UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

**MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL
SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL
SECTOR VINÍCOLA**

TESIS DOCTORAL

Dña. RAQUEL VELA CANTALAPIEDRA
Ingeniero Agrónomo

Madrid, 2018

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

**MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL
SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL
SECTOR VINÍCOLA**

Doctorando:
Dña. RAQUEL VELA CANTALAPIEDRA
Ingeniero Agrónomo

Directores:
Prof. Dr. D. JOSÉ LUIS GARCÍA FERNÁNDEZ
Catedrático Universidad Politécnica de Madrid
INGENIERÍA AGROFORESTAL

Prof. Dr. D. JOAQUÍN FUENTES-PILA ESTRADA
Profesor Universidad Politécnica de Madrid
ECONOMÍA AGRARIA, ESTADÍSTICA Y GESTIÓN DE EMPRESAS

Madrid, 2018

Tribunal nombrado por el Magnífico y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 201 .

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Suplente: _____

Suplente: _____

Realizado el acto de defensa y lectura de Tesis el día de de 201 .

En la E.T.S.I.A.A.B.

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Universidad Politécnica de Madrid y a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas por haberme dado la oportunidad de realizar esta tesis en su Departamento de Ingeniería Agroforestal.

Agradecimientos a los Directores de la tesis, el Profesor Dr. D. José Luís García Fernández y el Profesor Dr. D. Joaquín Fuentes-Pila Estrada y, en especial, al Profesor Dr. D. José Luís García Fernández, por haber aceptado amablemente a dirigir esta tesis; agradecerles su apoyo, su colaboración y sus conocimientos durante este periodo.

DEDICATORIA

A mi querida familia. Sin ellos, no sería quien soy.

Por los valores y experiencias que me han inculcado sobre la vida, por enseñarme a ser flexible como un junco para que ante cualquier dificultad siempre busque una oportunidad, por trasmitirme el deseo e inquietud en descubrir nuevos horizontes y adquirir nuevos conocimientos, por ser mi referencia y motor de superación para trabajar día a día con gran perseverancia y constancia en la mejora continua para alcanzar y cumplir los anhelados retos personales y profesionales, por su apoyo incondicional e infinito, por mostrarme que con aptitud y actitud todo es posible.

Al éxito por la constancia: con constancia y tenacidad, se obtiene lo que se desea.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	1
SUMMARY	3
1. INTRODUCCIÓN.	5
1.1. Descripción general del sector y de las tecnologías.....	6
1.1.1. Consumo energético en el sector industrial en España.	6
1.1.2. El sector vitivinícola en el mundo.	12
1.1.3. El sector vitivinícola español.....	24
1.2. Incidencia de la profesionalización del sector.	35
1.3. El clima y la energía para el periodo 2012-2030. El Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de Paris.	36
1.3.1. Protocolo de Kyoto.....	36
1.3.2. El Acuerdo de Paris.	40
1.3.3. Marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020- 2030.	41
1.4. Evolución de las emisiones de gases GEI y proyecciones en España 2015- 2050.	43
1.4.1. Emisiones históricas.	43
1.4.2. Proyección de las emisiones de gases GEI.....	45
1.5. Índice de Eficiencia Energética en España.	48
1.6. Justificación de la tesis.....	49
2. OBJETIVOS.....	50
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	51
3.1. El sector del vino y la visión empresarial.	51
3.2. La regulación del sector y los aspectos socioeconómicos.	54
3.3. La eficiencia energética en las industrias alimentarias.	56

3.4. La eficiencia energética en el sector vitivinícola a través de diferentes variables.	68
3.4.1. Diseños constructivos.	68
3.4.2. Fases del proceso productivo.	83
3.4.3. La instalación de energías renovables.	87
3.5. Sostenibilidad y aspectos medioambientales.	90
4. MATERIAL Y MÉTODOS.	95
4.1. Material de referencia.	96
4.1.1. Proyecto CO2OP, año 2011.	96
4.1.2. Proyecto TESLA, años 2014 y 2015.	96
4.2. La bodega de referencia.	98
4.3. Metodología.	101
4.4. Propuestas de medidas de ahorro y eficiencia energética (MAE).	104
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	113
5.1. Análisis de la situación actual del área de la energía en bodegas.	113
5.2. Evaluación técnico-económica de las medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas.	116
5.3. Estado actual de la instalación de referencia y resumen del estudio técnico-económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas (MAE).	131
5.4. Calificación de las medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas. ...	133
5.5. Análisis de sensibilidad del ratio VAN/Inversión.	141
5.5.1. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.	142
5.5.2. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.	145
5.5.3. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la vida útil de los equipos.	147
5.5.4. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.	150
5.5.5. Resultados del análisis de sensibilidad del ratio VAN/Inversión.	153
6. CONCLUSIONES.	156
7. BIBLIOGRAFÍA.	157
7.1. Publicaciones.	157

7.2.	Páginas Web.....	163
8.	ANEJOS.....	170
8.1.	Anejo 1: Inventario de los equipos considerados en la bodega de referencia.	170
8.2.	Anejo 2: Cálculo de las MAE.	171
8.2.1.	MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.....	171
8.2.2.	MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.	175
8.2.3.	MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.....	180
8.2.4.	MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.	183
8.2.5.	MAE 5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.	189
8.2.6.	MAE 6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización....	194
8.2.7.	MAE 7. Instalación de batería de condensadores.....	199
8.2.8.	MAE 8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.	202
8.2.9.	MAE 9. Implantación de un Building Management System (BMS) como sistema de gestión y control.	206
8.3.	Anejo 3: Cálculos del análisis de sensibilidad.....	213
8.3.1.	MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.....	213
8.3.2.	MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.	216
8.3.3.	MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.....	219
8.3.4.	MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.	222
8.3.5.	MAE 5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.	225
8.3.6.	MAE 6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización....	228
8.3.7.	MAE 7. Instalación de batería de condensadores.....	231
8.3.8.	MAE 8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.	234

8.3.9. MAE 9. Implantación de un Building Management System (BMS) como sistema de gestión y control.	237
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Exportación de vino en España (2015) por tipo de producto.....	28
Figura 1.2. Desglose y ahorro potencial de energía por sector de actividad. Índice de eficiencia energética en España en Pymes.	48
Figura 4.1. Ubicación de las industrias que han participado en el Proyecto TESLA.....	98
Figura 4.2. Esquema del proceso productivo de la bodega de producción de vino tinto de 30.000 hl/año, considerada de referencia de los cuatro países estudiados (España, Francia, Portugal e Italia).	100
Figura 5.1. Balance de Energía (Diagrama Sankey).	114
Figura 5.2. Distribución del consumo de energía por equipos en la bodega de referencia.	115
Figura 5.3. Comparación de la puntuación obtenida por cada MAE para los indicadores de rentabilidad y el ratio de rentabilidad.	136
Figura 5.4. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.....	144
Figura 5.5. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.	146
Figura 5.6. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la vida útil de los equipos.....	149
Figura 5.7. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual del flujo respecto la variación porcentual de los ahorros anuales.	152
Figura 5.8. Variación porcentual de la inversión, vida útil de los equipos y el flujo de la variación de los ahorros y variación de la tasa de descuento.	154

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Producción mundial de vino (sin incluir zumos y mostos).....	13
Cuadro 1.2. Consumo mundial de vino.	16
Cuadro 1.3. Exportaciones en término de volumen.....	20
Cuadro 1.4. Exportaciones en término de valor.	20
Cuadro 1.5. Importaciones en término de volumen.....	21
Cuadro 1.6. Importaciones en término de valor.	21
Cuadro 1.7. Comercio mundial de vino por tipo de producto.	22
Cuadro 1.8. Distribución mundial del sector vitivinícola. Datos mundiales de la superficie de viñedo, la producción de uva, la producción de vino y el consumo de vino.	23
Cuadro 1.9. Distribución mundial del comercio de vino (exportación e importación en volumen y valor).....	23
Cuadro 1.10. Matriz DAFO.	34
Cuadro 1.11. Emisiones totales brutas de gases GEI (kt CO ₂ eq).	44
Cuadro 1.12. Emisiones de gases GEI. Variaciones respecto a los niveles de emisión de 2005 y 2015.	47
Cuadro 5.1. MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.	119
Cuadro 5.2. MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.	121
Cuadro 5.3. MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.	122
Cuadro 5.4. MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.	124
Cuadro 5.5. MAE5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.	125
Cuadro 5.6. MAE6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización.	127
Cuadro 5.7. MAE7. Instalación de batería de condensadores.	128
Cuadro 5.8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.....	129
Cuadro 5.9. MAE9. Implantación de un Building Management System (BMS) como sistema de gestión y control.....	130

Cuadro 5.10. Características principales de los equipos considerados de referencia para los que se propone una MAE.....	131
Cuadro 5.11. Medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas (MAE).....	132
Cuadro 5.12. Ahorros generados e indicadores de rentabilidad de las medidas de ahorro y eficiencia energética analizadas.....	132
Cuadro 5.13. Tipología de la calificación de las medidas de ahorro.....	134
Cuadro 5.14. Calificación de las MAE ordenadas por grupo.....	134
Cuadro 5.15. Medidas. Cuadro resumen de los ahorros, de los indicadores económicos y del ratio de rentabilidad y su calificación.....	137
Cuadro 5.16. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.....	142
Cuadro 5.17. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.....	145
Cuadro 5.18. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación porcentual de la vida útil.....	147
Cuadro 5.19. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.....	150
Cuadro 5.20. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación de las variables parametrizadas.....	153

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1. Consumo Final de Energía por sectores (ktep).	7
Gráfico 1.2. Consumo Final de Energía por subsectores del sector Industria (ktep).	8
Gráfico 1.3. Consumo energético por sectores industriales. Año 2015.	9
Gráfico 1.4. Distribución de consumo de energía final por sector agroindustrial (MWh).	10
Gráfico 1.5. Evolución anual de la elaboración mundial de vino.....	12
Gráfico 1.6. Evolución anual del consumo de vino.....	14
Gráfico 1.7. Países más relevantes en el consumo de vino.	15
Gráfico 1.8. Evolución del comercio mundial de vino en volumen y valor.....	19
Gráfico 1.9. Tipología de empresas vitivinícolas en España.....	24
Gráfico 1.10. Consumo interior y exportación de vino en España.....	27
Gráfico 1.11. Venta de vinos españoles (2016).....	30
Gráfico 1.12. Evolución de las exportaciones de vino en España por CC. AA.	31
Gráfico 1.13. Emisiones mundiales de CO ₂ (t/per cápita).....	39
Gráfico 1.14. Evolución de las emisiones de gases GEI tomando como base el primer año de la serie.	44
Gráfico 1.15. Distribución anual de las emisiones de gases GEI por grupo de actividad y detalle para el año 2015.	45
Gráfico 1.16. Proyección de las emisiones hasta el año 2050.....	46
Gráfico 1.17. Emisiones de gases GEI. Evolución y proyección por sectores de actividad (1990-2050).....	47
Gráfico 5.1. Consumo eléctrico anual en la bodega de referencia.	113

GLOSARIO

ACCE / CES	Ahorro respecto a la situación inicial en Coste y Consumo Energético <i>/ Cost and Energy Saving</i>
ACS	Agua Caliente Sanitaria
AET / TES	Ahorro Energético Total / <i>Total Energy Saving</i>
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
CGBT	Cuadro General de Baja Tensión
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COP	Coefficiente de rendimiento - <i>Coefficient of Performance</i>
DOP	Denominación de Origen Protegida
ECV / LCA	Evaluación del Ciclo de Vida / <i>Life Cycle Assessment</i>
EER	Coefficiente de eficacia frigorífica - <i>Energy Efficiency Ratio</i>
FCG / GWP	Factor de calentamiento global / <i>Global-warming potential</i>
GEI / GHG	Gases Efecto Invernadero / <i>Greenhouse Gases</i>
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IE	<i>International Efficiency</i>
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ISO	Organización Internacional de Normalización
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
MAPAMA	Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente
MAE / ESM	Medida de Ahorro y Eficiencia Energética / <i>Energy Saving and Efficiency Measure</i>
MTD	Mejores Técnicas Disponibles
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OIV	Organización Internacional de la Viña y el Vino
PLC	Controlador lógico programable – <i>Programmable Logic Controller</i>
REE	Red Eléctrica Española
SCE / BMS	Sistema de Control del Edificio / <i>Building Management System</i>
SGA	Sistema de Gestión Ambiental

TIR / IRR	Tasa Interna de Rendimiento / <i>Internal Rate of Return</i>
UNE	Una Norma Española
UTA	Unidad de Tratamiento de Aire
VAN / NPV	Valor Actual Neto / <i>Net Profit Value</i>
VFD / VSD	Variador de Frecuencia / <i>Variable Speed Drives</i>

RESUMEN

La industria agroalimentaria se halla inmersa, en la actualidad, en un contexto socio-económico en el que factores como la globalización y la internacionalización de la distribución, o el avance de la I+D+i del sector están marcando la situación futura de esta industria en España. En este escenario, la optimización de los consumos energéticos en los procesos de fabricación se presenta como una de las herramientas más apropiadas.

En la presente tesis se ha desarrollado y propuesto una metodología para modelizar la optimización energética en el sector agroindustrial tomando como ejemplo para su aplicación el sector vitivinícola, con el fin de que se convierta en una referencia para el resto de sectores, para que así puedan alcanzar el potencial de ahorro energético existente en cada uno de ellos.

La metodología que se ha establecido ha seguido las siguientes etapas:

- ✓ Se han caracterizado los consumos energéticos por fases del proceso productivo y por equipos de una bodega de referencia.
- ✓ A continuación, se ha identificado y analizado un cierto número de medidas de ahorro y eficiencia energética (MAE) que, posteriormente, han sido estudiadas y valoradas desde un punto de vista técnico-económico.
 - Por un lado, se ha calculado la inversión necesaria para la implantación de cada una de las medidas, así como los ahorros que generarían tanto en términos energéticos como económicos y su porcentaje (ACCE y AET). Se ha calculado también, la cuantía de las emisiones de gases GEI que se dejarían de emitir a la atmósfera (t CO₂/año).
 - Por otro, se ha efectuado el cálculo de los siguientes indicadores de rentabilidad: el payback (años), que identifica el periodo de recuperación de la inversión, el VAN (€), calculado como el valor actualizado de los flujos de los ahorros generados deducida su inversión, la TIR (%),

estimada como la tasa de rentabilidad interna de la inversión y el ratio VAN/Inversión como ratio de rentabilidad.

- ✓ A partir de los valores de los indicadores y del valor del ratio de rentabilidad, se ha establecido un criterio de puntuación de 0 a 10. Asignada la puntuación se le ha atribuido la calificación correspondiente (Grupo A, B, C y D) caracterizándose de este modo la idoneidad de cada una de las medidas.
- ✓ Además, se ha realizado un análisis de sensibilidad de la variación del ratio de rentabilidad VAN/Inversión de cada medida respecto a la variación de ciertas variables.

Los resultados obtenidos muestran que las medidas que tienen un mayor impacto cuantitativo en la bodega de referencia son:

- ✓ la sustitución de enfriadoras,
- ✓ la instalación de baterías de condensadores,
- ✓ la sustitución de iluminación convencional por tecnología LED,
- ✓ la instalación de analizadores de red,
- ✓ la instalación de variadores de frecuencia en las bombas, y
- ✓ la introducción de un sistema de gestión del edificio (Building Management System o BMS).

Medidas. Cuadro resumen de los ahorros, de los indicadores económicos y del ratio de rentabilidad y su calificación.

Medida de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE)	Ahorros					Indicadores Económicos				Calificación	
	Energía kWh/año	Valor €/año	GEI t CO ₂ /año	ACCE %	AET %	Payback Años	VAN €	TIR %	VAN / Inversión	Puntuación	Grupo
MAE1 Enfriadoras de fermentación	45.401	4.799	12,0	39	13,5	7,4	55.712	12	1,57	8,2	A
MAE7 Batería de condensadores	0	768	0,0	2	0	3,3	4.972	28	1,99	8,1	A
MAE4 Iluminación LED	354	94	0,1	45	0,1	8,5	980	10	1,22	5,6	B
MAE8 Analizadores de red	33.589	3.550	8,9	10	10,0	7,6	14.278	8	0,53	5,3	B
MAE2 Variadores de frecuencia en bombas centrifugas	28.849	3.049	7,6	39	8,6	7,9	5.688	5	0,24	4,5	C
MAE9 BMS	50.383	5.326	13,3	15	15,0	8,9	4.348	2	0,09	4,0	C
Total MAE recomendadas	158.576	17.585	42		47,2	7,8					
MAE3 Motores eléctricos de equipos de frío de mayor eficiencia	5.935	627	1,6	5	1,8	24	-3.077	-2	-0,21	2,3	D
MAE6 Aerotermia para climatización	3.029	320	0,8	37	0,9	31	-3.915	-4	-0,39	1,4	D
MAE5 Geotermia para climatización	4.360	461	1,2	54	1,3	44	-11.540	-7	-0,57	0,0	D

Fuente: Elaboración propia.

Palabras clave: eficiencia energética, industria alimentaria, vino.

SUMMARY

The agro-food industry is currently submitted in a socio-economic context in which factors such as globalization and the internationalization of the distribution or the R&D sector developments are framing its future.

In this scenario, an energy consumption optimization in any manufacturing processes can be considered as one of the most appropriate policies.

In this thesis a methodology to model energy optimization in the agroindustry sector has been developed and proposed. For its application, the wine sector has been taken as an example, with which it has tried to become a reference for the rest of industrial sectors, so that they can reach the potential energy saving existing in them.

The methodology is as follow:

- ✓ They have been characterized the energy consumption by all production process phases of the reference winery and their equipment.
- ✓ Next, some energy saving and efficiency measures (MAE) have been identified and analyzed, and then, they have been studied from the technical-economic point of view.
 - To do that, any necessary investment to implement these measures has been calculated as well as any savings that could generate, in terms of energy and money.
 - Finally, it has been calculated the following profitability indicators: payback (year), NPV (€) calculated as the present value of the savings flows generated by the investment, IRR (%) Internal rate of return and NPV/Investment, as a profitability ratio.
- ✓ Based on the indicators and the profitability ratio values, a score has been established from 0 to 10. Once the score has been obtained the corresponding

grade has been assigned (A, B, C or D), identifying in this way the measures appropriateness.

- ✓ In addition, a sensitivity analysis has been carried out on the variation of the NPV/Investment ratio of each measure with respect to the variation of certain variables.

Obtained results show that the following measures have a great quantitative impact on the winery of reference:

- ✓ replacement of chillers,
- ✓ installation of capacitor banks,
- ✓ replacement of conventional lighting by LED technology,
- ✓ installation of energy analyzers,
- ✓ installation of frequency inverters in pumps and,
- ✓ introduction of a building management system (Building Management System or BMS).

Measurements. Summary table of savings, economic indicators and profitability ratio and their classification.

Energy Saving Measure (ESM)	Savings					Economic indicators				Classification	
	Energy kWh/year	Value €/year	GHG t CO ₂ /year	CES %	TES %	Payback Year	NPV €	IRR %	NPV / Investment	Score	Grade
ESM1 Fermentation chiller replacement	45,401	4,799	12.0	39	13.5	7.4	55,712	12	1.57	8.2	A
ESM7 Installation of capacitor banks	0	768	0.0	2	0	3.3	4,972	28	1.99	8.1	A
ESM4 Replacing conventional lighting by LED lighting technology	354	94	0.1	45	0.1	8.5	980	10	1.22	5.6	B
ESM8 Installing energy analysers	33,589	3,550	8.9	10	10.0	7.6	14,278	8	0.53	5.3	B
ESM2 Installing variable speed drives (VSD) in centrifugal pumps	28,849	3,049	7.6	39	8.6	7.9	5,688	5	0.24	4.5	C
ESM9 BMS	50,383	5,326	13.3	15	15.0	8.9	4,348	2	0.09	4.0	C
Total recommended ESM	158,576	17,585	42		47.2	7.8					
ESM3 Replacing electric fermentation motors with others of a higher-efficiency	5,935	627	1.6	5	1.8	24	-3,077	-2	-0.21	2.3	D
ESM5 Implementation of geothermal energy for air conditioning	3,029	320	0.8	37	0.9	31	-3,915	-4	-0.39	1.4	D
ESM6 Implementation of aerothermal air conditioning	4,360	461	1.2	54	1.3	44	-11,540	-7	-0.57	0.0	D

Source: Own development.

Keywords: energy efficiency, food industry, wine.

1. INTRODUCCIÓN.

La producción de vino supone aproximadamente el 10% de la producción agrícola en países como Francia, Italia, Austria, Portugal y España. Por ello, la elaboración de vino y la viticultura juegan un papel socioeconómico importante para muchos países miembros de la UE; por un lado, por su impacto en las economías regionales y, por otro, por su repercusión en la economía global (CEEV, 2014).

En la Unión Europea, la producción de vino tiene un consumo anual de energía de unos 1.750 millones de kWh (Francia 500 millones de kWh, Italia 500 millones de kWh, España 400 millones de kWh y Portugal 75 millones de kWh), siendo su consumo mayoritario en forma de electricidad -superior al 90%- (Fuentes-Pila y García, 2014).

A la vista del importante consumo energético que representa el actual proceso de elaboración del vino, una de las vías para aumentar la competitividad de la actividad vitivinícola es promover el ahorro de energía, incentivando un consumo responsable y desarrollando un uso más eficiente de las fuentes energéticas. Todo ello redundará en una menor factura energética, una reducción de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y, por ende, ayudará a minimizar también la dependencia de las importaciones energéticas del exterior.

Estudios previos indican que aunque hay una relación entre el tamaño de las bodegas y el consumo de energía, para instalaciones de tamaños similares, existen diferencias notables en el consumo, lo que significa que hay un gran potencial de ahorro energético en este sector.

Como introducción previa a la descripción de la metodología utilizada en esta Tesis Doctoral, a continuación se detalla una descripción general del sector.

1.1. Descripción general del sector y de las tecnologías.

1.1.1. Consumo energético en el sector industrial en España.

El IDAE desglosa el consumo total de energía en tres sectores: Industria, Transporte y Usos diversos.

En el histórico de los datos de consumo energético publicados desde 1990 hasta 2015, se aprecian dos tendencias diferenciadas, una primera etapa de crecimiento en los consumos entre 1990-2007 y una segunda etapa de reducción entre 2007-2015 (Gráfico 1.1).

Por sector, los datos en términos absolutos en estos dos periodos son:

- ✓ Industria: incremento del 65% en el primer periodo y reducción del 39% en el segundo
- ✓ Transporte: incremento del 92% y reducción del 21%
- ✓ Usos Diversos: incremento del 102% y reducción del 1%

Los factores más relevantes a la hora de explicar la evolución de los consumos de energía final en España son los cambios estructurales en la economía (principalmente la terciarización), que ha concentrado sus actividades en subsectores de menor valor añadido, en particular la construcción de infraestructuras y viviendas y la actividad turística, la demanda residencial, el mix de generación (sustituyendo combustibles e incorporando en el mix energías renovables), los precios de la energía y su regulación y la climatología.

La evolución del consumo de energía final sigue la tendencia de la demanda, mostrando un cambio de tendencia a partir del 2005 hasta llegar al inicio de la crisis en 2008 apreciándose a partir de entonces cierto desajuste en su evolución debido a la situación económica y a la estructura de los sectores consumidores. El cambio de escenario económico ha afectado a numerosas ramas de la industria produciéndose cierto desacoplamiento entre las evoluciones de la actividad económica y de la demanda de

energía. Este aspecto queda justificado entre otros factores al hecho de que el equipamiento empleado funciona por debajo de su capacidad nominal lo que afecta al rendimiento. Por otra parte, hay que mencionar que el empeoramiento más acusado de la industria global se encuentra ligado a la evolución del sector construcción muy afectado por el cambio de coyuntura económica. Sin embargo, a causa de una mayor actividad de algunos sectores industriales intensivos en energía, se produjo un repunte en el año 2010.

Adicionalmente hay que comentar también que desde el año 2000 hay un progreso continuo de la eficiencia energética al que contribuyen todos los sectores destacando los sectores de transporte e industria (con mejores medias anuales del 1%).

Con los últimos datos publicados, el mayor consumo de energía lo representa el sector Transporte suponiendo el 41,7% del total del consumo energético de España, le sigue con un 34,8% Usos Diversos y en último lugar estaría el sector Industria representando un 23,5%.

La pérdida de peso relativo del sector industria en la demanda energética global viene acompañada de una merma en su aportación al PIB en el contexto de la progresiva tercerización de la economía española.

Gráfico 1.1. Consumo Final de Energía por sectores (ktep).

Dentro del sector Industria, el IDAE desglosa el consumo energético en trece subsectores (Gráfico 1.2). En la evolución de los consumos energéticos se aprecian cambios de tendencia en el que cabe resaltar en el subsector Alimentación, bebidas y tabaco cuatro momentos:

- ✓ 1990-2002: incremento en términos absolutos en el periodo del 230%, correspondiente a la etapa de crecimiento económico del país.
- ✓ 2002-2006: del 2002 al 2005 reducción del consumo en un 7% y de 2005 a 2006 una reducción del 23% como consecuencia del inicio de la crisis económica. En este periodo hay que mencionar que 2006 fue un año muy hídrico (45% de incremento respecto al año anterior) lo que supuso una reducción considerable en el consumo de energía.
- ✓ 2006-2011: del 2006 al 2010 se mantiene la tendencia decreciente en el consumo de energía experimentado una reducción en el consumo del 17% de 2010 al 2011.
- ✓ 2011-2015: incremento en términos absolutos del 25% en el consumo de energía final que corresponde con el periodo de recuperación económica.

Gráfico 1.2. Consumo Final de Energía por subsectores del sector Industria (ktep).

Fuente: IDAE 2017

Con los últimos datos publicados, el subsector Alimentación, bebidas y tabaco ocupa el cuarto lugar suponiendo el 12,1% del consumo energético total del sector Industria seguido de los subsectores de mayor consumo energético por excelencia: Minerales no metálicos 17,3%, Siderurgia y fundición 15,9% y Químico 14,9% (Gráfico 1.3).

Gráfico 1.3. Consumo energético por sectores industriales. Año 2015.

Por tanto, se puede decir que el sector agroindustrial supone un papel relevante y estratégico en España principalmente por dos motivos:

- ✓ Supone el 12,1% del consumo de energía total del sector Industria
- ✓ Supone el 21% del sector manufacturero y el 2,4% del PIB de España

Hay que mencionar, además, que el subsector Alimentación, bebidas y tabaco es un sector en auge. En 2016 las exportaciones incrementaron respecto al año anterior en un 8,4% representando la actividad exportadora del sector el 11% de los bienes de la economía española.

En cuanto a actividad exportadora, España ocupa el sexto lugar en Europa y el décimo del mundo.

En Europa el subsector Alimentación, bebidas y tabaco supone el 5,3% del consumo de energía del sector industrial y es el responsable del 1,5% de las emisiones de GEI.

Precisamente dos tercios de la energía bruta requerida surge durante la fase de producción por lo que existe un margen significativo para la mejora de la eficiencia energética y optimización de procesos en la etapa de procesado de la industria de alimentación, bebida y tabaco.

Según datos del IDAE, con datos publicados de 2015, el consumo de energía final del sector agroindustrial es de 26.575 MWh/año, de los cuales, el 74,9% lo representa los subsectores cervecero, lácteo y cárnico. Le sigue con un 12,8% el subsector aceites y grasas de semillas, con un 10,2% arroz y cereales en copos, 0,9% aceite y orujo de oliva, 0,6% el sector vitivinícola y 0,5% panificación y pastelería industrial (Gráfico 1.4).

Gráfico 1.4. Distribución de consumo de energía final por sector agroindustrial (MWh).

Dentro del sector agroindustrial, con la finalidad de agrupar los subsectores en función del desarrollo tecnológico de la propia actividad, se podrían diferenciar dos tipos: tecnificados y tradicionales. En el primer grupo estarían englobados el sector cervecero, lácteo, cárnico, aceites y grasas de semillas, arroz y cereales en copo. En el segundo, estaría el sector de aceite y orujo de oliva, el vitivinícola y la panificación y pastelería industrial.

La tesis se va a centrar en el sector tradicional y, en concreto, en el sector vitivinícola ya que aunque porcentualmente no represente uno de los sectores de mayor consumo de energía, se trata de uno de los sectores que más caracterizan a España y, donde además, el potencial de ahorro sería superior por ser un sector menos tecnificado.

1.1.2. El sector vitivinícola en el mundo.

a) Producción mundial de vino

La producción de vino en el mundo, en 2016, se ha calculado en 267 millones de hl, lo que supone una reducción (3,3%) respecto a la del año anterior de 276 millones de hl (OIV 2017, Gráfico 1.5).

Gráfico 1.5. Evolución anual de la elaboración mundial de vino.

Fuente: 2017 World vitiviniculture situation. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture.

Tres son los países que suponen la mitad de la elaboración mundial de vino (133,7 millones de hl); en primer lugar Italia, con 50,9 millones de hl (19,1%); sigue Francia, con 43,5 millones de hl (16,3%) y a continuación España, con 39,3 millones de hl (14,7%, Cuadro 1.1).

Le sigue EEUU con un 9% de la producción total. Del resto de países productores, los más representativos son Australia (4,9%), China (4,3%), Sudáfrica (3,9%), Chile (3,8%), Argentina (3,5%) y Alemania (3,4%).

Respecto al 2015, Italia y España experimentan un crecimiento del 2% y 4% respectivamente, mientras que Francia decrece en un 7%.

En 2016, la producción de vino de la Unión Europea, alcanzó los 162 millones de hl (excluido el mosto), implicando una reducción del 2% en comparación a la del año anterior. En el mismo año, los EEUU lograron una producción total de 23,9 millones de hl, lo que supuso un aumento del 10% respecto a 2015. Por otra parte, en Sudamérica, la producción se redujo de forma notable lo que se ha atribuido al fenómeno de “el Niño”, especialmente en Chile, Argentina y Brasil.

Cuadro 1.1. Producción mundial de vino (sin incluir zumos y mostos).

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE VINO							2016/2015	2016/2015
(excluidos zumos y mostos)							Variación en	Variación en
<i>mhl</i>		2012	2013	2014	2015	2016	volumen	%
1	Italy	45.6	54.0	44.2	50.0	50.9	0.9	2%
2	France	41.5	42.1	46.5	47.0	43.5	3.9	-7%
3	Spain	31.1	45.3	39.5	37.7	39.3	13.2	4%
4	USA	21.7	24.4	23.1	21.7	23.9	29.2	10%
5	Australia	12.3	12.3	11.9	11.9	13.0	39.0	9%
6	China	13.5	11.8	11.6	11.5	11.4	39.4	-1%
7	South Africa	10.6	11.0	11.5	11.2	10.5	39.7	-6%
8	Chile	12.6	12.8	10.0	12.9	10.1	38.1	-21%
9	Argentina	11.8	15.0	15.2	13.4	9.4	37.6	-29%
10	Germany	9.0	8.4	9.2	8.9	9.0	42.0	1%
11	Portugal	6.3	6.2	6.2	7.0	6.0	43.9	-15%
12	Russia	6.2	5.3	4.9	5.6	5.6	45.3	0%
13	Romania	3.3	5.1	3.7	3.5	3.3	47.4	-8%
14	New Zealand	1.9	2.5	3.2	2.3	3.1	48.6	34%
15	Greece	3.1	3.3	2.8	2.5	2.6	48.4	2%
16	Serbia	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	48.6	0%
17	Austria	2.1	2.4	2.0	2.3	2.0	48.7	-14%
18	Hungary	1.8	2.6	2.6	3.0	1.9	47.9	-38%
19	Moldova	1.5	2.6	1.6	1.7	1.7	49.2	0%
20	Brazil	3.0	2.7	2.7	3.5	1.6	47.4	-55%
21	Bulgaria	1.3	1.7	0.7	1.3	1.2	49.6	-8%
22	Georgia	0.8	1.0	1.1	1.3	1.1	49.6	-16%
23	Switzerland	1.0	0.8	0.9	0.9	1.0	50.1	18%
	total	258	290	270	276	267	-9	-3%

Fuente: 2017 World vitiviniculture situation. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture.

b) Consumo mundial de vino

En 2016, el consumo a nivel mundial de vino se ha cuantificado en unos 241 millones de hl, lo que supone en comparación al de 2015 un somero incremento del 0,4% (OIV 2017, Gráfico 1.6).

La evolución del consumo en el periodo 2000 a 2016, sigue una tendencia alcista hasta el 2008 donde se alcanza el máximo valor del periodo (250 millones de hl), experimentándose en 2009 un descenso del 2,8% (alcanzando 243 millones de hl) probablemente como resultado del inicio de la crisis financiera, manteniéndose prácticamente en los mismos valores hasta 2014 donde vuelve a experimentarse un descenso, en este caso del 1,2% (239 millones de hl). Es a partir de este año cuando empieza a repuntar hasta llegar en 2016 a los 241 millones de hl (Gráfico 1.6).

Gráfico 1.6. Evolución anual del consumo de vino.

La mitad del consumo de vino se centra en cinco países, siendo EEUU (13,2%) el principal consumidor seguido de Francia (11,2%), Italia (9,4%), Alemania (8,1%) y China (7,2%, Gráfico 1.7).

Gráfico 1.7. Países más relevantes en el consumo de vino.

El mayor consumidor mundial de vino es EEUU, que detenta este rango desde 2011 con un volumen estimado de 31,8 millones de hl, lo que se traduce en un incremento del 2,6% si se compara con 2015 (Cuadro 1.2).

En los principales países europeos, que son tradicionalmente productores y consumidores, el consumo se ha estabilizado desapareciendo el descenso que venía experimentándose. Los hechos más relevantes son:

- ✓ En Francia, se aprecia un ligero descenso del consumo (0,73% alcanzando los 27 millones de hl)
- ✓ En España, el consumo permanece estable en los 9,9 millones de hl
- ✓ En Portugal, también permanece estable en los 4,6 millones de hl (aunque con ligera tendencia a la baja)
- ✓ En Italia, el consumo ha aumentado en 1,1 millones de hl, alcanzándose un total de 22,5 millones de hl (5%)
- ✓ En el Reino Unido, el consumo también ha aumentado hasta los 13 millones de hl (1,6%)

- ✓ En Alemania, sin embargo, se ha experimentado un descenso del 0,5%, hasta los 19,5 millones de hl

Respecto a la República Popular China, su consumo ha experimentado un aumento del 6,8% alcanzando los 17,3 millones de hl. Finalmente, Argentina y Chile han reducido su consumo (8,7% y 4,8%) alcanzando 9,4 y 2,2 millones de hl respectivamente, mientras que Sudáfrica lo ha incrementado en un 4,8% (alcanzando un valor de 4,4 millones de hl).

Cuadro 1.2. Consumo mundial de vino.

CONSUMO MUNDIAL DE VINO

Mill. de hl	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2012 Variación en volumen	2016/2012 Variación en %
USA	30,0	30,2	30,4	31,0	31,8	1,8	5,7%
France	28,0	27,8	27,5	27,2	27,0	-1,0	-3,7%
Italy	21,6	20,8	19,5	21,4	22,5	0,9	4,4%
Germany	20,3	20,4	20,2	19,6	19,5	-0,8	-4,1%
China*	17,1	16,5	15,5	16,2	17,3	0,2	1,1%
United Kingdom	12,8	12,7	12,6	12,7	12,9	0,1	0,9%
Spain	9,9	9,8	9,9	10,0	9,9	0,1	0,9%
Argentina	10,1	10,4	9,9	10,3	9,4	-0,6	-6,2%
Russia	11,3	10,4	9,6	9,3	9,3	-2,0	-21,1%
Australia	5,4	5,4	5,4	5,3	5,4	0,0	-0,4%
Canada	4,9	4,9	4,7	4,9	5,0	0,2	3,5%
Portugal	5,0	4,2	4,3	4,8	4,6	-0,4	-8,4%
South Africa	3,6	3,7	4,0	4,2	4,4	0,8	18,1%
Romania	4,3	4,6	4,7	3,9	3,8	-0,5	-13,5%
Japan	3,1	3,4	3,5	3,5	3,5	0,4	11,2%
Netherlands	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	-0,2	-4,4%
Belgium	2,9	2,9	2,7	3,0	3,0	0,1	4,3%
Brazil	3,2	3,5	3,5	3,3	2,9	-0,3	-9,8%
Switzerland	2,7	2,7	2,8	2,9	2,8	0,1	4,5%
Austria	2,7	2,8	3,0	2,4	2,4	-0,2	-9,7%
Serbia	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	0,1	3,8%
Sweden	2,3	2,4	2,3	2,4	2,3	0,0	0,2%
Greece	3,1	3,0	2,6	2,4	2,3	-0,8	-32,1%
Chile	3,2	2,9	3,0	2,1	2,2	-1,0	-45,6%
Czech Republic	1,8	1,6	1,6	1,9	2,0	0,2	11,3%
Hungary	2,0	1,9	2,2	2,2	1,9	-0,1	-2,3%
Denmark	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	0,1	4,2%
Croatia	1,4	1,4	1,2	1,1	1,2	-0,2	-21,4%
Poland	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	0,2	17,0%
Bulgaria	1,0	0,8	0,9	1,0	1,0	0,0	1,4%
Total mundial	244	242	239	240	241	-3	-1,1%

Fuente: OIV 2017

a) Países con un consumo de vino mayor de 1 mill hl

* Consumo aparente calculado =

Producción+Impotaciones-Exportaciones para 2015 y 2016

c) Comercio mundial

En líneas generales, se aprecia una tendencia alcista en el comercio mundial de vino tanto en volumen como en valor.

Desde 2008, la evolución del comercio mundial muestra que EEUU es junto con Asia y Sudáfrica quienes han experimentado una fuerte tendencia de crecimiento, manteniéndose estables países como Argentina, Brasil, Australia y Nueva Zelanda. Sin embargo, en Europa la tendencia es de reducción del comercio de vinos.

Considerando el comercio mundial como el sumatorio de las exportaciones de todos los países, en 2016 se alcanzarían los 104 millones de hl, por ende, una reducción muy próxima al 1% respecto a 2015 y en términos de valor, los 29 MM de euros que se traduce en un incremento del 3,6% (Gráfico 1.8).

Analizando el periodo 2012-2016 se tiene:

✓ Exportaciones:

- En volumen (Cuadro 1.3): tres países representan el 55,4% de las exportaciones en volumen, siendo el principal exportador España (22%) seguido de Italia (19,8%) y Francia (13,6%) aunque los que mayor crecimiento han representado en términos absolutos son Chile y Nueva Zelanda (21,3% y 18,8% respectivamente). En el extremo opuesto, estaría con la mayor caída Argentina y Portugal (28,9% y 18,2% respectivamente).
- En valor (Cuadro 1.4): el 56,5% lo representan los mismos países que tienen la mayor exportación en volumen pero ocupando diferentes puestos, Francia (28,3%), seguido de Italia (19,2%) y España (9%). A destacar es el crecimiento de Hong Kong (242,3%), Nueva Zelanda (en un 32,5%), Italia (en 19,8%) y Chile (en un 20,2%).

✓ Importaciones:

- En volumen, cinco países suponen el 51,4% de las importaciones. El principal importador es Alemania (13,9%) seguido de Reino Unido (13%), EEUU (10,8%), Francia (7,6%) y China (6,1%), siendo estos dos últimos países los que mayor aumento han tenido en términos absolutos (China 62% y Francia 45%). En el extremo opuesto, estarían con la mayor caída Italia y Rusia (38% y 18% respectivamente). (Cuadro 1.5).
- En valor, el 52,5% lo representan EEUU (17,9%), Reino Unido (12,5%), Alemania (8,9%), China (7,5%) y Canadá (5,7%). A destacar es el crecimiento en términos absolutos de China y Hong Kong (en un 74% en ambos casos) y EEUU (en un 27%). En el extremo opuesto, estarían con la mayor caída Rusia (19%) y Reino Unido (10%). (Cuadro 1.6).

En volumen, el producto que tiene mayor presencia es el vino embotellado. Le sigue el vino a granel y los espumosos. En el periodo 2012-2016, se observa que mientras que los productos embotellados decrecen ligeramente y los de granel se mantienen, los espumosos son los que mayor crecimiento han experimentado. (Cuadro 1.7).

En valor, los productos que mayor representación tienen siguen siendo los embotellados pero seguidos de los espumosos y el granel. En el periodo 2012-2016, se observa que mientras que los productos a granel decrecen ligeramente, los espumosos son los que mayor crecimiento presentan seguidos de los embotellados.

Gráfico 1.8. Evolución del comercio mundial de vino en volumen y valor.

Cuadro 1.3. Exportaciones en término de volumen.

EXPORTACIONES (en términos de volumen)						
Mill. de hl	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2012 Variación %
Spain	20.7	18.4	23.0	24.7	22.9	10.6%
Italy	21.2	20.3	20.4	20.1	20.6	-2.8%
France	15.0	14.5	14.3	13.9	14.1	-6.3%
Chile	7.5	8.8	8.0	8.8	9.1	21.3%
Australia	7.2	7.1	7.0	7.4	7.5	3.3%
South Africa	4.2	5.3	4.2	4.2	4.3	2.7%
USA	4.0	4.1	4.0	4.2	3.8	-5.3%
Germany	4.0	4.0	3.9	3.7	3.6	-9.5%
Portugal	3.4	3.0	2.8	2.8	2.8	-18.2%
Argentina	3.7	3.1	2.6	2.7	2.6	-28.9%
New Zelande	1.8	1.8	1.9	2.1	2.1	18.8%
Moldova	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.0%
Total	103	101	103	105	104	1%

Fuente: 2017 World vitiviniculture situation. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture.

Cuadro 1.4. Exportaciones en término de valor.

EXPORTACIONES (en términos de valor)						
MM de €	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2012 Variación %
France	7.8	7.8	7.7	8.3	8.2	5.3%
Italy	4.7	5.0	5.1	5.4	5.6	19.8%
Spain	2.4	2.6	2.5	2.6	2.6	9.1%
Chile	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	20.2%
Australia	1.5	1.3	1.3	1.5	1.5	1.4%
USA	1.1	1.2	1.1	1.4	1.4	31.4%
New Zealand	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	32.5%
Germany	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	-5.0%
Portugal	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	3.7%
Argentina	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	3.7%
Hong Kong	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	242.3%
South Africa	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	6.5%
Total	25	26	26	28	29	14.3%

Fuente: 2017 World vitiviniculture situation. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture.

Cuadro 1.5. Importaciones en término de volumen.

IMPORTACIONES (en términos de volumen)						
Mill. de hl	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2012 Variación %
Germany	15.4	15.3	15.4	15.3	14.5	-5%
UK	12.8	11.8	13.4	13.6	13.5	6%
USA	11.7	11.0	10.8	11.0	11.2	-4%
France	5.4	6.0	6.9	7.6	7.9	45%
China	3.9	3.8	3.8	5.6	6.4	62%
Canada	3.8	3.7	3.8	4.1	4.2	10%
Russia	4.9	4.9	4.7	4.0	4.0	-18%
Netherlands	4.0	3.6	3.8	3.8	3.8	-3%
Belgium	3.1	3.2	3.1	3.1	3.1	0%
Japan	2.6	2.6	2.7	2.8	2.7	4%
Sweden	2.0	2.1	2.3	2.2	2.2	7%
Switzerland	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	-3%
Denmark	1.9	2.0	1.9	1.8	1.8	-3%
Portugal	1.3	1.6	2.3	2.2	1.8	41%
Italy	2.8	2.7	2.8	2.8	1.7	-38%
Czech Republic	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	2%
Poland	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	23%
Total	99	99	102	104	104	4.3%

Fuente: 2017 World vitiviniculture situation. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture.

Cuadro 1.6. Importaciones en término de valor.

IMPORTACIONES (en términos de valor)						
MM de €	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2012 Variación %
USA	3.9	3.9	4.0	4.9	5.0	27%
UK	3.9	3.6	3.6	3.9	3.5	-10%
Germany	2.4	2.6	2.6	2.5	2.5	1%
China	1.2	1.2	1.1	1.8	2.1	74%
Canada	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	4%
Hong Kong	0.8	0.8	0.8	1.3	1.4	74%
Japan	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	12%
Switzerland	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	4%
Netherlands	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	6%
Belgium	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	-8%
France	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	18%
Russia	0.8	0.9	0.9	0.6	0.7	-19%
Sweden	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	17%
Denmark	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	10%
Total	25	25	26	28	28	1.1%

Fuente: 2017 World vitiviniculture situation. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture.

Cuadro 1.7. Comercio mundial de vino por tipo de producto.

COMERCIO MUNDIAL DE VINO
(por tipo de producto)

Mill. de hl	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2012 Variación Mill. de hl	2016/2012 Variación %
Espumoso	6.3	6.5	7.0	7.4	7.9	1.6	26%
Embotellado	56.2	54.7	55.7	55.6	55.0	-1.2	-2%
Granel	38.2	37.4	37.3	38.2	38.3	0.1	0%

Mill. de €	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2012 Variación MM de €	2016/2012 Variación %
Espumoso	4.3	4.4	4.7	5.2	5.3	1.0	23%
Embotellado	18.2	18.4	18.4	20.3	20.8	2.6	14%
Granel	2.8	3.0	2.7	2.8	2.8	0.0	-1%

Fuente: 2017 World vitiviniculture situation. OIV Statistical Report on World Vitiviniculture.

d) Resumen

Como resumen del contexto general del sector vitivinícola a nivel mundial, el Cuadro 1.8 muestra la distribución porcentual por países de la superficie en el mundo de viñedo, la producción de uva, la producción de vino y su consumo. El Cuadro 1.9 lo hace del comercio mundial (exportaciones e importaciones, en volumen y valor). En ambos cuadros se destacan los valores que ocupan la primera posición.

Cuadro 1.8. Distribución mundial del sector vitivinícola. Datos mundiales de la superficie de viñedo, la producción de uva, la producción de vino y el consumo de vino.

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL SECTOR VITIVINÍCOLA

País	Superficie de viñedo	Producción de uva	Producción de vino	Consumo de vino
	%	%	%	%
Alemania	1,4%	1,6%	3,4%	8,1%
China	11,0%	19,1%	4,3%	7,2%
España	14,0%	7,9%	14,7%	4,1%
EEUU	5,6%	9,4%	9,0%	13,2%
Francia	10,0%	8,4%	16,3%	11,2%
Italia	9,0%	10,4%	19,1%	9,4%
Turquía	7,0%	5,3%	nd	nd
Resto de países	42,0%	38,0%	33,3%	46,8%
Total	100%	100%	100%	100%

Nota: "nd" dato no disponible

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 1.9. Distribución mundial del comercio de vino (exportación e importación en volumen y valor).

DISTRIBUCION MUNDIAL DEL COMERCIO DE VINO

País	Exportaciones		Importaciones	
	Volumen Millones de hl	Valor Miles de millones de €	Volumen Millones de hl	Valor Miles de millones de €
Alemania	3,5%	3,1%	13,9%	8,9%
Canadá	nd	nd	4,0%	5,7%
China	nd	nd	6,1%	7,5%
España	22,0%	9,0%	nd	nd
EEUU	3,7%	4,8%	10,8%	17,9%
Francia	13,6%	28,3%	7,6%	2,5%
Italia	19,8%	19,2%	1,6%	nd
Reino Unido	nd	nd	13,0%	12,5%
Resto de países	37,5%	35,6%	42,9%	45,0%
Total	100%	100%	100%	100%

Nota: "nd" dato no disponible

Fuente: Elaboración propia

1.1.3. El sector vitivinícola español.

a) Características del sector.

El sector vitivinícola en España según datos publicados a Abril 2017 por el MAPAMA supone el 14,3% del total de la industria alimentaria.

En general, la industria alimentaria está dominada por pequeñas y medianas empresas lo que lleva a una gran fragmentación de la industria.

Hay registradas 4.025 empresas vitivinícolas de las cuales (Grafico 1.9):

- ✓ Por tipología de empresa, el 79% son microempresas (3.180 empresas), el 18% son pequeñas empresas (724 empresas) y sólo un 3% son medianas y gran empresa (121 empresas).
- ✓ Por estructura societaria, el 65% son S.A y Sociedad de Responsabilidad Limitada (2.616 empresas), el 19% son Cooperativas (753 empresas) y el 16% son personas físicas (656 empresas).

Gráfico 1.9. Tipología de empresas vitivinícolas en España.

Fuente: MAPAMA Abril 2017

Para este perfil de empresas es más difícil introducir innovación en sus procesos debido a los recursos limitados financieros y humanos. Aunque son empresas en su mayoría saneadas, se requiere de un apoyo para incentivar y promover las inversiones de eficiencia energética, ya que aunque el sector esté profesionalizado, no disponen de información y del asesoramiento técnico necesario para conocer su eficiencia, gestionar correctamente la energía y obtener el apoyo financiero para lograr una mayor competitividad.

b) Principales líneas de actuación en el proceso de elaboración en España.

Actualmente el sector vitivinícola sigue invirtiendo en la mejora de los viñedos impulsado por los planes de restructuración que se mantienen en un elevado número de explotaciones de pequeña dimensión y escaso nivel de profesionalización. En paralelo están apareciendo explotaciones de mayor tamaño, muy mecanizadas y competitivas.

Aunque se ha identificado la penetración de empresas financieras e inversoras, el perfil de las empresas que predominan en este sector son las de capital familiar y las cooperativas.

En la búsqueda de nuevos segmentos de mercado se está invirtiendo tanto en el ensayo de nuevos tipos de envases como en formatos especiales para la hostelería, de larga duración y para los mercados del norte de Europa.

Las grandes bodegas cooperativas son las que se presentan más predispuestas a realizar mejoras en las instalaciones, aunque siguen mostrando carencias en la gestión y la comercialización.

El Observatorio Español del Mercado del Vino (www.oemv.es), en el estudio realizado sobre el estado económico-financiero del sector vitivinícola español entre los años 2001 y 2010,¹ muestra que el sector vitivinícola español tiene un elevado nivel concentración puesto que el 4% de las bodegas (medianas y grandes) representan alrededor del 65% de

¹O. Amat. "Sector vitivinícola español: saneado y con futuro". *Catalunya Empresarial*. Diciembre-Enero 2013 (2013).

los ingresos de explotación. En este sector se aprecia que las bodegas de tamaño pequeño (de capital familiar) son las que menor desarrollo evolutivo tienen siendo las grandes y las medianas las que presentan mejores resultados.

En dicho estudio se analiza una muestra de 1.626 bodegas que se tipifican según su volumen de ingresos de la siguiente manera:

- ✓ Bodegas grandes: de más de 50 Millones de € de ingresos, y que suponen el 1% del total de bodegas analizadas.
- ✓ Bodegas medianas: de 10 a 50 Millones de € de ingresos, y que suponen el 3% del total de bodegas analizadas.
- ✓ Bodegas pequeñas: de menos de 10 Millones de € de ingresos, y que suponen el 96% del total de bodegas analizadas.

No obstante, en general, las bodegas españolas tienen un patrimonio saneado; han ido capitalizándose con los años por lo que cuentan con un nivel favorable de solvencia a corto plazo. Aunque la rentabilidad según los resultados no sea muy elevada, éstos se han ido incrementando debido a la internacionalización, la mejora en la calidad de los vinos y la reducción de costes.

Como ya se ha mencionado, los beneficios en lugar de ser destinados al reparto de dividendos, se destinan mayoritariamente a autofinanciación. Esta estrategia financiera, que es la que predomina en este sector, es una buena aliada para lograr la implementación de propuestas de mejora de eficiencia energética, optimizando de este modo el rendimiento de las instalaciones, reduciendo costes e incrementando los resultados.

c) La exportación del vino, clave para el sector español.

Como se ha visto en el apartado anterior, España es el primer exportador a nivel mundial en términos de volumen. En 2016 se estimó una producción de vino de 39,3 millones de hl de los cuales 22,9 millones de hl (58,3%) se destinaron a la exportación. Es decir,

más del cincuenta por ciento del vino que se produce se exporta. En los últimos años esta cantidad ha aumentado fuertemente, suponiendo un incremento en el periodo 2012-2016 de casi un 11%, aunque con grandes variaciones.

En los últimos 30 años, se ha experimentado un cambio en el modelo de mercado. En los años 90 el mercado nacional era el más representativo con una tendencia paulatina decreciente hasta la actualidad (donde se puede decir que permanece estable) mientras que el mercado de exportación comenzaba a crecer. Es a inicios de la década de los años 2000 cuando las curvas de crecimiento se invierten comenzando a tener mayor representación el mercado de exportación que el mercado nacional (Gráfico 1.10).

Es importante resaltar también que en los últimos 16 años el valor ha crecido algo más que el volumen y que es el granel lo que más ha aumentado (con o sin Denominación de Origen Protegida -DOP-), en especial en 2013 y 2014 en que se suministró a Francia e Italia. La DOP se mantuvo estable.

Gráfico 1.10. Consumo interior y exportación de vino en España.

Por categorías, las exportaciones de vino según su precio unitario se distribuyen de la siguiente forma (Figura 1.1):

- ✓ Los graneles y algún vino embotellado (56,6% de las ventas) se sitúan a un precio inferior a 1 euro/litro.
- ✓ Los vinos embotellados con indicación geográfica (IG) o los varietales, y los de aguja aromatizados se han cotizado a un precio someramente superior a 1 euro/litro.
- ✓ Los vinos espumosos alcanzaron un precio de 2,58 euros/litro.
- ✓ Los vinos generosos y los vinos embotellados con DOP se situaron en precios superiores a los 3 euros/litro.

Figura 1.1. Exportación de vino en España (2015) por tipo de producto.

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. MAGRAMA – OEMV. Mayo 2016.

Entre los principales mercados, se destaca la venta por:

- ✓ Volumen:
 - A Francia e Italia, lo que se exportó principalmente fue vino a granel y grandes partidas de mosto.

✓ Valor:

- A Reino Unido, Alemania, EEUU, Suiza, Holanda y China se exportaron vinos embotellados con DOP.
- A Alemania, Reino Unido, EEUU y Bélgica se exportaron vinos espumosos.
- A Francia, Alemania, Italia y Portugal se exportaron vinos a granel.

Se aprecia, por tanto, que el 50% de las ventas son de vino a granel. Se vende principalmente a cuatro países que también son productores y exportadores de vino: Francia, Alemania, Bélgica y Portugal, siendo España su principal proveedor (unos 10 Millones de hl). Este aspecto queda evidenciado en el importe del total de las ventas del comercio exterior de España, donde el 24,6% está representado por las ventas de vino a granel a Francia y Alemania.

En 2016, el valor de las ventas de vino se incrementó en un 3,9% llegando a los 4.769,5 millones de euros, valor máximo hasta la fecha, de los cuales, el vino tinto con DOP supone el 43,7%, alcanzando por primera vez valores en torno a los dos millones de euros (Gráfico 1.11).

Los vinos que mayor predominancia han tenido en el crecimiento del valor de las ventas han sido los vinos con DOP y los espumosos.

Gráfico 1.11. Venta de vinos españoles (2016).

En cuanto a las exportaciones por Comunidades Autónomas, ha sido Cataluña la que históricamente ha alcanzado cotas más elevadas seguida de Castilla La Mancha y La Rioja, aunque Castilla La Mancha ha sido la que ha experimentado un mayor crecimiento desde 2009 (Gráfico 1.12).

Por categorías:

- ✓ En volumen, hay más diferencia:
 - De las ventas de Cataluña, el cava supone casi la mitad.
 - Más del 50% del vino embotellado con DOP, corresponde a La Rioja, Aragón, País Vasco, Castilla y León, Canarias y Cantabria.
 - Castilla La Mancha y Valencia detentan más del 50% a granel.
 - Finalmente, el vino embotellado sin DOP representa más del 50% en Extremadura y Baleares.

✓ En valor:

- Más del 50% del total del valor del vino embotellado con DOP se distribuye entre La Rioja, País Vasco, Castilla La Mancha, Aragón, Navarra, Galicia, Canarias y Cantabria.
- Los espumosos son más del 55% del valor de las ventas de Cataluña.
- El 50% en Castilla La Mancha, lo representa el granel.

Gráfico 1.12. Evolución de las exportaciones de vino en España por CC. AA.

Las exportaciones se han duplicado en los últimos dieciséis años (con datos a 2015):

- ✓ Volumen: incremento del 171% (de 11,2 millones de hl a 30,4), fundamentalmente por los 9 millones de hl de aumento de las exportaciones de granel de Castilla La Mancha, a los que hay que sumar los más de 2 millones de hl de mostos y los 1,2 millones de hl de vinos embotellados sin DOP de Extremadura.

- ✓ Valor: incremento del 116% (pasando de 1.366 millones de euros a 2.954), siendo los incrementos más relevantes (62%) superiores a 50 millones de euros en las ventas de granel y el mosto de Castilla La Mancha, las de vinos con DOP de Rioja, País Vasco, Castilla y León y Cataluña, y el vino espumoso catalán.

En resumen, en los últimos años, las exportaciones han crecido de manera extraordinaria tanto en volumen como en valor.

- ✓ En volumen, España se sitúa como principal exportador (fundamentalmente a otros países productores). Dicho crecimiento ha sido sobre todo desde el centro-sur de España (en especial Castilla La Mancha) y Cataluña hacia la Unión Europea.
- ✓ En valor, principalmente por las ventas de vinos con DOP de la zona norte de España y por las de los espumosos de Cataluña.

d) Análisis DAFO del sector vitivinícola español como motor para la mejora operacional.

La identificación y análisis de las **D**ebilidades, **A**menazas, **F**ortalezas y **O**portunidades del sector vitivinícola español² enlazado con la tendencia de crecimiento del sector y el aparente buen estado financiero en general de las bodegas españolas, son aspectos determinantes que hacen que adquiera interés el modo de incrementar la eficiencia y productividad del sector, con la finalidad de optimizar procesos, lo que se traduciría en un incremento de la rentabilidad.

Para ello, se requiere de un cambio estratégico centrado en apostar tanto por técnicas de innovación empresarial como en la implementación o uso de nuevas tecnologías que permitan incrementar la eficiencia operacional por un lado y, por otro, la eficiencia en la gestión.

²“Agenda Estratégica de Innovación 2012”, Plataforma Tecnológica del Vino [consulta 25/05/2017]. Disponible en: <http://www.ptvino.com/index.php/es/>

A través del análisis DAFO del sector, se identifican y evidencian oportunidades de mejora (Cuadro 1.10).

Basándose en las oportunidades de mejora operacional, la presente tesis, desarrolla una metodología para mejorar la eficiencia energética del sector y alcanzar el objetivo de una mayor rentabilidad ofreciendo diferentes alternativas en cuanto a medidas de optimización que se podrían implementar en una bodega con el objeto de reducir los consumos energéticos lo que se traduciría en una mejora de los ratios de eficiencia y productividad y, por ende, en los indicadores de rentabilidad de dicha bodega.

Cuadro 1.10. Matriz DAFO.

Competitividad, Internacionalización, Gestión y Eficiencia Empresarial

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Gran tradición y cultura vitivinícola. Apuesta por la calidad y las buenas prácticas, conocimiento y tradición. 2. Denominaciones de Origen con reconocimiento internacional. 3. Segmentación y diferenciación tanto empresarial, como varietal y territorial. 4. Incorporación de profesionales más capacitados lo que implica un notable relevo generacional. Orientación vocacional por la calidad y mejora en las instalaciones y el uso de las TIC. 5. Impulso de las bodegas familiares y de ámbito cooperativo. 6. Economías de escala en las fases de transformación. Costes fijos ajustados. Elevada capacidad de diversificación de la producción (en vinos y mostos) y de los servicios (enoturismo). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de cultura empresarial y de evaluación, modelos de negocio diferentes e inexistencia de indicadores de eficiencia y productividad. 2. Poca presencia de nuevas tecnologías y aplicaciones informáticas de gestión. Ausencia de técnicas avanzadas en estrategias de la innovación empresarial. 3. Escasez de personal cualificado en las áreas de organización y gestión. No visualización de la tasa de retorno de la inversión. 4. Dependencia de los canales tradicionales de distribución. Debilidad de posicionamiento en la cadena de alimentación. 5. Inversión en activos de marketing, TICs, etc., vinculados a ayudas públicas.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Internacionalización. Nuevos países demandantes. 2. Aprovechamiento del turismo extranjero. Formación continua en exportación. 3. Reconocimiento de los valores sociales, ambientales y culturales de la viña y el vino. Recuperación varietal autóctona. Valor dietético y saludable del consumo moderado. 4. Aplicaciones informáticas de gestión de los procesos y el aprovechamiento de nuevos canales de distribución y diversificación de ventas (e-commerce, Web, Redes sociales, etc.). 5. Aprovechamiento de sinergias Market Pull-Tecnology Push (además de un sector auxiliar más especializado y con mayor experiencia). Flexibilidad y adaptabilidad. 6. Legislación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevada competencia internacional y nacional con entrada de capital advenedizo y capital riesgo cortoplacista e inestable. 2. Legislaciones y normativas restrictivas. Cambios en la legislación. Arranque de viñedo y abandono de explotaciones de alto nivel cualitativo. Falsificación derechos de propiedad intelectual. Conceptuación como bebida alcohólica. 3. Escenario económico actual: problemas de financiación, recortes de las ayudas de las AAPP, debilidad y reducción del mercado interior, márgenes elevados en restauración, aumento de la competencia de productos sustitutivos. 4. Estrechamiento de mercados: el efecto esnobismo, intereses de los creadores de opinión. Falta de interés de las nuevas generaciones.

Fuente: Elaboración propia basada en Plataforma Tecnológica del Vino, “Agenda Estratégica de Innovación 2012”.

1.2. Incidencia de la profesionalización del sector.

A pesar del gran avance tecnológico experimentado, el sector agroindustrial ha estado y está enmarcado en el ámbito rural donde históricamente el desarrollo tecnológico ha llegado siempre con cierto retraso y el nivel sociocultural ha estado más apegado a los hábitos tradicionales.

En los países desarrollados, se observa cómo en las últimas décadas está habiendo un cambio generacional en el sector agroindustrial donde los negocios familiares y tradicionales empiezan a contar con la presencia de nuevas generaciones de técnicos cualificados que, si bien continúan con las costumbres de elaboración, muestran su inquietud tanto por el incremento de la calidad de sus elaborados como por la optimización de procesos con la introducción de tecnologías punteras en el sector. Ello con la finalidad de diferenciarse y generar valor añadido en sus fabricados mientras que incrementan los beneficios de su negocio.

Este aspecto lleva a que en la actualidad, la preocupación mundial sobre el cambio climático (calentamiento global), las políticas energéticas definidas, los compromisos adquiridos por los países para alcanzar los objetivos iniciales del protocolo de Kyoto, la repercusión económica de la crisis financiera de los últimos años y, en general, una mayor profesionalización del sector, hace que en este contexto, sea de interés el identificar y desarrollar una metodología para optimizar los procesos para, de un lado, garantizar que se siguen unas buenas prácticas de gestión y, por otro, se introducen las nuevas tecnologías existentes en el mercado, todo ello con el objetivo de incrementar la eficiencia del sector tanto en términos económicos como medioambientales.

1.3. El clima y la energía para el periodo 2012-2030. El Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de Paris.

1.3.1. Protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto nace como la parte práctica de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Su objetivo era fomentar el desarrollo sostenible y combatir el cambio climático. Este protocolo alentaba a los países industrializados a adquirir el compromiso de cumplir los acuerdos establecidos para limitar y reducir las emisiones de gases que generan el efecto invernadero (GEI)³.

La Unión Europea junto a otros 37 países industrializados definieron una serie de metas comprometiéndose a llevar a cabo un conjunto de medidas que facilitaran y redujeran las emisiones. De esta forma, reconocían así su responsabilidad en los niveles elevados de emisiones de gases GEI en la atmósfera.

El objetivo alcanzado en este acuerdo internacional fue reducir, de media, en un 5% como mínimo, las emisiones de seis de los gases a los que se atribuye el efecto invernadero y a los que se implica en el calentamiento global (para el periodo 2008 a 2012 siendo la referencia 1990):

- ✓ Dióxido de carbono (CO₂)
- ✓ Metano (CH₄)
- ✓ Óxido nitroso (N₂O)
- ✓ Hidrofluorocarbonos (HFC)
- ✓ Perfluorocarbonos (PFC)
- ✓ Hexafluoruro de azufre (SF₆)

La firma del protocolo se formalizó el 11 de diciembre de 1997 en Kyoto, Japón pero no entró realmente en vigencia hasta el 16 de febrero de 2005 ya que Rusia no ratificó el

³ “Protocolo de Kyoto”, United Nations Framework Convention on Climate Change [consulta 01-07-2017]. Disponible en: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php

Acuerdo hasta el 18 de noviembre de 2004 (el acuerdo debía ser ratificado por al menos 55 países y sus emisiones GEI debían representar un 55% de dichas emisiones).

Hay que destacar que tres de los países más contaminantes del planeta EEUU, India y China, se retiraron del acuerdo.

El Protocolo ha sido la herramienta base y de referencia en tres ámbitos:

1. Para que los gobiernos impulsen y establezcan leyes y normas para el cumplimiento de sus compromisos.
2. Para que las empresas tengan en consideración, en la toma de decisiones, el medio ambiente como otra de las variables a considerar.
3. Para la creación del llamado “mercado del carbono”.

Por lo tanto, se puede decir que el Protocolo de Kyoto ha establecido la base para alcanzar un régimen mundial de reducción y control de las emisiones de los gases GEI.

Hasta noviembre de 2009, 187 Estados habían ratificado el protocolo. En la actualidad la cifra de los países miembros se ha elevado a 195. Sin embargo, hay que resaltar que EEUU a junio de 2017, siendo el país que más GEI emite, no sólo no ha ratificado el protocolo sino que se ha retirado del Acuerdo de París.

Como ya se ha mencionado, el objetivo principal del protocolo es disminuir los efectos del calentamiento global consecuencia del cambio climático (cuyo origen se centra en las actividades humanas en el medio ambiente con base en el incremento forzado del efecto invernadero). Este impacto hará que se incremente entre 1,4°C y 5,8°C la temperatura media de la superficie del planeta de aquí a 2100, aun siendo los inviernos más extremos.

Objetivo 20 / 20 / 20

Los Estados miembros de la Unión Europea adquirieron un compromiso el cual quedó reflejado en la Directiva 2012/27/UE. En ella se establecen una serie de objetivos orientados a impulsar una mayor eficiencia energética para ser alcanzados en el 2020. Ello como consecuencia de una mayor concienciación respecto al cambio climático, seguridad energética y la reducción de los consumos energéticos.

Dichos objetivos son:

- ✓ Reducir las emisiones de los gases GEI en un 20%, tomando como referencia los valores de 1990. Esta cifra podría aumentarse hasta el 30% si se alcanzara el correspondiente acuerdo entre los diversos países miembros.
- ✓ Alcanzar una producción energética a partir de fuentes renovables del 20%, y simultáneamente cubrir con biocarburantes el 10% de las necesidades del transporte.
- ✓ Reducir el consumo energético en un 20% respecto a los valores estimados para 2020.

Como medidas complementarias los países miembros deberían desarrollar estrategias financieras para facilitar la renovación del parque de edificios existente, tanto públicos como privados, la promoción de un uso eficiente de la energía por parte del usuario final y facilitar el acceso a los servicios energéticos a las pequeñas y medianas empresas.

Aunque España se comprometió a limitar al 15%, en relación al año base, el aumento de sus emisiones, parece ser que es el país que tiene menos posibilidades de alcanzar lo acordado.

Según la Netherlands Environmental Assessment Agency, en 2015 todos los países del mundo emitieron más de 36 millones de gigagramos de CO₂ a la atmósfera. Según el Banco Mundial, las emisiones mundiales llegaron a las 5 toneladas de CO₂ per cápita (Gráfico 1.13).

En España, las emisiones de CO₂ en 2015 fueron de 262.683 kt, lo que significa un 0,73% del total mundial y unas emisiones per cápita de 5,7 toneladas.

Desde la firma del Protocolo de Kyoto en 1997, en Europa se han realizado notables esfuerzos para reducir el consumo energético y lograr una mejor eficiencia energética. Sin embargo, el recorrido es largo quedando aún mucho por hacer. Con este objetivo, los responsables políticos europeos ya han adoptado diferentes actuaciones para facilitar esta labor.

Gráfico 1.13. Emisiones mundiales de CO₂ (t/per cápita).

1.3.2. El Acuerdo de Paris.

Este protocolo surge como reemplazo del Protocolo de Kyoto a su finalización dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Se prevé que entre en vigor en el año 2020. Su objetivo es establecer medidas para reducir las emisiones de los gases GEI mediante *“la mitigación, la adaptación y la resiliencia de los ecosistemas”* por medio de compromisos y asociaciones de ciudades, regiones, empresas y organizaciones de la sociedad civil, con los respectivos gobiernos.⁴

El Acuerdo entró en vigor el 3 de noviembre de 2016 al ratificarse por más de 55 partes el 5 de octubre de 2016 (96 países firmantes a título individual y la Unión Europea) que sumaban más del 55% de las emisiones de los gases GEI.

Estados Unidos se retiró del Acuerdo el 1 de junio de 2017. El resto de los países firmantes han mantenido su compromiso. Los países latinoamericanos no dejaron de manifestar su inquietud ya que la retirada de EEUU podría afectar a la transferencia de tecnología y a la financiación de los proyectos por los organismos internacionales.

El Acuerdo ha planteado tres acciones concretas que cabe resumir como sigue:

- a) Conseguir que los aumentos de las temperaturas promedio sean inferiores a 2°C.
- b) Fomentar la resistencia y fortaleza del clima, el desarrollo de nuevas tecnologías que emitan menos gases GEI y la mejora del potencial de adaptación a los impactos no deseables del cambio climático.
- c) Facilitar los flujos financieros que ayuden la ejecución de los puntos anteriores.

⁴Wikipedia [consulta 01-07-2017]. Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Acuerdo_de_Par%C3%ADs

1.3.3. Marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020-2030.

Como es sabido, el suministro energético es un tema prioritario en la Unión Europea y, por ende, de su órgano ejecutivo, la Comisión Europea, por tres principales razones:

1. El cambio climático: el mayor origen de emisiones de los gases GEI se debe al empleo de combustibles de procedencia fósil para producir energía.
2. El uso de combustibles fósiles finitos y la necesidad de ser sostenibles.
3. La seguridad en el suministro: la UE importa más del 90% de sus necesidades de petróleo y el 66% de las de gas natural.

Por lo tanto, el incremento de la eficiencia en el uso de la energía es la manera más efectiva y de mayor coste-eficacia para alcanzar los objetivos marcados por la Comisión.

Por ello, el marco estratégico de la Comisión en el ámbito de la energía tiene su base en los tres objetivos de su política energética:

- ✓ La seguridad de abastecimiento
- ✓ La sostenibilidad
- ✓ La competitividad

Esta estrategia se ha diseñado tomando como referencia cinco sectores vinculados estrechamente entre sí:

1. La seguridad energética, la solidaridad y la confianza.
2. El mercado interior de la energía.
3. La eficiencia energética como herramienta para la moderación de la demanda de energía.
4. La descarbonización de la economía.
5. La investigación, la innovación y la competitividad.

Para el año 2030, el marco plantea objetivos para reducir la emisión de los gases GEI, impulsar la utilización de energías renovables e introducir un nuevo sistema de indicadores que faciliten la gestión.

En concreto, se plantean las siguientes acciones:

- ✓ Plantear una reducción de los gases GEI del 40% para ser alcanzada en 2030, tomando como nivel de referencia las emisiones de 1990.
- ✓ Lograr un uso de las energías renovables que cubra un 27% de la demanda.
- ✓ Readaptar la Directiva que trata de la eficiencia energética.
- ✓ Introducir una reserva sobre la estabilidad del mercado en la normativa sobre derechos de emisión.
- ✓ Desarrollar una batería de indicadores que permita analizar elementos energéticos clave como los precios, su diversificación, las interconexiones internacionales y los avances tecnológicos como medida de competitividad.
- ✓ Configurar una normativa que facilite la tipificación de la información emitida por los Países miembros.

Por tanto, se pretende aunar fuerzas para que todos los sectores consumidores de energía, apliquen medidas para alcanzar los objetivos europeos.

1.4. Evolución de las emisiones de gases GEI y proyecciones en España 2015-2050.

En marzo del 2017 el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España (MAPAMA) ha publicado unos informes⁵ que desarrollan ampliamente cuáles son los planes estratégicos diseñados para los próximos años. Estos informes sirven de argumento para la implementación de medidas de ahorro de energía en el sector industrial y, en particular, en el sector agroindustrial de bodegas.

Se trata de una realidad que habría que asumir y acometer por todos los consumidores de energía para alcanzar los objetivos y proyecciones estimadas por el Gobierno de España en materia de los gases GEI.

1.4.1. Emisiones históricas.

Siguiendo con lo manifestado en los citados informes, se estima que en 2015, las emisiones de gases GEI fueron de 335 millones de t de CO₂ eq, es decir, un 17% de incremento respecto a las de 1990.

Estas emisiones presentan dos fases muy diferentes (Cuadro 1.11 y Gráfico 1.14). La primera muestra un crecimiento uniforme desde 1990 a 2007 alcanzándose un aumento del 53%. En la segunda fase, la tendencia es de signo contrario (27%) como consecuencia de la recesión económica desde 2008 a 2013 y los dos últimos años (2014 y 2015) se invierte de nuevo la tendencia y pasa a ser positiva a causa de la recuperación económica.

⁵ MAPAMA [consulta 01-07-2017]. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/>

Cuadro 1.11. Emisiones totales brutas de gases GEI (kt CO₂ eq).

EMISIONES TOTALES BRUTAS DE GASES EFECTO INVERNADERO kt CO ₂ eq								
	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015
Emisiones GEI (CO ₂ -eq)	287.828	327.885	385.588	439.556	356.761	322.874	324.215	335.662
Variación vs año base ¹	99,0%	112,8%	132,7%	151,3%	122,8%	111,1%	111,6%	115,5%

Año base: 1990 para CO₂, CH₄ y N₂O; 1995 para HFC, PFC y SF₆. (290.598 kt CO₂-eq)

Fuente: MAPAMA. Inventario de emisiones de España. Emisiones de gases efecto invernadero. Serie 1990-2015. Informe Resumen. Marzo 2017

Gráfico 1.14. Evolución de las emisiones de gases GEI tomando como base el primer año de la serie.

Fuente: MAPAMA. Inventario de emisiones de España. Emisiones de gases efecto invernadero. Serie 1990-2015. Informe Resumen. Marzo 2017

La distribución de estas emisiones en 2015 por grupos de actividad muestra que el grupo generador de energía la lidera con un 77% de las emisiones seguido por los sectores agrícola e industrial que aportan un 10 y un 9% respectivamente. Finalmente, la gestión de residuos completa este balance al aportar el 4% restante del total de las emisiones (Gráfico 1.15).

Gráfico 1.15. Distribución anual de las emisiones de gases GEI por grupo de actividad y detalle para el año 2015.

1.4.2. Proyección de las emisiones de gases GEI.

En la preparación de las proyecciones de emisiones de gases GEI se ha tenido en consideración, como elementos fundamentales una previsión de crecimiento sostenido del PIB entre 2015 y 2050, mientras que para la población se estima que ahora está en una fase de estancamiento y que en el periodo proyectado manifestará un ligero descenso. Por otra parte, el proceso de preparación ha seguido puntualmente la normativa que sobre elaboración de proyecciones ha desarrollado la Comisión Europea.

Para la estimación de las proyecciones se ha tomado como referencia la serie de 1990- 2014 de emisiones del Inventario Español.

La proyección de las emisiones de gases GEI serían las que se muestran a continuación (Gráficos 1.16 y 1.17).

Las principales conclusiones de este estudio muestran que tendrá una tendencia ascendente durante todo el periodo (2015-2050) con algunos matices. La modificación

del mix energético y el impacto de las medidas reductoras actuales producirán una reducción (1%) hasta 2030 y es a partir de este año cuando se estima que crecerá un 10% hasta 2050.

Cuantitativamente se estima que las emisiones de gases GEI será de unos 366 millones de t CO₂ eq en 2050, habiéndose minorado en un 17% con referencia al año 2005, pero habiéndose incrementado en un 9% comparándolas con las de 2015 (Cuadro 1.12).

Para el periodo 2015-2050, la estimación del incremento medio anual de los gases GEI es del 0,3%.

Gráfico 1.16. Proyección de las emisiones hasta el año 2050.

Cuadro 1.12. Emisiones de gases GEI. Variaciones respecto a los niveles de emisión de 2005 y 2015.

EMISIONES DE GEI
Variaciones respecto a 2005 y 2015

	GEI						
	Emisiones inventariadas				Emisiones proyectadas		
	1990	2000	2005	2015	2020	2030	2050
Emisiones (Mill. de t CO ₂ eq)	287	385	439	335	333	330	366
Variación respecto a 2005				-24%	-24%	-25%	-17%
Variación respecto a 2015					-1%	-1%	9%
Variación media anual entre 2015 y 2050							0,3%

Fuente: MAPAMA. Proyecciones de emisiones de gases a la atmósfera. Edición 2015-2050. Sumario de resultados.
2 de Marzo 2017

Gráfico 1.17. Emisiones de gases GEI. Evolución y proyección por sectores de actividad (1990-2050).

Fuente: MAPAMA. Proyecciones de emisiones de gases a la atmósfera. Edición 2015-2050. Sumario de resultados.
2 de Marzo 2017

1.5. Índice de Eficiencia Energética en España.

Según se ha publicado recientemente⁶, las pequeñas y medianas empresas españolas tienen un potencial de optimización energética del 24,2%, es decir, unos 35.574 GWh/año. Esta estimación equivaldría a un ahorro de unos 4.105 millones de €, es decir, el 0,37% del Producto Interior Bruto (PIB) español en 2016, correspondiendo al sector industrial un potencial de ahorro estimado del 12% (Figura 1.2).

Dentro del sector industrial particularizando para el subsector agroalimentario, existe una gran diversidad de empresas con gran dispersión geográfica y con un consumo energético relativamente reducido en comparación con otras industrias. El potencial de ahorro energético para este subsector se estima en torno al 15% para las pequeñas empresas y el 5% para las medianas.

Figura 1.2. Desglose y ahorro potencial de energía por sector de actividad. Índice de eficiencia energética en España en Pymes.

Fuente: La Razón. Economía pag. 41. 16 julio 2017

⁶La Razón, Economía, 16 de julio de 2017, 41.

1.6. Justificación de la tesis.

Los elementos que se ha tenido en consideración a la hora de plantear esta tesis han sido, por una parte, el impacto de las políticas energéticas, la mayor repercusión de las políticas por el desarrollo sostenible y el cambio climático y, por otra, las condiciones actuales de la actividad económica donde, la competitividad del sector empresarial, el incremento de la rentabilidad y la diferenciación de los productos son el hilo conductor de la gestión de las empresas. Por ello, la tesis se ha diseñado como una metodología de optimización energética en el sector agroindustrial tomando como muestra y ejemplo la modelización y caracterización de los consumos eléctricos y medidas de ahorro y eficiencia energética en el subsector de las bodegas.

El sector industrial y, especialmente el agroindustrial, supone una parte importante del consumo eléctrico en España. El sector se enfrenta a una población creciente, al agotamiento de los recursos y los efectos derivados del cambio climático. En este contexto, la sostenibilidad se presenta como factor clave en el proceso de toma de decisiones.

Este aspecto junto con otros más como, el constante incremento de costes energéticos y las políticas energéticas, hacen que el sector agroindustrial deba investigar e implementar medidas de ahorro y eficiencia energética para así incrementar la rentabilidad del negocio y ayudar al cumplimiento de los objetivos medioambientales adquiridos por el país.

De ahí que se haya propuesto desarrollar una metodología que sirva de referencia y, por ende, extensible a cualquier industria agroalimentaria.

2. OBJETIVOS.

Los objetivos de la tesis son los siguientes:

1. Definir una metodología para el análisis energético de una industria, que permita estimar las horas de funcionamiento de equipos específicos.
2. Caracterizar una bodega de referencia desde el punto de vista energético, representativa del área mediterránea (España, Italia, Portugal y Francia).
3. Utilizar la metodología definida en la bodega de referencia, para analizar un conjunto de medidas de ahorro y eficiencia energética, en función de su evaluación técnico-económica.
4. Clasificar las medidas de ahorro y eficiencia energética mencionadas en función de los indicadores técnicos y económicos obtenidos, recomendando las mejores para su utilización en bodegas.
5. Cuantificar, mediante un análisis de sensibilidad, el impacto de una variación de los principales parámetros económicos (inversión prevista, tasa de descuento, vida útil y flujo de los ahorros) en la rentabilidad de las medidas evaluadas.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1. El sector del vino y la visión empresarial.

La Unión Europea es líder en el mercado mundial del vino. El consumo de energía en la producción de vino de la Unión Europea es de alrededor de 1.750 millones de kWh al año, por lo que el subsector de bodegas es un importante consumidor de energía. Una bodega que produce 30.000 hectolitros de vino al año, seleccionada como industria representativa en los cuatro países estudiados (Francia, Italia, España y Portugal), tiene un consumo medio de electricidad de unos 330.000 kWh al año. Aunque el tamaño es el principal factor que afecta al consumo de energía, estudios previos han demostrado que existen importantes diferencias en el consumo de energía entre instalaciones del mismo tamaño. Esto significa que hay un potencial considerable de ahorro de energía en este tipo de industrias. Desde el punto de vista cuantitativo, los procesos de refrigeración (en la fermentación alcohólica y maloláctica, estabilización y otros) son claramente los consumidores de energía en las bodegas. Estos procesos pueden representar casi el 50% de la energía consumida.

Así, la mejora de las tecnologías implicadas en estas áreas es un factor clave para una mayor eficiencia energética del subsector, por ejemplo:

- ✓ Uso de máquinas de refrigeración con un ratio de eficiencia energética cercano a 3 o superior.
- ✓ Utilización de sistemas de almacenamiento del frío, o en algunos procesos, intercambiadores de calor específicos.
- ✓ Especialmente en nuevas instalaciones, el uso de energía geotérmica en relación con bombas de calor o máquinas de refrigeración.

Estas medidas deben ser cuidadosamente seleccionadas teniendo en cuenta la estacionalidad del sector, lo que puede convertirse en un problema para el periodo de retorno de las inversiones a gran escala. El número de horas de funcionamiento por

año de cada tipo de equipo es un factor importante para la viabilidad de una sustitución de tecnologías, mostrando muchas de ellas excelentes posibilidades.

(Fuentes-Pila y García, 2014).

Desde un punto de vista empresarial, se han realizado estudios sobre el desempeño económico de las empresas del sector, por ejemplo:

- ✓ En España, se han analizado las estrategias y las posibilidades de competencia de las bodegas de Castilla-La Mancha durante el período 2004-2010. Para ello, se definió un modelo que analizó el impacto que las variables ambientales, como la edad y el tamaño, han tenido sobre la eficacia económica, en comparación con las estrategias de comercialización y gestión adoptadas por las bodegas.

Por último, se analiza el impacto que las sucesivas reformas de la Organización Común de Mercados (OCM) del vino y la crisis económica han tenido sobre los resultados en las bodegas Castilla-La Mancha (CLM, España) (Simon-Elorz et al., 2015).

- ✓ Numerosos estudios académicos tratan la importancia vital que para los empresarios tiene una visión de negocio claramente definida, por la que se describen la filosofía de negocio y/o sus objetivos a largo plazo.

En el estudio realizado sobre pequeños operadores de bodegas y su visión de los negocios se examina la dimensión de visión empresarial entre un grupo de 40 bodegas de Australia Occidental, la mayoría de las cuales estaban abiertas al público.

Mientras que casi la mitad de los encuestados (18,45%) estaban seguros sobre lo que quieren que sus negocios sean en el futuro, otros (16,40%) no parecían tener una visión claramente definida, o no estaban seguros sobre lo que el concepto de una "visión" implica, ya sea en relación con sus propios negocios o su industria.

La importancia de proporcionar una excelente experiencia en las bodegas puede contribuir a aumentar las oportunidades de la empresa, lo que a su vez requiere una visión del negocio.

Sin embargo, aunque tal visión puede ser crítica desde una perspectiva empresarial, los hallazgos no identifican diferencias entre aquellos que manifiestan una clara visión empresarial y aquellos que no lo hicieron con respecto a la edad de su bodega. Estos hallazgos preliminares arrojan algo de luz en un área inexplorada y pueden ayudar a apoyar la investigación futura en el emprendimiento de la bodega (Alonso y Northcote, 2010).

- ✓ Se han comparado diferentes enfoques para la evaluación de la gestión económica de las bodegas. Este estudio, aplica simultáneamente medidas tradicionales de rentabilidad y productividad y una técnica no paramétrica para estimar la eficiencia y comparar los resultados obtenidos. Efectúa un análisis de agrupaciones para identificar diferentes grupos de empresas. La aplicación empírica se realiza en una muestra de 1.222 bodegas españolas en 2007.

Los resultados revelan diferencias importantes dependiendo de la metodología empleada. En general, ninguna de las metodologías puede decirse que sea mejor que las restantes.

Este trabajo sólo consideraba el comportamiento económico de las bodegas y sus resultados no son sustitutos de otras medidas subjetivas dirigidas a la evaluación de aspectos como la calidad de los vinos producidos, por lo que los gestores deben ser conscientes de su propia actuación para garantizar la competitividad y las inversiones futuras de sus bodegas.

Finalmente, analiza por primera vez el comportamiento económico de las bodegas españolas, utilizando simultáneamente diferentes enfoques ampliamente empleados en la literatura de gestión (Sellers-Rubio, 2010).

Desde un punto de vista de producto, se han realizado estudios para caracterizar mostos y vinos a partir de parámetros dieléctricos. En concreto, se llevó a cabo un estudio preliminar y otro posterior en muestras de mosto de uva tinta y vino tinto a 20°C elaboradas con variedades de uva tinta de la denominación de origen Navarra. La constante dieléctrica relativa ϵ'_r y el factor de pérdida relativa ϵ''_r se midieron en el rango de frecuencia de 200 MHz a 3 GHz con una técnica de sonda coaxial abierta. Los parámetros dieléctricos que mejor diferencian el mosto de uva tinta del vino tinto son los valores de la constante dieléctrica a 200 MHz y 3 GHz aunque la presencia de CO₂ durante la fermentación alcohólica del mosto puede dar mediciones poco confiables (García et al., 2001 y García et al., 2004).

3.2. La regulación del sector y los aspectos socioeconómicos.

El vino es un producto natural y agrícola reconocido por los Tratados de la UE y básicamente definido en la legislación de la UE como "producto obtenido exclusivamente de la fermentación alcohólica total o parcial de uvas frescas, incluso trituradas o de mosto de uva".

Cada uno de los elementos de esta definición del vino está plenamente definido, regulado y controlado por la Organización del Mercado Común del Vino muy completa en el marco de la Política Agrícola Común. Abarca todos los aspectos de la producción del vino, desde los suelos hasta el consumidor, con el fin de garantizar que estos estén debidamente protegidos e informados, al tiempo que permiten el correcto funcionamiento del mercado interior.

El vino no es el resultado de unas recetas fijas de fabricación. Como producto agrícola, el vino cambia de un año a otro dependiendo de las características de la cosecha. Cada vino, incluso del mismo productor y del mismo pago, es único. El suelo, el clima, las variedades y el estilo de elaboración del vino son factores decisivos y variables que dan a cada vino este carácter único.

El sector vitivinícola se inserta en muchos niveles de la vida europea, contribuyendo significativamente a la sociedad en términos socioeconómicos, medioambientales y sociales. Las viñas adornan el paisaje y el sector vitivinícola proporciona empleo a millones de personas, ayudando a sostener el tejido de las sociedades rurales y de su modo de vida lo que coincide con la misma noción de identidad europea.

En 2004, la producción de vino representó el 5,4% de la producción agrícola de la UE y para algunas economías del sur de Europa (Francia, Italia, Austria, Portugal, Luxemburgo, Eslovenia y España) representó aproximadamente el 10% del valor de la producción agrícola.

Por supuesto, la dimensión socioeconómica de los vinos se extiende más allá de la actividad agrícola en los viñedos, ya que también implica a:

- ✓ La producción de vino que no tiene lugar directamente en la explotación, es decir, en las bodegas cooperativas o en las bodegas privadas (en 2004, más de 75.000 personas trabajaron en la actividad vinícola en la UE-25).
- ✓ Las actividades económicas indirectas vinculadas a la producción de vino, tales como el comercio y la comercialización del vino, la producción de barricas de roble, de botellas, de etiquetas, de cápsulas, de tapones, etc., el desarrollo del enoturismo (hoteles, bares) y la producción de aguardientes y subproductos del vino.

El sector vitivinícola también contribuye significativamente al entorno de la UE. Los viñedos aseguran la presencia humana en áreas frágiles que a menudo carecen de otro valor económico real. Las viñas plantadas en las laderas ayudan a limitar la erosión del suelo y también pueden proporcionar protección contra incendios ya que la baja densidad de plantación ayuda a restringir la propagación del fuego.

Dado que el sector vitivinícola agrega valor al paisaje y contribuye a su preservación, el Convenio Europeo del Paisaje reconoce una particular importancia a los viñedos. Además, a partir de las disposiciones del Convenio Europeo del Paisaje relativas a la

protección, gestión y ordenación del paisaje, se han desarrollado numerosos estudios para valorar, establecer códigos de buenas prácticas, preservar el medio ambiente y promover los paisajes vitivinícolas como etiqueta de calidad turismo (CEEV, 2014).

3.3. La eficiencia energética en las industrias alimentarias.

Existen numerosos estudios que analizan la eficiencia energética en las industrias alimentarias.

Algunas de las temáticas estudiadas de eficiencia energética se han centrado en los siguientes ámbitos:

✓ Rendimiento energético.

En el estudio del rendimiento energético de las industrias alimentarias alemana y colombiana este índice se analiza en detalle y explica los factores que han influido en su eficiencia energética.

Utilizando datos a nivel de agregación de tres dígitos, el estudio compara la eficiencia energética entre los diferentes sectores de la industria alimentaria para el período 1998-2005. La eficiencia energética se analiza utilizando el indicador de intensidad energética (IE), así como un análisis de desagregación. Para determinar los factores que han influido en el rendimiento de la eficiencia energética, se utiliza el concepto de función de producción.

Los resultados muestran que las industrias alimentarias de ambos países variaron la eficiencia energética. Durante el período de estudio, el consumo de energía en la industria alimentaria alemana aumentó en un promedio del 1,3 por ciento anual y la IE disminuyó 7 %, mientras que la industria alimentaria colombiana disminuyó su consumo de energía en un promedio de 1,9 % anual y la IE disminuyó un 11 %. Sin embargo, la industria alimentaria colombiana necesita

2,2 veces más energía que la industria alimentaria alemana para producir una unidad de producción bruta.

Un análisis de la desagregación indicó que los factores económicos y técnicos han desempeñado un papel importante en el rendimiento de la eficiencia energética porque el aumento del crecimiento económico y las mejoras tecnológicas aumentan la capacidad del sector industrial para mejorar la eficiencia energética.

Un análisis empírico de segunda fase revela que las variables de capital, material, inversiones y valor añadido influyeron positivamente en el rendimiento de la eficiencia energética en ambos países.

Los precios de la energía muestran una influencia positiva en la eficiencia energética en la industria alimentaria alemana, mientras que el tamaño de las empresas y los procesos de concentración desempeñaron un papel importante en el rendimiento energético en la industria alimentaria colombiana.

La literatura indica la relativa falta de atención prestada al análisis del uso de la energía en todos los sectores de la industria alimentaria, así como la falta de estudios que determinen los factores que han afectado el consumo de energía y el rendimiento energético utilizando comparaciones tanto intersectoriales como entre países (Martinodotnez, 2010).

✓ **La búsqueda de patrones de consumos energéticos.**

La caracterización del consumo de energía eléctrica de las industrias agroalimentarias ubicadas en la región central de Portugal, que utilizan sistemas de refrigeración para garantizar la seguridad alimentaria, se basa en el análisis de resultados de datos de encuestas y características energéticas de las empresas participantes. Las industrias agroalimentarias incluidas en la encuesta pertenecen al sector: cárnicos, lácteos, horticultura, distribución y vino. Se analiza y discute

la comparación de los indicadores de energía para el consumo específico de energía eléctrica de las empresas de un sector y entre sectores, proporcionando niveles de referencia para el rendimiento energético de las industrias agroalimentarias. Dado que el sector agroalimentario representa un alto nivel de consumo de energía, el conocimiento del nivel de rendimiento energético puede promover el uso racional de la energía, así como ayudar en la toma de decisiones de medidas prácticas para mejorar la eficiencia energética (Gaspar et al., 2014).

✓ **La conservación de la energía.**

La conservación de la energía es vital para el desarrollo sostenible de la industria alimentaria.

La mejora de la eficiencia energética y la recuperación del calor residual en la industria alimentaria ha sido un enfoque para aumentar la sostenibilidad de la elaboración de alimentos en las últimas décadas.

El reemplazo de los procesos convencionales de consumo intensivo de energía con tecnologías novedosas tales como nuevos ciclos termodinámicos y nuevos procesos de calentamiento no térmicos, proporciona otro potencial para reducir el consumo de energía, reducir los costes de producción y mejorar la sostenibilidad de la producción de alimentos.

Algunas nuevas tecnologías de procesamiento de alimentos han sido desarrolladas para reemplazar la utilización de las unidades tradicionales de energía intensiva, para pasteurización y esterilización, evaporación y deshidratación, y refrigeración y congelación en la industria alimentaria. La mayoría de las tecnologías de conservación de energía pueden transferirse fácilmente de otros sectores manufactureros al sector de elaboración de alimentos (Lijun, 2014).

✓ **Identificación de mejoras energéticas en industrias concretas con la colaboración del área docente, como es el caso de Nestlé UK.**

El aumento y la incertidumbre en los precios de la energía en los últimos años han ampliado el espacio de búsqueda de soluciones por la industria para evaluar su impacto total en las operaciones y desarrollar una gama de soluciones viables para reducir el riesgo. Esto ha implicado que las compañías exploren enfoques alternativos para desarrollar soluciones conjuntamente con diferentes grupos en los que se incluye variadas capacidades intelectuales, por ejemplo, consultores, ONG y académicos.

Este artículo presenta el proceso interdisciplinar a pequeña escala adoptado por Nestlé UK en colaboración con la Universidad de Surrey como parte de un programa de Doctorado en Ingeniería para desarrollar conjuntamente un marco de integración térmica para mejorar la eficiencia energética de una fábrica de pastelería industrial.

Se describe el proceso de creación conjunta a pequeña escala -entre la industria y el mundo académico- para un marco de integración térmica e incluye un conjunto de criterios para evaluar la efectividad del proceso.

Se presentan los resultados del proceso de evaluación y una reflexión sobre los principales desafíos e implicaciones a los que se enfrentan cuando se trata de implementar un proceso interdisciplinar a pequeña escala, en el que se cubren el papel de un doctorando en ingeniería como gestor, facilitador e investigador, la gestión del tiempo, las finanzas y la comunicación, la integración del conocimiento, el aprendizaje mutuo y los conflictos.

Algunas de las recomendaciones clave para los profesionales de la industria incluyen: participar activamente en el proceso interdisciplinar sobre una base consistente, mantenerse abiertos de mente para desarrollar una solución incluso cuando hay una falta de progreso y construir relaciones con académicos apoyando

las actividades universitarias, como conferencias, proyectos de investigación y propuestas de financiación.

En general, la gama de recomendaciones proporcionadas puede ayudar tanto a los profesionales de la industria como a los científicos, especialmente a los estudiantes de doctorado que buscan operar en el sector de la industria a una escala pequeña más manejable (Miah et al., 2015).

✓ **Técnicas de conservación de los alimentos.**

Las tecnologías alternativas de conservación de alimentos incluyen sustitutos de los métodos calóricos que pueden tener beneficios que incluyen la reducción del consumo de energía.

Los procesos de alta presión (HPP), filtración por membrana (MF), campos eléctricos de impulsos (PEF) y radiación ultravioleta (UV) son ejemplos de tecnologías alternativas de conservación de creciente interés comercial.

Como operaciones unitarias estas tecnologías operan en cuatro modos de transferencia de energía: impulso, calor, electromagnetismo o transferencia de fotones.

Los objetivos de esta revisión fueron:

- examinar los fundamentos de las necesidades energéticas de cinco tecnologías alternativas de procesamiento de alimentos tales como HPP, MF, PEF, UV y procesamiento convencional de alta temperatura llamada pasteurización relámpago o pasteurización flash (HTST),
- establecer una base para comparar el consumo de energía entre o dentro de las cinco tecnologías, y
- evaluar los requerimientos energéticos específicos de las tecnologías para lograr el proceso de seguridad requerido en el zumo de manzana.

Se revisaron tres niveles de evaluación de la energía para cada tecnología, incluida la energía interna, la energía aplicada y la energía consumida. La comparación de la energía específica para las cinco tecnologías se basó en información publicada en artículos científicos en la que se exploró la inactivación de *Escherichia coli* en el zumo de manzana.

Basándose en el análisis del consumo de energía de estas tecnologías se llegó a la conclusión de que MF y UV tienen el potencial de consumir menos energía específica que HTST, PEF y HPP. También se observaron diferencias en el consumo de energía dentro de cada grupo de tecnologías y éstas podrían atribuirse a diferencias en los sistemas. Las diferencias en el consumo de energía dentro de cada grupo de tecnologías muestran que hay potencial de mejora en la mayoría de las tecnologías.

Desde una perspectiva industrial, el contenido de esta publicación tiene el potencial de poder ser utilizado para la comparación y mejora de las tecnologías de procesamiento de alimentos. Desde una perspectiva científica, esta publicación puede contribuir a la armonización de parámetros para la generación de informes sobre energía en publicaciones científicas (Rodríguez-González et al., 2015).

Adicionalmente, se han realizado numerosas auditorías energéticas en diferentes sectores agroindustriales con la finalidad de identificar medidas de mejora energética. Entre ellas, cabe destacar:

✓ **Proyecto CO2OP.**

El proyecto se llevó a cabo en una serie de fases. Se comenzó con la realización de 30 auditorías energéticas, en concreto, 6 almazaras, 8 bodegas, 10 centrales hortofrutícolas y 6 fábricas de piensos. Para la realización de estas auditorías se contó con el soporte técnico de Creara Consultores, empresa especializada en el ahorro y la eficiencia energética y en las energías renovables.

Con las auditorías energéticas realizadas se estudió de forma exhaustiva el grado de eficiencia energética de las mencionadas instalaciones. Se analizaron los equipos consumidores de energía, los hábitos de consumo y las posibles mejoras en eficiencia energética.

A partir de los resultados obtenidos, se recomendaron las acciones idóneas para optimizar el consumo en función de su potencial de ahorro, la facilidad de implementación y el coste de ejecución.

Paralelamente, y aprovechando el trabajo que vienen realizando las Federaciones y Cooperativas Agroalimentarias en los últimos años sobre el consumo energético de las cooperativas, se realizó un análisis de los valores obtenidos con estos trabajos, y se elaboraron unos informes sectoriales sobre la situación energética de cada una de las industrias agroalimentarias estudiadas en este proyecto, cuyas conclusiones específicas del sector de las bodegas están incluidas en un manual.

Por último, se publicó el “Manual de ahorro y eficiencia energética” específico para el sector de las bodegas, que fue presentado en una sesión informativa para divulgar al máximo los resultados obtenidos (Proyecto CO2OP, 2011).

✓ **Proyecto TESLA 2014.**

El equipo investigador de la presente Tesis ha colaborado en el proyecto TESLA en los años 2014 y 2015, generando parte de los resultados del proyecto, y utilizando toda la información generada. Se partió de la base de que el consumo de energía para la producción de vino en la Unión Europea es de alrededor de 1.750 millones de kWh al año. En este sector, la fuente de energía primaria utilizada es principalmente la electricidad (más del 90%). Las fuentes fósiles (gas, diésel y fueloil) representan menos del 10% del consumo total de energía. Cabe destacar que el 45% de la energía se utiliza en los procesos de fermentación, principalmente por bombas de calor en la refrigeración de estos procesos.

Según la información recopilada en el proyecto TESLA en el 2014, para una bodega de referencia en los cuatro países considerados (Francia, Italia, Portugal y España), pueden considerarse los siguientes valores generales para la producción de vino tinto sin envejecimiento (la principal industria típica):

- Tamaño de la industria considerado como referencia: 30.000 hectolitros de vino/año
- Relación típica, consumo/producción de energía eléctrica: 11 kWh/hl de vino
- Relación típica, consumo de energía térmica/producción: 1 kWh/hl de vino
- Potencia típica instalada: 800 kW
- Potencia térmica típica instalada (caldera/vehículos /etc.): 20 kW caldera, 50 kW vehículos
- Coste típico de la energía eléctrica en la industria: 0,12 euros/kWh
- Coste típico de la energía térmica en la industria: 0,07 euros/kWh
- Tasa típica, coste de la energía eléctrica / coste energético térmico: 95%/5%
- Estacionalidad del consumo de energía eléctrica: De agosto-septiembre a octubre-noviembre
- Estacionalidad del consumo de energía térmica: de octubre a febrero (en industrias con consumo de combustible para calefacción)

Por tanto, una bodega de 30.000 hectolitros/año de vino, seleccionada como industria representativa, tiene un consumo medio de electricidad de unos 330.000 kWh / año.

Estudios anteriores han demostrado que el balance energético global de esta bodega típica muestra los siguientes valores medios:

- Consumo de electricidad: representa el 92% del consumo total de energía en la bodega.
- Distribución del consumo eléctrico en fases: recepción 5%, fermentación 45%, prensado 7%, estabilización 8%, embotellado y almacenamiento 18%, actividades auxiliares 10%, iluminación 7%.

- Consumo de combustible (normalmente gasoil): 8% del consumo total de energía. En algunas instalaciones el consumo de combustible es cero, ya que todos los procesos utilizan dispositivos eléctricos.
- Distribución del consumo de combustible: embotellado y almacenamiento 50% (lavado de tanques y botellas con agua caliente), actividades auxiliares 50% (calefacción, producción de agua caliente para usos varios, vehículos de transporte diésel).

Aunque el consumo medio de electricidad de la instalación típica es de unos 11 kWh/hl, cabe señalar que esta relación puede ser muy diferente de una instalación a otra. Estudios previos han determinado que el consumo de electricidad puede variar de 3 kWh/hl a 25 kWh/hl.

El tamaño de la instalación es un factor importante que afecta el consumo de energía. Las grandes instalaciones (producción de vino superior a 50.000 hl/año) mostraron un valor medio de consumo eléctrico de alrededor de 4 kWh/hl, mientras que las pequeñas (producción de vino inferior a 25.000 hl/año) mostraron un valor medio de consumo eléctrico de unos 16 kWh/hl.

Otro factor fue la calidad del vino: los vinos de mayor calidad requieren mayor consumo de electricidad ya que las necesidades de enfriamiento suelen ser más altas.

Aunque el tamaño fue el principal factor que influyó en el consumo de energía, hubo diferencias importantes en el consumo entre instalaciones con el mismo tamaño y calidad de vino similar. Esto significa que existe un considerable potencial de ahorro de energía en este tipo de industrias (Proyecto TESLA, 2014).

✓ **Proyecto TESLA 2015.**

El objetivo principal del proyecto en el año 2015 fue ampliar las prácticas disponibles para la evaluación de la situación energética y para la adopción de medidas de mejora entre las PYME europeas en el sector agroalimentario.

En particular, el proyecto TESLA se ha centrado en las agroindustrias de bodegas,almazaras, fábricas de piensos y plantas de procesamiento de frutas y hortalizas. Este proyecto TESLA ha abordado el problema del consumo de energía, que es el principal insumo de estos procesos agroindustriales, además de la materia prima.

La ejecución del proyecto supuso la realización de 110 auditorías energéticas en cooperativas pertenecientes a estos sectores. Estas auditorías energéticas han sido llevadas a cabo por un equipo multidisciplinar, integrado por expertos en eficiencia energética y en ingeniería agroalimentaria, constituido para el proyecto y capacitado para el mismo.

Las auditorías energéticas han identificado alrededor de 680 medidas de ahorro y eficiencia energética a medida, y 67 cooperativas ya han implementado una, dos o más medidas de ahorro y eficiencia energética con el apoyo y la asistencia técnica de los socios. Los miembros del consorcio han utilizado las herramientas y los conocimientos adquiridos en el proyecto para llevar a cabo la campaña de difusión y concienciación entre las 7.372 cooperativas asociadas de los cuatro subsectores.

Se han editado manuales sobre eficiencia energética y una guía técnica detallada sobre las mejores prácticas para mejorar la eficiencia energética. Se encuentran disponibles en la página web y se han distribuido tanto durante la vida del proyecto como con posterioridad.

Los resultados del proyecto han sido:

- 1) Capacitación de un equipo técnico (37 personas) especializado en la industria agroalimentaria y auditorías de eficiencia energética, integrado por asociaciones de cooperativas; personal con experiencia técnica en los subsectores de la industria agroalimentaria involucrados en el proyecto. Este equipo ha contado también con las herramientas virtuales de un departamento de apoyo, que les han ayudado en su trabajo y que también lo harán en el futuro.
- 2) Ejecución de 110 auditorías de eficiencia energética según metodología propia basada en la EN 16247: 2012, en Agro-Cooperativas de alimentos de Francia, España, Italia y Portugal. Las auditorías han sido realizadas por el equipo técnico experto entrenado para el proyecto y apoyado por los socios especializados en servicios de eficiencia energética.
- 3) Edición de manuales sobre eficiencia energética. Estos manuales fueron dirigidos a empresas agroindustriales e incluyen información sobre eficiencia energética en los subsectores agroindustriales involucrados en el proyecto. Se han elaborado manuales dirigidos a los cuatro subsectores y en los cinco idiomas del proyecto, los que se pueden descargar en la página web. La mayoría de estos documentos ya han sido distribuidos dentro de las cooperativas durante las visitas de auditoría, eventos de corretaje y actividades de difusión.

Las lecciones aprendidas durante este proyecto provienen directamente de los resultados del mismo, como la metodología para la ejecución de la auditoría energética -explicada durante los cursos de formación- o la descripción detallada de los cuatro subsectores agroalimentarios del proyecto considerando la heterogeneidad en las instalaciones de cada subsector. Estas diferencias se deben a la diferente escala de las instalaciones agroindustriales, a los diferentes procesos y prácticas en cada país -incluso en cada región- y a diferentes productos finales

obtenidos en cada agroindustria. Esta heterogeneidad ha complicado algunas tareas del proyecto, pero, por otro lado, estas diferencias en las instalaciones analizadas han enriquecido el escenario y aumentado el número de ineficiencias y prácticas erróneas identificadas, así como han aportado ideas y medidas de mejora a proponer a las agro-empresas de alimentos.

Una vez realizadas las primeras auditorías energéticas, se propusieron medidas de mejora, algunas de las cuales se implementaron finalmente gracias a la colaboración con los actores clave involucrados en el proyecto, habiendo visitado las cooperativas.

En total, alrededor de 680 medidas de mejora han sido recopiladas mediante una búsqueda en profundidad a través de proveedores de tecnología, actores clave del proyecto y durante eventos de supervisión realizados hasta ahora. Al final del proyecto, los contactos entre las cooperativas y los actores clave están en curso, con nuevas medidas de mejora que se implementarán en un futuro próximo (Proyecto TESLA, 2015).

3.4. La eficiencia energética en el sector vitivinícola a través de diferentes variables.

3.4.1. Diseños constructivos.

Muchos son los autores que se han centrado en el estudio de la mejora de la eficiencia energética desde el punto de vista constructivo.

a) Estudios realizados comparando la eficiencia de diferentes diseños constructivos.

- ✓ **La inercia térmica del suelo para el diseño de edificios con eficiencia energética.**

En la industria agroalimentaria aún está pendiente la búsqueda de soluciones energéticamente eficientes para la construcción, en la que a menudo se consume innecesariamente una gran cantidad de energía al almacenar productos.

El objetivo principal de esta investigación era promover entornos construidos con alta eficiencia energética, cuyo fin es reducir el consumo de energía en este sector. Se analiza la conveniencia de utilizar la inercia térmica del suelo para proporcionar un ambiente adecuado para el almacenamiento y conservación de productos agroalimentarios.

Se comparan diferentes soluciones constructivas basadas en el uso de propiedades térmicas del terreno, analizando su efectividad para disminuir las variaciones anuales al aire libre y proporcionar condiciones interiores adecuadas.

El análisis realizado se basa en más de cinco millones de datos, obtenidos a partir de un proceso ininterrumpido de seguimiento durante cuatro años de diversas construcciones con diferentes niveles de inercia térmica, desde construcciones de alto volumen hasta otras que carecen de este recurso.

Se ha demostrado que las soluciones constructivas basadas en el uso de la inercia hermética del suelo son más eficaces que otras soluciones cuando se reducen los efectos de las condiciones exteriores, incluso cuando éstas tienen sistemas de aire acondicionado.

Es posible alcanzar condiciones óptimas para preservar productos agroalimentarios como el vino, con un buen diseño y una superficie adecuada de terreno, sin tener que utilizar sistemas de aire acondicionado.

Los resultados de esta investigación podrían ser de gran utilidad para la industria agroalimentaria, convirtiéndose en una referencia en el diseño de construcciones energéticamente eficientes (Mazarrón et al., 2012b).

✓ **Evaluación del rendimiento térmico.**

Se ha realizado un estudio para el diseño eficiente de la energía de las bodegas rurales. Representa la primera contribución dentro de un proyecto de investigación destinado a definir criterios de diseño para la eficiencia energética en los edificios de procesamiento de alimentos.

En este contexto, las explotaciones vitivinícolas pequeñas y medianas exigen un enfoque específico del diseño del edificio, ya que los criterios disponibles para las bodegas industriales no son adecuados para este sector de producción.

Este estudio evalúa los efectos de varias soluciones de diseño de edificios sobre el rendimiento energético de las bodegas rurales y estima diferencias relevantes en los costes de construcción.

Se consideraron las siguientes variables de diseño: composición del plan y de la elevación, superficies protegidas del sol y tecnología de construcción.

Se analizaron y compararon las siguientes soluciones de diseño de edificios mediante modelado por ordenador en 3D, simulación de energía y análisis estructural de elementos finitos:

- edificio subterráneo (I),
- edificio parcialmente subterráneo (II) y
- edificio parcialmente subterráneo con elementos de protección solar (III)

Los análisis aportaron resultados en términos de variación de la temperatura media interna a lo largo del año, la cantidad de energía a transferir para mantener las temperaturas predefinidas en las zonas dotadas de sistemas de control térmico y las diferencias en los costes de construcción.

Basándose en estos resultados, se encontró que la solución parcialmente subterránea (II) produjo una reducción en la demanda de energía total del 14% para el calentamiento y del 50% para el enfriamiento en comparación con la solución sobre el suelo (I).

En particular, en cuanto a la sala de envejecimiento del vino, si se construye enteramente bajo tierra, la reducción de la demanda de energía para esta zona es del 100% para la calefacción y del 75% para el enfriamiento.

La adopción de dispositivos de protección contra el sol (solución III) permite una reducción global del 27% para el enfriamiento. Las soluciones de diseño II y III suponen incrementos de costes de construcción que oscilan entre el 12% y el 27%, dependiendo de la tecnología de construcción, pero también permiten a las bodegas reducir su consumo de energía hasta en un 63% y consecuentemente sus costes operativos, con efectos positivos en la explotación.

Debido a las crecientes preocupaciones medioambientales. Este estudio también tiene en cuenta los efectos de los barriles de vino en las demandas de energía del área de envejecimiento. Se introdujeron diferentes números de barriles en las simulaciones, y los resultados mostraron un aumento de la demanda de energía

del 12% al 26% para almacenar 400 barriles y una dependencia lineal entre el número de barriles y el aumento de la demanda de energía.

Este estudio es parte de un proyecto de investigación más amplio que tiene como objetivo definir criterios específicos de diseño de edificios para pequeñas y medianas empresas vitivinícolas y productoras.

Estas explotaciones desempeñan un papel esencial en el sector vitivinícola italiano en términos de producción y comercialización en general, así como de promoción de productos locales, incluso a escala mundial.

Este sector requiere criterios de diseño constructivo necesariamente diferentes de los aplicados a las bodegas industriales, para lo cual existen estándares bien establecidos en la literatura (Ayuga, 1999), como se subrayó en estudios previos (Tassinari et al., 2011, Torreggiani et al., 2011).

En los últimos años, la sostenibilidad ambiental, un objetivo ampliamente compartido en el sector de la construcción, ha ido ganando cada vez más atención en el diseño y la construcción de edificios agrícolas, particularmente en bodegas (Mazarrón et al., 2012a, Tassinari et al., 2010, 2012, 2013).

La integración de criterios orientados a maximizar la eficiencia energética en el diseño de edificios es, por lo tanto, un tema de actualidad en el sector agroindustrial, debido tanto a los beneficios económicos de las explotaciones agrícolas como a los beneficios potenciales a escala regional y global (Fuller et al. 2004, Boulton, 2010).

Además, las últimas estrategias de investigación y las políticas de desarrollo rural fomentan el desarrollo y la difusión de las tecnologías apropiadas y los modelos de diseño (EC, 2011).

Dentro del mencionado proyecto de investigación más amplio, el objetivo específico de este estudio fue evaluar los efectos de diversas soluciones de diseño de edificios sobre el rendimiento energético de las bodegas rurales y estimar las diferencias relevantes en los costes de construcción considerando las siguientes variables de diseño: composición de planos y elevaciones, superficies de protección solar y tecnologías de construcción (Berni et al., 2013).

Por otro lado, se han estudiado también otros aspectos como es el aumento de la estanqueidad del edificio, como una de las medidas tomadas por la industria de la construcción para reducir las pérdidas de energía, pero que conduce a entornos no saludables.

Las estrategias de ventilación con bajo consumo de energía son necesarias para diseñar y mejorar los sistemas de ventilación forzada existentes.

El estudio realizado, evalúa el uso potencial de diferentes estrategias, desde el diseño arquitectónico, para lograr una ventilación eficiente. Para este fin, el patrón de flujo de aire y la edad del aire se evalúan en una habitación de una vivienda española con el uso de predicciones de dinámica de fluidos computacionales. Las predicciones del modelo de dinámica de fluidos computacional fueron validadas por la comparación con las mediciones experimentales, con un buen acuerdo. Se propone una estrategia de ventilación alternativa, que no afecta el diseño arquitectónico de la habitación. El análisis estadístico se utiliza para evaluar y comparar los resultados obtenidos para los diferentes casos simulados.

Los resultados muestran que la habitación tiene un sistema de ventilación forzada, el aire se estanca y la ventilación no es homogénea. El análisis estadístico muestra que esta estrategia produce un impacto significativo en la calidad del aire interior, especialmente en áreas de habitaciones donde el aire tiende a estancarse (Porrás et al., 2014).

b) Estudios constructivos concretos para identificar las mejoras de eficiencia energética.

✓ **Construcciones semienterradas.**

La tendencia en las últimas décadas ha sido usar las construcciones sobre el terreno, pero esto conduce a mayores costes para proporcionar condiciones ambientales apropiadas.

Un estudio fue llevado a cabo para evaluar la posibilidad de utilizar el subsuelo de edificios agroindustriales como una forma de envejecer y conservar el vino. Para ello, se estudiaron durante varios años cuatro tipos de subsuelos y una construcción en semisótano, pertenecientes a bodegas comerciales de España.

Los resultados muestran que las condiciones ambientales interiores presentan una estabilidad mucho mayor que las condiciones exteriores (70% de reducción anual de la variación de la temperatura y 98% de reducción de la variación diaria).

La temperatura y la humedad relativa del aire interno mantienen condiciones adecuadas para el envejecimiento y la conservación del vino sin la necesidad de sistemas de aire acondicionado.

Se ha demostrado que existen diferencias verticales de temperatura que varían a lo largo del año y que deben ser consideradas por los productores. La menor inercia térmica y la mayor exposición al ambiente exterior de la construcción semisótano conducen a temperaturas más altas en primavera y verano. Estas temperaturas superaron los niveles aceptables para el vino y duraron varias semanas seguidas.

Tras realizar este estudio se recomiendan las construcciones de subsuelo para el envejecimiento y la conservación del vino o productos agroalimentarios que requieren condiciones similares (Mazarrón et al., 2013).

✓ **Bodegas Subterráneas.**

Cada año, el sector del vino mueve miles de millones de euros en todo el mundo. En el proceso de producción de vino de alta calidad, la temperatura y la humedad relativa en la bodega durante el proceso de envejecimiento tienen un impacto decisivo en la calidad final del vino y en las mermas por evaporación. Las instalaciones de superficie son las soluciones más comunes para llevar a cabo el envejecimiento y la conservación del vino.

En este contexto, se llevó a cabo un estudio de cómo las construcciones de superficie sin sistemas de aire acondicionado responden a cambios en las condiciones ambientales, analizando las condiciones interiores resultantes.

Para ello, se realizó un estudio basado en los datos obtenidos de una bodega durante varios años. También se realizó un análisis de simulación para evaluar el comportamiento térmico en diferentes áreas vitícolas del mundo.

Los resultados mostraron que las condiciones higrotérmicas en las instalaciones subterráneas sin aire acondicionado pueden ir más allá de los límites aceptables, especialmente durante los meses de verano. La alta temperatura y baja humedad relativa pueden conducir a un rápido envejecimiento del vino, reduciendo la calidad y aumentando las pérdidas de vino.

Además, se ha demostrado que la estratificación de temperatura y humedad relativa varía en función de la época del año, lo que tiene un impacto directo en el manejo del vino y en el número de barricas utilizadas por los enólogos. Los resultados de este estudio podrían utilizarse en el diseño de nuevas bodegas (Mazarrón et al., 2012a y Porras, 2014).

Por otro lado, el conocimiento de la ventilación natural en construcciones subterráneas puede ayudar a la optimización del diseño de los sistemas de climatización, reducir su consumo energético y evitar riesgos de acumulación de

gases o agentes tóxicos. En este sentido, se llevó a cabo un estudio de la ventilación natural en una construcción subterránea durante el año.

Los resultados muestran que la ventilación natural está fuertemente condicionada por el gradiente existente de temperatura exterior e interior. La temperatura de las paredes interiores es diferente en función de la superficie y profundidad de la construcción.

El acceso a túneles y chimeneas de ventilación, las áreas de transición, son aquellas que experimentan los mayores cambios en temperatura y juegan un papel clave en el rol de la regulación de la ventilación natural. Por esta razón, la ventilación natural tiene grandes variaciones durante todo el año.

Cuando la temperatura exterior se eleva a varios grados, se produce como una entrada permanente del aire frío que viene del exterior, que entra a la bodega a través del área inferior del túnel de acceso. Simultáneamente a la entrada del aire frío exterior en construcciones subterráneas, sale el aire más cálido de la bodega por la zona más grande de la superficie de acceso al túnel y la chimenea de ventilación. Este fenómeno provoca una homogeneización de la temperatura en la totalidad de la construcción, a pesar de las largas distancias y las diferentes profundidades de cada área que afecta a la ventilación en períodos posteriores. Por el contrario, cuando la temperatura exterior es más alta que la temperatura interior, los gradientes de temperatura a lo largo del túnel de acceso y la chimenea impiden la entrada del aire exterior. Esto causa un "estancamiento del aire", más pesado que el exterior, que hace que el aire interior se aclimate a la temperatura de las paredes en cada punto. En periodos de transición, durante el día se produce un comportamiento similar a la época de verano y durante las noches similar a la época de invierno. Sin embargo, hay diferencias en el período después del verano y del invierno, debido a la diferencia de temperaturas en el interior de las paredes en cada periodo (Mazarrón et al., 2015).

✓ **Modelización en construcciones subterráneas.**

En este contexto se realizó un estudio de un modelo sinusoidal exponencial para predecir la temperatura en bodegas subterráneas de una región española, donde se desarrolló un modelo matemático para determinar el ciclo anual de temperatura del aire dentro de las bodegas subterráneas tradicionales de la Ribera del Duero, conocida por la calidad de sus vinos.

Se modificó el modelo analítico sinusoidal para el cálculo de la temperatura del suelo. Los resultados obtenidos al contrastar el modelo propuesto con los datos experimentales de tres bodegas subterráneas durante 2 años fueron satisfactorios.

El RMSE es inferior a 1° C y el índice de concordancia es superior a 0,96 para las tres bodegas. Cuando se utiliza el promedio de datos experimentales correspondientes a los 2 años, los resultados mejoran notablemente: el RMSE disminuye en más del 30% y la media alcanza 0,99.

Este modelo puede ser una herramienta útil para diseñar bodegas subterráneas aprovechando al máximo las ventajas de la energía del suelo (Mazarrón y Cañas 2008).

Otro estudio, de acuerdo al análisis estacional del comportamiento térmico de las bodegas subterráneas tradicionales en España, determinó que estas bodegas son un buen ejemplo de construcción bioclimática, proporcionando condiciones óptimas para madurar el vino sin consumo de energía.

Debido a ello, en el estudio realizado sobre el comportamiento térmico anual de las bodegas subterráneas tradicionales en una de las zonas vitivinícolas más conocidas de España, la Ribera del Duero, aplicando un método basado en el análisis de regresión múltiple utilizando datos experimentales muestreados durante 1 año, los resultados muestran que la temperatura interior del aire está fundamentalmente condicionada por la temperatura del suelo a la profundidad

media de la bodega y por la temperatura del aire exterior (r^2 varía entre 0,937 y 0,974, con una media de 0,964 para los tres bodegas estudiadas).

Sin embargo, la estabilidad de la bodega durante los cambios de temperatura exterior difiere según la época del año. En primavera y verano, la estabilidad es excelente y la influencia de la temperatura del suelo es mucho mayor que la de la temperatura del aire exterior (el coeficiente beta para la temperatura del suelo es de 0,85 frente a 0,17 para la temperatura del aire exterior). En otoño e invierno, la estabilidad de la bodega se reduce por el aumento de la ventilación, reduciendo la influencia de la temperatura del suelo ($\beta = 0,70$) y aumentando la del aire exterior ($\beta = 0,42$) (Mazarrón y Cañas 2009).

Por otra parte, se ha estudiado también el comportamiento higrotérmico de las bodegas subterráneas tradicionales en una de las zonas vitivinícolas más importantes de España, la Ribera del Duero, prestando especial atención a los efectos de las aberturas de ventilación tradicionales llamadas zarcera (respiradero para ventilar las bodegas).

El objetivo del estudio era destacar las prácticas de ahorro de energía que ayudan al diseño y renovación de construcciones similares. Esto se llevó a cabo mediante el control de la temperatura y la humedad relativa en dos bodegas de propiedades similares a lo largo de 2007, una con una zarcera y la otra sin ella.

Los resultados del análisis muestran que la existencia del respiradero no aumenta la ventilación de mayo a agosto. Por otro lado, de septiembre a marzo, la zarcera favorece la ventilación, afectando tanto la temperatura como la humedad relativa. La temperatura interior es más afectada por la temperatura exterior, dando lugar a mayores variaciones, aunque esta diferencia es de poca importancia para la maduración del vino (variación anual de 2,5 °C más que la bodega sin zarcera). La humedad relativa interior se reduce, reduciendo el riesgo de condensación y problemas de moho (la bodega sin zarcera alcanzó valores excesivamente altos, 97% como promedio anual, frente al 91% en bodega con zarcera).

Así, la existencia de zarceras en bodegas subterráneas mejora el comportamiento higrotérmico global, proporcionando condiciones adecuadas para madurar el vino sin sistemas de aire acondicionado, elemento aconsejable en la construcción de nuevas bodegas subterráneas (Cañas y Mazarrón, 2009).

Un estudio sobre la simulación térmica de la bodega subterránea se llevó a cabo con el fin principal de definir un método para evaluar la fiabilidad de las simulaciones de energía para el modelado subterráneo de bodegas. Los programas de energía principal no garantizan la precisión térmica en el intercambio de calor entre la construcción y el terreno circundante.

Encuestas térmicas realizadas con viticultores y productores permitió recopilar las temperaturas interiores de los edificios incluidos en la muestra, entre los que se encontraba una bodega subterránea. Los datos fueron recogidos durante un año y se utilizaron como referencia para la valoración del modelo.

El método se basa en la comparación entre la temperatura registrada en el caso estudiado y la proporcionada por su modelo de simulación. El modelo se considera fiable si ambos se ajustan al comportamiento térmico registrado del caso estudiado, y proporciona resultados aceptables de acuerdo con la precisión objetivo de la investigación.

Los resultados obtenidos muestran que el método puede mejorar las previsiones de las tendencias de la temperatura del edificio, por lo que puede considerarse como una herramienta fiable para el diseño de sistemas y edificios orientados a la eficiencia energética (Barbaresi et al., 2014).

Por otro lado, como es sabido, el ahorro de energía en los procesos de producción es un tema de actualidad en el sector vitivinícola, donde la demanda de energía se genera principalmente en el control de la temperatura. Por ello, las empresas y demás partes interesadas solicitan soluciones constructivas y sistemas tecnológicos que maximicen la eficiencia energética.

Con este fin, se realizó un análisis experimental de la temperatura subterránea poco profunda para la evaluación del potencial de la eficiencia energética de las bodegas subterráneas.

Las bodegas subterráneas pueden representar una solución, ya que pueden proporcionar amortiguación de los picos de temperatura, cambio de fase de la onda térmica y reducción de la temperatura. Los efectos dependen de la construcción y las características del sitio; por lo tanto, para el diseño del edificio es fundamental el conocimiento de las propiedades térmicas subterráneas y la variabilidad espacio-temporal de los fenómenos térmicos.

El objetivo del estudio era identificar las variaciones temporales de las distribuciones de temperatura relacionadas con las capas de suelo que interactúan con los edificios subterráneos del sector vitivinícola. Para ello se implementó un sistema de monitoreo y se realizaron análisis experimentales en dos pozos a diferentes distancias de una bodega subterránea real.

Los resultados mostraron hasta qué punto el diseño del edificio puede aprovechar las propiedades térmicas subterráneas para minimizar la demanda de energía para el control de la temperatura. Se verificó la validez del modelo estándar de distribución de temperatura subterránea para la zona poco profunda y se propuso y validó un procedimiento para la evaluación de la difusión térmica.

Esta investigación también representa una base para la definición teórica del modelo provisional para las zonas de superficie. Hay que destacar, que se observaron temperaturas subterráneas poco profundas que interactuaban con las bodegas.

Se desarrolló y validó el modelo teórico de temperatura subterránea. La difusión térmica se calculó mediante un procedimiento de regresión no lineal. Los resultados de difusión térmica convergen dentro de los 8-9 meses de monitoreo de datos.

Los resultados apoyan la definición de criterios de diseño térmico para bodegas subterráneas (Tinti et al., 2014).

También, se realizó un estudio de la interacción térmica entre bodega y subterráneo. Los locales para el almacenamiento y el envejecimiento del vino exigen un clima interior específico, que puede requerir elevados consumos de energía.

Los edificios subterráneos tienen el potencial de reducir la demanda de energía en comparación con los edificios subterráneos convencionales, mediante la explotación de las temperaturas del suelo y la cobertura del suelo, pero la interacción edificio-subterráneo es dependiente del sitio, por lo que un diseño preciso debe tener en cuenta todos los aspectos de la interfaz térmica entre ellos.

El objetivo del estudio consistía en identificar las variaciones temporales de las distribuciones de temperatura relacionadas con las capas de suelo involucradas en la interacción con edificios subterráneos del sector vitivinícola.

Se describe el sistema experimental de monitoreo de la temperatura superficial del suelo y de la temperatura superficial al lado y debajo de una bodega subterránea.

Basándose en los datos adquiridos, se desarrolló un modelo numérico interpretativo y predictivo para el comportamiento de la temperatura en las capas superficiales y las poco profundas.

El modelo fue calibrado a través de parámetros específicos capaces de explicar la interacción con los edificios. Las ecuaciones desarrolladas resultaron adecuadas para reproducir los fenómenos estudiados. Por lo tanto, se ha podido diseñar correctamente la interfaz entre los edificios subterráneos y el terreno, basándose en los datos de temperatura que pueden ser observados en el suelo a diferentes profundidades o dentro de artefactos subterráneos ya existentes.

Se controlaron las temperaturas subterráneas superficiales y superficiales afectadas por un edificio. Se desarrolló un modelo numérico para analizar el comportamiento de la temperatura en capas superficiales y en las poco profundas.

En el modelo se computaron los efectos de la interacción entre los edificios y el aire libre. Las ecuaciones desarrolladas resultaron adecuadas para reproducir los fenómenos estudiados.

Los resultados apoyan la definición de criterios de diseño térmico para bodegas subterráneas (Tinti et al., 2015).

c) Estudios constructivos para analizar la distribución de las dimensiones de las bodegas y el diseño de la distribución en planta.

Un estudio realizado para la industria del vino de la costa norte de California de 1984 a 2009, tenía como objetivo determinar si hay cambios significativos en la distribución de tamaño de las bodegas.

Se aplicaron las pruebas de Chi cuadrado en conjunto con el índice de Hoelter para determinar si los cambios en la cuota de mercado para las diferentes clases de tamaño eran significativos.

Los autores encontraron una tendencia estadísticamente significativa en cuanto a que las bodegas más pequeñas representan un porcentaje cada vez mayor del número total de bodegas y de cuota de mercado.

A diferencia de la mayoría de las otras industrias, las bodegas pequeñas son capaces de satisfacer las cambiantes condiciones de mercado y tecnológicas de la industria. Estos resultados auguran un buen futuro para la creciente área de turismo enológico que es altamente dependiente de las bodegas boutique. Los resultados también son alentadores para la puesta en marcha de nuevas bodegas que estén considerando entrar en el sector (Cyr et al., 2012).

Otros estudios analizan el diseño de un análisis medioambiental de las bodegas de explotaciones pequeñas y medianas, que son estratégicas en la producción de vino italiano.

El objetivo específico fue la identificación de correlaciones significativas entre las características dimensionales de las unidades espaciales y la capacidad de producción en un contexto caracterizado por una amplia diversificación de productos y una alta flexibilidad del proceso.

La investigación hace referencia a un área de estudio de 800 km² en la región Emilia-Romagna. Se identificaron 131 bodegas de explotaciones agrícolas con capacidad de producción promedio anual de hasta 5.000 hl/año.

Las bodegas fueron georreferenciadas y clasificadas en función de su capacidad de producción y su altura. Se estudió una muestra representativa de las explotaciones mediante análisis de datos y encuestas en campo.

Se midió el área, la altura promedio y el volumen de las unidades espaciales de las que se componía cada edificio. Luego se calcularon las medias y coeficientes de variación de estas variables, así como su correlación Bravais-Pearson con la producción anual de vino.

También se analizaron la proximidad de las diferentes áreas de producción. Los tamaños de las zonas no directamente vinculadas a la vinificación (como el almacenamiento de aditivos y adyuvantes, sala de degustación y vestuario) mostraron una independencia sustancial de la capacidad de producción.

La superficie, altura y volumen de las unidades de recepción y vinificación de uva, así como el volumen de las unidades de embotellado, envejecimiento y comercialización, mostraron correlaciones significativas con la capacidad de producción, identificadas a través de un modelo de regresión lineal.

Sobre la base de los índices de correlación y tamaños medios, se formularon relaciones cuantitativas para evaluar el área y el volumen totales de una bodega hipotética dependiendo de su capacidad de producción.

Finalmente, se desarrollaron escenarios de diseño de proyectos de bodegas para diferentes tamaños de producción (Torreggiani et al., 2014).

3.4.2. Fases del proceso productivo.

Además, de las medidas de ahorro estudiadas desde el punto de vista constructivo, se han realizado estudios de los posibles ahorros energéticos en las fases del proceso productivo, tales como:

a) Fermentación.

Para maximizar la calidad, es importante que las diversas etapas del proceso de vinificación sean sometidas a un control y monitoreo efectivos. Dado que la fermentación alcohólica es una etapa crucial del proceso de vinificación, se describe un prototipo de bajo coste para realizar la supervisión y control del proceso de fermentación alcohólica en una bodega.

Para demostrar la viabilidad de la aplicación práctica de esta solución en condiciones reales, se instaló un prototipo en la bodega de la Escuela Superior Agraria de Coimbra (ESAC), para controlar la temperatura de fermentación del mosto blanco en una cuba de tamaño medio (Neves et al., 2013).

También, se ha diseñado una metodología para los análisis energéticos del proceso de maceración en frío antes de la fermentación. El modelo matemático determina la energía utilizada y la eficiencia del proceso.

La información puede ayudar a los enólogos en la toma de decisiones del proceso. La información también puede ser útil para prevenir desarrollos no deseados en el producto.

La maceración fría de prefermentación en el proceso de fermentación del vino de muchas bodegas ha crecido en popularidad en los últimos años.

Con este fin, se realizó una propuesta de metodología para calcular los ahorros de energía en el proceso de prefermentación en frío, basándose en el desarrollo de un plan de acción y un plan de verificación, análisis e implantación de métodos de ahorro de energía y análisis e implantación de instalaciones de energía renovable.

La metodología pretendía optimizar la energía utilizada en la industria vitivinícola tras la obtención de datos que permitan mejorar los procesos y posteriormente, una vez completado el análisis de la información, desarrollar implementaciones que conduzcan a mejoras en la eficiencia o incorporar producciones que utilicen energías renovables.

En el estudio llevado a cabo, se puede ver cómo una instalación sencilla basada en la energía eólica y la energía solar fotovoltaica puede reducir el consumo de energía necesaria de la red eléctrica en un 30%.

Junto con la producción basada en energías renovables, se pueden conseguir reducciones de más del 50% en la demanda de energía de la red, las diferentes actuaciones de eficiencia energética y una gestión correcta de la energía activa a través de la medición y verificación de la instalación (Celorrio et al., 2015).

Por otro lado, como es sabido, la fermentación alcohólica en vinos es un proceso complejo que es difícil de modelar y que puede variar de acuerdo con muchos parámetros diferentes.

La temperatura es un parámetro clave en todo el proceso de fermentación que debe controlarse para evitar problemas de calidad o incluso interrupciones en la fermentación.

En instalaciones industriales, la temperatura se controla a través de fluidos a baja temperatura, de acuerdo con los ajustes preestablecidos o la experiencia del enólogo.

En la viticultura industrial, no siempre se dispone de información sobre la energía involucrada en cada momento de la fermentación o sobre la cantidad de energía realmente necesaria para guiar el proceso a través de las condiciones adecuadas.

En este sentido, se realizó un estudio que buscaba establecer un método para realizar análisis energéticos de la fermentación de mosto para determinar cuánta energía requiere el proceso y cuáles son sus necesidades de enfriamiento.

Este enfoque permite la toma de decisiones con el fin de mantener el proceso dentro de las condiciones requeridas y determinar cuánta energía se necesita para ese fin. Una vez determinados estos puntos, se pueden establecer puntos de referencia en los que se puede comparar la energía real utilizada en el proceso para determinar su eficiencia.

Además, la información recopilada puede ayudar a los enólogos en la toma de decisiones durante la fermentación y prevenir desarrollos no deseados del producto. Una vez finalizada la fermentación, esta información también puede ayudar a los enólogos a analizar las variables de proceso que producen el producto vitivinícola, facilitando así la reproducción de las mismas variables con el fin de mejorar continuamente el producto (Celorrio et al., 2016).

b) Climatización.

En cuanto a la aplicación de medidas de ahorro y eficiencia energética en climatización, se han realizado estudios en los siguientes ámbitos:

✓ **Control de la temperatura y humedad del área a climatizar.**

La termografía infrarroja (IR) ha demostrado ser un método alternativo eficaz para determinar la temperatura ambiente dentro de los edificios. Sin embargo, el IR está limitado a las mediciones de temperatura de la superficie y no está libre de errores (emisividad, calibración de la cámara, enfoque deficiente, etc.). Por lo tanto, la IR tiende a ser utilizada para obtener datos cualitativos en lugar de cuantitativos. Mediciones cuantitativas en interiores de edificios y estructuras con cámaras térmicas. Se ha desarrollado una pantalla de medición portátil de bajo coste para este propósito, y su nivel de alta precisión se ha confirmado después de superar los problemas relacionados con la emisividad, el enfoque y las temperaturas reflejas. La técnica es versátil y se puede aplicar al interior de los edificios (Porras et al., 2013).

Tomando como la solución el uso de un controlador lógico programable (PLC) de temperatura y humedad, distribuida de forma inteligente, para la climatización de la zona de almacenamiento de vinos, se realizó un estudio y se diseñó un sistema de monitoreo remoto.

Los resultados operativos reales muestran que el uso de un control de PLC distribuido de temperatura constante y sistema de control de humedad con alta eficiencia, permite un bajo consumo de energía, una operación remota de los datos, y cumplir con los requisitos ambientales de los diversos tipos de almacenamiento de vino (Wei et al., 2014).

✓ **Reducciones de las infiltraciones.**

Con el amplio uso de las estructuras de acero ligero en edificios industriales, se suelen presentar durante las fases de construcción y operación algunos problemas tales como fugas de aire, goteo de agua y condensación, entre otros.

Mediante pruebas in situ en el edificio de una bodega en el condado de Huailai, provincia de Hebei en China, se estudió la influencia de la infiltración en el consumo de energía en edificios industriales.

Se utilizó el método de prueba de presurización y el método de condensación de humedad para probar las tasas de infiltración.

Los resultados muestran que el edificio de la bodega tiene el doble de fugas que los edificios chinos normales y cinco veces más fugas que los edificios canadienses. La simulación de uso de energía demuestra que una reducción de la tasa de infiltración de las habitaciones exteriores a $1/3$ y las habitaciones interiores a $1/2$ podría ayudar a reducir el consumo total de energía en aproximadamente un 20% y reducir el coste total de la energía en aproximadamente unos 225.000 \$. Por lo tanto, existe un gran potencial para reducir el consumo de energía en este tipo de edificios.

La aplicación del diseño, la construcción y la instalación apropiados desempeñaría un papel importante en la mejora del rendimiento general del edificio (Hejiang y Qingxia, 2014).

3.4.3. La instalación de energías renovables.

Hay diversos estudios sobre el uso de energías renovables y su potencialidad en el sector agroindustrial.

Respecto al sector fotovoltaico, en uno de los estudios realizados el objetivo era evaluar un método analítico simple para extraer los parámetros involucrados en la ecuación del comportamiento del módulo fotovoltaico. Con base en una serie de curvas de intensidad de voltaje experimentales obtenidas bajo diversas condiciones de temperatura e irradiación, se obtienen valores para extraer los parámetros del modelo, dando lugar a errores de ajuste en los puntos de datos (corriente de cortocircuito, voltaje de circuito abierto y voltaje en el punto de máxima potencia) y en toda la curva que son menos del 1%. También se ha confirmado que la asignación de valores adecuados para la resistencia

en serie y en paralelo evita tener que conocer de antemano el valor de la pendiente de la curva característica, que normalmente no se indica en las especificaciones del módulo fotovoltaico; esto da lugar a buenos resultados de ajuste entre las curvas experimentales y el modelo teórico, incluso cuando los parámetros teóricos se adaptan a otras condiciones de temperatura e irradiación (De Blas et al, 2002).

Con respecto a la energía eólica, un estudio muestra la evolución histórica de la utilización de la energía del viento en la agricultura y muestra también el estado de la energía eólica en España y sus posibles aplicaciones en el medio rural. Principalmente son dos las aplicaciones de los aerogeneradores en la industria agropecuaria: la generación de electricidad y el bombeo de agua, aunque se está investigando también otras aplicaciones de la energía eólica en la agricultura tales como calefacción de cultivos frutales en el caso de heladas (Benavente et al, 1998).

Otro estudio, indica que los datos de la velocidad del viento representados en forma de curvas de frecuencia muestran la forma de un modelo potencial. Los modelos Weibull y Lognormal se usan para este propósito, con datos de velocidad del viento medios por hora. Este estudio trata sobre la estimación de los parámetros anuales Weibull y Lognormal de 20 localidades de Navarra. La idoneidad de ambas distribuciones se juzga a partir del coeficiente R^2 con una regresión lineal para la distribución de Weibull y una regresión no lineal para la distribución Lognormal. Ambos enfoques dan un buen ajuste, dando mejores resultados para la distribución de Weibull. Se ofrece una comparación entre la estimación y la producción de un parque eólico (García et al., 1998).

Hay también estudios económicos sobre sistemas de suministro independientes y mixtos. En concreto, referentes al suministro de electricidad a una granja de 50 cabezas de ganado. En el estudio se compara un sistema híbrido independiente de batería, viento y diésel con un sistema conectado solo a la red y se analiza cuatro ubicaciones en España. La demanda de electricidad de la granja es de 63 kWh/d, y el sistema híbrido está diseñado para proporcionar turbinas eólicas de 20 kW, un generador diésel y una batería. Todas las simulaciones se realizaron con el software HOMER (Modelo híbrido de optimización

para renovables eléctricas). A través de un análisis de sensibilidad se determina la viabilidad de las diferentes opciones y tamaños de los componentes de la instalación.

En el caso de una velocidad media del viento superior a 7,39 m/s, el sistema autónomo es rentable siempre que la distancia sea superior a 7 km, el precio de la electricidad sea de 0,192 €/kWh y el precio del diésel sea de 1,8 €/l. Si se utiliza una batería de 800 Ah en lugar de 200 Ah, el COE se reduce en un 18% en su ubicación con una velocidad promedio del viento de 7,39 m/s (Velo et al., 2014).

La práctica de la viticultura y la vinificación depende en gran medida del tiempo atmosférico y del clima. Cualquier cambio futuro en las estaciones, su duración, las temperaturas máximas, mínimas y medias locales, la aparición de heladas y la acumulación de calor podrían tener un impacto importante en las áreas vitivinícolas del mundo.

Dado que la industria vitivinícola tiene necesidades energéticas considerables y está directamente influida por cualquier cambio climático, la industria debería estar a la vanguardia en la promoción de la eficiencia energética y la adopción de tecnologías renovables. Las energías renovables solares en forma de energía solar térmica y fotovoltaica (PV) ofrecen una solución complementaria a muchos procesos vitivinícolas.

Un estudio examina el número limitado de bodegas a nivel mundial que han adoptado las energías renovables solares y presenta un caso viable para su integración a gran escala en la industria.

El estudio presenta una serie de procesos vitivinícolas y vinícolas donde la energía solar puede ser directa o indirectamente aplicada y muestra el potencial de la energía solar para hacer ahorros sustanciales tanto en el uso de energía como en las emisiones de gases de efecto invernadero.

En 2005, cerca de 8 millones de hectáreas de viñedo producían 40,2 millones de toneladas de uva para su prensado. Se calcula que el uso total de energía a nivel mundial dentro de la industria vinícola es de más de 105 PJ emitiendo casi 16 millones de toneladas de CO₂.

Si además se incluyen industrias auxiliares, como la fabricación de botellas y el transporte, la impronta total de carbono de la industria se estima en más de 76 millones de toneladas de CO₂.

El trabajo realizado calcula que si los establecimientos vinícolas comerciales de las regiones vinícolas "desarrolladas" del mundo integraran una "pequeña" instalación solar en sus bodegas, el ahorro potencial sería de 18,3% o 19,24 PJ de la energía utilizada en la industria vinícola mundial (Smyth and Russell, 2009).

3.5. Sostenibilidad y aspectos medioambientales.

La sostenibilidad y los aspectos medioambientales son también cuestiones a considerar para la eficiencia de las industrias alimentarias. Estos aspectos han sido estudiados y considerados por varios autores.

✓ Análisis del impacto de la implantación de un sistema de gestión medioambiental.

Existe un estudio particularizado para las bodegas de Nueva Zelanda. El objetivo de este documento es discutir el uso de sistemas formales de gestión ambiental (SGA) en bodegas.

Aporta información sobre la implementación de los SGA entre las bodegas de Nueva Zelanda y explora si se pueden obtener beneficios ambientales, sociales, económicos y de marketing mediante la implementación de uno o más SGA.

Para ello, la metodología seguida fue la realización de encuestas a las bodegas que implementaron el programa Sustainable Winegrowing New Zealand (SWNZ) con el fin de evaluar su rendimiento medioambiental y los beneficios que recibieron de la implementación del programa SWNZ y cualquier SGA adicional.

Este estudio encontró que las bodegas de Nueva Zelanda experimentaron un mejor rendimiento medioambiental al implementar un SGA, pero lamentablemente lograron pocos beneficios sociales, económicos o de comercialización.

Además, casi la mitad de las bodegas del programa SWNZ encuestadas también habían implementado SGA adicionales, lo que sugiere que las bodegas encuentran que el programa SWNZ no es suficientemente eficaz para satisfacer sus necesidades medioambientales. En apoyo de esto, los hallazgos sugieren que las bodegas con múltiples SGA tienen un mejor rendimiento medioambiental que aquellas con un único SGA.

Este documento recomienda que los viticultores de Nueva Zelanda deben hacer algunas mejoras o adiciones a su programa de SWNZ con el fin de que aporten más beneficios para las bodegas y reducir la necesidad de la aplicación de SGA adicionales.

Este estudio ha sido el primero en examinar los beneficios medioambientales, sociales, económicos y de comercialización derivados de la implementación de uno o más SGA en bodegas (Forbes y De Silva, 2012).

✓ **Impactos ambientales del ciclo de vida de la producción y el consumo de vino.**

Se realizó un estudio en Nueva Escocia, Canadá, donde se utilizó la evaluación del ciclo de vida (ACV) de una botella de 750 ml de vino producido y consumido en Nueva Escocia, para cuantificar su impacto medioambiental y las opciones para su posible minoración.

Los resultados indican que la viticultura y el transporte a los puntos de consumo aportan la mayor parte de los impactos medioambientales totales del vino. Dentro del viñedo, la gestión de nutrientes ofrece el mayor potencial de mejora.

Los escenarios modelizados indican que la viticultura ecológica de alto rendimiento podría mejorar marginalmente la mayoría de los impactos medidos, aunque la utilización de botellas más ligeras podría producir mayores beneficios.

Los escenarios en los que los modos de transporte y las distancias al mercado se han variado proporcionan una fuerte evidencia de que el modo de transporte del vino es tan importante como la distancia a la que viaja (Point et al., 2012).

✓ **Ventajas de la adopción de prácticas sostenibles.**

Existe un estudio que pretende contribuir al análisis del coste-beneficio de la adopción de prácticas sostenibles. El artículo incluye los resultados de un estudio exploratorio sobre el conjunto de beneficios obtenidos, los de tipo económico en las bodegas y los medioambientales mediante la participación en el programa *Certified California Sustainable Winegrowing*.

Participaron en el estudio 14 bodegas, que representan más del 50% de la producción total de vino certificado de California (y el 25% de todas las bodegas certificadas).

Basándose en la información obtenida en entrevistas con gerentes y propietarios de bodegas, realizaron un análisis descriptivo y un modelo Logit, y se estimaron los beneficios económicos globales, resultantes de las prácticas sostenibles introducidas por el esquema de certificación, superando los costes adicionales.

En particular, las bodegas más antiguas (con más de 15 años) y las ubicadas en el Valle de Sonoma y en otros varios sitios están más interesadas en asignar una viabilidad económica positiva a prácticas sostenibles.

Además, las prácticas de viticultura sostenible son altamente calificadas por los encuestados en términos de beneficios percibidos tanto medioambientales como económicos.

Los resultados deberían fomentar estudios similares que exploren otros programas específicos de sostenibilidad y sistemas de certificación y, finalmente, fomentar las investigaciones interculturales (Pomarici et al., 2015).

✓ **Mejora de los resultados medioambientales en la producción de vino mediante un análisis de evaluación del ciclo de vida.**

En los últimos años, la industria vinícola ha centrado su atención en la mejora de la calidad del producto en lugar de aumentar la cantidad. Esta tendencia generó un aumento en el precio del vino por litro, y, como consecuencia, la entrada en el mercado de numerosos pequeños productores de vino que desarrollaron marcas de nuevos productos de buena calidad.

La calidad del producto obtenido a través de mejores materias primas y procesos más cuidadosos (con una calidad semi-artesanal) no puede separarse de una evaluación precisa de la sostenibilidad medioambiental.

Desafortunadamente, un mayor número de pequeños productores puede generar mayores emisiones que un pequeño número de grandes productores industriales y, por lo tanto, estas pequeñas producciones emergentes tienen que ser, aún más, estudiadas.

Un estudio se dedicó a profundizar en los impactos medioambientales y la eficiencia energética de cuatro tipos de vinos elaborados por un pequeño productor en el sur de Italia utilizando un análisis de Life Cycle Assessment (LCA).

En el análisis realizado se tuvieron en cuenta los tratamientos de vinificación, envasado, empaquetado, distribución y eliminación de residuos. Los vinos se produjeron utilizando diferentes procesos y diferentes materias primas, dependiendo de las características específicas (calidad alta o media) y tipo (tinto o blanco).

Los materiales y el consumo de energía y las emisiones al aire, suelo y agua fueron referidos a la unidad funcional elegida (una botella de vino italiano). Los datos se analizaron utilizando el software SimaPro 8.0.2 y la base de datos Ecoinvent, de acuerdo con el estándar de referencia para LCA (es decir, ISO 14040-14044) para identificar los indicadores de rendimiento medioambiental de la metodología IMPACT 2002+.

Una vez evaluado el impacto medioambiental global en todas las categorías, se enfocó la atención y se propuso una solución mejorada en términos del factor de calentamiento global (GWP). En particular, para el vino tinto de alta calidad (que era el vino que más afecta al medio ambiente), las emisiones de dióxido de carbono bajaron de 0,99 a 0,05 kg / botella (Iannone et al., 2016).

4. MATERIAL Y MÉTODOS.

Con objeto de desarrollar un procedimiento que permita identificar las oportunidades de mejora y optimización del consumo eléctrico de los procesos implicados en este sector, se han definido las siguientes etapas:

1. Se ha recogido información de un muestreo de agroindustrias representativas del sector, analizándolas en profundidad.
2. Se ha caracterizado y modelizado un perfil agroindustrial a modo de patrón de referencia.
3. En la industria patrón, se han identificado los puntos críticos de alto consumo y con potencial de mejora, evaluando y proponiendo medidas para el aumento de su eficiencia energética. Estas medidas se basan fundamentalmente en la aplicación de buenas prácticas operativas, la sustitución y adquisición de equipos más eficientes, así como en la modernización de la gestión y el control.
4. De cada una de las medidas propuestas, se ha realizado un estudio técnico-económico y se han calculado una serie de indicadores de rentabilidad.
5. A partir de los valores obtenidos para los indicadores y del valor del ratio de rentabilidad entendido como VAN/Inversión, se ha establecido un criterio de puntuación de 0 a 10. Asignada la puntuación se le ha atribuido la calificación correspondiente (Grupo A, B, C y D) identificándose de este modo la idoneidad de cada una de las medidas.
6. Además, se ha realizado un análisis de sensibilidad de la variación del ratio de rentabilidad VAN/Inversión de cada medida respecto a la variación de ciertas variables, identificando su impacto en el ratio de rentabilidad.

4.1. Material de referencia.

Los siguientes proyectos han servido como fuente informativa preliminar para el desarrollo de esta tesis.

4.1.1. Proyecto CO2OP, año 2011.

El proyecto CO2OP es un proyecto liderado por Cooperativas Agroalimentarias. En él se realizaron 8 auditorías energéticas y 20 diagnósticos energéticos en bodegas españolas. Los diagnósticos energéticos llevados a cabo fueron unos simples estudios de las instalaciones y del proceso de producción; conviene tener presente que una típica auditoría del proyecto CO2OP precisó de un mes de trabajo mientras que un diagnóstico energético se hizo en el transcurso de una sola semana.

4.1.2. Proyecto TESLA, años 2014 y 2015.

El proyecto europeo TESLA (Transferring Energy Save Laid on Agroindustry) tiene como objetivo ampliar las mejores prácticas disponibles para la evaluación de la situación energética y para la adopción de medidas de mejora entre las Pyme europeas en el sector agroalimentario.

Dentro de este sector, el proyecto TESLA se centró específicamente en cuatro sectores agroindustriales: bodegas, almazaras, centrales hortofrutícolas y fábricas de piensos.

En él han participado nueve organizaciones: por España, Cooperativas Agroalimentarias (líder del proyecto, www.agro-alimentarias.coop), Universidad Politécnica de Madrid (www.upm.es) y CIRCE (www.fcirce.es); por Francia, Coop de France (www.coopdefrance.coop) y TECALIMAN (www.tecaliman.com); por Portugal, Confagri (www.confagri.pt) y la Universidad de Évora (www.uevora.pt); finalmente por Italia, Legacoop (www.legacoop.coop) y ENEA (www.enea.it).

La ejecución del proyecto ha supuesto la realización de 110 auditorías energéticas en otras tantas cooperativas pertenecientes a estos sectores. La metodología seguida en el desarrollo de esta auditoría es la versión más actualizada de la auditoría energética EN 16247: 2012.

En el sector de bodegas, en particular, se realizaron 39 auditorías en los cuatro países implicados (proyecto TESLA, 2014, proyecto TESLA, 2015) (España, Francia, Portugal e Italia).

En la primera fase del proyecto se publicaron cuatro manuales sobre eficiencia energética para las Pyme de cada sector, elaborándose en una fase posterior guías técnicas detalladas sobre Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para la Eficiencia Energética destinadas a los profesionales que participan en el diseño y la gestión de las instalaciones agroalimentarias.

El siguiente mapa muestra las ubicaciones de las auditorías realizadas:

Figura 4.1. Ubicación de las industrias que han participado en el Proyecto TESLA.

4.2. La bodega de referencia.

Teniendo en consideración los datos obtenidos de los Proyectos CO2OP y TESLA, se ha modelizado una bodega en la que se han establecido una serie de valores medios generales como los de referencia para la producción de vino tinto (sin envejecimiento), que es el tipo de producción más común (Fuentes-Pila y García, 2014):

- ✓ Tamaño de la industria, alrededor de 30.000 hl de vino por año.
- ✓ Consumo de energía, alrededor de 330.000 kWh/año.
- ✓ Ratios de consumo eléctrico/producción y consumo térmico/producción aproximadamente 11 kWh/hl de vino y 1 kWh/hl de vino, respectivamente.

- ✓ Precios de la energía eléctrica y térmica, 0,12 €/kWh y 0,07 €/kWh, respectivamente.

Estos valores (eléctrico y térmico, respectivamente) son un promedio de los de países estudiados y para la bodega de referencia (para el vino tinto sin envejecimiento, Fuentes-Pila y García, 2014):

- Italia, 0,14/0,15 €/kWh y 0,030/0,040 €/kWh
- España, 0,12/0,13 €/kWh y 0,055/0,065 €/kWh
- Francia, 0,06/0,11 €/kWh y 0,020/0,080 €/kWh
- Portugal, 0,07/0,09 €/kWh y 0,060/0,080 €/kWh

En resumen, la bodega de referencia es una cooperativa dedicada a la producción de 30.000 hl/año de vino tinto sin procesos de envejecimiento (en la bodega también estarían integradas las oficinas de la cooperativa). Se consideraría como valor medio del coste de la inversión de la bodega entre 3 y 4 millones de euros y como valor promedio del precio de la energía actualizado al año 2017 el de 0,11 €/kWh.

El proceso de elaboración del vino en esta bodega de referencia se describe en la Figura 4.2.

Figura 4.2. Esquema del proceso productivo de la bodega de producción de vino tinto de 30.000 hl/año, considerada de referencia de los cuatro países estudiados (España, Francia, Portugal e Italia).

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Metodología.

Con la finalidad de crear un modelo para la optimización energética del sector agroindustrial de modo que sirva de referencia para el sector, se han seguido los siguientes pasos:

✓ **Análisis**

En él se ha identificado y analizado la oportunidad de mejora y se ha caracterizado el modelo de la situación real de referencia que identifica las propiedades relevantes.

✓ **Diseño**

En este paso se diferencian dos etapas:

- Diseño del sistema: donde se toman las decisiones más relevantes en cuanto a la estructura del modelo, posibilidades de optimización y la estrategia de resolución.
- Diseño de los objetos: donde se construye el modelo de diseño a partir de los modelos de análisis, se detallan aspectos de la implementación que vendrían dados por la estrategia de resolución.

✓ **Implementación**

Aquí es donde se aplica y se ajusta el modelo.

Siguiendo los pasos anteriores, se ha construido el modelo de referencia (véase Anejo 1) que será el patrón para la identificación de las medidas de ahorro y eficiencia energética a proponer.

1. De las auditorías realizadas se ha identificado el inventario del equipo existente en una bodega de producción de vino tinto sin procesos de envejecimiento, caracterizando 296 dispositivos eléctricos agrupados en 63 tipos diferentes. Con la información disponible en las auditorías, se les ha asignado una potencia

unitaria en kW a cada uno de ellos, correspondiente a un tamaño de bodega de 30.000 hl/año (Handbook Efficient Wineries, TESLA 2014).

2. Dichos dispositivos eléctricos se han agrupado según las principales etapas del proceso de producción (recepción, prensado, fermentación, filtración, almacenamiento, embotellado y expedición, actividades auxiliares y administración/oficinas de gestión).
3. A través de los datos de las auditorías, partiendo del dato de consumo eléctrico total (335.889 kWh/año) y de los consumos eléctricos parciales de cada fase del proceso (conocidos a través de las auditorías), ha sido posible calcular, como valor medio, las horas de funcionamiento de cada fase del proceso (recepción, prensado, etc.). Con la potencia (kW) unitaria de cada equipo, se ha estimado el número de horas de funcionamiento de cada equipo (h) con un valor igual al de su fase del proceso productivo, para obtener después su consumo eléctrico (kWh).
4. Tomando en consideración el consumo eléctrico de cada equipo, se han obtenido los valores en porcentaje (%) que representan dicho consumo respecto a la fase del proceso y al total de consumo eléctrico. A continuación, se ha calculado para cada equipo el ratio de consumo eléctrico por hl (kWh/hl).
5. Tomando para todos los análisis una bodega de 30.000 hl/año como referencia, se han determinado todos los datos mencionados en una hoja de cálculo.
6. Basándose en los datos de la bodega de referencia, se ha identificado una serie de medidas de ahorro y eficiencia energética (MAE) para su análisis.
7. Para cada MAE, se ha realizado un estudio de viabilidad técnico-económica. Con este fin, ha sido necesario calcular el potencial de ahorro de energía y determinar la inversión del equipo propuesto (sin considerar el posible valor residual del equipo sustituido) y su vida útil.

Se ha consultado diversas fuentes, entre ellas los catálogos de productos de algunos fabricantes acreditados de: enfriadoras (Daikin/CIAT/Lennox/Trane), baterías de condensadores (Schneider/Circuitor), variadores de velocidad (Schneider/Wilo), motores eléctricos (ABB/Grundfos), bombas de calor (York/Ecoforest/Waterkotte), iluminación LED (Enerlum/Philips/Osram) y analizadores de red (Circuitor/Schneider). También se ha contado con la colaboración de empresas de ingeniería y consultoría para la integración de un Sistema de Gestión de Edificios (BMS).

8. Una vez identificadas las MAE, se ha analizado la viabilidad de las medidas en base a los siguientes indicadores de rentabilidad:

- ✓ VAN (Valor Actual Neto) (€)
- ✓ TIR (Tasa Interna de Retorno) (%)
- ✓ Payback (periodo de recuperación de la inversión) (año)
- ✓ Ratio de rentabilidad VAN/Inversión

Se ha usado una tasa de descuento del 0,49% que es la más conservadora (cotización del bono alemán a 10 años y que es la referencia actual en el mercado financiero. La cotización del bono español a 10 años sería de 1,41%).

A continuación, se ha asignado una puntuación a cada una de las medidas de 0 a 10 y se las ha clasificado en un grupo (A, B, C y D).

9. En este escenario base, se ha realizado un análisis de sensibilidad. Para ello se ha calculado el umbral de rentabilidad de cada una de las MAE, analizando la variación del ratio de rentabilidad VAN/Inversión respecto a la variación de los parámetros que se enumeran a continuación e identificando el punto a partir del cual no sería interesante invertir en la medida:

- ✓ Variación porcentual de la inversión
- ✓ Variación de la tasa de descuento, suponiendo un cambio en las condiciones económicas que impliquen un cambio equivalente a esa variación

- ✓ Variación en años de la vida útil del equipo
- ✓ Variación porcentual en los flujos actualizados de los ahorros generados

Mediante esta metodología se podrían extrapolar los resultados obtenidos en la bodega de referencia a otros escenarios, adaptando los resultados a las características específicas de cada bodega.

4.4. Propuestas de medidas de ahorro y eficiencia energética (MAE).

Estas propuestas de eficiencia energética se han diferenciado en dos tipos de intervenciones. En primer lugar, se encuentran las que suponen aplicar una serie de recomendaciones genéricas para optimizar los consumos, entre ellas, una relación de buenas prácticas de gestión (que no implican grandes costes de inversión) y, en segundo lugar, están las que implican una propuesta de cambio de las tecnologías utilizadas por otras más eficientes (lo que normalmente está asociado a ciertas inversiones).

Relación Genérica de Medidas de ahorro y eficiencia energética

1. Ejemplos de Buenas Prácticas de Gestión.

- a) Modificación de las pautas de comportamiento:
 - ✓ Motivación, información y sensibilización de los operarios sobre las buenas prácticas de gestión.
 - ✓ Iluminación:
 - Regulación de los horarios de encendido y apagado de la iluminación (por horario, por detectores de presencia, por sondas crepusculares).
 - ✓ Climatización y refrigeración:
 - Regulación de los horarios de encendido y apagado.

- Regulación de los puntos de consigna. Control sobre la temperatura de evaporación (incrementarla) y condensación (reducirla).
- Uso del *free-cooling* siempre que sea posible y los equipos lo permitan.
- Mantenimiento adecuado de los equipos.
- ✓ Depósitos:
 - Control del nivel de los depósitos para que sea el adecuado.
- ✓ Edificio:
 - Revisión de las rejillas de ventilación evitando su obstrucción.
 - Utilización de exutorios, si los hubiera, como método de regulación de la ventilación (sobre todo durante las noches en verano).
 - Distribución equilibrada de cargas. Consumos equilibrados por fases.
- b) Optimización de los aspectos administrativos del suministro eléctrico:
 - ✓ Negociación de los contratos de suministro energético con las comercializadoras.
 - ✓ Optimización de la contratación de los suministros.
 - ✓ Ajuste de la potencia contratada a las necesidades reales.
 - ✓ Adopción de la tarifa más apropiada.
 - ✓ Control de la energía reactiva y excesos de potencia.
 - ✓ Control de los recibos de energía eléctrica: detección de errores en las facturas que pueden ser de:
 - Lectura (Telemedida)
 - Precios (contratos y decretos-ley)
 - Cálculo y/o tipográficos
 - ✓ Comprobación de errores de medida de los contadores en función de las series históricas.
 - ✓ Establecimiento de ratios de gestión (para poder detectar posibles desviaciones), como por ejemplo:
 - Ranking de consumos totales y costes totales
 - Costes/m²
 - Costes/kWh
 - Consumo por hl producido, kWh/hl

- Distribución de los consumos por fases del proceso productivo

2. Ejemplos de cambios de tecnología o actuaciones que requieren de inversión.

- ✓ Sectorización de consumos por usos (*submetering*). Contadores/analizadores de red y contadores de agua.
- ✓ Instalación de baterías de condensadores adecuadas.
- ✓ Criterios de eficiencia.
 - Planes RENOVE (sustitución de equipos obsoletos)
 - Revisión de los diseños de distribución de equipos en planta (*lay-outs*)
- ✓ Auditorías energéticas (para identificar la posibilidad de mejoras e incremento de la calificación energética).
- ✓ Realización de mantenimiento preventivo (limpieza y revisión de las instalaciones). En instalaciones de más de 8 años se recomienda realizar una inspección global de los equipos por parte del fabricante para identificar el estado de los mismos y alargar o al menos no reducir su vida útil. Estas inspecciones de carácter general se suelen realizar en las enfriadoras, UTA (unidades de tratamiento de aire), el grupo electrógeno y las infraestructuras eléctricas de gran calibre (grandes interruptores y transformadores).
- ✓ Iluminación:
 - Sustitución de iluminación convencional por otra más eficiente (LED).
 - Sectorización de los circuitos de alumbrado para gestionar y optimizar los encendidos y apagados.
 - Instalación de sensores lumínicos (detectores de presencia/sondas crepusculares) asociados a la regulación y control.
- ✓ Climatización y refrigeración:
 - Instalación de motores IE3 e IE4 (eficiencia Premium y Súper Premium).
 - Sustitución de los compresores de tornillo por otros más eficientes.
 - Instalación de variadores de frecuencia en bombas, ventiladores y compresores.

- Instalación de válvulas de expansión electrónicas en el sistema de evaporación.
- Instalación de sondas de temperatura.
- Control de presión del nivel de flotación.
- Control de presión de absorción.
- Aprovechamiento del calor residual del proceso de refrigeración.
- Sustitución del fluido refrigerante, por uno no contaminante del tipo HFC o HFO.
- Instalación de sistemas de almacenamiento de frío.
- ✓ Depósitos:
 - Instalación de un revestimiento aislante y de un equipo estabilizador de frío en depósitos de fermentación.
 - Aislamiento de los conductos de refrigeración.
- ✓ Edificio:
 - Instalación de dobles puertas automáticas de entrada y cortinas en pasillos técnicos.
 - Instalación o adecuación de un BMS (*Building Management System*) o SCE (Sistema de Control del Edificio) que gestione los mecanismos de marcha/paro de los controladores (PLCs) y los equipos.
 - Instalación de láminas de radiación solar.
 - Instalación de estabilizadores de tensión.
- ✓ Incorporación de nuevas tecnologías para procesos productivos.
- ✓ Incorporación de energías renovables.

Partiendo del supuesto de que los equipos considerados como referencia funcionan correctamente, lo que se estudia a continuación son alternativas para la optimización de los consumos energéticos.

a) Medidas para la sustitución de elementos clave del proceso productivo.

Tomando como punto de partida la auditoría energética, se han identificado una serie de medidas de ahorro y eficiencia energética de posible aplicación en la bodega de referencia, que se basan en la implantación de nuevas tecnologías, mediante la sustitución de equipos existentes por otros más eficientes y en la mejora de la gestión y el control.

Estas medidas son:

MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.

En el proceso productivo, la fase de fermentación es la que supone el mayor consumo eléctrico por lo que ha sido la primera en ser estudiada. El rendimiento de los equipos de frío con cierta antigüedad, medido mediante el *Energy Efficiency Ratio* (EER), puede ser muy inferior al de los equipos actuales, por lo que su sustitución puede generar importantes ahorros energéticos anuales.

MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.

Los VFD permiten disminuir los consumos de energía eléctrica en las bombas centrífugas que controlan, obteniéndose como resultado una reducción considerable de los costes de operación. Un VFD basa su funcionamiento en el control de la velocidad rotacional de los motores de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia (Hz) de la alimentación suministrada al motor desde la red eléctrica, lo que permite su arranque y parada de manera suave.

MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.

Los motores estándar que actualmente se fabrican tienen una mayor eficiencia que los motores de hace 20 años, pero esos son aún superados por los motores denominados de alta eficiencia energética. La sustitución de un motor en operación por otro de alta eficiencia resulta más atractiva en aquellos casos en que el motor actual opera con bajo factor de carga y, en consecuencia, con baja eficiencia y bajo factor de potencia; en este caso, debe evaluarse su sustitución por otro motor de alta eficiencia de menor capacidad que el existente. Con este criterio, se consigue mejorar sustancialmente los parámetros de rendimiento obteniendo atractivos ahorros energéticos y, por ende, económicos. También es interesante, desde el punto de vista operativo, considerar la sustitución de un motor actual cuando éste estuviese trabajando a su capacidad máxima.

b) Medidas que podrían generar ahorros de menor relevancia en procesos complementarios al de elaboración.

MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.

El consumo eléctrico por iluminación no es uno de los más relevantes de la bodega; sin embargo, la sustitución de la iluminación existente basada en lámparas fluorescentes, fluorescentes compactas, lámparas de vapor de mercurio y lámparas de halogenuros metálicos, por otros equipos equivalentes de tecnología LED pueden generar ahorros importantes si las horas de uso son elevadas, o las lámparas están al final de su vida útil y su flujo luminoso ha disminuido.

MAE5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.

Las bombas de calor geotérmicas tienen una eficiencia muy superior a la de los sistemas de calefacción y producción de ACS tradicionales basados en combustibles fósiles o en

energía eléctrica. Sus rendimientos suelen ser superiores al 400%, por lo que los ahorros que se pueden obtener son interesantes, a pesar de su elevado coste de la instalación.

MAE6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización.

La instalación de unidades de aerotermia, basadas en bombas de calor, permite captar la energía existente en el aire y utilizarla para climatizar un área y/o para la producción del agua caliente sanitaria necesaria en una instalación. La unidad aerotérmica utiliza un intercambiador de calor de alta eficiencia para absorber el calor del aire y transportarlo a la unidad interna a baja temperatura, minimizando las pérdidas de calor. Los rendimientos son algo menores que en los sistemas geotérmicos, pero el coste de la instalación es sensiblemente menor.

MAE7. Instalación de batería de condensadores.

Esta actuación se plantea no como una medida de ahorro de energía si no como una medida para reducir o eliminar en la factura eléctrica la penalización por tener exceso de energía reactiva. La energía reactiva está provocada por las características de las instalaciones receptoras.

Las baterías de condensadores actúan compensando la energía reactiva (kVArh) e impidiendo que la registren los equipos de medida de las empresas distribuidoras.

c) Medidas y herramientas para una gestión eficiente del consumo de energía.

Los ahorros que se derivan de estas medidas no se fundamentan en la sustitución de equipos, aunque son la base para una "gestión energética" eficiente de cualquier instalación. Por lo tanto, son medidas o herramientas de gestión que generan un ahorro mediante una mayor información, un mejor conocimiento y un mayor control y son unas de las primeras actuaciones que se deben aplicar en la búsqueda de la eficiencia energética.

La implantación de analizadores de energía debería ser una de las inversiones a considerar ya que el potencial de información que facilitan para gestionar las instalaciones es muy elevado. Lo mismo sucede con los denominados BMS (*Building Management System*) que pueden llegar a ser el "cerebro" que facilite el control de todas las instalaciones.

MAE8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.

El ahorro energético, y en consecuencia económico, que generan los analizadores de red no se debe tanto al equipo *per sé*, sino por la capacidad de gestión que proporcionan, lo que implica disponer de un operador o persona encargada de la gestión energética de las instalaciones para conseguir los correspondientes ahorros y las mejoras en la gestión. En efecto, la información aportada por los analizadores de red permite: detectar rápidamente anomalías y problemas de funcionamiento de los receptores, identificar los equipos que son susceptibles de ser cambiados por otros más eficientes, evaluar los posibles cambios de hábitos y procesos (por ejemplo, cuantifican el ahorro de energía realizando vendimia nocturna), reforzar los hábitos adquiridos que mantienen las medidas de ahorro en el tiempo, tener conocimiento del consumo por zonas o procesos de una instalación lo que permitiría obtener reducciones en el consumo energético, entre otros.

MAE9. Implantación de un *Building Management System* (BMS) como sistema de gestión y control.

Las nuevas técnicas de comunicación permiten la implantación tanto de sistemas de gestión de energía como de otros más sofisticados, los sistemas expertos, que son capaces de gestionar gran cantidad de datos y permitir el control de las instalaciones. Cuando se instala un sistema de gestión o un sistema experto, los principales objetivos perseguidos son obtener un uso más racional de las instalaciones, ahorrar energía, reducir mano de obra (por mantenimiento), reducir averías y prolongar la vida útil de los equipos y, finalmente, mejorar el confort del edificio. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de gestión de forma que se minimice el coste energético, pudiendo alcanzar ahorros de hasta un 30%.

El sistema de gestión está basado normalmente en un ordenador y un software de gestión, lo que implica, al igual que se ha mencionado para los analizadores de red, disponer de un operador o persona encargada de la gestión energética de las instalaciones del proceso para conseguir los correspondientes ahorros y las mejoras en la gestión.

d) Otras medidas para el futuro.

El sector vitivinícola está, de forma continua, investigando y desarrollando nuevas tecnologías para optimizar el proceso productivo y poder obtener vinos de mayor calidad con menores costes de producción.

De entre estas tecnologías innovadoras, cabe destacar una, la de aplicación de ultrasonidos para mejorar la extracción de polifenoles, que es posible que dé a las bodegas la oportunidad de producir un vino de alta calidad con un contenido elevado de estos componentes, de intenso color y excepcional aroma, todo ello con una importante optimización del tiempo de proceso y del consumo energético. Esta tecnología se aplica durante el proceso de maceración de la uva, logrando que se complete en sólo seis horas en lugar de los cuatro días habituales, por lo que se reduce el consumo de energía de hasta treinta veces a la vez que permite tratar una cantidad triple de uva.⁷ Esta nueva tecnología deberá aún ser autorizada por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (<http://www.oiv.int/es/>) (OIV). En estos momentos, la tecnología *Ultrawine*, que es el nombre con el que la empresa Agrovín ha bautizado a la propuesta, se encuentra en la etapa 3 de las 7 contempladas en el procedimiento de la OIV para que se obtenga la validación correspondiente.

⁷“Ultrasonidos para mejorar la extracción de polifenoles”, madri+d, consultado el 5 de julio de 2017. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/notiweb/noticias/ultrasonidos-mejorar-extraccion-polifenoles>

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Análisis de la situación actual del área de la energía en bodegas.

La información extraída de las auditorías energéticas ha permitido cuantificar el consumo energético de la bodega de referencia (335.888 kWh/año). Este consumo muestra una alta estacionalidad, con los valores más elevados en los meses de julio a noviembre, coincidiendo con el período de recolección. (Gráfico 5.1).

Gráfico 5.1. Consumo eléctrico anual en la bodega de referencia.

De su distribución en el proceso (Figura 5.1) destaca el consumo de energía en la fermentación seguido por el de las fases de almacenamiento, embotellado y expedición y, finalmente, por el de la fase de prensado.

Figura 5.1. Balance de Energía (Diagrama Sankey).

Dentro de la fase de fermentación, el equipo que tiene el mayor consumo es el de frío y en las fases de fermentación, almacenamiento, embotellado y expedición destacan las bombas/motores eléctricos. (Figura 5.2).

Figura 5.2. Distribución del consumo de energía por equipos en la bodega de referencia.

Fuente: Elaboración propia

5.2. Evaluación técnico-económica de las medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas.

Con el fin de determinar la viabilidad de las medidas de ahorro y eficiencia energética (MAE) propuestas, se ha realizado un estudio técnico-económico sobre el impacto que genera su introducción.

En esta tesis, el análisis realizado incluye para cada una de las MAE los siguientes elementos:

- ✓ Las características técnicas de los equipos considerados y que están en funcionamiento en la bodega de referencia. Se ha identificado la potencia nominal (kW), el consumo eléctrico (kWh) y la eficiencia del equipo expresada por el COP (*Coefficient of performance*), el EER (*Energy Efficiency Ratio*) o en % según corresponda.
- ✓ Las características técnicas del equipo propuesto para mejorar la eficiencia energética. Se indica la potencia nominal (kW), el consumo eléctrico (kWh), la eficiencia del equipo expresada por el COP, el EER o en % según corresponda, la inversión necesaria y la vida útil estimada del equipo.
- ✓ Los ahorros anuales que se generarían con la implantación de cada una de las propuestas de mejora. Se identifican los ahorros que supone la medida en consumo eléctrico anual (kWh/año), su valor (€/año) y el porcentaje (%) de ahorro respecto a la situación inicial en consumo energético y coste (ACCE) y respecto al total del consumo (AET). También, las emisiones de gases GEI que se dejarían de verter a la atmósfera (t CO₂/año)⁸.

⁸ Para el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) se ha usado el dato publicado por Red Eléctrica Española (REE). Datos acumulados a mes de Junio 2017.

- Emisiones de CO₂ asociadas a la generación nacional 2017: 0,264 t CO₂ / MWh
REE, consultado el 7 de agosto de 2017. Disponible en: <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales>

- ✓ Para cada medida propuesta se ha calculado como indicadores de rentabilidad el Payback (año) como periodo de recuperación de la inversión, el VAN (€) calculado como el valor actualizado de los flujos de ahorros generados deducida su inversión, la TIR (%) que es la tasa interna de rentabilidad de dicha inversión y como índice de rentabilidad el ratio del VAN respecto a la inversión efectuada (VAN/Inversión).

MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.

Tomando como punto de partida un equipo de frío de más de 10 años, con un EER de 2,93 y un COP de 3,07, se propone su sustitución por otro de mayor eficiencia, con un EER de 4,82 y un COP de 5,82 (según datos del fabricante, ver Anejo 2). (Cuadro 5.1).

Esta sustitución supone un incremento en el coeficiente de eficacia frigorífica del 39%, generando unos ahorros anuales en consumos en torno a 45.000 kWh (un 13,5% del total del consumo eléctrico anual).

Con estos valores y teniendo en cuenta que la inversión necesaria se estima en unos 35.500 € (coste estimado para un equipo de la potencia requerida según mercado incluyendo la instalación, soportes antivibratorios, aislamiento del evaporador, cabezales de agua, tubería de aspiración y carcasa del motor, interruptor de flujo y sistema de control), se han calculado los indicadores económicos establecidos. Así, su periodo de recuperación (Payback) sería de 7,4 años. El resultado del flujo actualizado de los ahorros (VAN) es positivo, de más de 55.700 €, la tasa interna de rentabilidad de la inversión (TIR) es del 12% y, finalmente, el ratio de rentabilidad VAN/Inversión es de 1,57. Estos valores hacen que la medida sea muy interesante. Con su aplicación, además, se estaría dejando de emitir a la atmósfera alrededor de 12 t de CO₂ al año.

Cuadro 5.1. MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.

Actual							
Potencia	Consumo	Eficiencia					
kW	kWh/año	COP	EER	%			
105,0	115.937	3,1	2,9	-			

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
104,0	70.536	5,8	4,8	-	35.500	20

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN /
kWh/año	€/año	t CO2/año	%	%	Años	€	%	Inversión
45.401	4.799	12,0	39	13,5	7,4	55.712	12	1,57

Fuente: Elaboración propia.

MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.

Se propone incorporar variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas existentes en las fases de recepción, fermentación y en los trasiegos (ver Anejo 2).

Asumiendo un ahorro energético medio próximo al 39%, esta medida supondría unos ahorros anuales de unos 29.000 kWh/año (muy próximo al 9% del total del consumo eléctrico anual), para una inversión de unos 24.000 € (según la lista de precios del fabricante para los equipos propuestos) y alcanzándose la recuperación de la inversión (Payback) a los 7,9 años. El VAN es positivo, de unos 5.700 €, la tasa interna de rentabilidad de la inversión, TIR, es del 5% y el índice VAN/Inversión de 0,24. Esta medida supondría también dejar de emitir al año 7,6 t CO₂ (Cuadro 5.2).

Obviamente, en el caso que se plantease una sustitución de bombas por obsolescencia, las nuevas bombas que se instalasen, deberían llevar ya incorporado el variador de frecuencia.

Cuadro 5.2. MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.

Actual				
Potencia	Consumo	Eficiencia		
kW	kWh/año	COP	EER	%
74,8	73.426	-	-	-

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
45,4	44.577	-	-	-	24.000	10

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN /
kWh/año	€/año	t CO2/año	%	%	Años	€	%	Inversión
28.849	3.049	7,6	39	8,6	7,9	5.688	5	0,24

Fuente: Elaboración propia.

MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.

Con esta medida se propone la sustitución de los motores existentes IE1 (estándar) de eficiencia energética del 85,8% y de una potencia media de 99,33 kW por otros motores de clasificación IE4 (Súper Premium) de un 93,6% de eficiencia y de potencia media de 93,96 kW (ver Anejo 2).

Aunque esta actuación supondría un ahorro en el consumo eléctrico de los motores del 5%, unos 6.000 kWh/año (casi un 2% del total del consumo eléctrico anual), la inversión de unos 15.000 € (según un listado de precios del fabricante para los equipos propuestos) no resultaría rentable en el contexto estudiado, ya que los valores del VAN, TIR y VAN/Inversión son negativos y el periodo de recuperación es de 24 años, que es mayor que la vida útil de los motores. Este hecho se explica por la elevada estacionalidad de la producción, y las pocas horas de funcionamiento anuales. Por lo tanto, esta actuación sólo se debería implementar cuando los motores precisaran reposición por avería u obsolescencia (Cuadro 5.3).

Cuadro 5.3. MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.

Actual							
Potencia	Consumo	Eficiencia					
kW	kWh/año	COP	EER	%			
99,3	109.728	-	-	85,8			

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
94,0	103.794	-	-	93,6	15.000	20

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN / Inversión
kWh/año	€/año	t CO2/año	%	%	Años	€	%	
5.935	627	1,6	5	1,8	23,9	-3.077	-2	-0,21

Fuente: Elaboración propia.

MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.

Se plantea la sustitución de las lámparas fluorescentes de las oficinas y las lámparas de halogenuros de las naves de producción por luminarias basadas en tecnología LED (ver Anejo 2).

En la bodega de referencia, instalar este tipo de tecnología supone una reducción en los consumos por iluminación del 45%, lo que supone en torno al 0,1% de ahorro sobre el consumo total de las instalaciones.

La sustitución de la iluminación actual por la iluminación LED es una medida interesante dado que la inversión requerida es de unos 800 € (de acuerdo a la tarifa de precios del fabricante) y tiene un periodo de recuperación (Payback) de 8,5 años. El VAN es positivo, de unos 980 €, la TIR de la inversión es del 10% y el ratio de rentabilidad VAN/Inversión es de 1,22.

La sustitución de la iluminación actual por tecnología de iluminación LED se podría realizar directamente, o bien esperar a que la iluminación actual agote su vida útil y entonces llevarla a cabo. Sin embargo, en otras bodegas, que estén dotadas con lámparas de alta potencia (tales como lámparas de vapor de mercurio) y un mayor número de horas de funcionamiento, la rentabilidad de la sustitución podría ser mucho mayor por lo que cabe considerar esta medida de eficiencia, en principio, como bastante interesante (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4. MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.

Actual								
Potencia	Consumo	Eficiencia						
kW	kWh/año	COP	EER	%				
0,9	790	-	-	-				

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
0,4	437	-	-	-	800	20

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN /
kWh/año	€/año	t CO2/año	%	%	Años	€	%	Inversión
354	94	0,1	45	0,1	8,5	980	10	1,22

Fuente: Elaboración propia.

MAE5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.

Teniendo en cuenta que sólo habría que climatizar la zona de oficinas y tomando como punto de partida una bomba de calor de más de 10 años, con un COP de 2,3 y un EER de 1,9, se propone su sustitución por una bomba de calor geotérmica de COP 4,5/5 y EER 6,1/6,9. Con esta propuesta se obtendrían unos ahorros en torno al 4.400 kWh/año, lo que supone una reducción del 54% del consumo eléctrico (casi un 1,5 % del total del consumo eléctrico anual), dejándose de emitir al año 1,2 t de CO₂ (ver Anejo 2).

El coste estimado para esta inversión es de 20.300 € (coste estimado a partir de una oferta del fabricante para el equipo más el coste promedio de instalación). El periodo de recuperación (Payback) es muy elevado, 44 años, debido principalmente a los importantes costes que suponen los trabajos de perforación del terreno. Los índices VAN, TIR y el ratio VAN/Inversión son negativos. La instalación geotérmica no sería rentable en el contexto estudiado. Se precisaría aumentar de forma importante las horas anuales de funcionamiento de la instalación para que el VAN fuera positivo (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5. MAE5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.

Actual							
Potencia	Consumo	Eficiencia					
kW	kWh/año	COP	EER	%			
5,0	8.150	2,3	1,9	-			

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
3 / 12	3.790	4,6 / 5	6,1 / 6,9	-	20.300	20

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN /
kWh/año	€/año	t CO2/año	%	%	Años	€	%	Inversión
4.360	461	1,2	54	1,3	44,0	-11.540	-7	-0,57

Fuente: Elaboración propia.

MAE6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización.

Partiendo de una hipótesis similar a la de la medida anterior, se propone sustituir la bomba de calor convencional por un sistema de aerotermia de COP 3,7. El ahorro que se obtendría sería alrededor de 3.000 kWh/año, lo que representa una reducción del 37% del consumo eléctrico (casi el 1% del total del consumo anual de electricidad) evitándose también la emisión de 1 t de CO₂ al año (ver Anejo 2).

El coste estimado para esta inversión es de 10.000 € (coste estimado a partir de una oferta del fabricante para el equipo más el coste promedio de instalación). La recuperación de la inversión (Payback) sería superior a los 30 años. Los índices de VAN, TIR y el ratio de rentabilidad VAN/Inversión son negativos.

Como es sabido, la bomba de calor aerotérmica utiliza el calor del aire exterior, por lo que es variable y depende de la estación del año que se considere.

En general, en las zonas cálidas donde la temperatura demandada no es muy alta, unos 35° C para la zona que se va a acondicionar, la aerotermia es una buena opción porque el ahorro es importante y su coste no es muy elevado. Sin embargo, en las áreas con demandas superiores y variaciones significativas de temperatura entre el verano y el invierno, la energía aerotérmica queda en desventaja frente a la geotérmica que sería la mejor opción.

Comparando ambas medidas con el suministro mediante una caldera de combustible fósil, las dos serían rentables.

Al igual que la geotermia, se precisaría que el número de horas anuales de funcionamiento de la instalación fuera más elevado para que los índices VAN y TIR fueran positivos y que el periodo de retorno de la inversión no superara el del periodo de vida útil de los equipos (Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. MAE6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización.

Actual								
Potencia	Consumo	Eficiencia						
kW	kWh/año	COP	EER	%				
5,0	8.150	2,3	1,9	-				

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
6,0	5.121	3,7	-	-	10.000	20

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN /
kWh/año	€/año	t CO2/año	%	%	Años	€	%	Inversión
3.029	320	0,8	37	0,9	31,2	-3.915	-4	-0,39

Fuente: Elaboración propia.

MAE7. Instalación de batería de condensadores.

Del análisis de los datos mensuales de potencia activa y reactiva de la bodega, se deduce que el factor de potencia de la instalación es susceptible de ser mejorado para llegar a un valor para el Coseno de φ que no esté penalizado por la compañía eléctrica.

La instalación de una batería de condensadores de unos 20 kVar (ver Anejo 2) supondría una inversión de unos 2.500 € (según listado de precios del fabricante) y tendría un periodo de recuperación (Payback) de algo más de 3 años ya que se generaría un ahorro de unos 800 €/año. El VAN es positivo, alcanzaría los 5.000 €, la TIR sería del orden del 30% y el ratio de rentabilidad VAN/Inversión es de 1,99 (Cuadro 5.7)

Cuadro 5.7. MAE7. Instalación de batería de condensadores.

Actual						
Potencia kW	Consumo kWh/año	Eficiencia				
		COP	EER	%		
507,4	335.889	-	-	-		

Propuesta						
Potencia kW	Consumo kWh/año	Eficiencia			Inversión €	Vida útil Años
		COP	EER	%		
0,0	0	-	-	-	2.500	10

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía kWh/año	Valor €/año	GEI t CO2/año	ACCE %	AET %	Payback Años	VAN €	TIR %	VAN / Inversión
0	768	0,0	2	0	3,3	4.972	28	1,99

Fuente: Elaboración propia.

MAE8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.

La instalación de los analizadores de red en el Cuadro general de baja tensión (CGBT) y en los cuadros eléctricos secundarios tendría un coste de unos 27.000 € (según datos de mercado para equipos e instalación) (ver Anejo 2) y supondría unos ahorros por gestión del 10% del consumo total, es decir, unos 33.600 kWh/año. El periodo de recuperación (Payback) de esta inversión estaría en torno a los 8 años, su VAN sería positivo, de unos 14.300 €, la TIR del 8% y el ratio de rentabilidad VAN/Inversión de 0,53. Esta medida evitaría la emisión de 8,9 t CO₂ (Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.

Actual							
Potencia	Consumo	Eficiencia					
kW	kWh/año	COP	EER	%			
507,4	335.889	-	-	-			

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
456,7	302.300	-	-	-	27.000	12

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN /
kWh/año	€/año	t CO ₂ /año	%	%	Años	€	%	Inversión
33.589	3.550	8,9	10	10	7,6	14.278	8	0,53

Fuente: Elaboración propia.

MAE9. Implantación de un *Building Management System* (BMS) como sistema de gestión y control.

La implantación de un sistema BMS tomando como referencia el control de 63 tipos diferentes de equipos, 10 cuadros de control y una estimación de 300 señales (ver Anejo 2), supondría un desembolso de unos 47.500 € (coste estimado según mercado para la instalación de controladores, integración de señales, puesto de control y puesta en marcha y programación). Esta actuación generaría unos ahorros de unos 50.400 kWh/año, lo que supone un 15% del consumo total. El periodo de recuperación de esta inversión (Payback) se aproximaría a los 9 años. El VAN sería positivo, próximo a los 4.400 €, la TIR del 2% y el ratio VAN/Inversión 0,09. Además, se dejarían de emitir a la atmosfera 13,3 t CO₂ anualmente (Cuadro 5.9).

Cuadro 5.9. MAE9. Implantación de un Building Management System (BMS) como sistema de gestión y control.

Actual							
Potencia	Consumo	Eficiencia					
kW	kWh/año	COP	EER	%			
507,4	335.889	-	-	-			

Propuesta						
Potencia	Consumo	Eficiencia			Inversión	Vida útil
kW	kWh/año	COP	EER	%	€	Años
431,3	285.505	-	-	-	47.500	10

Ahorros					Indicadores Económicos			
Energía	Valor	GEI	ACCE	AET	Payback	VAN	TIR	VAN /
kWh/año	€/año	t CO ₂ /año	%	%	Años	€	%	Inversión
50.383	5.326	13,3	15	15	8,9	4.348	2	0,09

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Estado actual de la instalación de referencia y resumen del estudio técnico-económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas (MAE).

Se resumen a continuación las características principales de los equipos para los que se propone una MAE y de las medidas propuestas, así como los valores de los indicadores y ratios de rentabilidad calculados.

En el Cuadro 5.10 se muestran las características técnicas de estos equipos. Se indica la potencia nominal (kW), el consumo eléctrico (kWh) y su eficiencia (expresada en COP, EER o en % según corresponda) en referencia a las medidas de eficiencia.

Cuadro 5.10. Características principales de los equipos considerados de referencia para los que se propone una MAE.

Equipos considerados de referencia para los que se propone una MAE	Características				
	Potencia kW	Consumo kWh/año	Eficiencia		
			COP	EER	%
Enfriadoras de fermentación	105,0	115.937	3,1	2,9	-
Bombas centrífugas	74,8	73.426	-	-	-
Motores eléctricos de equipos de frío	99,3	109.728	-	-	85,8
Iluminación convencional	0,9	790	-	-	-
Climatización	5,0	8.150	2,3	1,9	-
Servicios generales (iluminación, climatización, producción)	507,4	335.889	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 5.11 se incluyen las características técnicas de los equipos propuestos para mejorar la eficiencia energética de los existentes. Se indica la potencia nominal (kW), el consumo eléctrico (kWh), su eficiencia (expresada en COP, EER o en % según corresponda), la inversión necesaria para implementar la medida y su vida útil.

Cuadro 5.11. Medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas (MAE).

Medida de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE)	Propuesta						
	Potencia kW	Consumo kWh/año	Eficiencia			Inversión €	Vida útil Años
MAE1 Enfriadoras de fermentación	104,0	70.536	5,8	4,8	-	35.500	20
MAE2 Variadores de frecuencia en bombas centrífugas	45,4	44.577	-	-	-	24.000	10
MAE3 Motores eléctricos de equipos de frío de mayor eficiencia	94,0	103.794	-	-	93,6	15.000	20
MAE4 Iluminación LED	0,4	437	-	-	-	800	20
MAE5 Geotermia para climatización	3 / 12	3.790	4,6 / 5	6,1 / 6,9	-	20.300	20
MAE6 Aerotermia para climatización	6,0	5.121	3,7	-	-	10.000	20
MAE7 Batería de condensadores	0,0	0	-	-	-	2.500	10
MAE8 Analizadores de red	456,7	302.300	-	-	-	27.000	12
MAE9 BMS	431,3	285.505	-	-	-	47.500	10

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 5.12 se incluyen los ahorros anuales que se generarían con la implantación de cada una de las propuestas de mejora. Se muestran los ahorros que supone la medida respecto al equipo existente, en consumo eléctrico (kWh/año), en valor (€/año), el porcentaje (%) de ahorro respecto a la situación inicial en consumo energético y coste (ACCE) y respecto al consumo total (AET) así como la cuantía de las emisiones de gases GEI que se dejarían de emitir a la atmósfera (t CO₂/año). Para cada medida propuesta se ha calculado los siguientes indicadores de rentabilidad: el periodo de recuperación de la inversión (Payback), el valor actual neto del flujo de los ahorros VAN (€), la tasa interna de rentabilidad de la inversión necesaria TIR (%) y, finalmente, el ratio de rentabilidad del VAN sobre la inversión (VAN/Inversión).

Cuadro 5.12. Ahorros generados e indicadores de rentabilidad de las medidas de ahorro y eficiencia energética analizadas.

Medida de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE)	Ahorros					Indicadores Económicos			
	Energía kWh/año	Valor €/año	GEI t CO ₂ /año	ACCE %	AET %	Payback Años	VAN €	TIR %	VAN / Inversión
MAE1 Enfriadoras de fermentación	45.401	4.799	12,0	39	13,5	7,4	55.712	12	1,57
MAE2 Variadores de frecuencia en bombas centrífugas	28.849	3.049	7,6	39	8,6	7,9	5.688	5	0,24
MAE3 Motores eléctricos de equipos de frío de mayor eficiencia	5.935	627	1,6	5	1,8	23,9	-3.077	-2	-0,21
MAE4 Iluminación LED	354	94	0,1	45	0,1	8,5	980	10	1,22
MAE5 Geotermia para climatización	4.360	461	1,2	54	1,3	44,0	-11.540	-7	-0,57
MAE6 Aerotermia para climatización	3.029	320	0,8	37	0,9	31,2	-3.915	-4	-0,39
MAE7 Batería de condensadores	0	768	0,0	2	0	3,3	4.972	28	1,99
MAE8 Analizadores de red	33.589	3.550	8,9	10	10,0	7,6	14.278	8	0,53
MAE9 BMS	50.383	5.326	13,3	15	15,0	8,9	4.348	2	0,09

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Calificación de las medidas de ahorro y eficiencia energética propuestas.

Con objeto de poder definir la prioridad e idoneidad de cada MAE y así recomendar su implantación, se ha establecido un sistema de clasificación de las medidas de ahorro y eficiencia energética.

La prioridad de una medida se ha establecido mediante una puntuación de 0 a 10 que caracteriza de más a menos su preferencia para que sea aplicada (Cuadro 5.13).

- ✓ Las muy recomendables serían aquellas cuya puntuación estuviera comprendida entre 8 y 10. A este grupo se le ha denominado como grupo A. Esto se traduce en que son medidas de elevada eficiencia energética por lo que se deberían aplicar de forma transversal en todas las bodegas ya que los ahorros que generan serán rápidamente rentabilizados.
- ✓ A las que alcancen valores entre 5 y 8 se las califica como recomendables y el grupo correspondiente se define como grupo B. Se trata de medidas cuyos ahorros se rentabilizarían por lo general a más largo plazo.
- ✓ Entre los valores 3 y 5, entraría las medidas que si bien son recomendables, existe una reserva importante respecto a su rentabilidad en función de la información existente. Este grupo es el C.
- ✓ Finalmente, el grupo D, serían medidas con puntuación entre 0 y 3 que en un principio no serían recomendables, aunque no dejan de tener algún elemento positivo.

Cuadro 5.13. Tipología de la calificación de las medidas de ahorro.

Calificación		
Grupo	Puntuación	Descripción
A	$8 \leq x \leq 10$	Muy recomendable
B	$5 \leq x < 8$	Recomendable
C	$3 \leq x < 5$	Recomendable con reservas
D	$0 \leq x < 3$	No recomendable

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de la puntuación de cada una de las medidas se ha efectuado realizando una transformación numérica de los valores obtenidos para los índices de evaluación (Payback, VAN, TIR y VAN/Inversión) a números comprendidos en un intervalo entre 0 y 10.

El procedimiento seguido es simple, establecido el intervalo de variación de cada uno de los índices, se ha asignado al valor más idóneo el valor 10 y al que menos el valor 0. Los restantes resultados se han interpolado entre estos dos valores. De la suma ponderada de los valores transformados de cada medida se obtiene su puntuación final.

Esta puntuación será la que indique el grupo de calificación en el que se integre la medida de ahorro y eficiencia energética analizada. (Cuadro 5.14).

Cuadro 5.14. Calificación de las MAE ordenadas por grupo.

Medida de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE)	Calificación					Puntuación	Grupo
	Payback	VAN	TIR	VAN /	Total		
	Años	€	%	Inversión	Puntos		
MAE1 Enfriadoras de fermentación	8,98	10,00	5,40	8,36	32,74	8,2	A
MAE7 Batería de condensadores	10,00	2,46	10,00	10,00	32,46	8,1	A
MAE4 Iluminación LED	8,70	1,86	4,76	7,01	22,34	5,6	B
MAE8 Analizadores de red	8,93	3,84	4,15	4,29	21,21	5,3	B
MAE2 Variadores de frecuencia en bombas centrífugas	8,87	2,56	3,22	3,15	17,80	4,5	C
MAE9 BMS	8,61	2,36	2,51	2,58	16,06	4,0	C
MAE3 Motores eléctricos de equipos de frío de mayor eficiencia	4,94	1,26	1,42	1,42	9,04	2,3	D
MAE6 Aerotermia para climatización	3,14	1,13	0,77	0,69	5,73	1,4	D
MAE5 Geotermia para climatización	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	D

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados muestran que:

- ✓ El grupo A, las medidas muy recomendables, lo constituyen:
 - La sustitución de enfriadores de fermentación (MAE1)
 - La instalación de batería de condensadores (MAE7)

- ✓ El grupo B, las medidas recomendables, lo constituyen:
 - La sustitución de iluminación convencional por otra de tecnología LED (MAE4)
 - La instalación de analizadores de red (MAE8)

- ✓ El grupo C, las medidas recomendables pero con reservas, lo integran:
 - La instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas (MAE2)
 - La implantación de un BMS como sistema de control y gestión (MAE9)

- ✓ Finalmente, en el grupo D, las medidas no recomendables, serían:
 - La sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia (MAE3)
 - La implantación de unidades de aerotermia para climatización (MAE6)
 - La implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización (MAE5)

Estas puntuaciones se visualizan en una representación gráfica en la que se comparan las MAE según los valores que han alcanzado los indicadores de rentabilidad y el ratio VAN/Inversión (Figura 5.3).

Figura 5.3. Comparación de la puntuación obtenida por cada MAE para los indicadores de rentabilidad y el ratio de rentabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

En el sector vitivinícola y empleando la metodología definida en los epígrafes anteriores, las medidas de ahorro y eficiencia energética estudiadas para la bodega de referencia quedarían clasificadas de la siguiente forma:

Cuadro 5.15. Medidas. Cuadro resumen de los ahorros, de los indicadores económicos y del ratio de rentabilidad y su calificación.

Medida de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE)	Ahorros					Indicadores Económicos				Calificación	
	Energía kWh/año	Valor €/año	GEI t CO2/año	ACCE %	AET %	Payback Años	VAN €	TIR %	VAN / Inversión	Puntuación	Grupo
MAE1 Enfriadoras de fermentación	45.401	4.799	12,0	39	13,5	7,4	55.712	12	1,57	8,2	A
MAE7 Batería de condensadores	0	768	0,0	2	0	3,3	4.972	28	1,99	8,1	A
MAE4 Iluminación LED	354	94	0,1	45	0,1	8,5	980	10	1,22	5,6	B
MAE8 Analizadores de red	33.589	3.550	8,9	10	10,0	7,6	14.278	8	0,53	5,3	B
MAE2 Variadores de frecuencia en bombas centrifugas	28.849	3.049	7,6	39	8,6	7,9	5.688	5	0,24	4,5	C
MAE9 BMS	50.383	5.326	13,3	15	15,0	8,9	4.348	2	0,09	4,0	C
Total MAE recomendadas	158.576	17.585	42		47,2	7,8					
MAE3 Motores eléctricos de equipos de frío de mayor eficiencia	5.935	627	1,6	5	1,8	24	-3.077	-2	-0,21	2,3	D
MAE6 Aerotermia para climatización	3.029	320	0,8	37	0,9	31	-3.915	-4	-0,39	1,4	D
MAE5 Geotermia para climatización	4.360	461	1,2	54	1,3	44	-11.540	-7	-0,57	0,0	D

Fuente: Elaboración propia.

a) Grupo A. Medidas de ahorro y eficiencia energética muy recomendables.

Puntuación final de la MAE entre 8 y 10.

De manera general, se puede indicar que para cualquier bodega, las primeras medidas a considerar serían las que afectan directamente al proceso productivo, que es donde se concentra el consumo de energía, y aquellas medidas cuyos indicadores de rentabilidad sean más favorables a corto plazo.

Dentro de ellas, la que generaría un mayor ahorro, puesto que es la que mayor puntuación ha alcanzado con 8,2 sería la sustitución de los **equipos de frío de la fase de fermentación** por otros equipos de mayor eficiencia. Esta actuación llegaría a suponer un ahorro, respecto al consumo total, de aproximadamente un 14%, con unos periodos de recuperación de la inversión en torno a los 7 años, y un ratio de rentabilidad de 1,6.

Le sigue la medida referente a la instalación de **baterías de condensadores**, que con una puntuación de 8,1, aunque no generaría una reducción en los consumos, si lo haría

en sus costes (€/año) mostrando un periodo de recuperación en torno a los 3 años y un ratio de rentabilidad VAN/Inversión próximo a 2.

b) Grupo B. Medidas de ahorro de energía recomendables.

Puntuación final de la MAE entre 5 y 8.

Al grupo anterior, le sigue las medidas que serían identificadas como recomendables, a implantar de forma transversal en cualquier bodega, con ratios de rentabilidad positivos y rentabilidades de la inversión a corto plazo.

Con una puntuación de 5,6, se encuentra la sustitución de la **iluminación** convencional por otra **de tecnología LED** en las diferentes áreas. Aunque en la bodega de referencia suponga un consumo reducido, la aplicación de esta medida es interesante por la rentabilidad de la propia inversión que tiene un Payback de 8,5 años y su ratio de rentabilidad de 1,22. Es evidente que cuantos más equipos de mayor potencia y más horas de funcionamiento haya en la instalación, esta medida cobraría mayor relevancia.

Le sigue con una puntuación de 5,3 la instalación de **analizadores de red** y aplicaciones para la monitorización de consumos por equipos y usos, de manera que se tenga conocimiento de qué consume cada elemento y proceso. No obstante, esta medida requeriría recursos humanos para gestionar la información, ya que por sí mismos no generarían un ahorro de energía. El periodo de recuperación de la inversión es próximo a los 8 años y su ratio de rentabilidad de 0,53. Supondría un ahorro estimado respecto al total del consumo del 10%. Esta medida se presenta como una de las herramientas para poder sectorizar los consumos y poder hacer un seguimiento de la evolución de los consumos por cada equipo y fase de proceso productivo.

c) Grupo C. Medidas de ahorro de energía recomendables pero con reservas.

Puntuación final de la MAE entre 3 y 5.

Este grupo lo forman una serie de medidas que afectan a equipos ajenos al proceso productivo, las cuales serían identificadas como medidas recomendables a implantar de forma transversal en cualquier bodega pero con ciertas reservas puesto que su rentabilidad se dilataría en el tiempo, es decir, en el medio plazo. Estas medidas tendrían unos Payback de entre 7 y 10 años y un ratio de rentabilidad por debajo de 1.

En un primer bloque de medidas recomendables que generarían una rentabilidad inferior a las ya mencionadas y que serían más sensibles a las variaciones de los parámetros estudiados, estaría la instalación de **variadores de frecuencia en bombas centrífugas** con una puntuación de 4,5 donde a pesar de ser su periodo de recuperación de la inversión en torno a los 8 años, supondría un ahorro entre el 8-10% respecto al consumo eléctrico total.

En este bloque estaría también la implementación de medidas de gestión y control del edificio (Building Management System o **BMS**) con 4 puntos que, al igual que la instalación de los analizadores de red, daría lugar a un mayor conocimiento de las instalaciones. Esta herramienta de gestión y control es capaz de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético. No obstante, al igual que sucede con los analizadores de red, se requerirían recursos humanos para gestionar la información, ya que por sí mismos no generarían un ahorro de energía. Dado que la automatización e instrumentación es cada vez más común en las industrias de diversos tipos, es importante conocer el uso que se puede hacer de estas herramientas y tecnologías para lograr una mayor eficiencia energética. El periodo de recuperación de estas medidas está alrededor de los 8-10 años y los ahorros respecto al consumo eléctrico total entre el 10-15%.

d) Grupo D. Medidas de ahorro de energía no recomendables pero que tienen algún elemento positivo.

Puntuación final de la MAE entre 0 y 3.

En último lugar, están las medidas cuya aplicación se deberían aplazar para otro momento en el que la medida fuera más rentable. La rentabilidad de las inversiones son a largo plazo y sus ratios de rentabilidad negativos.

La implementación de la **sustitución de motores eléctricos de la fase de fermentación** por otros de mayor eficiencia con 2,3 puntos, **sistemas aerotérmicos** con 1,4 puntos **y en última posición sistemas geotérmicos** para la calefacción y el aire acondicionado, siendo medidas a recomendar y tener en consideración, se deben dejar para otro momento en que las medidas alcancen valores más rentables ya que en el escenario analizado quedan por debajo de los umbrales de rentabilidad. El impacto de estas medidas sobre el consumo total sería en torno al 3%.

En resumen, la aplicación de las medidas de ahorro y eficiencia energética recomendadas (Grupo A, B y C) supondrían un ahorro potencial sobre el total del consumo eléctrico del 48% (unos 160.000 kWh/año y 17.600 €/año) con una inversión estimada de 137.000€ y un payback de 7,8 años. Se dejarían de emitir a la atmosfera 42 t CO₂ anualmente.

Evidentemente, si es necesario reemplazar equipos debido a la obsolescencia o mal funcionamiento, a la hora de elegir otro nuevo deberían tenerse en consideración los criterios de eficiencia.

Para finalizar, aunque no hayan sido objeto de estudio detallado, se recomiendan ciertas medidas de ahorro y eficiencia energética que deben aplicarse en cualquier sector. El análisis de la implementación de las **mejores prácticas de gestión, la optimización de la potencia y la tarifa eléctrica contratada** una vez aplicadas las medidas de ahorro de energía y la **revisión de las condiciones económicas del contrato de suministro eléctrico** son ampliamente aplicables.

5.5. Análisis de sensibilidad del ratio VAN/Inversión.

Este análisis se basa en el cálculo del valor del ratio de rentabilidad (VAN/Inversión) de cada MAE respecto a los diferentes valores asignados a las siguientes variables:

- ✓ La inversión correspondiente a cada MAE
- ✓ La tasa monetaria de descuento
- ✓ La vida útil de los equipos propuestos
- ✓ El flujo de los ahorros generados

En el caso de las variables inversión, vida útil y flujo de los ahorros, la parametrización se ha efectuado aumentando y disminuyendo porcentualmente el valor inicial de la variable. Para la tasa de descuento sólo se ha realizado aumentado unitariamente el valor inicial. Los datos de cálculo del análisis de sensibilidad para cada MAE se muestran en el Anejo 3.

Los resultados obtenidos para cada una de las MAE se han visualizado mediante cuatro curvas, una por cada variable parametrizada, cuyas coordenadas tienen como eje común el de ordenadas, representado por los valores del ratio VAN/Inversión y, en el eje de abscisas, la variación de los parámetros anteriormente citados.

Puntos de gran interés en estas curvas son los que cabe denominar como umbrales de rentabilidad que se corresponden a aquellos cuyo valor del ratio VAN/Inversión es mayor de cero y el tanto por ciento de variación de la variable es nulo o bien refleja su valor inicial, como es el caso de la tasa de descuento.

La determinación del umbral de rentabilidad de una MAE, es de suma importancia ya que:

- ✓ Es una herramienta de gestión empresarial que facilita claramente la toma de decisiones.
- ✓ Permite medir la capacidad de ahorro de la medida estudiada.

Otros puntos de interés, son aquellos en los que la curva del ratio VAN/Inversión corta al eje de abscisas, es decir, se hace cero. El valor correspondiente de la variable indicará el límite inferior de variación para el que la medida considerada es aceptable. A estos puntos se les considerará como puntos de resistencia.

5.5.1. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Los valores obtenidos para los puntos de resistencia en el análisis de sensibilidad del ratio de rentabilidad en función de la variación de la inversión son los siguientes (Cuadro 5.16):

Cuadro 5.16. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

$\Delta\%$ Inversión	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	> 100%	24%	-	> 100%	-	-	> 100%	54%	10%

Fuente: Elaboración propia.

Las medidas MAE7, MAE1 y MAE4 presentan umbrales de rentabilidad, VAN/Inversión, mayores de 1 aunque con valores muy variados. Respecto al incremento de la Inversión, todas ellas presentan resultados del ratio positivos para un incremento de la Inversión superior al 100%.

Estas medidas son:

- ✓ **La instalación de batería de condensadores (MAE7)**, con un valor para el umbral de 1,99.
- ✓ **La sustitución de enfriadores de fermentación (MAE1)**, con un umbral de rentabilidad de 1,57.
- ✓ **La sustitución de iluminación convencional por otra de tecnología LED (MAE4)**, con un valor de 1,22.

Próxima a estas, se encuentra

- ✓ **La instalación de analizadores de red (MAE8)**, que con un umbral de rentabilidad de 0,53, la función del ratio VAN/Inversión se mantiene con valores positivos hasta un aumento en el valor de esta última de un 54%.

Un tercer grupo incluye:

- ✓ **La instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas (MAE2)**, que tiene un umbral de rentabilidad bajo, 0,24, y la función VAN/Inversión se mantiene mayor que cero hasta un incremento de la inversión de un 24%.
- ✓ **La implantación de un BMS como sistema de control y gestión (MAE9)**, es la última de las medidas con valor mínimo pero positivo de su umbral de rentabilidad, 0,09. La función sólo permanecería en valores positivos hasta un aumento de la inversión del 10%.

Finalmente, quedan las medidas cuyo umbral de rentabilidad, VAN/Inversión es negativo:

- ✓ **La sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia (MAE3)**
- ✓ **La implantación de unidades de aerotermia para climatización (MAE6)**
- ✓ **La implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización (MAE5)**

En todos los casos, los umbrales de rentabilidad, sólo se alcanzan si la inversión se redujera en un 20%, 40% y 56% respectivamente. Esto supone, que con las hipótesis de trabajo establecidas, estas medidas quedarían excluidas inicialmente hasta que al menos su ratio de rentabilidad alcanzara valores positivos (Figura 5.4).

Figura 5.4. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.

Los valores obtenidos en el análisis de sensibilidad del ratio de VAN/Inversión en función de la variación de la tasa descuento son los siguientes (Cuadro 5.17):

Cuadro 5.17. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.

Tasa de descuento	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	> 8%	5%	-	> 8%	-	-	> 8%	7,8%	2,5%

Fuente: Elaboración propia.

Las medidas de **instalación de batería de condensadores (MAE7)**, la **sustitución de enfriadores de fermentación (MAE1)** y la **sustitución de iluminación convencional por otra de tecnología LED (MAE4)**, mantendrían umbrales de rentabilidad, VAN/Inversión, positivos, para una variación de la tasa de descuento de hasta el 8%. Con un valor próximo se encuentra el umbral de la **instalación de analizadores de red (MAE8)** que llega a 7,8%.

Un segundo grupo incluye la **instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas (MAE2)**, con rentabilidad positiva hasta una tasa de descuento del 5% que se reduce a 2,5% en el caso de la **implantación de un BMS como sistema de control y gestión (MAE9)**.

La **sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia (MAE3)**, la **implantación de unidades de aerotermia para climatización (MAE6)** y la **implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización (MAE5)** no tienen umbrales de rentabilidad positivos, lo que supone que con las hipótesis de trabajo establecidas, estas medidas quedarían excluidas inicialmente (Figura 5.5).

Figura 5.5. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la vida útil de los equipos.

Los valores obtenidos en el análisis de sensibilidad del ratio de VAN/Inversión en función de la variación porcentual de la vida útil son los siguientes (Cuadro 5.18):

Cuadro 5.18. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación porcentual de la vida útil.

$\Delta\%$ Vida útil	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	< - 50%	-20%	28%	< - 50%	> 50%	> 50%	< - 50%	-34%	-8%

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de:

- ✓ **La instalación de batería de condensadores (MAE7)**
- ✓ **La sustitución de enfriadores de fermentación (MAE1)**
- ✓ **La sustitución de iluminación convencional por otra de tecnología LED (MAE4)**

Su umbral de rentabilidad se mantiene positivo para una reducción de la vida útil de hasta el 50%.

Les siguen:

- ✓ **La instalación de analizadores de red (MAE8)**
- ✓ **La instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas (MAE2)**
- ✓ **La implantación de un BMS como sistema de control y gestión (MAE9)**

Que para reducciones de hasta el 34% la primera, del 20% la segunda y 8% la tercera, mantendrían el valor del ratio en positivo.

Respecto al resto de las medidas:

- ✓ **La sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia (MAE3)**
- ✓ **La implantación de unidades de aerotermia para climatización (MAE6)**
- ✓ **La implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización (MAE5)**

En estos casos, sería necesario un incremento de la vida útil en un 28% en los motores y más de 50% en las unidades de aerotermia y geotermia para que el ratio fuera positivo (Figura 5.6).

Figura 5.6. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual de la vida útil de los equipos.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Los valores críticos obtenidos en el análisis de sensibilidad del ratio de VAN/Inversión en función de la variación del flujo respecto la variación porcentual positivo o negativo de los ahorros son los siguientes (Cuadro 5.19):

Cuadro 5.19. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Δ Flujo actualizado de $\Delta\%$ de los ahorros	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	-62%	-20%	26%	-55%	> 100%	64%	-67%	-36%	-12%

Fuente: Elaboración propia

Para las medidas:

- ✓ La instalación de batería de condensadores (MAE7)
- ✓ La sustitución de enfriadores de fermentación (MAE1)
- ✓ La sustitución de iluminación convencional por otra de tecnología LED (MAE4)

Con reducción de los ahorros anuales de hasta un 67%, un 62% y un 55% respectivamente, el valor del ratio de rentabilidad es positivo.

Les siguen también con valores positivos del ratio las medidas:

- ✓ La instalación de analizadores de red (MAE8)
- ✓ La instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas (MAE2)
- ✓ La implantación de un BMS como sistema de control y gestión (MAE9)

Que mantendrían valores positivos hasta reducciones del 36%, 20% y 12% respectivamente.

Respecto a las medidas:

- ✓ **La sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia (MAE3)**
- ✓ **La implantación de unidades de aerotermia para climatización (MAE6)**

En estos casos, sería necesario un incremento de los ahorros estimados de un 26% y un 64% respectivamente para que el ratio fuera positivo.

En el caso de la **implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización (MAE5)** sería necesario un incremento de más del 100% (Figura 5.7).

Figura 5.7. Variación del ratio de rentabilidad de las MAE respecto a la variación porcentual del flujo respecto la variación porcentual de los ahorros anuales.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5. Resultados del análisis de sensibilidad del ratio VAN/Inversión.

A continuación, se muestra un resumen de las variaciones estudiadas.

Cuadro 5.20. Umbral del ratio de rentabilidad y punto de resistencia de las MAE respecto a la variación de las variables parametrizadas.

Δ% Inversión	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	> 100%	24%	-	> 100%	-	-	> 100%	54%	10%

Tasa de descuento	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	> 8%	5%	-	> 8%	-	-	> 8%	7,8%	2,5%

Δ% Vida útil	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	< - 50%	-20%	28%	< - 50%	> 50%	> 50%	< - 50%	-34%	-8%

Δ Flujo actualizado de Δ% de los ahorros	MAE 1	MAE 2	MAE 3	MAE 4	MAE 5	MAE 6	MAE 7	MAE 8	MAE 9
Umbral de rentabilidad VAN / Inversión	1,57	0,24	-0,21	1,22	-0,57	-0,39	1,99	0,53	0,09
Punto de resistencia	-62%	-20%	26%	-55%	> 100%	64%	-67%	-36%	-12%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.8. Variación porcentual de la inversión, vida útil de los equipos y el flujo de la variación de los ahorros y variación de la tasa de descuento.

Fuente: Elaboración propia.

De estos datos se deduce que hay un primer grupo de medidas de ahorro y eficiencia energética que soportan con mayor tolerancia y flexibilidad variaciones en los parámetros analizados coincidiendo con las medidas que precisamente tienen la mejor calificación:

- ✓ **La sustitución de enfriadores de fermentación (MAE1) y la instalación de batería de condensadores (MAE7), con calificación de grupo A.**
- ✓ **La sustitución de iluminación convencional por otra de tecnología LED (MAE4) y la instalación de analizadores de red (MAE8), con calificación de grupo B.**

Hay un segundo bloque de medidas que si bien son interesantes de acometer por tener su ratio de rentabilidad positivo son más sensibles ante pequeñas variaciones de los parámetros estudiados. Estas medidas coincidirían con las calificadas en el grupo C.

- ✓ **La instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas (MAE2)**
- ✓ **La implantación de un BMS como sistema de control y gestión (MAE9)**

En último lugar, se encuentran las medidas que tienen un ratio de rentabilidad negativo, pertenecerían al grupo D, donde los parámetros analizados deberían incrementarse hasta conseguir que la medida alcanzara una rentabilidad de valor positivo.

- ✓ **La sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia (MAE3)**
- ✓ **La implantación de unidades de aerotermia para climatización (MAE6)**
- ✓ **La implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización (MAE5)**

6. CONCLUSIONES.

Las conclusiones de la tesis son las siguientes:

1. Se ha definido una metodología para el análisis energético de una industria, que permite estimar las horas de funcionamiento de equipos específicos y, por tanto, la evaluación técnica y económica de la sustitución del equipo.
2. Se ha caracterizado una bodega de referencia desde el punto de vista energético, representativa del área mediterránea (España, Italia, Portugal y Francia), con una producción de 30.000 hl/año y consumo de energía estimado en torno a los 330.000 kWh/año.
3. Se ha utilizado la metodología mencionada en el sector de bodegas, utilizando la bodega de referencia, para clasificar una serie de medidas de ahorro y eficiencia energética en función de su evaluación técnico-económica.
4. La medida con mejores indicadores es la sustitución de equipos de frío de la fase de fermentación por equipos de mayor eficiencia, si los equipos a sustituir tienen una eficiencia significativamente por debajo de los equipos actualmente en el mercado. El payback estimado ha sido de 7,4 años.
5. Medidas con indicadores de interés, que se han cuantificado en el estudio, son la instalación de baterías de condensadores (payback, 3,3 años), la sustitución de la iluminación convencional por tecnología LED (payback, 8,5 años), la instalación de analizadores de red (payback, 7,6 años), la instalación de variadores de frecuencia (payback, 7,9 años) y la implementación de medidas de gestión y control del edificio (*Building Management Systems* o BMS; payback, 8,9 años).
6. Se ha cuantificado, mediante un análisis de sensibilidad, el impacto de una variación de los principales parámetros económicos (inversión prevista, tasa de descuento, vida útil y flujo de los ahorros) en la rentabilidad de las medidas evaluadas.

7. BIBLIOGRAFÍA.

7.1. Publicaciones.

Adrados Blaise-Ombrecht C., García Fernández J.L., García Mari E., Gutiérrez Montes J.L., Gutiérrez Colomer R.M., Luna Sánchez L., De la Plaza Pérez S. *Instalaciones eléctricas de baja tensión en el sector agrario y agroalimentario*. Madrid: Mundiprensa, 2008.

Alonso A. D., Northcote J., 2010. "Small winery operators and business vision: A western Australian case". *J. Wine Res.* **21**(1), 19-34.

Amat, Oriol. "Sector vitivinícola español: saneado y con futuro". *Catalunya Empresarial*. Diciembre-Enero 2013 (2013).

Barbaresi A., Torreggiani D., Benni S., Tassinari P., 2014. "Underground cellar thermal simulation: Definition of a method for modelling performance assessment based on experimental calibration". *Energ.Buildings*, **76**, 363-372.

Benavente R.M., Sanz J.C., Arias F., Cruz I., 1998. "La energía eólica en el medio rural". *Vida rural*, **75**, 64-68.

Benni S., Torreggiani D., Barbaresi A., Tassinari P., 2013. "Thermal performance assessment for energy-efficient design of farm wineries". *T.ASABE*, **56**(6), 1483-1491.

Cañas I., Mazarrón F. R., 2009. "The effect of traditional wind vents called zarceras on the hygrothermal behaviour of underground wine cellars in Spain". *Build. Environ.*, **44**(9), 1818-1826.

Cañas I., Porras-Amores C., Cid-Falceto J., Mazarrón F.R., 2013. "Las bodegas del Marco de Jerez. Condiciones interiores de temperatura y humedad". *En VII Congreso*

Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. SEAnlmg SECH. Madrid, 26-29 de Agosto de 2013.

Celorrio R., Blanco J., Martínez E., Jiménez E., Sáenz-Diez J. C., 2016. "Determination of energy savings in alcoholic wine fermentation According to the IPMVP protocol". *Am. J. Enol. Viticult.*, **67**(1), 94-104.

Celorrio R., Martínez E., Sáenz-Diez J. C., Jiménez E., Blanco J., 2015. "Methodology to decrease the energy demands in wine production using cold pre-fermentation". *Comput.Electron.Agr.*, **117**, 177-185.

Cyr D., Kushner J., Ogwang T., 2012. "The size distribution of California's north coast wineries: 1984-2009". *Int. J. Wine Bus. Res.*, **24**(1), 6-18.

De Blas M.A., Torres J.L., Prieto E., García A., 2002. "Selecting a suitable model for characterizing photovoltaic devices". *Renewable Energy*, **25**, 371-380.

Fernández González, Rodolfo. *Metodologías de Modelización*, año no especificado
Unidad Docente de Lógica y Filosofía de la Ciencia.

Forbes S. L., De Silva T. A., 2012. "Analysis of environmental management systems in New Zealand wineries". *Int. J. Wine Bus. Res.*, **24**(2), 98-114.

García A., Torres J.L., Prieto E., De Francisco A., 1998. "Fitting wind speed distributions: A case study". *Solar Energy*, **62**, 139-144.

García A., Torres J.L., Prieto E., De Blas M., 2001. "Dielectric characteristics of grape juice at 0.2 and 3 GHz". *Journal of Food Engineering*, **48**, 203-211.

García A., Torres J.L., De Blas M., De Francisco A., Illanes R., 2004. "Dielectric characteristics of grape juice and wine". *Biosystems Engineering*, **88**, 343-349.

Gaspar P. D., Silva P. D., Nunes J., Andrade L. P., 2014. "Characterization of the specific electrical energy consumption of agrifood industries in the Central Region of Portugal". *Appl. Mech.Mater.*, **590**, 878-882.

Gutiérrez Colomer R.P., Adrados Blaise-Ombrecht C., García Marí E. *Electrotecnia*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2010.

Hejiang S., Qingxia Y., 2014. "Influence of infiltration on energy consumption of a winery building". *Front. Energy*, **8**(1), 110-118.

Iannone R., Miranda S., Riemma S., De Marco I., 2016. "Improving environmental performances in wine production by a life cycle assessment analysis". *J.Clean.Prod.*, **111**, 172-180.

Jacho Toapanta, José Ángel. "Diseño e implementación de una demostración práctica en el laboratorio de máquinas eléctricas utilizando el variador de frecuencia como fuente de ahorro de energía". Tesis doctoral, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2012.

Lijun W., 2014. "Energy efficiency technologies for sustainable food processing". *Energ.Effic.*, **7**(5), 791-810.

Martinodotnez C. I. P., 2010. "Analysis of energy efficiency development in the German and Colombian food industries". *Int.J.Energ.Sec.Manage.*, **4**(1), 113-136.

Mazarrón F. R., Cañas I., 2008. "Exponential sinusoidal model for predicting temperature inside underground wine cellars from a Spanish region". *Energ.Buildings*, **40**(10), 1931-1940.

Mazarrón F. R., Cañas I., 2009. "Seasonal analysis of the thermal behaviour of traditional underground wine cellars in Spain". *Renew.Energ.*, **34**(11), 2484-2492.

Mazarrón F. R., Flores-Soto JA., Cid-Falceto J., Porras-Amores C., Cañas I., 2011. "Survey and graphic interpretation of underground cellars". *Proceedings of the International conference on Innovative Methods in Product Design (IMProVe)*. Venice, Italy, 15-17 June 2011.

Mazarrón F. R., Cid-Falceto J., Cañas-Guerrero I., 2012a. "Assessment of aboveground winery buildings for the aging and conservation of wine". *Appl.Eng.in Agric.*, **28**(6), 903-910.

Mazarrón F. R., Cid-Falceto J., Cañas I., 2012b. "Ground Thermal Inertia for Energy Efficient Building Design: A Case Study on Food Industry". *Energies*, **5**(2), 227-242.

Mazarrón F. R., Lopez-Ocon E., Garcimartín M. A., Cañas I., 2013. "Assessment of basement constructions in the winery industry". *Tunn.Undergr.Sp.Tech.*, **35**, 200-206.

Mazarrón F.R., Porras-Amores C., Cañas I., 2015. "Annual evolution of the natural ventilation in an underground construction: influence of the access tunnel and the ventilation chimney". *Tunnelling and Underground Space Technology*, **49**, 188-198.

Miah J. H., Griffiths A., McNeill R., Poonaji I., Martin R., Morse S., Sadhukhan J., 2015. "A small-scale transdisciplinary process to maximising the energy efficiency of food factories: insights and recommendations from the development of a novel heat integration framework". *Sustain.Sci.*, **10**(4), 621-637.

Neves P. L., Lebres C., Botelho G., Fonseca Ferreira N. M., 2013. "Prototype to control alcoholic fermentation temperature in winemaking". *CiênciaTec.Vitiv.*, **28**(2), 71-76.

Point E., Tyedmers P., and Naugler C., 2012. "Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada". *J. Clean. Prod.*, **27**, 11-20.

Pomarici E., Vecchio R., Mariani A., 2015. "Wineries' Perception of Sustainability Costs and Benefits: An exploratory study in California". *Sustainability*, **7**(12), 16164-16174.

Porras-Amores C., Adán-Oliver A., Benito J.L., Mazarrón F.R., Cañas I., 2011. “Analysis of the geometry of nature. Particular case of traditional underground cellars”. *Proceedings of the International conference on Innovative Methods in Product Design (IMProVe). Venice, Italy, 15-17 June 2011.*

Porras-Amores C., Mazarrón F. R., Cid-Falceto J., Cañas I., 2011. “Energy efficient underground construction: natural ventilation during hot periods”. *Proceedings of 2011 International Conference on Petroleum and Sustainable Development (ICPSD 2011). Dubai, United Arab Emirates, 28-30 December 2011.*

Porras-Amores C., Mazarrón F.R. and Cañas, I., 2013. “Using quantitative infrared thermography to determined indoor air temperature”. *Energy and Buildings*, **65**, 292-298.

Porras-Amores, C., Viñas-Arrebola, C., Rodríguez-Sánchez, A. and Villoria-Sáez P., 2014. “Assessing the potential use of strategies independent from the architectural design to achieve efficient ventilation: A Spanish case study”. *Building Services Engineering Research and Technology*, **35**, 529-542.

Porras Amores, César. “Las construcciones subterráneas para bodegas, un modelo de ahorro de energía mediante los sistemas constructivos. Estudio de las condiciones higrotérmicas, ventilación y modelos de simulación”. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2014.

Rodríguez-González O., Buckow R., Koutchma T., Balasubramaniam V. M., 2015. “Energy requirements for alternative food processing technologies-principles, assumptions, and evaluation of efficiency”. *Compr.Rev.Food Sci.F.*, **14**(5), 536-554.

Sellers-Rubio R., 2010. “Evaluating the economic performance of Spanish wineries”. *Int. J. Wine Bus. Res.*, **22**(1), 73-84.

Simon-Elorz K., Castillo-Valero J. S., García-Cortijo M. C., 2015. "Economic performance and the crisis: Strategies adopted by the wineries of Castilla-La Mancha (Spain)". *Agribusiness*, **31**(1), 107-131.

Smyth M., Russell J., 2009. "From graft to bottle'-Analysis of energy use in viticulture and wine production and the potential for solar renewable technologies". *Renew.Sust.Energ.Rev.*, **13**(8), 1985-1993.

Tinti F., Barbaresi A., Benni S., Torreggiani D., Bruno R., Tassinari P., 2014. "Experimental analysis of shallow underground temperature for the assessment of energy efficiency potential of underground wine cellars". *Energ.Buildings*, **80**, 451-460.

Tinti F., Barbaresi A., Benni S., Torreggiani D., Bruno R., Tassinari P., 2015. "Experimental analysis of thermal interaction between wine cellar and underground". *Energ.Buildings*, **104**, 275-286.

Torreggiani D., Benni S., García A. I., Ayuga F., Tassinari P., 2014. "Farm winery layout design: size analysis of base spatial units in an italian study area". *T.ASABE*, **57**(2), 625-633.

Velo R., Osorio L., Fernández M.D., Rodríguez M.R., 2014. "An economic analysis of a stand-alone and grid-connected cattle farm". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **39** (2014): 883-890.

Wei W., Mingxing H., Ceyue L., Yuan Z., 2014. "The research of constant temperature and humidity air-conditioning system of underground cellar". *Appl.Mech.Mater.*, **672-674**, 1722-1728.

7.2. Páginas Web.

ABB. Motores eléctricos, [consulta: 26/04/2016]. Disponible en: <http://new.abb.com/es>

Actualidad de empresa. “Umbral de rentabilidad: definición, cálculo y aplicaciones”, Actualidad Empresa 23 diciembre 2013, [consulta 03/08/2017]. Disponible en: <http://actualidadempresa.com/umbral-de-rentabilidad-definicion-calculo-y-aplicaciones/>

Agencia Extremeña de la Energía, AGENEX. Pedro Manuel Martínez Ruíz y Juan Manuel Cosme Moñino. “Eficiencia Energética en empresas del sector agroalimentario”, 2014, [consulta 17/08/2017]. Disponible en: http://www.agenex.net/guias-altercexa/2_EF_ENERG_EN_EMPRESAS_DEL_SECTOR_AGROALIMENTARIO.pdf

BANCO MUNDIAL. “Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)”, [consulta 15/05/2017]. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2013&start=2013&view=map>

CEEV. (2014). Comité Européen des Entreprises Vins. “About the EU wine sector”, 2014, [consulta 17/04/2016]. Disponible en: <http://www.ceev.eu/about-the-eu-wine-sector>

CEREM, “Optimización energética objetivo 20-20-20”, [consulta 20/05/2017]. Disponible en: <https://www.cerem.es/blog/optimizacion-energetica-objetivo-20-20-20>

CIAT. Enfriadoras, [consulta: 25/04/2016]. Disponible en: <http://grupociat.es/rubrique/index/spa-grupo-CIAT-actualidad/20/Nueva-generacion-de-plantas-enfriadoras-AQUACIATPOWER/1382>

CIRCUTOR. Analizadores de red, [consulta: 21/04/2016]. Disponible en:

<http://circutor.es/es/productos/medida-y-control/analizadores-de-redes-fijos/analizadores-de-redes>

Consejo Europeo. “Unión de la Energía: energía segura, sostenible, competitiva y asequible para Europa” [consulta 15/05/2017]. Disponible en:

<http://www.consilium.europa.eu/es/policies/energy-union/>

Consejo Europeo. “El marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030” [consulta 15/05/2017]. Disponible en:

<http://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>

CO2OP Project, 2011. *Handbook of energy efficiency in wineries, 2011*. [consulta 03/06/2014]. Disponible en:

<http://chil.es/agroindustria/group/eficiencia-energetica/document/manual-de-eficiencia-energetica-en-bodegas>

DAIKIN. Enfriadoras, [consulta: 25/04/2016]. Disponible en:

<http://www.daikin.es/area-de-profesionales/>

Díaz del Río, Mercedes “Evolución de la tecnología de elaboración de vino y su influencia en el diseño de bodegas”. *Interempresas Empresa Vitivinícola*, [consulta: 30/07/2017]. Disponible en:

<http://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/185012-Evolucion-de-la-tecnologia-de-elaboracion-de-vino-y-su-influencia-en-el-diseno-de-bodegas.html>

ECOFORREST, Geotermia, [consulta: 21/04/2016]. Disponible en:

<http://www.ecoforest.es/es/>

ENERLUM, Iluminación LED, [consulta: 20/04/2016]. Disponible en:

<https://www.enerlum.es>

ESEFICIENCIA. “Entra en vigor el Reglamento UE 2017/1369 de Etiquetado de productos que consumen energía”, 8 de Agosto de 2017, *ESEFICIENCIA*, [consulta 08/08/2017]. Disponible en:

<https://www.eseficiencia.es/2017/08/08/entra-vigor-reglamento-ue-20171369-etiquetado-productos-consumen-energia>

European Commission. *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*, 2009 [consulta 05/05/2016]. Disponible en:

http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE_Adopted_02-2009.pdf

European Commission. *Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries*, 2006 [consulta 05/05/2016]. Disponible en:

http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/fdm_bref_0806.pdf

European Commission, Intelligent Energy Europe Program. *Final results oriented report of Tesla Project*, [consulta 9/06/2017]. Disponible en:

<http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/04881.pdf>

European Commission. Servicio de Información en I+D Comunitario. “Ultrasonidos para mejorar la extracción de polifenoles”, [consulta 5/07/2017]. Disponible en:

http://cordis.europa.eu/home_es.html

FAO. *Los efectos sociales y económicos de la modernización de la agricultura* [consulta 10/07/2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x4400s/x4400s10.htm>

FAO. *La agroindustria y el desarrollo económico*, [consulta 10/07/2017]. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/w5800s/w5800s12.htm>

Federación Española de Industria de la Alimentación y Bebidas (FIAB). *Adaptación al cambio climático en la estrategia de negocio. Retos, oportunidades y próximos pasos para la Industria de Alimentación y Bebidas*. FIAB, 2016., [consulta 10/09/2017]. Disponible en:

http://www.fiab.es/archivos/documentoMenu/documentomenu_20160705233659.pdf

Fuentes-Pila J., García J. L., 2014. *Handbook: Efficient wineries TESLA project deliverable D.6.6*: European Commission, [consulta 03/06/2014]. Disponible en: <http://teslaproject.chil.org/download-doc/62556>

Fundación Universitaria. “España mejora su porcentaje de titulados universitarios”, *Fundación Universitaria* 9 de septiembre 2009, [consulta 30/07/2017]. Disponible en: <http://noticias.universia.es/vida-universitaria/noticia/2009/09/09/659058/espana-mejora-porcentaje-titulados-universitarios.html>

GRUNDFOS. Motores eléctricos y bombas, [consulta: 26/04/2016]. Disponible en: <http://es.grundfos.com/>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) [consulta 15/06/2017]. Disponible en: <http://www.idae.es/>

International Organisation of Vine and Wine [consulta 12/07/2017]. Disponible en: <http://www.oiv.int/es/>

Kennedy / Jenks Consultants. “Comprehensive Guide to Sustainable Management of Winery Water and Associated Energy”. *The Wine Institute*, [consulta: 20/07/2017]. Disponible en: <http://www.wineinstitute.org/files/AVF-Guide.pdf>

KPMG. *Alimentación y bebidas: tendencias 2016. II Estudio sobre la industria de alimentación y bebidas en España*. KPMG, 2016, [consulta: 10/09/2017]. Disponible en: http://www.crones.es/pdf/KPMG_Alimentacion_Bebidas_Tendencias2016.pdf

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España (MAPAMA). *Inventario de emisiones de España. Emisiones de gases efecto invernadero. Serie 1990-2015. Informe Resumen. Marzo 2017*, [consulta 15/05/2017]. Disponible en:

http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España (MAPAMA). *Proyecciones de emisiones de gases a la atmósfera. Edición 2015-2050. Sumario de resultados. 2 de Marzo 2017*, [consulta 15/05/2017]. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/espana-2017-proyecciones-informeresumen-corregido-junio2017_tcm7-453272.pdf

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España (MAPAMA). *Diagnóstico y análisis estratégico del sector Agroalimentario Español. Análisis de la cadena de producción y distribución del sector del vino*, [consulta 20/06/2017]. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/>

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España (MAPAMA) e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Tendencias y Políticas de Eficiencia Energética en España*, [consulta 1/12/2017]. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/>

LENNOX. Enfriadoras, [consulta: 25/04/2016]. Disponible en: <https://www.lennoxemea.com/es/#>

Observatorio Español del Mercado del vino (OEMV). “Encuesta Industrial de productos del INE” (2016), [consulta 09/07/2017]. Disponible en: <http://www.oemv.es/esp/-oemv.php>

OSRAM. Iluminación LED, [consulta: 20/04/2016]. Disponible en: <https://www.osram.es/cb/>

PHILIPS. Iluminación LED, [consulta: 20/04/2016]. Disponible en: <https://www.philips.es/>

Plataforma Tecnológica del Vino. “Agenda Estratégica de Innovación 2012” [consulta 25/05/2017]. Disponible en: <http://www.ptvino.com/index.php/es/>

Red Eléctrica Española (REE). “Series estadísticas del sistema eléctrico español (julio 2017)”, [consulta 7/08/2017]. Disponible en <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales>

REGIN. Controladores (sistemas de control), [consulta 10/05/2016]. Disponible en: <http://www.regincontrols.com/es-ES/category-es-es/controllers/1553/>

SCHNEIDER. Analizadores de red, Batería de condensadores, Variadores de frecuencia y arrancadores, [consulta: 21/04/2016]. Disponible en: <https://www.schneider-electric.es>

TESLA project, Technical University of Madrid, 2014. *Current process description: Wineries*. European Commission, Intelligent energy Europe program, [consulta: 3/06/2014]. Disponible en: <http://teslaproject.chil.me/download-doc/63247>

TESLA project, Agro-food Cooperatives of Spain, 2015. *Transferring Energy Save Laid on Agroindustry*. European Commission, Intelligent Energy Europe Program, [consulta: 3/06/2014]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/tesla>

TESLA. *Final results oriented report of Tesla Project*, [consulta 15/05/2017]. Disponible en: <http://chil.es/event/4915>

TRANE. Enfriadoras, [consulta: 25/04/2016]. Disponible en: <http://www.trane.com/commercial/north-america/us/en.html>

United Nations Framework Convention on Climate Change, “Protocolo de Kyoto”, [consulta 20/05/2017]. Disponible en: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php

YORK – JOHNSON CONTROLS. Enfriadoras aire-agua / Bomba de calor, [consulta 09/02/2015]. Disponible en:

http://www.garciamayo.com/SP_YORK_CAT_LC_2012.pdf

WATERKOTTE. Aerotermia, [consulta: 09/05/2016]. Disponible en:

<http://waterkotte.com.es/>

MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL SECTOR VINÍCOLA

8. ANEJOS.

8.1. Anejo 1: Inventario de los equipos considerados en la bodega de referencia.

Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo	Potencia	Consumo	Potencia Total	Consumo Total	Porcentaje sobre total
			h	kW	kWh	kW	kWh	%
1	Recepción	Columna toma-muestras	413	0,28	113,55	62,40	25.764,50	7,67%
2	Recepción	Ordenadores lab. Toma muestras	413	0,04	16,52			
3	Recepción	Nevera	413	0,06	25,81			
4	Recepción	Centrifugadora	413	0,19	77,42			
5	Recepción	Analizador multifunción	413	0,63	258,06			
6	Recepción	Batidora	413	0,05	20,64			
7	Recepción	Báscula	413	0,00	0,00			
8	Recepción	Iluminación laboratorio	413	0,12	49,55			
9	Recepción	Iluminación zona recepción	413	0,13	51,61			
10	Recepción	Tolva recepción	413	1,88	774,17			
11	Recepción	Tolva recepción	413	0,61	252,90			
12	Recepción	Dosificadores SO2	413	2,25	929,01			
13	Recepción	Despalilladora	413	13,80	5.697,92			
14	Recepción	Cinta transporte	413	1,10	454,18			
15	Recepción	Cinta transporte	413	0,41	170,32			
16	Recepción	Ventiladores	413	0,28	114,58			
17	Recepción	Agitadores	413	0,75	309,67			
18	Recepción	Tolva de recepción	413	2,75	1.135,45			
19	Recepción	Dosificadores SO2	413	0,56	232,25			
20	Recepción	Despalilladora horizontal	413	5,50	2.270,91			
21	Recepción	Bomba monoblock	413	2,75	1.135,45			
22	Recepción	Cinta transportadora orujo	413	0,09	37,16			
23	Recepción	Despalilladora-estrujadora	413	1,38	567,73			
24	Recepción	Sinfin alimentación despalilladora	413	2,20	908,36			
25	Recepción	Tolva de bombeo	413	7,36	3.038,89			
26	Recepción	Estrujadora 4 cilindros caucho	413	4,00	1.651,57			
27	Recepción	Transportador de cadena	413	1,10	454,18			
28	Recepción	Prensas neumáticas	413	12,15	5.016,65			
29	Prensado	Compresor (campaña)	833	10,75	8.953,84	45,70	38.064,25	11,33%
30	Prensado	Prensa horizontal	833	5,15	4.289,52			
31	Prensado	Equipo de frío	833	29,80	24.820,89			
32	Fermentación	Equipo de frío	1.105	28,70	31.704,58	196,35	216.905,75	64,58%
33	Fermentación	Bombas equipo de frío	1.105	8,40	9.279,39			
34	Fermentación	Bomba remontado	1.105	10,50	11.599,24			
35	Fermentación	Bomba remontado	1.105	18,75	20.712,92			
36	Fermentación	Centrales hidráulicas autovaciantes	1.105	2,75	3.037,90			
37	Fermentación	Bomba remontado depósitos autovaciantes	1.105	14,25	15.741,82			
38	Fermentación	Motor hélice depósitos autovaciantes	1.105	36,00	39.768,82			
39	Fermentación	Equipo de frío	1.105	76,25	84.232,56			
40	Fermentación	Electrobomba de trasiego	1.105	0,75	828,52			
41	Trasiegos	Bomba mono-block	666	2,75	1.831,34	16,66	11.091,25	3,30%
42	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	3,13	2.081,07			
43	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	2,75	1.831,34			
44	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	4,78	3.183,20			
45	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	3,25	2.164,31			
46	Trasiegos	Carretilla	666	0,00	0,00			
47	Auxiliares	Electrobomba de limpieza	125	0,18	22,83	145,96	18.255,25	5,43%
48	Auxiliares	Ventiladores CO2	125	0,27	33,77			
49	Auxiliares	Compresor (fuera de campaña)	125	10,75	1.343,93			
50	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	29,81	3.728,16			
51	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	28,70	3.589,64			
52	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	76,25	9.536,93			
53	Clarificación	Centrifugadora clarificadora	481	34,50	16.609,94	34,78	16.744,75	4,99%
54	Clarificación	Iluminación (fluorescentes)	481	0,28	134,81			
55	Oficinas	Iluminación baños	1.630	0,10	163,00	5,56	9.063,00	2,70%
56	Oficinas	Climatización	1.630	4,25	6.927,65			
57	Oficinas	Ordenador plasma	1.630	0,12	195,60			
58	Oficinas	Impresoras	1.630	0,01	12,23			
59	Oficinas	Fotocopiadora-fax	1.630	0,00	4,08			
60	Oficinas	Bombona agua	1.630	0,03	44,83			
61	Oficinas	Iluminación juntas (fluorescentes)	1.630	0,24	391,21			
62	Oficinas	Bomba frío-calor juntas	1.630	0,75	1.222,53			
63	Oficinas	Nevera juntas	1.630	0,06	101,88			
TOTAL				507,4 kW	335.888,8 kWh	507,4 kW	335.888,8 kWh	100%

Fuente: Elaboración propia.

8.2. Anejo 2: Cálculo de las MAE.

8.2.1. MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.

Del inventario de equipos considerados se identifican:

Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo h	Potencia kW	Consumo kWh
32	Fermentación	Equipo de frío	1.105	28,70	31.704,58
39	Fermentación	Equipo de frío	1.105	76,25	84.232,56
TOTAL				105,0	115.937

Para la sustitución de las enfriadoras de fermentación por otras de mayor eficiencia, se considera como punto de partida que el equipo es similar al del fabricante DAIKIN modelo EWWD-G-SS 420.

Como equipo propuesto, se plantea también un modelo del fabricante DAIKIN, el EWWD 500-I-XS.

Para el cálculo de los ahorros, se ha considerado:

- Como datos de eficiencia actuales se estiman los del modelo de referencia pero considerando una pérdida de rendimiento para el equipo de frío del 25%
 - Equipo de referencia nuevo: COP 4,80 y EER 3,80
 - Equipo de referencia con 10 años de vida útil, considerando una pérdida de rendimiento del 25%: COP 3,07 y EER 2,93
- Como datos de eficiencia del equipo propuesto, se considera: COP 5,82 y EER 4,82

Siendo el EER el coeficiente de eficacia frigorífica, que representa la relación entre la energía útil producida (kWh térmicos) y la energía consumida (kWh eléctricos), se calcula la producción de frío del equipo de referencia.

$$\text{EER} = \text{Producción de Frío (kWh térmico)} / \text{Consumo eléctrico (kWh eléctrico)}$$

La producción de frío del equipo de referencia sería:

$$2,93 = \text{Producción de Frío} / 115.937,15 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Producción de Frío} = 339.985,68 \text{ kWh de frío/año}$$

Considerando que la producción de frío será la misma con el equipo propuesto, con el EER se calcula el consumo eléctrico que supondría el nuevo equipo:

$$4,82 = 339.985,68 \text{ kWh de frío/año} / \text{Consumo eléctrico (kWh/año)}$$

$$\text{Consumo eléctrico (kWh/año)} = 70.536,45 \text{ kWh/año}$$

Por lo tanto, el ahorro en consumo eléctrico por la sustitución de los equipos de frío de fermentación sería de:

$$115.937,15 \text{ kWh/año} - 70.536,45 \text{ kWh/año} = 45.400,70 \text{ kWh/año, lo que supone un 39\% de ahorro.}$$

Equipo considerado como existente: DAIKIN Producte Catalogue: Chillers and air side equipment. Página 90 DAIKIN EWWD-G-SS 420.

EWWD-G-SS

Water cooled screw chiller, standard efficiency, standard sound

- Stepless single-screw compressor
- 1-2 truly independent refrigerant circuits
- Standard electronic expansion valve
- CX shell and tube evaporator – one pass refrigerant side for easy oil circulation and return
- Partial and total heat recovery option available
- MicroTech II controller with superior control logic and easy interface

Heating only & Cooling only		EWWD-G-SS		170	210	260	300	320	380	420	460	500	600
Cooling capacity	Nom.	kW		165	200	252	275	332	370	401	446	492	554
Heating capacity	Nom.	kW		200	253	310	337	420	467	506	566	626	710
Power input	Cooling	Nom.	kW	43.8	52.6	67.4	73.3	87.5	96.4	105	119	134	157
	Heating	Nom.	kW	43.8	52.6	67.4	73.3	87.5	96.4	105	119	134	157
Capacity control	Multi-coil												
Minimum capacity		%			25.0				Stepless				
EER				3.77	3.80	3.74	3.50	3.80	3.84	3.80	3.74	3.66	3.53
EEER				4.50	4.54	4.46	4.23	4.75	4.80	4.76	4.67	4.59	4.44
COP				4.77	4.80	4.74	4.53	4.80	4.84	4.80	4.74	4.68	4.53
IPV				5.36	5.35	5.30	5.04	5.52		5.55		5.60	5.31
Space heating	Average climate water outlet 15°C	General	η _{seasonal} space heating efficiency	165	164	159							
			SCOP	4.20	4.17	4.18	4.06						
Dimensions	Unit	Height	mm		1,060					1,080			
		Width	mm		600					860			
		Depth	mm		3,435					4,305			
Weight	Unit		kg	1,303	1,410	1,500		2,007	2,007	2,102	2,217		2,762
	Operation weight		kg	1,470	1,480	1,650		2,040	2,050	2,060			2,070
Water heat exchanger - evaporator	Type							Single pass shell and tube					
	Water volume		l	60	58	123		118		113		173	168
	Water flow rate	Nom.	l/s	7.5	9.6	12.3	13.4	15.0	17.7	19.2	21.4	23.6	26.3
	Water pressure drop	Cooling	kPa	45	61	41	49	58	57	66		90	59
Water heat exchanger - condenser	Type							Single pass shell and tube					
	Water flow rate	Nom.	l/s	10.0	12.3	15.3	17.1	18.1	18.2	12.2	12.4	15.0	17.0
	Water flow rate 2	Nom.	l/s					18.1		12.2		14.8	15.0
	Water pressure drop	Cooling	kPa	38	38	60	73	37	38	39	41	57	70
Compressor	Type							Single screw compressor					
	Quantity				1						2		
	Sound power level	Cooling	Nom.		80						90		
	Sound pressure level	Cooling	Nom.		70						72		
Operation range	Evaporator	Cooling	Min-Max	-15									
	Condenser	Cooling	Min-Max	20-55									
Refrigerant	Type / GWP			R-134a / 1,430									
	Circuit	Quantity			1						2		
Refrigerant charge	Per circuit		kg/TCO/kg		80.0 / 85.0					55.0 / 78.7			
Piping connections	Evaporator water inlet/outlet (G)				80.0			114.3				126.7mm	
	Condenser water inlet/outlet (G)							5"					
Unit	Starting current	Max	A		288			380		387		420	438
	Running current	Cooling	Nom.	A	75	85	105	149	160	171	190	206	242
	Running current	Max	A	114	135	165	186	229	250	272	302	330	373
	Power supply	Phase/frequency/Voltage	Hz/V					3~50/400					

Equipo propuesto: DAIKIN Producte Catalogue: Chillers and air side equipment.

Página 97 DAIKIN EWWD 500-I-XS.

EWWD-I-XS

Water cooled screw chiller,
high efficiency,
standard sound

Heating only & Cooling only		EWWD-I-XS											
Cooling capacity		Nom.											
Heating capacity	Nom.	kW	360	431	504	570	717	791	863	929	971	1,035	1,130
Power input	Cooling	kW	425	520	608	697	865	985	1,040	1,122	1,180	1,253	1,380
	Heating	Nom.	kW	74.5	88.5	104	127	148	163	178	193	208	230
Capacity control	Method		Stepless										
	Minimum capacity	%	25.0										
EER			4.83	4.83	4.50	4.85	4.94	4.85	4.81	4.66	4.53	4.51	
ESRIR			4.81	4.74	4.70	4.80	5.52	5.68	5.41	5.53	5.31	5.46	5.10
COF			5.83	5.83	5.50	5.85	5.94	5.85	5.81	5.66	5.53	5.51	
IRV			5.72	5.63	5.57	5.47	6.45	6.86	6.33	6.61	6.19	6.35	5.97
Dimensions	Unit	Height	mm										
		Width	mm										
		Depth	mm										
			4,012										
Weight	Unit		kg										
	Operation weight		kg										
Water heat exchanger		Type	Single pass shell and tube										
- evaporator	Water volume		l										
	Water flow rate	Nom.	l/s										
	Water pressure drop	Cooling	kPa										
		Heating	kPa										
Water heat exchanger	Type		Single pass shell and tube										
	Water flow rate	Nom.	l/s										
	Water flow rate 2	Nom.	l/s										
	Water pressure drop	Cooling	kPa										
Compressor	Water pressure drop	Heating	kPa										
	Water pressure drop	Cooling	kPa										
	Water pressure drop	Heating	kPa										
	Water pressure drop	Cooling	kPa										
Compressor		Type	Single screw compressor										
Sound power level		Quantity	dB(A)										
Sound pressure level		Cooling	dB(A)										
Operation range		Evaporator	°C DB										
Refrigerant		Condenser	°C DB										
Refrigerant charge		Type / GWP	kg / GWP										
Piping connections		Orifice	mm										
Unit		Maximum starting current	A										
Power supply		Rated running current (RLA)	A										
		Maximum running current	A										
		Phase/Frequency/Voltage	V/Hz										

8.2.2. MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.

En primer lugar, se han identificado los equipos en los que se puede instalar un variador de frecuencia (VFD) agrupándolos por potencias de 1 kW a 70 kW.

Los VFD que se han tomado de referencia son del fabricante SCHNEIDER modelo Altivar 61 del rango de potencia entre 1,5 kW a 90 kW. Del catálogo del fabricante se han seleccionado VFD de un 20% superior al motor seleccionado.

Del análisis se propone como medida de mejora, la instalación de los VFD en los motores de las bombas centrífugas.

A modo de ejemplo, se muestra a continuación la ficha técnica del VFD de 1,5 kW.

Ficha de producto
Características

ATV61HU15N4S337

variador de velocidad ATV61 - 1,5 kW, 2 HP - 380-480 V - IP20 - reforzado

PVR*: 1004,4 EUR

Principal

Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	Altivar 61
Tipo de producto o componente	Variador de velocidad
Aplicación específica producto	Bombas y Ventilación
Nombre de componente	ATV61
Potencia del motor en kW	1.5 kW 3 fases en 380...480 V
Potencia del motor en CV	2 hp 3 fases en 380...480 V
[Un] tensión de alimentación nominal	380...480 V (-15...10 %)
Número de fases de la red	3 fases
Corriente de línea	5.8 Afor 380 V 3 fases 1.5 kW / 2 hp 5.3 Afor 480 V 3 fases 1.5 kW / 2 hp
Filtro CEM	Filtro nivel 3 CEM
Variante	Versión reforzada
Estilo de conjunto	Con disipación de calor
Potencia aparente	3.8 kVAfor 380 V 3 fases 1.5 kW / 2 hp
Isc de líneas priviledi máxima	5 kA 3 fases
Máxima corriente transitoria	4.9 Afor 60 s 3 fases
Frecuencia de conmutación nominal	12 kHz
Frecuencia de conmutación	12...18 kHz con factor de desclasificación de la capacidad 1...18 kHz regulable
Control de motor asínrono	Ley tensión/frecuencia, 2 puntos Ley tensión/frecuencia, 5 puntos Control vectorial de flujo sin sensor, estándar Ley tensión/frecuencia - ahorro de energía, U/f cuadrático
Perfil de control de motor asínrono	Control vectorial sin sensor, estándar
Protocolo puerto de comunicación	CANopen Modbus
Tipo de polarización	Sin impedancia para Modbus
Tarjeta opcional	Profibus DP V1 tarjeta de comunicación Profibus DP tarjeta de comunicación Tarjeta multibomba Modbus/Uni-Telway tarjeta de comunicación Modbus TCP tarjeta de comunicación Modbus Plus tarjeta de comunicación METASYS N2 tarjeta de comunicación LonWorks tarjeta de comunicación Interbus-S tarjeta de comunicación Tarjeta extensión I/S Fipo tarjeta de comunicación Ethernet/IP tarjeta de comunicación DeviceNet tarjeta de comunicación Tarjeta programable en el interior del controlador CC-Link tarjeta de comunicación BACnet tarjeta de comunicación APOEE FLN tarjeta de comunicación

La información contenida en este documento es confidencial y está sujeta a cambios sin previo aviso. No se permite la reproducción o el uso no autorizado de esta información sin el consentimiento escrito de Schneider Electric. El uso no autorizado de esta información puede dar lugar a acciones legales. © Schneider Electric 2018. Todos los derechos reservados.

23-ener-2018

Schneider
Electric

1

MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL SECTOR VINÍCOLA

Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo h	Potencia kW	Consumo kWh
1	Recepción	Columna toma-muestras	413	0,28	113,55
2	Recepción	Ordenadores lab. Toma muestras	413	0,04	16,52
3	Recepción	Nevera	413	0,06	25,81
4	Recepción	Centrifugadora	413	0,19	77,42
5	Recepción	Analizador multifunción	413	0,63	258,06
6	Recepción	Batidora	413	0,05	20,64
7	Recepción	Báscula	413	0,00	0,00
8	Recepción	Iluminación laboratorio	413	0,12	49,55
9	Recepción	Iluminación zona recepción	413	0,13	51,61
10	Recepción	Tolva recepción	413	1,88	774,17
11	Recepción	Tolva recepción	413	0,61	252,90
12	Recepción	Dosificadores SO2	413	2,25	929,01
13	Recepción	Despalladora	413	13,80	5.697,32
14	Recepción	Cinta transporte	413	1,10	454,18
15	Recepción	Cinta transporte	413	0,41	170,32
16	Recepción	Ventiladores	413	0,28	114,58
17	Recepción	Agitadores	413	0,75	309,67
18	Recepción	Tolva de recepción	413	2,75	1.135,45
19	Recepción	Dosificadores SO2	413	0,56	232,25
20	Recepción	Despalladora horizontal	413	5,50	2.270,91
21	Recepción	Bomba monoblock	413	2,75	1.135,45
22	Recepción	Cinta transportadora orujo	413	0,09	37,16
23	Recepción	Despalladora-estrugadora	413	1,38	567,73
24	Recepción	Sifón alimentación despalladora	413	2,20	908,36
25	Recepción	Tolva de bombeo	413	7,36	3.038,89
26	Recepción	Estrujadora 4 cilindros caucho	413	4,00	1.651,57
27	Recepción	Transportador de cadena	413	1,10	454,18
28	Recepción	Prensas neumáticas	413	12,15	5.016,65
29	Prensado	Compresor (campana)	833	10,75	8.953,84
30	Prensado	Prensa horizontal	833	5,15	4.289,52
31	Prensado	Equipo de frío	833	29,80	24.820,89
32	Fermentación	Equipo de frío	1105	28,70	31.704,58
33	Fermentación	Bombas equipo de frío	1105	8,40	9.279,39
34	Fermentación	Bomba remontado	1105	10,50	11.599,24
35	Fermentación	Bomba remontado	1105	18,75	20.712,92
36	Fermentación	Centrales hidráulicas autovaciantes	1105	2,75	3.037,90
37	Fermentación	Bomba remontado depósitos autovaciantes	1105	14,25	15.741,82
38	Fermentación	Motor hélice depósitos autovaciantes	1105	36,00	39.768,82
39	Fermentación	Equipo de frío	1105	76,25	84.232,56
40	Fermentación	Electrobomba de trasiego	1105	0,75	828,52
41	Trasiego	Bomba mono-bloco	666	2,75	1.831,34
42	Trasiego	Bombas de trasiego	666	3,13	2.081,07
43	Trasiego	Bombas de trasiego	666	2,75	1.831,34
44	Trasiego	Bombas de trasiego	666	4,78	3.183,20
45	Trasiego	Bombas de trasiego	666	3,25	2.164,31
46	Trasiego	Carretilla	666	0,00	0,00
47	Auxiliares	Electrobomba de limpieza	125	0,18	22,83
48	Auxiliares	Ventiladores CO2	125	0,27	33,77
49	Auxiliares	Compresor (fuera de campaña)	125	10,75	1.343,93
50	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	29,81	3.728,16
51	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	28,70	3.589,64
52	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	76,25	9.536,93
53	Clarificación	Centrifugadora clarificadora	481	34,50	16.699,94
54	Clarificación	Iluminación (fluorescentes)	481	0,28	134,81
55	Oficinas	Iluminación baños	1.630	0,10	163,00
56	Oficinas	Climatización	1.630	4,25	6.927,65
57	Oficinas	Ordenador plasma	1.630	0,12	195,60
58	Oficinas	Impresoras	1.630	0,01	12,23
59	Oficinas	Fotocopiadora-fax	1.630	0,00	4,08
60	Oficinas	Bombona agua	1.630	0,03	44,83
61	Oficinas	Iluminación juntas (fluorescentes)	1.630	0,24	391,21
62	Oficinas	Bomba frío-calor juntas	1.630	0,75	1.222,53
63	Oficinas	Nevera juntas	1.630	0,06	101,88

507,4 kW 335.888,8 kWh

Agrupaciones para asignar equipo catálogo Schneider

Nº equipos	kW < 1	kW > 1	kW > 5	kW > 10	kW > 15	kW > 20	kW > 30	kW > 70	Total
Consumo (kWh)	1.480,89	21.210,25	18.878,71	48.353,39	20.712,92	63.843,27	56.378,76	93.769,49	334.627,69
Ahorro (Tesis Doctoral)	39,29%	581,84	8.333,51	7.417,44	18.998,05	8.138,11	25.084,02	22.151,22	36.842,03
Consumo después de ahorro		899,05	12.876,75	11.461,26	29.355,35	12.574,82	38.759,25	34.227,55	56.927,46
Coste (€/kWh)	0,11	156,53	2.241,92	1.995,48	5.110,95	2.189,36	6.748,23	5.959,23	9.911,44
Ahorro	€	61,50	880,85	784,02	2.008,09	860,20	2.651,38	2.341,38	3.894,20
Costes después de ahorro	€	95,03	1.361,07	1.211,46	3.102,86	1.329,16	4.096,85	3.617,85	6.017,23
Inversión	€	6.242,40	21.373,94	9.599,64	17.859,24	3.997,64	18.274,92	12.792,44	17.816,78
Payback	años	101,5	24,3	12,2	8,9	4,6	6,9	5,5	4,6

Catálogo Schneider

Varidor de potencia 20% superior al motor seleccionado	1,5	5,5	11	15	22	30	45	90
Coste €/ud	1.040,40	1.526,71	2.399,91	2.976,54	3.997,64	4.568,73	6.396,22	8.908,39
Altivar_61_ATV6	Altivar_61_	Altivar_61_	Altivar_61_	Altivar_61_	Altivar_61_	Altivar_61_	Altivar_61_	Altivar_61_
1HU15N45337_1_5kW	ATV61HU55	ATV61HD11	ATV61HD15	ATV61HD22	ATV61HD30	ATV61HD45	ATV61HD45	ATV61HD45
	M3S337_5_5	N45337_11k	N45337_15k	N45337_22k	N45337_30k	N45337_45k	N45337_45k	N45337_45k
	kW	W	W	W	W	W	W	W

MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL SECTOR VINÍCOLA

						ACTUAL		PROPUESTA VDF							
Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo	Inversión	Ahorro	Ahorro	Payback		
			h	kW	kWh	kW	kWh	kW	kWh	€	kWh	€	Años		
1	Recepción	Columna toma-muestras	413	0,28	113,55										
2	Recepción	Ordenadores lab. Toma muestras	413	0,04	16,52										
3	Recepción	Nevera	413	0,06	25,81										
4	Recepción	Centrifugadora	413	0,19	77,42	0,19	77,42	0,11	47,00	1.040,40	30,42	3,22	323,60		
5	Recepción	Analizador multifunción	413	0,63	258,06										
6	Recepción	Batidora	413	0,05	20,64										
7	Recepción	Báscula	413	0,00	0,00										
8	Recepción	Iluminación laboratorio	413	0,12	49,55										
9	Recepción	Iluminación zona recepción	413	0,13	51,61										
10	Recepción	Tolva recepción	413	1,88	774,17	1,88	774,17	1,14	470,00	1.526,71	304,17	32,15	47,49		
11	Recepción	Tolva recepción	413	0,61	252,90	0,61	252,90	0,37	153,53	1.040,40	99,36	10,50	99,06		
12	Recepción	Dosificadores SO2	413	2,25	929,01										
13	Recepción	Despalladora	413	13,80	5.697,92	13,80	5.697,92	8,38	3.459,21	2.976,54	2.238,71	236,63	12,58		
14	Recepción	Cinta transporte	413	1,10	454,18	1,10	454,18	0,67	275,73	1.526,71	178,45	18,86	80,94		
15	Recepción	Cinta transporte	413	0,41	170,32	0,41	170,32	0,25	103,40	1.040,40	66,92	7,07	147,09		
16	Recepción	Ventiladores	413	0,28	114,58	0,28	114,58	0,17	69,56	1.040,40	45,02	4,76	218,65		
17	Recepción	Agitadores	413	0,75	309,67										
18	Recepción	Tolva de recepción	413	2,75	1.135,45	2,75	1.135,45	1,67	689,33	1.526,71	446,12	47,15	32,38		
19	Recepción	Dosificadores SO2	413	0,56	232,25										
20	Recepción	Despalladora horizontal	413	5,50	2.270,91	5,50	2.270,91	3,34	1.378,67	2.399,91	892,24	94,31	25,45		
21	Recepción	Bomba monoblock	413	2,75	1.135,45	2,75	1.135,45	1,67	689,33	1.526,71	446,12	47,15	32,38		
22	Recepción	Cinta transportadora orujo	413	0,09	37,16	0,09	37,16	0,05	22,56	1.040,40	14,60	1,54	674,16		
23	Recepción	Despalladora-estrujadora	413	1,38	567,73	1,38	567,73	0,83	344,67	1.526,71	223,06	23,58	64,75		
24	Recepción	Sifón alimentación despalladora	413	2,20	908,36	2,20	908,36	1,34	551,47	1.526,71	356,90	37,72	40,47		
25	Recepción	Tolva de bombeo	413	7,36	3.038,89	7,36	3.038,89	4,47	1.844,91	2.399,91	1.193,98	126,20	19,02		
26	Recepción	Estrujadora 4 cilindros caucho	413	4,00	1.651,57	4,00	1.651,57	2,43	1.002,67	1.526,71	648,90	68,59	22,26		
27	Recepción	Transportador de cadena	413	1,10	454,18	1,10	454,18	0,67	275,73	1.526,71	178,45	18,86	80,94		
28	Recepción	Prensas neumáticas	413	12,15	5.016,65	12,15	5.016,65	7,38	3.045,61	2.976,54	1.971,04	208,34	14,29		
29	Prensado	Compresor (campana)	833	10,75	8.953,84	10,75	8.953,84	6,53	5.435,88	2.976,54	3.517,97	371,85	8,00		
30	Prensado	Prensa horizontal	833	5,15	4.289,52	5,15	4.289,52	3,13	2.604,17	2.399,91	1.685,35	178,14	13,47		
31	Prensado	Equipo de frío	833	29,80	24.820,89	29,80	24.820,89	18,09	15.068,76	4.568,73	9.752,13	1.030,80	4,43		
32	Fermentación	Equipo de frío	1105	28,70	31.704,58	28,70	31.704,58	17,42	19.247,85	4.568,73	12.456,73	1.316,68	3,47		
33	Fermentación	Bombas equipo de frío	1105	8,40	9.279,39	8,40	9.279,39	5,10	5.633,52	2.399,91	3.645,87	385,37	6,23		
34	Fermentación	Bomba remontado	1105	10,50	11.599,24	10,50	11.599,24	6,37	7.041,90	2.976,54	4.557,34	481,71	6,18		
35	Fermentación	Bomba remontado	1105	18,75	20.712,92	18,75	20.712,92	11,38	12.574,82	3.997,64	8.138,11	860,20	4,65		
36	Fermentación	Centrales hidráulicas autovaciantes	1105	2,75	3.037,90	2,75	3.037,90	1,67	1.844,31	1.526,71	1.193,59	126,16	12,10		
37	Fermentación	Bomba remontado depósitos autovaciantes	1105	14,25	15.741,82	14,25	15.741,82	8,65	9.556,86	2.976,54	6.184,96	653,75	4,55		
38	Fermentación	Motor hélice depósitos autovaciantes	1105	36,00	39.768,82	36,00	39.768,82	21,86	24.143,65	6.396,22	15.625,17	1.651,58	3,87		
39	Fermentación	Equipo de frío	1105	76,25	84.232,56	76,25	84.232,56	46,29	51.137,59	8.908,39	33.094,97	3.498,14	2,55		
40	Fermentación	Electrobomba de trasiego	1105	0,75	828,52	0,75	828,52	0,46	502,99	1.040,40	325,52	34,41	30,24		
41	Trasiegos	Bomba mono-block	666	2,75	1.831,34	2,75	1.831,34	1,67	1.111,81	1.526,71	719,53	76,05	20,07		
42	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	3,13	2.081,07	3,13	2.081,07	1,90	1.263,42	1.526,71	817,65	86,43	17,67		
43	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	2,75	1.831,34	2,75	1.831,34	1,67	1.111,81	1.526,71	719,53	76,05	20,07		
44	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	4,78	3.183,20	4,78	3.183,20	2,90	1.932,52	1.526,71	1.250,68	132,20	11,55		
45	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	3,25	2.164,31	3,25	2.164,31	1,97	1.313,95	1.526,71	850,36	89,88	16,99		
46	Trasiegos	Carretilla	666	0,00	0,00										
47	Auxiliares	Electrobomba de limpieza	125	0,18	22,83										
48	Auxiliares	Ventiladores CO2	125	0,27	33,77										
49	Auxiliares	Compresor (fuera de campaña)	125	10,75	1.343,93	10,75	1.343,93	6,52	815,90	2.976,54	528,03	55,81	53,33		
50	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	29,81	3.728,16	29,81	3.728,16	18,10	2.263,36	4.568,73	1.464,79	154,83	29,51		
51	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	28,70	3.589,64	28,70	3.589,64	17,42	2.179,27	4.568,73	1.410,37	149,08	30,65		
52	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	76,25	9.536,93	76,25	9.536,93	46,29	5.789,87	8.908,39	3.747,06	396,06	22,49		
53	Clarificación	Centrifugadora clarificadora	481	34,50	16.609,94	34,50	16.609,94	20,94	10.083,90	6.396,22	6.526,05	689,80	9,27		
54	Clarificación	Iluminación (fluorescentes)	481	0,28	134,81										
55	Oficinas	Iluminación baños	1.630	0,10	163,00										
56	Oficinas	Climatización	1.630	4,25	6.927,65										
57	Oficinas	Ordenador plasma	1.630	0,12	195,60										
58	Oficinas	Impresoras	1.630	0,01	12,23										
59	Oficinas	Fotocopiadora-fax	1.630	0,00	4,08										
60	Oficinas	Bombona agua	1.630	0,03	44,83										
61	Oficinas	Iluminación juntas (fluorescentes)	1.630	0,24	391,21										
62	Oficinas	Bomba frío-calor juntas	1.630	0,75	1.222,53										
63	Oficinas	Nevera juntas	1.630	0,06	101,88										
						507,4 kW	335.888,8 kWh	496,25 kW	324.627,69 € Consumo kWh	301,27 € kW	197.081,47 € Consumo kWh	107.957,00 € Inversión €	127.546,22 € Ahorro kWh	13.481,64 € Ahorro €	8,01 € Payback Años
									Dif. (%)		-39%				

MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL SECTOR VINÍCOLA

Existente	VDF	Equipos	Uds	Inversión	Ahorros				Vida útil	Payback	Orden de sustitución			
					kW	kWh/año	€/año	t CO2/año				%	Años	
													Años	Años
Equipos agrupados por potencias														
< 1	1,50	6		6.242,40	581,84	61,50	0,15	39%	10	101,50	8			
1 > X < 5	5,50	14		21.373,94	8.333,51	880,85	2,20	39%	10	24,27	7			
5 > X < 10	11,00	4		9.599,64	7.417,44	784,02	1,96	39%	10	12,24	6			
10 > X < 15	15,00	6		17.859,24	18.998,05	2.008,09	5,02	39%	10	8,89	5			
15 > X < 20	22,00	1		3.997,64	8.138,11	860,20	2,15	39%	10	4,65	2			
20 > X < 30	30,00	4		18.274,92	25.084,02	2.651,38	6,62	39%	10	6,89	4			
30 > X < 70	45,00	2		12.792,44	22.151,22	2.341,38	5,85	39%	10	5,46	3			
X > 70	90,00	2		17.816,78	36.842,03	3.894,20	9,73	39%	10	4,58	1			
Total instalación de variadores de frecuencia				220,00	39	107.957,00	127.546,22	13.481,64	33,67	39%	10	8,01		

Instalación de Variador de Frecuencia												
Por proceso y Equipo												
Horas	ACTUAL		PROPUESTA VDF		Inversión	Ahorros				Vida útil	Payback	Orden de sustitución
	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo		kWh/año	€/año	t CO2/año	%			
h	kW	kWh	kW	kWh	€	kWh/año	€/año	t CO2/año	%	Años	Años	
Recepción Centrifugadora	413	0,19	77,42	0,11	47,00	1.040,40	30,42	3,22	0,01	39%	10	323,6
Recepción Tola recepción	413	1,88	774,17	1,14	470,00	1.526,71	304,17	32,15	0,08	39%	10	47,5
Recepción Tola recepción	413	0,61	252,90	0,37	153,53	1.040,40	99,36	10,50	0,03	39%	10	99,1
Recepción Despalladora	413	13,80	5.697,92	8,38	3.459,21	2.976,54	2.238,71	236,63	0,59	39%	10	12,6
Recepción Cinta transporte	413	1,10	454,18	0,67	275,73	1.526,71	178,45	18,86	0,05	39%	10	80,9
Recepción Cinta transporte	413	0,41	170,32	0,25	103,40	1.040,40	66,92	7,07	0,02	39%	10	147,1
Recepción Ventiladores	413	0,28	114,58	0,17	69,56	1.040,40	45,02	4,76	0,01	39%	10	218,6
Recepción Tola de recepción	413	2,75	1.135,45	1,67	689,33	1.526,71	446,12	47,15	0,12	39%	10	32,4
Recepción Despalladora horizontal	413	5,50	2.270,91	3,34	1.378,67	2.399,91	892,24	94,31	0,24	39%	10	25,4
Recepción Bomba monoblock	413	2,75	1.135,45	1,67	689,33	1.526,71	446,12	47,15	0,12	39%	10	32,4
Recepción Cinta transportadora orujo	413	0,09	37,16	0,05	22,56	1.040,40	14,60	1,54	0,00	39%	10	674,2
Recepción Despalladora-estrujadora	413	1,38	567,73	0,83	344,67	1.526,71	223,06	23,58	0,06	39%	10	64,8
Recepción Sifón alimentación despalladora	413	2,20	908,36	1,34	551,47	1.526,71	356,90	37,72	0,09	39%	10	40,5
Recepción Tola de bombeo	413	7,36	3.038,89	4,47	1.844,91	2.399,91	1.193,98	126,20	0,32	39%	10	19,0
Recepción Estrujadora 4 cilindros caucho	413	4,00	1.651,57	2,43	1.002,67	1.526,71	648,90	68,59	0,17	39%	10	22,3
Recepción Transportador de cadena	413	1,10	454,18	0,67	275,73	1.526,71	178,45	18,86	0,05	39%	10	80,9
Recepción Presas neumáticas	413	12,15	5.016,65	7,38	3.045,61	2.976,54	1.971,04	208,34	0,52	39%	10	14,3
Prensado Compresor (campana)	833	10,75	8.953,84	6,53	5.435,88	2.976,54	3.517,97	371,85	0,93	39%	10	8,0
Prensado Prensas horizontal	833	5,15	4.289,52	3,13	2.604,17	2.399,91	1.685,35	178,14	0,44	39%	10	13,5
Prensado Equipo de frío	833	29,80	24.820,89	18,09	15.068,76	4.568,73	9.752,13	1.030,80	2,57	39%	10	4,4
Fermentación Equipo de frío	1105	28,70	31.704,58	17,42	19.247,85	4.568,73	12.456,73	1.316,68	3,29	39%	10	3,3
Fermentación Bombas equipo de frío	1105	8,40	9.279,39	5,10	5.633,52	2.399,91	3.645,87	385,37	0,96	39%	10	6,2
Fermentación Bomba remontado	1105	10,50	11.599,24	6,37	7.041,90	2.976,54	4.557,34	481,71	1,20	39%	10	6,2
Fermentación Bomba de trasiego	1105	18,75	20.712,92	11,38	12.574,82	3.997,64	8.138,11	860,20	2,15	39%	10	4,6
Fermentación Centrales hidráulicas autovaciante	1105	2,75	3.037,90	1,67	1.844,31	1.526,71	1.193,59	126,16	0,32	39%	10	12,1
Fermentación Bomba remontado depósitos autovac	1105	14,25	15.741,82	8,65	9.556,86	2.976,54	6.184,96	653,75	1,63	39%	10	4,6
Fermentación Motor hélice depósitos autovaciante	1105	36,00	39.768,82	21,86	24.143,65	6.396,22	15.625,17	1.651,58	4,13	39%	10	3,9
Fermentación Equipo de frío	1105	76,25	84.232,56	46,29	51.137,59	8.908,39	33.094,97	3.498,14	8,74	39%	10	2,5
Fermentación Electrobomba de trasiego	1105	0,75	828,52	0,46	502,99	1.040,40	325,52	34,41	0,09	39%	10	30,2
Trasiegos Bomba mono-block	666	2,75	1.831,34	1,67	1.111,81	1.526,71	719,53	76,05	0,19	39%	10	20,1
Trasiegos Bombas de trasiego	666	3,13	2.081,07	1,90	1.263,42	1.526,71	817,65	86,43	0,22	39%	10	17,7
Trasiegos Bombas de trasiego	666	2,75	1.831,34	1,67	1.111,81	1.526,71	719,53	76,05	0,19	39%	10	20,1
Trasiegos Bombas de trasiego	666	4,78	3.183,20	2,90	1.932,52	1.526,71	1.250,68	132,20	0,33	39%	10	11,5
Trasiegos Bombas de trasiego	666	3,25	2.164,31	1,97	1.313,95	1.526,71	850,36	89,88	0,22	39%	10	17,7
Auxiliares Compresor (fuera de campana)	125	10,75	1.343,93	6,52	815,90	2.976,54	528,03	55,81	0,14	39%	10	53,3
Auxiliares Equipo de frío (fuera de campana)	125	29,81	3.728,16	18,10	2.263,36	4.568,73	1.464,79	154,83	0,39	39%	10	29,5
Auxiliares Equipo de frío (fuera de campana)	125	28,70	3.589,64	17,42	2.179,27	4.568,73	1.410,37	149,08	0,37	39%	10	30,6
Auxiliares Equipo de frío (fuera de campana)	125	76,25	9.536,93	46,29	5.789,67	8.908,39	3.747,06	396,06	0,99	39%	10	22,5
Clarificación Centrifugadora clarificadora	481	34,50	16.609,94	20,94	10.083,90	6.396,22	6.526,05	689,80	1,72	39%	10	9,3
Totales												
	496,25	324.628	301,27	197,081	107.957,00	127.546,22	13.481,64	33,67	39%	10	8,01	

Instalación de Variador de Frecuencia												
Por proceso												
Horas	ACTUAL		PROPUESTA VDF		Inversión	Ahorros				Vida útil	Payback	Orden de sustitución
	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo		kWh/año	€/año	t CO2/año	%			
h	kW	kWh	kW	kWh	€	kWh/año	€/año	t CO2/año	%	Años	Años	
Recepción	413	57,54	23.757,84	34,93	14.423,39	28.168,58	9.334,46	986,65	2,46	39%	10	28,5
Prensado	833	45,70	38.064,25	27,74	23.108,81	9.945,18	14.955,44	1.580,79	3,95	39%	10	6,3
Fermentación	1105	196,35	216.905,75	119,20	131.683,48	34.791,08	85.222,27	9.007,99	22,50	39%	10	3,9
Trasiegos	666	16,66	11.091,25	10,11	6.733,50	7.633,55	4.357,75	460,61	1,15	39%	10	16,6
Auxiliares	125	145,50	18.198,65	88,33	11.048,40	21.022,39	7.150,25	755,78	1,89	39%	10	27,8
Clarificación	481	34,50	16.609,94	20,94	10.083,90	6.396,22	6.526,05	689,80	1,72	39%	10	9,3
Totales												
	496,25	324.627,69	301,27	197.081,47	107.957,00	127.546,22	13.481,64	33,67	39%	10	8,01	

Instalación de Variador de Frecuencia												
Por equipos												
Horas	ACTUAL		PROPUESTA VDF		Inversión	Ahorros				Vida útil	Payback	Orden de sustitución
	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo		kWh/año	€/año	t CO2/año	%			
h	kW	kWh	kW	kWh	€	kWh/año	€/año	t CO2/año	%	Años	Años	
Centrifugadora	447,17	34,69	16.687,36	21,06	10.130,90	7.436,62	6.556,46	693,02	1,73	39%	10	10,7
Tolas	412,89	12,60	5.201,41	7,65	3.157,78	6.493,73	2.043,64	216,01	0,54	39%	10	30,1
Despalladora	412,89	22,58	9.444,92	13,89	5.734,01	8.429,87	3.710,91	392,24	0,98	39%	10	21,5
Estrujadora	412,89	4,00	1.651,57	2,43	1.002,67	1.526,71	648,90	68,59	0,17	39%	10	22,3
Cinta de transporte	412,89	2,70	1.115,84	1,64	677,43	5.134,22	438,41	46,34	0,12	39%	10	110,8
Prensa	622,90	17,30	9.306,16	10,50	5.649,77	5.376,45	3.656,39	386,48	0,97	39%	10	13,9
Ventiladores	412,89	0,28	114,58	0,17	69,56	1.040,40	45,02	4,76	0,01	39%	10	218,6
Bombas	864,23	74,81	73.428,49	45,41	44.577,22	24.078,00	28.849,27	3.049,37	7,62	39%	10	7,9
Compresor (prensado)	657,56	57,50	50.066,59	34,91	30.395,42	12.349,30	19.671,16	2.079,24	5,19	39%	10	5,9
Equipo Frío	569,59	269,51	157.612,76	163,62	95.686,71	36.091,70	61.926,05	6.545,59	16,35	39%	10	5,9
Totales												
	496,25	324.627,69	301,27	197.081,47	107.957,00	127.546,22	13.481,64	33,67	39%	10	8,01	

8.2.3. MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.

Para la propuesta de sustitución de los motores eléctricos, se ha considerado como valor de eficiencia energética el equivalente por potencia al de los motores del fabricante ABB IE1 Eficiencia Estándar.

Eficiencia Energética Motores de Inducción ABB

Potencia	IE1 Eficiencia estándar			IE2 Alta eficiencia			IE3 Eficiencia Premium			IE4 Eficiencia Super Premium		
[KW]	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	72,1	70	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9	84,9	85,6	83,1
1,1	75	75	72,9	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81	86,7	87,4	84,1
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5	87,5	88,1	86,2
2,2	79,7	79,7	77,7	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3	89,1	89,7	87,1
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6	89,7	90,3	88,7
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8	90,3	90,9	89,5
5,5	84,7	84,7	83,1	87	87,7	86	89,2	89,6	88	91,5	92,1	90,2
7,5	86	86	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1	92,1	92,6	91,5
11	87,6	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3	93	93,6	92,5
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2	93,4	94	93,1
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7	93,8	94,3	93,5
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93	92,2	94,2	94,7	93,9
30	90,7	90,7	90,2	92	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9	94,5	95	94,3
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3	94,8	95,3	94,6
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94	94,2	93,7	95,1	95,6	94,9
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	94,3	94,6	94,1	95,4	95,8	95,2
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94	93,7	94,7	95	94,6	95,6	96	95,4
90	93	93	92,9	94,1	94,2	94	95	95,2	94,9	95,8	96,2	95,6
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1	96	96,4	95,6
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4	96	96,5	95,8
160	93,7	93,8	93,8	94,8	94,9	94,8	95,6	95,8	95,6	96,2	96,5	96
200	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,3	96,6	96,1
250	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,4	96,7	96,1
315	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,5	96,8	96,1
355	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,6	96,8	96,1
375	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,6	96,8	96,1

© ABB Group
June 25, 2013 | Slide 10

General Performance Motors (M2's):

- M2QA IE1 / 0,25 a 315[KW]/ frame 71 a 355[mm]
- M2BA IE2 / 0,25 a 355[KW]/ frame 71 a 355[mm]

Process Performance Motors (M3's):

- M3BP IE2 / 0,25 a 1000[KW]/ frame 71 a 450[mm]
- M3BP IE3 / 11 a 355[KW]/ frame 160 a 355[mm]
- M3BP IE4 / 75 a 375[KW]/ frame 280 a 355[mm]

A continuación se ha seleccionado el motor equivalente IE4 de Eficiencia Súper Premium.

Equipo propuesto: ABB Catalog April 2016 Low Voltage IE4 Synchronous reluctance motors. Página 14.

Technical data IE4 synchronous reluctance motors, 3000 and 1500 r/min

This table presents technical performance data for the currently available IE4 motor and drive packages. Variant codes and construction details are based on the M3BP Process performance motors.

			Speed n _s r/min	Motor Efficiency with VSD η _v %	Current I _L A	Torque T _e Nm	Torque T _u /T _e Nm	Max. speed n _{max} r/min	Inertia J kgm ²	Weight m kg	Suggested ACS800 SynRM package frequency converter for light duty (r/o overload)	Package efficiency IE4 SynRM & ACS800 T _e = 100%, n _e = 100%	Typical package efficiency IE4 IM & ACS800 T _e = 100%, n _e = 100%
Output kW	Motor type	Product code	400 V network										
3000 r/min (50 Hz)													
5.5	M3AL 132SMA 4	3GAL132217-**-C	3000	90.9	12.8	17.5	1.5	4200	0.0176	41	ACS800-01-14A3-3	90.0 %	84.5 %
7.5	M3AL 132SMB 4	3GAL132227-**-C	3000	91.7	16.9	23.9	1.5	4200	0.0176	41	ACS800-01-17A7-3	90.1 %	85.5 %
11	M3AL 132SMC 4	3GAL132237-**-C	3000	92.5	25	35.0	1.5	4200	0.0211	47	ACS800-01-25A5-3	89.9 %	86.7 %
15	M3AL 132SMD 4	3GAL132247-**-C	3000	93.3	33.5	47.7	1.5	4200	0.0211	47	ACS800-01-33A5-3	90.0 %	87.5 %
11	M3BL 150MLA 4	3GBL150417-**-C	3000	92.5	25	35	1.5	4200	0.0379	133	ACS800-01-25A5-3	90.1 %	86.7 %
15	M3BL 150MLB 4	3GBL150427-**-C	3000	93.3	34.8	48	1.5	4200	0.0379	133	ACS800-01-33A5-3	90.3 %	87.5 %
18.5	M3BL 150MLC 4	3GBL150437-**-C	3000	93.7	42.8	59	1.5	4200	0.0379	133	ACS800-01-34A5-3	91.5 %	88.1 %
22	M3BL 180MLA 4	3GBL180417-**-C	3000	94	50	70	1.5	4200	0.0702	180	ACS800-01-35A5-3	91.8 %	88.5 %
30	M3BL 200MLA 4	3GBL200417-**-C	3000	94.5	68.8	95	1.5	4200	0.207	259	ACS800-01-35A5-3	91.8 %	88.5 %
37	M3BL 200MLB 4	3GBL200427-**-C	3000	94.8	84.6	118	1.5	4200	0.207	259	ACS800-01-35A5-3	92.4 %	89.2 %
45	M3BL 225SMA 4	3GBL222217-**-C	3000	95	100	140	1.5	4200	0.342	382	ACS800-01-103A-3	92.8 %	90.0 %
55	M3BL 225SMF 4	3GBL222267-**-C	3000	95.3	122	175	1.5	4200	0.242	282	ACS800-01-123A-3	92.9 %	89.9 %
1500 r/min (50 Hz)													
400 V network													
5.5	M3AL 132 SMA 4	3GAL 132 213-**-C	1500	91.9	12.1	35.0	1.5	2100	0.0301	63	ACS800-01-14A3-3	79.9 %	78.9 %
7.5	M3AL 132 SMB 4	3GAL 132 223-**-C	1500	92.6	16.2	47.7	1.5	2100	0.0301	63	ACS800-01-17A7-3	81.7 %	79.4 %
11	M3AL 132 SMC 4	3GAL 132 233-**-C	1500	93.3	24.0	70.0	1.5	2100	0.0336	69	ACS800-01-25A5-3	83.1 %	80.4 %
11	M3BL 180MLA 4	3GBL180413-**-C	1500	93.3 %	34.8	70.0	1.5	2100	0.0702	180	ACS800-01-35A5-3	90.9 %	87.1 %
15	M3BL 180MLB 4	3GBL180423-**-C	1500	93.9 %	33.7	95.0	1.5	2100	0.0864	177	ACS800-01-33A5-3	91.5 %	87.9 %
18.5	M3BL 180MLC 4	3GBL180433-**-C	1500	94.2 %	42.0	118	1.5	2100	0.0864	177	ACS800-01-34A5-3	92.2 %	88.4 %
22	M3BL 200MLF 4	3GBL200463-**-C	1500	94.9 %	66.7	191	1.5	2100	0.287	304	ACS800-01-095A-3	92.8 %	89.4 %
30	M3BL 200MLA 4	3GBL200413-**-C	1500	95.89%	66.7	191	1.5	2100	0.287	304	ACS800-01-095A-3	92.8 %	89.4 %
37	M3BL 250SMF 4	3GBL252263-**-C	1500	95.4 %	99.5	286	1.5	2100	0.575	428	ACS800-01-103A-3	93.2 %	90.2 %
45	M3BL 250SMC 4	3GBL252273-**-C	1500	95.7 %	121	350	1.5	2100	0.633	454	ACS800-01-103A-3	93.4 %	90.1 %
55	M3BL 250SMA 4	3GBL252213-**-C	1500	95.2 %	120	336	1.5	2100	0.575	428	ACS800-01-095A-3	93.1 %	89.8 %
75	M3BL 280SMA 4	3GBL282213-**-C	1500	95.0 %	173	478	2.0	2100	1.00	639	ACS800-01-173A-3	93.7 %	90.6 %
90	M3BL 280SMB 4	3GBL282223-**-C	1500	95.1 %	202	573	2.1	2100	1.00	639	ACS800-01-202A-3	93.9 %	90.8 %
110	M3BL 280SMC 4	3GBL282233-**-C	1500	95.3 %	245	699	2.1	2100	1.21	697	ACS800-01-245A-3	94.2 %	91.1 %
110	M3BL 315SMA 4	3GBL312213-**-C	1500	95.3 %	244	702	2.0	1800	1.64	873	ACS800-01-245A-3	94.2 %	91.1 %
132	M3BL 315SMB 4	3GBL312223-**-C	1500	95.4 %	290	842	2.0	1800	1.87	925	ACS800-01-290A-3	94.2 %	91.3 %
160	M3BL 315SMC 4	3GBL312233-**-C	1500	95.6 %	343	1018	1.9	1800	2.04	965	ACS800-01-343A-3	94.5 %	91.5 %
200	M3BL 315MLA 4	3GBL312415-**-C	1500	95.7 %	427	1272	1.9	1800	2.45	1118	ACS800-01-427A-3	94.8 %	91.7 %
250	M3BL 315SLA 4	3GBL312515-**-C	1500	95.7 %	542	1591	2.0	1800	3.04	1357	ACS800-01-550A-3	94.6 %	91.8 %
315	M3BL 315LHC 4	3GBL312533-**-C	1500	95.7 %	650	2006	1.8	1800	3.77	1533	ACS800-01-650A-3	94.3 %	92.0 %

* ACS800-04 drive module, protection IP 21.

** Consult ABB for motor and drive dimensioning for applications with other load characteristics.

MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL SECTOR VINÍCOLA

Finalmente, se ha realizado el cálculo de los ahorros generados por dicha sustitución de motores, de IE1 a IE4.

Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo	ACTUAL								PROPUESTA								Ahorros		Payback
			Potencia	Consumo	ESTÁNDAR				SIN VDF		CON VDF										
			h	kW	kWh	IE1 ABB (4)	kW	kWh	IE4 ABB (4)	kW	kWh	€	kW	kWh	€	kW	kWh	€			
Fermentación	Equipo de frío	1.105	88,65	97.930,71	0,86	99,33	109.728,44	0,93	0,94	93,96	88,65	103.793,76	14.977,43	0,1	5.934,7	627,3	23,9				

8.2.4. MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.

Las luminarias consideradas de referencia y la propuesta de tecnología LED que se ha estimado para el cálculo de los ahorros son:

Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo h	Potencia kW	Consumo kWh/año	Uds	ACTUAL			PROPUESTA LED				
							Equipos	kW	W/ud	kWh/año	Equipos	kW	W/ud	kWh/año
8	Recepción	Iluminación laboratorio	413	0,12	49,55	3	Tubo fluorescente 1200mm 36W 4000°K	0,12	40	49,55	Tubo LED 1200mm 4000°K	0,06	19,5	24,15
9	Recepción	Iluminación zona recepción	413	0,13	51,61	2	PLC 2x18W 4000°K	0,13	63	51,61	Downlight LED 15W 60°	0,03	15	12,39
54	Clarificación	Iluminación (fluorescentes)	481	0,28	134,81	3	Halogenuro Metálico 70W 4000°K	0,28	93	134,81	Campanas BW36	0,12	40	57,77
55	Oficinas	Iluminación baños	1.630	0,10	163,00	2	PLC 2x26W 4000°K	0,10	50	163,00	Downlight LED 21W 110°	0,04	21	68,46
61	Oficinas	Iluminación juntas (fluorescentes)	1.630	0,24	391,21	4	Pantallas fluorescentes 4x18W 4000°K	0,24	60	391,21	Panel LED ENERLUM PBL1-40 PANEL 60X60CM 40/	0,17	42	273,85
TOTAL				0,87	790,2	14		0,87	306	790,2		0,42	138	436,6
												Ahorro	52%	45%

		ACTUAL			PROPUESTA LED										
		Horas	Equipos	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo	Inversión	Ahorros				Vida útil	Payback	
		h	Uds	W/ud	kWh/año	W/ud	kWh/año	€	kWh/año	€/año	t CO2/año	%	Años	Años	Orden de sustitución
		50.000 horas													
Sustitución Iluminación															
Recepción	Iluminación laboratorio	413	3	40	49,5	19,5	24,2	66,0	25,4	14,71	0,01	51%	121,10	4,48	2
Recepción	Iluminación zona recepción	413	2	63	51,6	15	12,4	50,9	39,2	12,17	0,01	76%	121,10	4,18	1
Clarificación	Iluminación (fluorescentes)	481	3	93	134,8	40	57,8	421,3	77,0	16,28	0,02	57%	103,85	25,87	5
Oficinas	Iluminación baños	1630	2	50	163,0	21	68,5	70,9	94,5	14,00	0,02	58%	30,67	5,06	4
Oficinas	Iluminación juntas (fluorescentes)	1630	4	60	391,2	42	273,8	166,4	117,4	36,47	0,03	30%	30,67	4,56	3
Total sustitución Iluminación		14	306	790,2	137,5	436,6	775,4	353,6	93,63	0,1	45%	81,48	6,28		

A continuación, se muestra las fichas técnicas de las luminarias de tecnología LED consideradas del fabricante ENERLUM.

Productos Enerlum Consumer

PANTALLA ESTANCA TUBO

Artículo *ENERLUM PTE-121 P.ESTANCA 120CM + 1TUBO 15VVL

Cód.Art. 13235112060

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Driver

GRUPO	120cm
BASE	Conector
LED	LEXSTAR
ÁNGULO (°)	150+Orient.
W LED	16
W TOTAL	19.5
DIMENS (mm)	1274x100x110
TENSIÓN (V)	230
TEMP COLOR °K	4000
LUMENS	2033
CRI	80
Consumo	0,95
Modulo	☐
Flujo (lm)	50000
Garantía	5 años

Disponibilidad: **EX**

EX: stock
 MP: 20-30 días
 BP: 60-90 días bajo pedido
 (consultar pedido mínimo)
 PR: Próximamente

Unid. Estoque: 1
 Mod. Embalaje:

Descripción

Pantalla estanca compuesta por 1 tubo led Enerlum de altas prestaciones.

La pantalla estanca dispone de un grado de estanqueidad IP68 y un difusor de policarbonato de alta resistencia que evita los roturas de este cuando se somete a cambios de temperatura o impactos de cualquier tipo.

Endose correspondiente según RD 238/2005 no incluido en tarifa

P. I. Llanche C/ Málaga, 10. C.P. 13.005, Ciudad Real Tlf: +34 902 110 678 Fax: +34 926 210 336 Mail: info@enerlum.com

www.enerlum.com

Introducido 22 de junio de 2019 Página 15 de 24

Productos Enerlum Coanoma

12,78 DOWNLIGHT CIRCULAR

Deposito de Patente

Artículo: ENERLUM DL-13 DOWNLIGHT 16,6 CM 13W 12.300 L C
 Cat. Art.: 12782014548

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Driver	TRIDONIC		
Ø ØUT	166 mm		
BASE	Conector		
LED	COB CREE CXA1512		
ÁNGULO (°)	24/60°		
W LED	13		
W TOTAL	15		
Ø ØINT (mm)	166x110		
TENSIÓN (V)	230		
TEMP. COLOR (°K)	2700		
LUMENS	1230		
CEI	82	Clase	0,95
Vida útil (h)	50000		
Garantía	5 años		

Distribution Curve

Etiqueta correspondiente según RD 206/2008 no incluida en tarifa

P. I. Ibarra C/ Molegón, 10 C.P. 13105, Ciudad Real Tfno: +34 902 11 81 82 Fax: +34 926 219 336 Mail: info@enerlum.com

www.enerlum.com

enerlum

Figura 53a5

Productos Enerlum Industrial

IND.CAMPANA

Artículo: ENERLUM BW-36 CAMPANA 36W/ 4070L

Modelo: BW-36

Cód.Art: 15611314

Disponibilidad:

- E.X. stock
- M.P.: 20-30 días
- B.P.: 60-90 días (bajo pedido)
- (consultar pedido mínimo)
- P.X. Próximamente

Estado Producto: Nuevo

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Driver:	MEANWELL
LED:	CREE XT-E
ÁNGULO (°):	90°
W LED:	36
W TOTAL:	40
DIÁMETRO (mm):	395x390
TENSIÓN (V):	220
TEMP. COLOR (°K):	3000
LUMEN:	4070
CR:	>80 Gamma >0,92
Modulo ☒	Vida útil (hr): 50000
☒ Brace	
Garantía:	5 años

Descripción

Las campanas led de Enerlum son el producto ideal para sustituir campanas de halógenos metálicos con un ahorro superior a 15% y mejorando las condiciones de iluminación de las instalaciones.

Su lente especial evita los deslumbramientos y permiten una alta uniformidad en las instalaciones.

Para su fabricación se han empleado los materiales de más alta calidad y sus especiales disipadores le confieren una vida útil superior a las 50.000 horas.

En esta campana empleamos el led CREE XT-E con una eficiencia superior a los 100 lm/W por lo que el resultado final de eficiencia de la luminaria es de los más altos del mercado.

Ecodiseño correspondiente según R.D. 206/2005 no incluida en tarifa

P. L. Sarrate C/ Maripos 10 C.P. 13.009, Ciudad Real Tfno: +34 902 110 678 Fax: +34 902 210 356 Mail: info@enerlum.com

enerlum, S de Marcha 2017

www.enerlum.com

Página 21 de 36

DOWNLIGHT CIRCULAR 8"

Artículo ENERLUM DL8-19 DOWNLIGHT 22CM 19WL 2250L 110°
 Cat.Art. 12782011853
 Disponibilidad **EX** E: En stock
 M/P: 20-30 días
 B/P: 60-90 días bajo pedido
 (consultar pedido mínimo)
 P.X. Próximamente

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DRIVER	PHILIPS
MATERIALS	Die-casting Aluminum
MOUNTING	Recessed
LED	SMD 3528
ÁNGULO (°)	110
W LED	19
W TOTAL	21
DIMENS (mm)	229x87
TENSIÓN (V)	220 - 240
TEMP COLOR °K	4000
LUMENS	2250
CRI	90
Consumo	0.92
Vida (kl h)	50000
Garantía	5 años

Unid. Embalaje 12 **IP41**
 Med. Embalaje:

Descripción

El downlight de 21W de Enerlum es un downlight de altas prestaciones diseñado para sustituir los tradicionales downlights de fluorescencia con lámparas de 18W y 26W. El diseño del producto optimiza el rendimiento y la funcionalidad de la luminaria. Sus dimensiones permiten una correcta sustitución punto a punto de forma sencilla para el instalador.

Product Dimension(mm)

Escalas correspondiente según RD 110/2015 no incluida en bruto

Productos Freedom Consumer

PANEL B.OPTICO

Artículo: ENERLUM PBL1-40 PANEL 60X60CM 40WL 3612L 120°

Cód.Art: 13131424064

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Driver	PHILIPS
WILBO	60x60
BASE	Conector
LED	SMD4014
ÁNGULO (°)	120x120
W LED	40
W TOTAL	42
WILBO (mm)	595x595
TENSIÓN (V)	220
TEMP COLOR °K	4000
LUMENS	3612
CRI	82
Consumo	0,90
Flujo luminoso	50000
Garantía	5 años

Disponibilidad: **EX**

EX: stock
MP: 20-30 días
DP: 60-90 días bajo pedido
(consultar pedido mínimo)
PX: Prórroga

NEW

5 YEARS

Unid. Embalaje: 1
Med. Embalaje: 74,5x64x19(5ud)

Descripción:
Panel ultrafino de 600x600 metros para montar en techo desmontable. El bloque óptico PBL presenta un aspecto homogéneo con gran aceptación ya que es una imitación a las cirebajas habituales. Además ofrece un alto flujo luminoso que permite obtener altos valores de iluminación en el plano útil por lo que es ideal para oficinas y puestos de trabajo. Es el elemento idóneo para montar también en clínicas médicas, odontológicas o similares.

Existencia correspondiente según RD 2002/2005 no incluida en tarifas

P. L. Larrache G. Murguía, I.D. C.P. 13.005, Ciudad Real Tlf: +34 902 110 675 Fax: +34 902 219 338 Mail: info@enerlum.com www.enerlum.com

enerlum, 13 de septiembre de 2012 Página 5 de 16

8.2.5. MAE 5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.

Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo	Potencia	Consumo
			h	kW	kWh
56	Oficinas	Climatización	1.630	4,25	6.927,65
62	Oficinas	Bomba frío-calor juntas	1.630	0,75	1.222,53
TOTAL			1.630	5,00	8.150,00

Para la sustitución de la bomba de calor convencional por una bomba geotérmica, se considera como punto de partida que el equipo es similar al del Catálogo del fabricante YORK, gama comercial industrial 2012. Página 12, 13. Ecofrio v2 YLHA Plus G1 15TC.

Como equipo propuesto, el del Catálogo ECOFOREST Febrero 2013 Geotérmia. Página 20 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA ecoGEO B3 3-12kW.

Para el cálculo de los ahorros, se ha considerado:

- o Como datos de eficiencia actuales se estiman los del modelo de referencia pero considerando una pérdida de rendimiento para el equipo del 25%
 - Equipo de referencia nuevo: COP 3,12 y EER 2,52
 - Equipo de referencia con 10 años de vida útil, considerando una pérdida de rendimiento del 25%: COP 2,33 y EER 1,88
- o Como datos de eficiencia del equipo propuesto, se considera: COP 4,6 / 5 y EER 6,1 / 6,9

Siendo el COP el coeficiente de rendimiento, que representa la relación entre la energía útil producida (kWh térmicos) y la energía consumida (kWh eléctricos), se calcula la producción de calor del equipo de referencia.

$$\text{COP} = \text{Producción de Calor (kWh térmico)} / \text{Consumo eléctrico (kWh eléctrico)}$$

La producción de calor del equipo de referencia sería:

$$2,33 = \text{Producción de Calor} / 8.150 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Producción de Calor} = 18.948,75 \text{ kWh de calor/año}$$

Considerando que la producción de calor será la misma con el equipo propuesto, con el COP se calcula el consumo eléctrico que supondría el nuevo equipo:

$$5 = 18.948,75 \text{ kWh de calor/año} / \text{Consumo eléctrico (kWh/año)}$$

$$\text{Consumo eléctrico (kWh/año)} = 3.789,75 \text{ kWh/año}$$

Por lo tanto, el ahorro en consumo eléctrico por la sustitución de la bomba de calor sería de:

$$8.150 \text{ kWh/año} - 3.789,75 \text{ kWh/año} = 4.360,25 \text{ kWh/año, lo que supone un } 53,5\% \text{ de ahorro.}$$

Equipo considerado como existente: se considera similar al equipo del Catálogo YORK, gama comercial industrial 2012. Página 12, 13. Ecofrio v2 YLHA Plus G1 15TC.

PRODUCTOS DE AIRE ACONDICIONADO YORK

ECOFRIO v2 / ECOFRIO v2 Plus Enfriadoras aire-agua / Bomba de calor

YLCA 12 a 27 / YLHA 12 a 27 Plus
Una gama completa de 12 kW a 25,8 kW

Características

- Unidades con compresor Scroll
- Unidades muy compactas
- Alta eficiencia. Elevado EER
- Control de temperatura de agua de impulsión y de retorno
- Grupo hidráulico estándar
- Función de supresión del depósito de inercia
- Función de set point dinámico
- Control de velocidad variable de los ventiladores como estándar
- Batería condensadora con protección Blue-Fin como estándar
- Filtro de agua y flow switch incluidos

Opciones / Accesorios

- Disponible con batería CUACU
- Comunicación BMS
- Control Remoto / Terminal Remoto
- Ventiladores de alta presión
- Depósito de inercia auxiliar
- Resistencia de bandeja (YLHA Plus)
- Rejilla de protección batería condensador

Depósito de inercia como accesorio

ECOFRIO v2 / ECOFRIO v2 Plus

YLCA 12 a 27 / YLHA 12 a 27 Plus

Características técnicas

T Trifásico C Kit hidráulico

Modelos		YLCA G1				YLHA PLUS G1				
		12 TC	15 TC	20 TC	27 TC	12 TC	15 TC	20 TC	27 TC	
Rendimiento	Capacidad frigorífica (1)	KW	12,4	14,5	19,5	25,6	12	13,8	18,4	25,8
	Consumo (1)	KW	4,2	5,4	6,9	9,1	4,2	5,5	7	8,9
	EER (1)		2,97	2,52	2,81	2,81	2,88	2,52	2,75	2,9
	SEER		3,20	2,91	3,24	3,17	3,08	2,91	3,17	3,25
	Capacidad calorífica (1)	KW	-	-	-	-	12,4	16,1	20,9	27,5
	Consumo (1)	KW	-	-	-	-	4,2	5,2	6,6	8,6
	COP (1)		-	-	-	-	3,0	3,12	3,17	3,2
	Capacidad calorífica (2)	KW	-	-	-	-	12,6	16,4	20,5	26,8
	COP (2)		-	-	-	-	3,86	4,0	3,79	3,8
	Etapas de capacidad	%	0 / 100							
Nivel de potencia sonora	dB(A)	73	73	74	78	73	73	74	78	
Nivel de presión sonora a 10 m	dB(A)	43	43	44	48	43	43	44	48	
Compresor	Tipo	Scroll								
	Cantidad	1								
Batería exterior tubos y alitas	Cantidad de ventiladores	2								
	Límites op. Temp. ambiente modo frío/calor	(5) (-18°C) -10°C - 46°C -18°C - 46°C -18°C - 46°C / -15°C - 20°C								
Intercambiador de placas	Tipo	Intercambiador de placas acero inox								
	Volumen de agua de la unidad	Litros	1,5	2	2,8	3,2	1,5	2	2,8	3,2
	Tipo de bomba	Bomba horizontal multi-etapas								
	Caudal nominal modo frío	l/h	2 065	2 530	3 360	4 405	1 980	2 375	3 335	4 440
	Presión disponible (1) (3)	6Pa	113	149	139,5	182	116	157,5	124	182
	Límites de operación Temp. salida agua (4)	-5°C a 15°C / 30°C a 50°C								
	Conexiones de agua	pulg.	1"	1 1/4"			1"	1 1/4"		
	Alt./Long./Prof.	mm	1 270 / 905 / 460		1 270/1 430/502		1 270 / 905 / 460		1 270/1 430/502	
Dimensiones y peso	Peso	kg	146	160	220	290	150	164	235	330
	Características eléctricas	Voltaje / Fases / Frecuencia	400-3-50+N+T							
Características eléctricas	Intensidad de funcionam. (máx.) (3) A		11,6	15,8	18,1	23	11,6	12,4	15,5	21

(1) Valores netos según condiciones nominales EUROVENT (2) Valores netos según condiciones de suelo radiante (3) con filtro (4) por debajo de 6°C usar Glicol

(5) -18°C con LAK como opcional

Condiciones nominales: Capacidades frigoríficas en kW para agua enfriada a 7°C con un Δt de 5°C a 35°C de temperatura ambiente.

Capacidades caloríficas en kW para agua calentada a 45°C y a 7°C de temperatura ambiente.

Condiciones de suelo radiante: Capacidades caloríficas en kW para agua calentada a 35°C con un Δt de 5°C a 7°C de temperatura ambiente.

Equipo propuesto: Catálogo ECOFOREST Febrero 2013 Geotermia. Página 20
BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA ecoGEO B3 3-12kW.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	ecoGEO B1 3-12 Kw ecoGEO B1 5-22 Kw	ecoGEO B2 3-12 Kw ecoGEO B2 5-22 Kw	ecoGEO B3 3-12 Kw ecoGEO B3 5-22 Kw
Calefacción y ACS	●	●	●
Frio pasivo		●	
Frio activo			●
Depósito ACS incorporado 170l			
COP*	4.6 / 5	4.6 / 5	4.6 / 5
EER*			6.1 / 6.9
Refrigerante R410A	●	●	●
Compresor Scroll con tecnología Inverter Copeland	●	●	●
Válvula de expansión electrónica	●	●	●
Bombas circuladoras de velocidad variable y alta eficiencia integradas	●	●	●
Intercambiador de calor de placas ALFA LAVAL	●	●	●
Control Micro PC Carel	●	●	●
Estrategias de control propias	●	●	●

* Conforme a EN 14511, 0/-3 – 30/35 °C (incluyendo bombas de circulación). Provisional, pendiente de certificación.

8.2.6. MAE 6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización.

Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo h	Potencia kW	Consumo kWh
56	Oficinas	Climatización	1.630	4,25	6.927,65
62	Oficinas	Bomba frío-calor juntas	1.630	0,75	1.222,53
TOTAL			1.630	5,00	8.150,00

Para la sustitