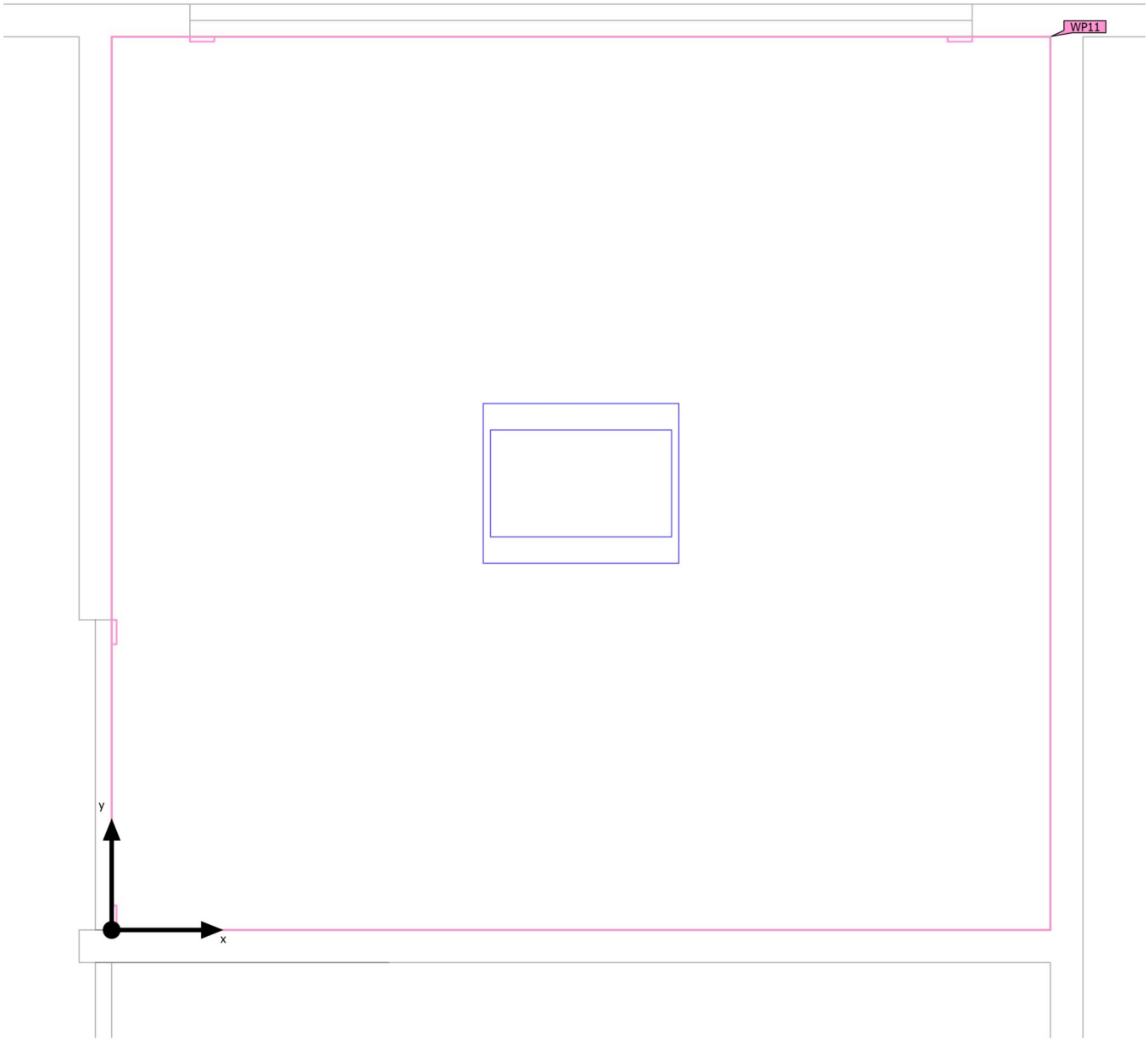
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
22978 lm	160.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

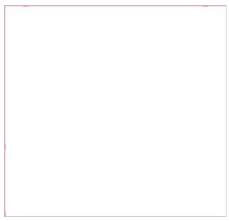
Planos útiles

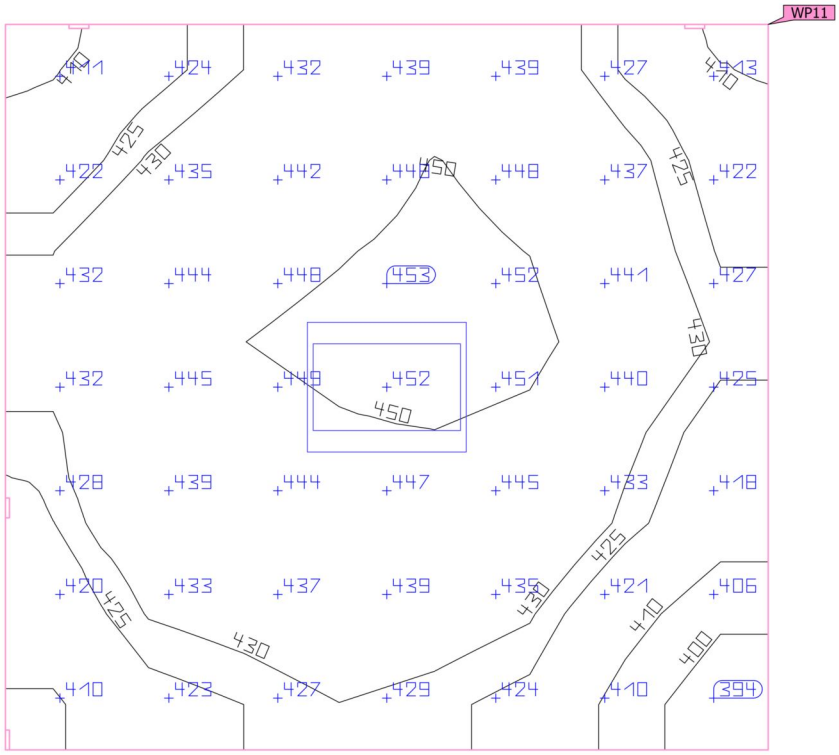
Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de molienda) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	433 lx (≥ 300 lx) ✓	393 lx	453 lx	0.91 (≥ 0.60) ✓	0.87	WP11

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.2 Clasificación y lavado de productos, harinas, mezclas, envasado)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de molienda (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona de molienda)



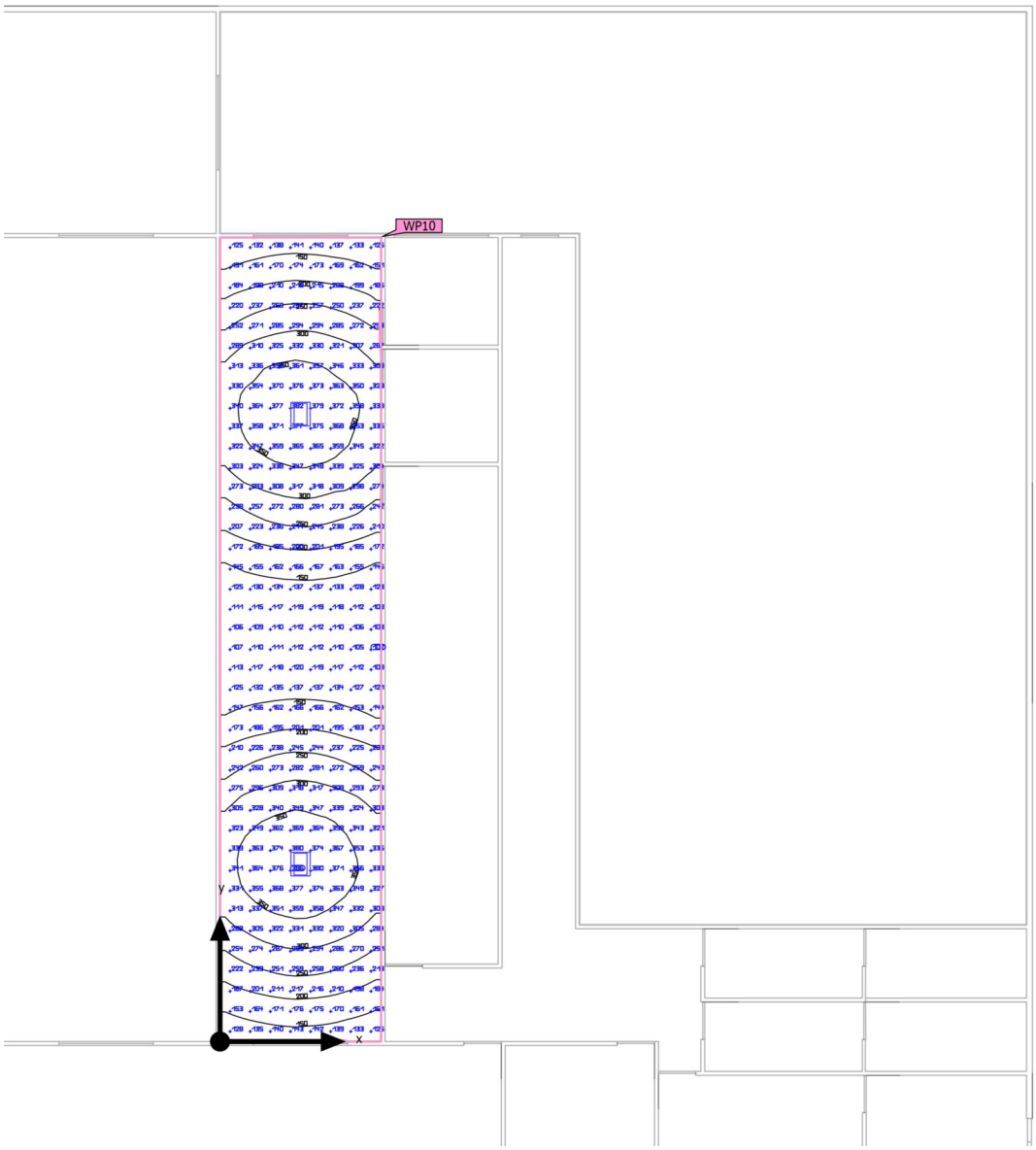


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de molienda) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	433 lx (≥ 300 lx) ✓	393 lx	453 lx	0.91 (≥ 0.60) ✓	0.87	WP11

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.2 Clasificación y lavado de productos, harinas, mezclas, envasado)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto (Escena de luz 1)

Resumen



Base	83.89 m²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

Altura interior del local	7.800 m
Altura de montaje	7.800 m
Altura Plano útil	0.850 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	246 lx	≥ 200 lx	✓	WP10
	U_o (g_1)	0.41	≥ 0.40	✓	WP10
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG, max}$	22	≤ 25	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	720 kWh/a	máx. 2950 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	3.81 W/m²	–		
		1.55 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 4.100 m x 20.460 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

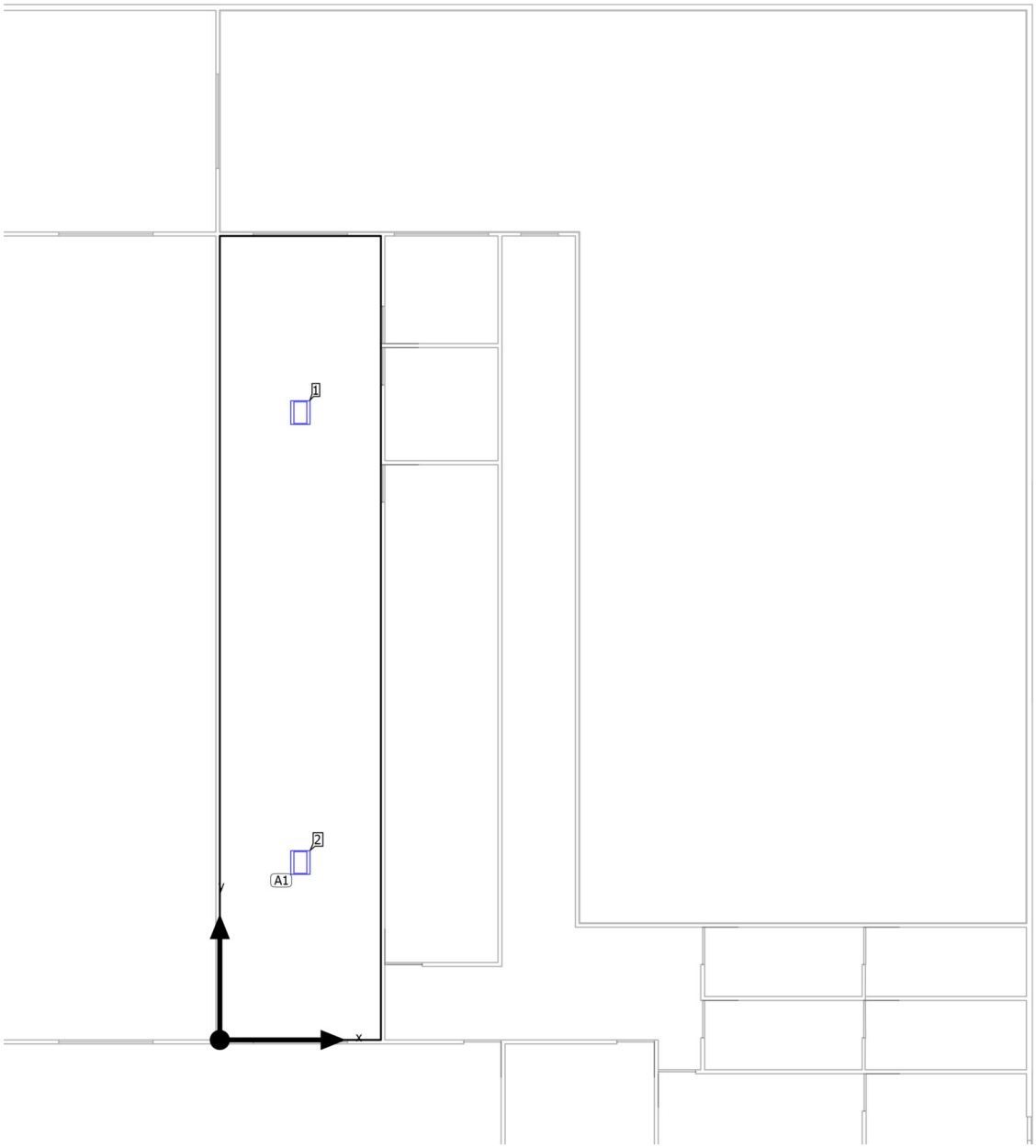
Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	22	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

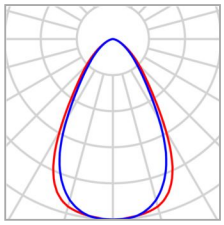
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB
Lámpara	1x

P	160.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm

2 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.050 m / 4.515 m / 7.800 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.050 m	15.965 m	7.800 m	1
2.050 m	4.515 m	7.800 m	2

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto

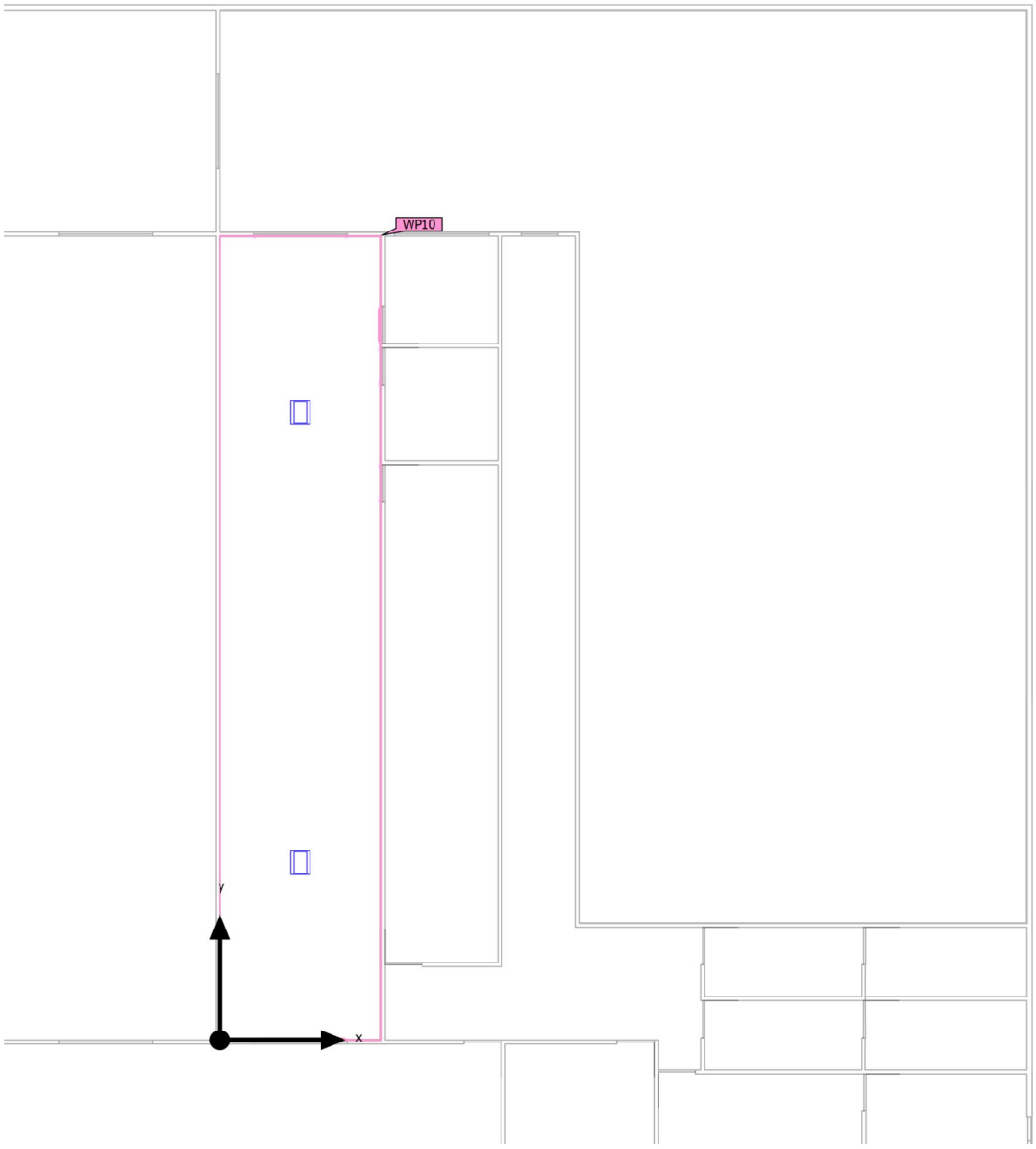
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
45956 lm	320.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

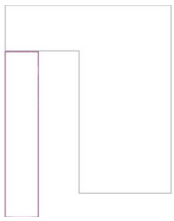
Planos útiles

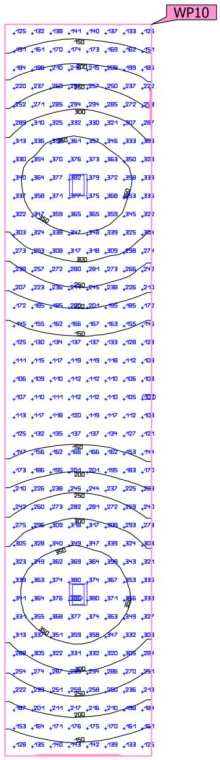
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de procesado del mosto) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	246 lx (≥ 200 lx) ✓	101 lx	383 lx	0.41 (≥ 0.40) ✓	0.26	WP10

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de procesado del mosto (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona de procesado del mosto)



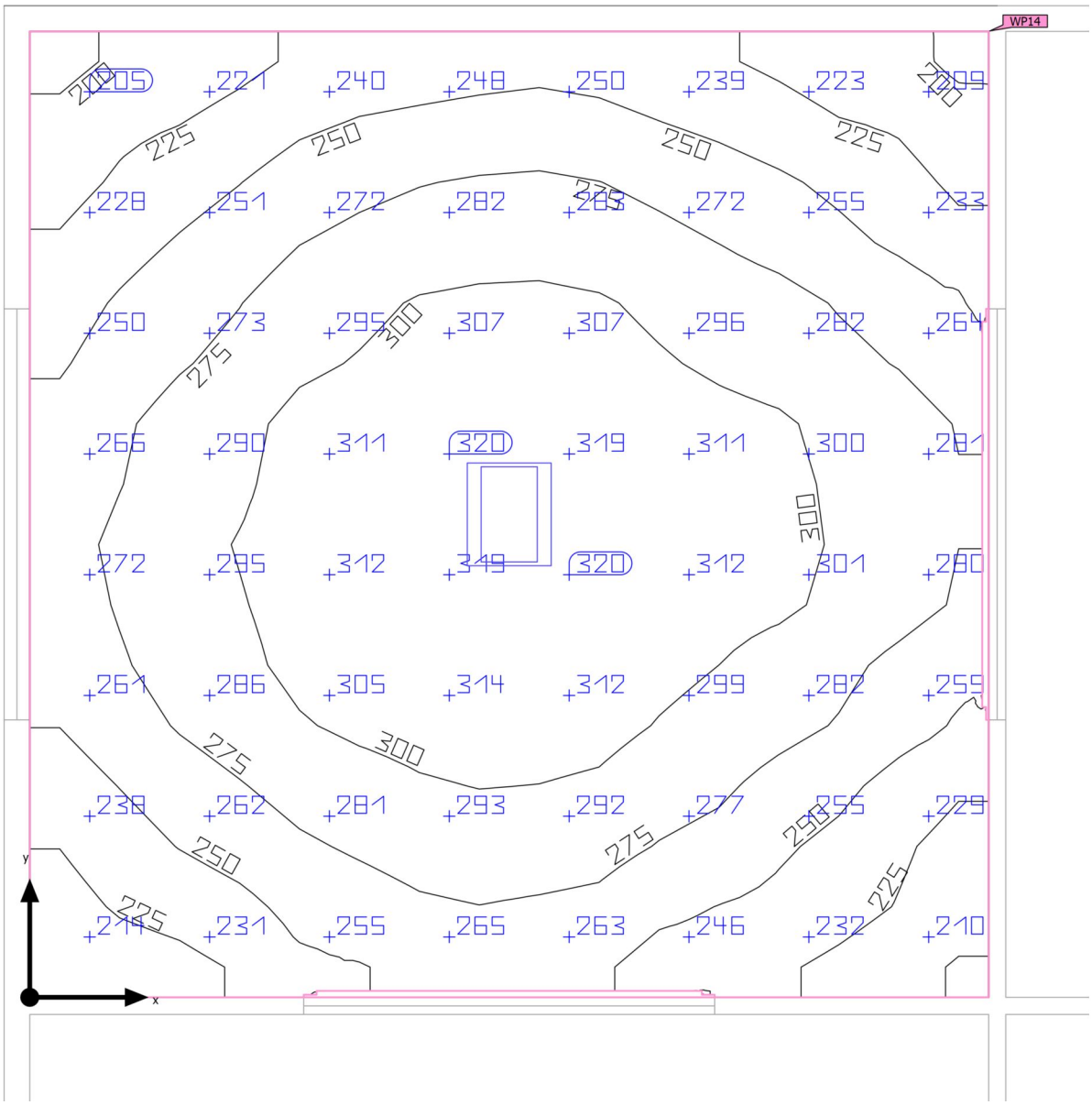


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de procesado del mosto) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	246 lx (≥ 200 lx) ✓	101 lx	383 lx	0.41 (≥ 0.40) ✓	0.26	WP10

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición (Escena de luz 1)

Resumen



Base	31.58 m²	Altura interior del local	7.800 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	7.800 m
		Altura Plano útil	0.000 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	271 lx	≥ 200 lx	✓	WP14
	U_o (g_1)	0.69	≥ 0.40	✓	WP14
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG, max}$	21	≤ 25	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	841 kWh/a	máx. 1150 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	5.07 W/m²	–		
		1.87 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 5.640 m x 5.600 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

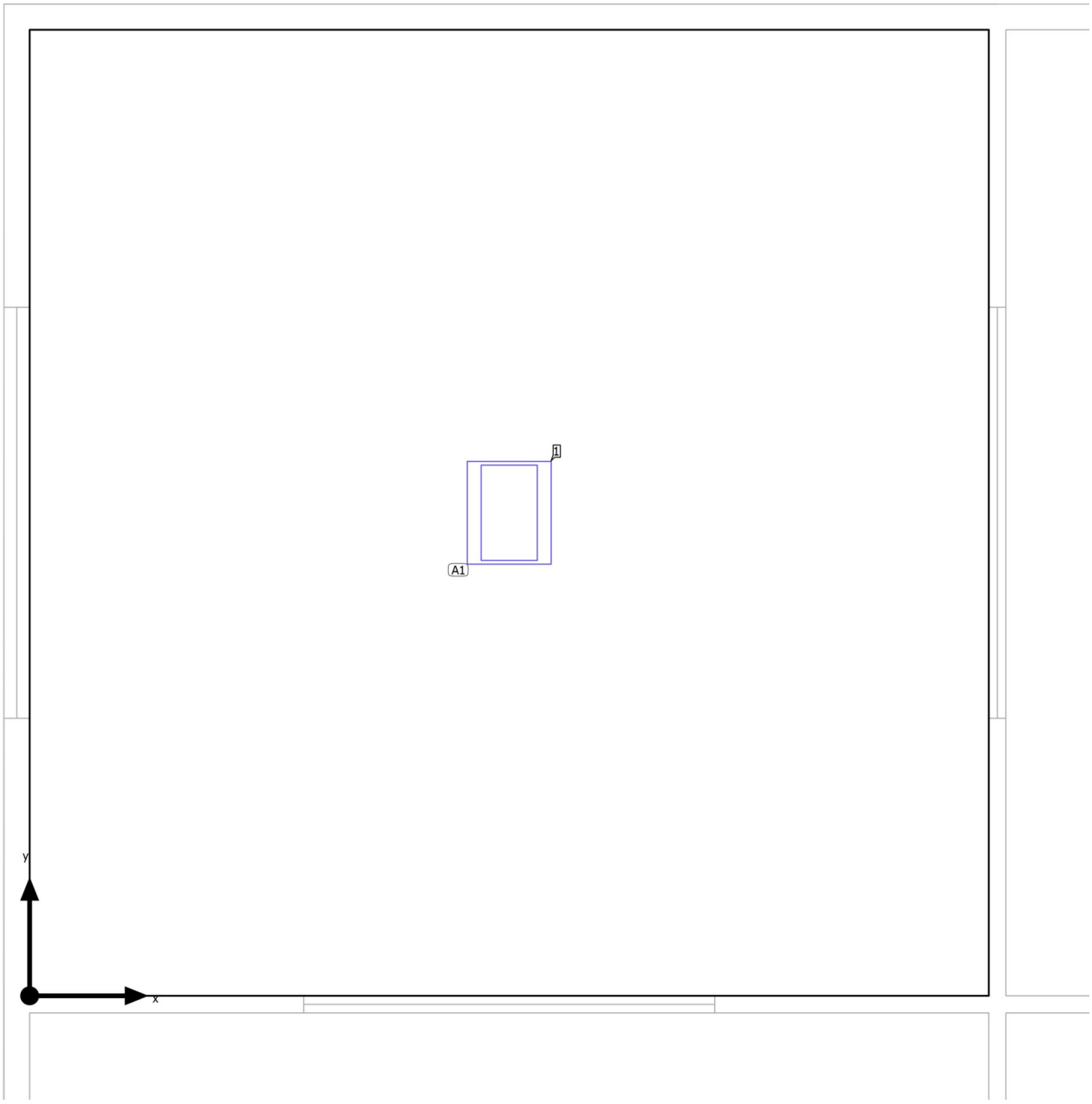
Perfil de uso: Logística y almacén (13.1 Zona de carga/descarga)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	21	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

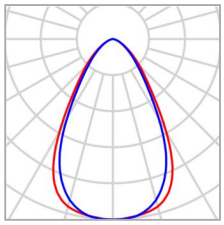
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB
Lámpara	1x

P	160.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm

1 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.800 m / 2.820 m / 7.800 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 5.600 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 5.640 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.800 m	2.820 m	7.800 m	1

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición

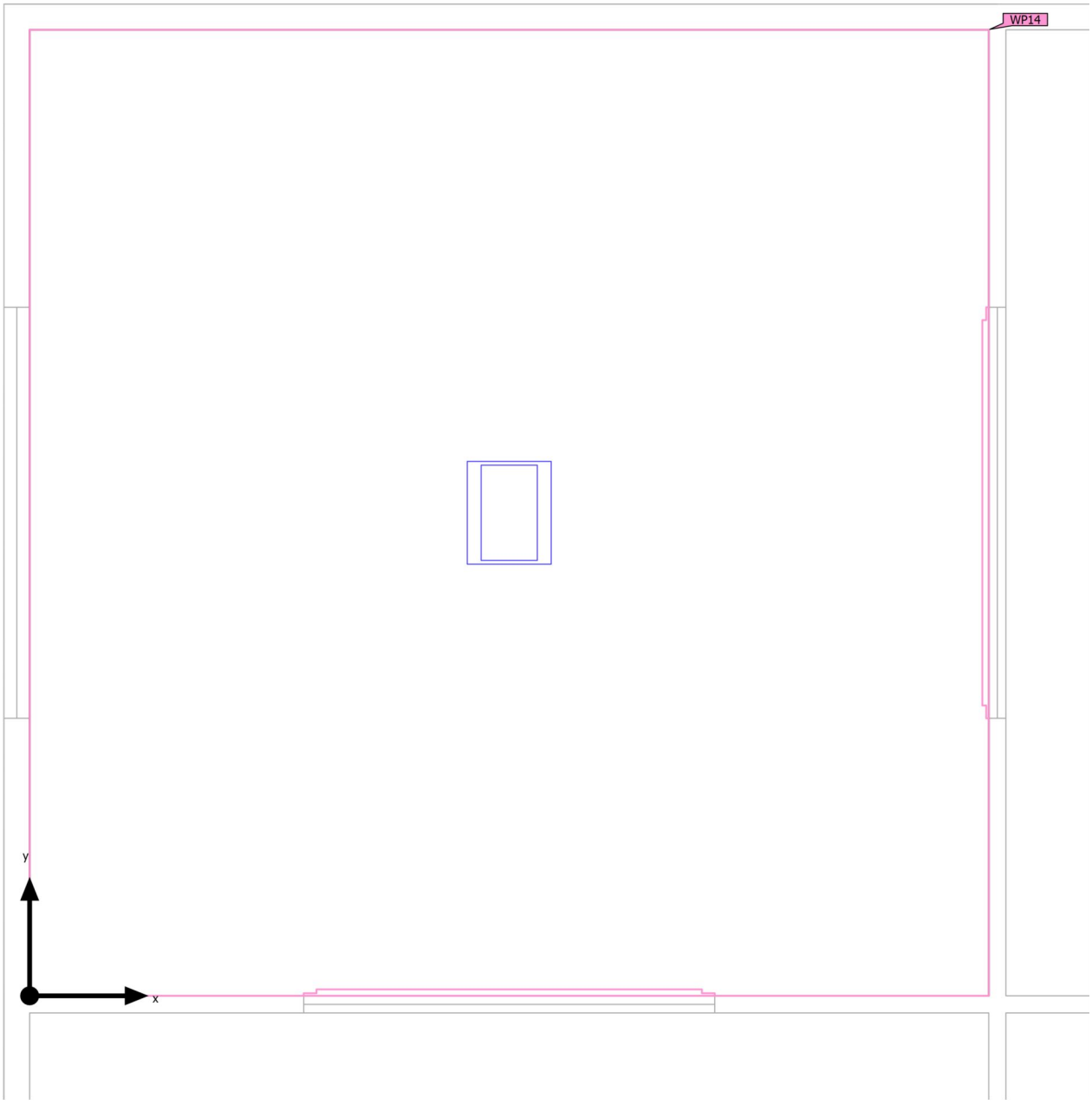
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
22978 lm	160.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

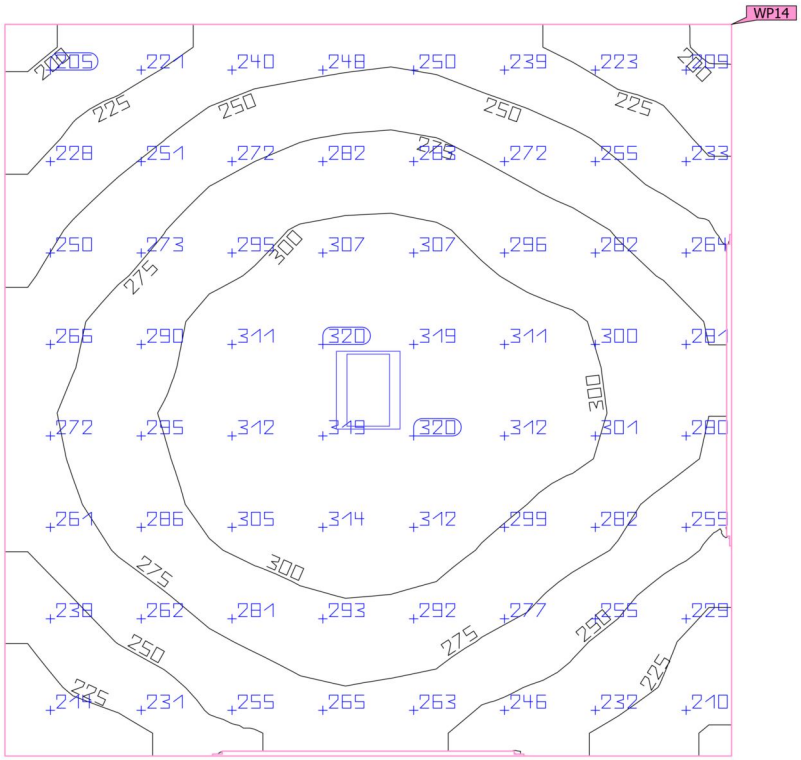
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de recepción/ expedición) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	271 lx (≥ 200 lx) ✓	188 lx	322 lx	0.69 (≥ 0.40) ✓	0.58	WP14

Perfil de uso: Logística y almacén (13.1 Zona de carga/descarga)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de recepción/ expedición (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona de recepción/ expedición)

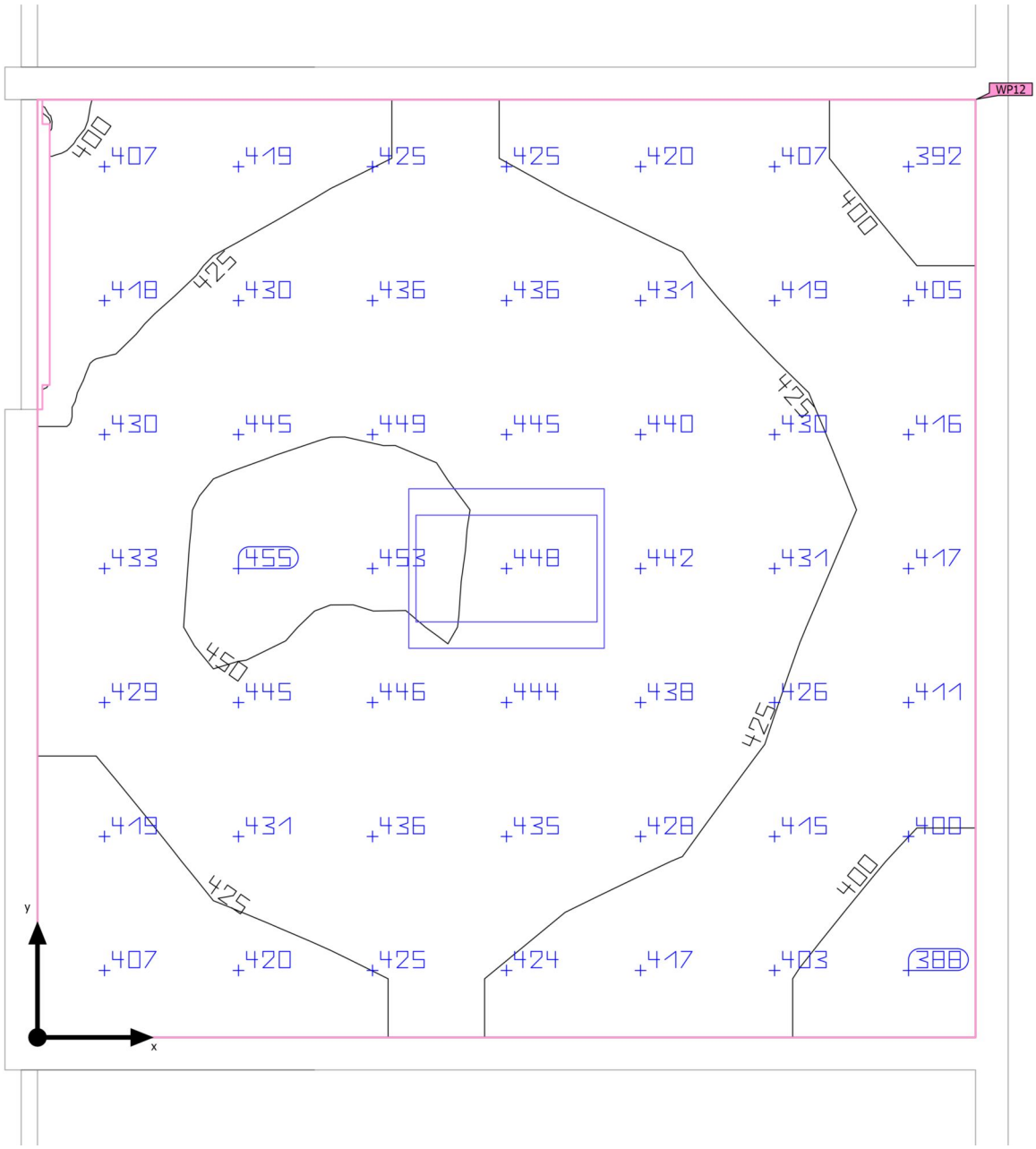


Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de recepción/ expedición) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	271 lx (≥ 200 lx) ✓	188 lx	322 lx	0.69 (≥ 0.40) ✓	0.58	WP14

Perfil de uso: Logística y almacén (13.1 Zona de carga/descarga)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua (Escena de luz 1)

Resumen



Base	8.29 m²	Altura interior del local	7.800 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 20.0 %	Altura de montaje	7.800 m
		Altura Plano útil	0.850 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	427 lx	≥ 200 lx	✓	WP12
	U_o (g_1)	0.82	≥ 0.40	✓	WP12
Evaluación del deslumbramiento(1)	$R_{UG,max}$	21	≤ 25	✓	
Valores de consumo(2)	Consumo	360 kWh/a	máx. 300 kWh/a	✗	
Área	Potencia específica de conexión	19.29 W/m²	–		
		4.52 W/m²/100 lx	–		

(1) Basado en un espacio rectangular de 2.880 m x 2.880 m y SHR de 0.25.
(2) Calculado mediante la eval. ener.

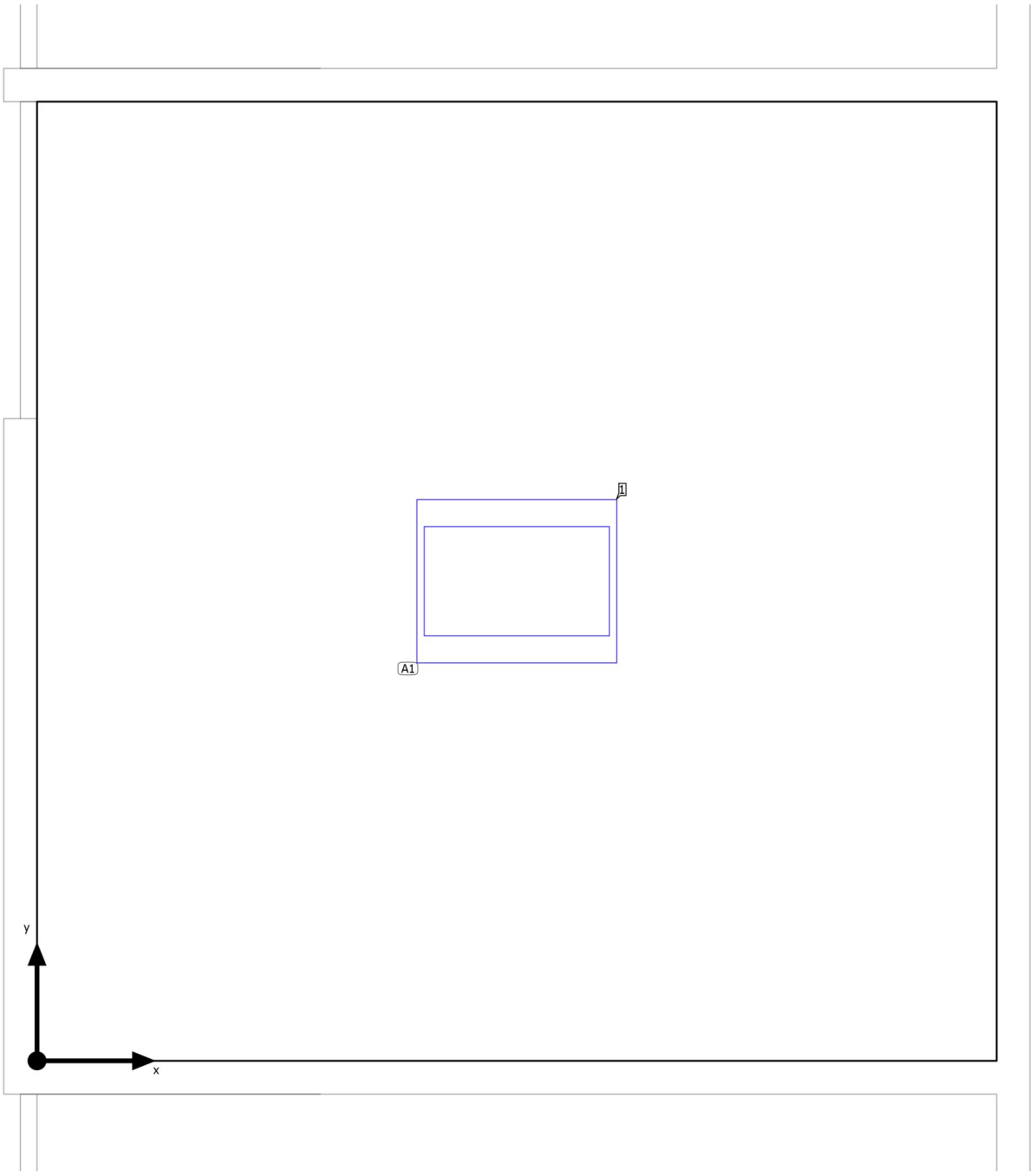
Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	R_{UG}	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	21	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

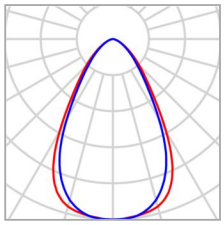
Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua

Plano de situación de luminarias



Fabricante	Philips
Nombre del artículo	BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB
Lámpara	1x

P	160.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	22978 lm

1 x Philips BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB

Tipo	Disposición en campo
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.440 m / 1.440 m / 7.800 m
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 2.880 m
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 2.880 m
Organización	A1

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.440 m	1.440 m	7.800 m	1

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua

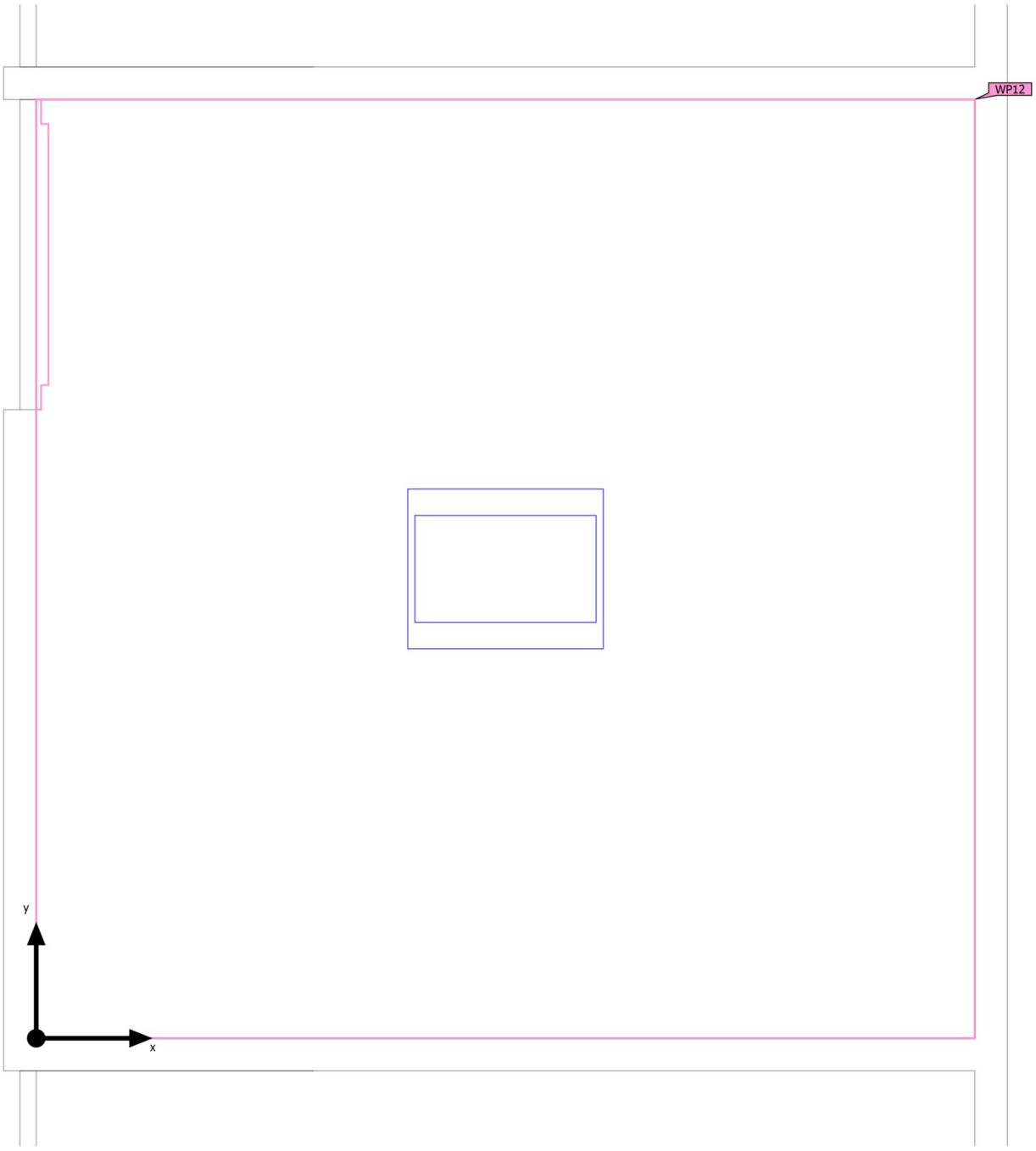
Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
22978 lm	160.0 W	143.6 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Philips		BY481P PSD 1 xLED250S/840 NBA-MB	160.0 W	22978 lm	143.6 lm/W

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

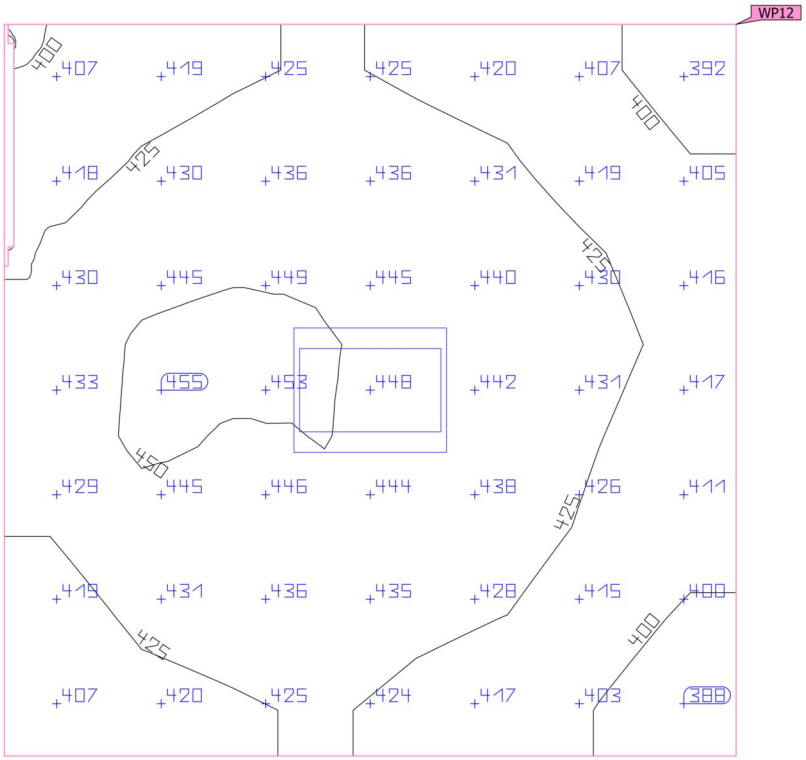
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de tratamiento del agua) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	427 lx (≥ 200 lx) ✓	349 lx	455 lx	0.82 (≥ 0.40) ✓	0.77	WP12

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)

Edificación 1 · Microcerveceria · Zona de tratamiento del agua (Escena de luz 1)

Plano útil (Zona de tratamiento del agua)



Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Zona de tratamiento del agua) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	427 lx (≥ 200 lx) ✓	349 lx	455 lx	0.82 (≥ 0.40) ✓	0.77	WP12

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas (20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo)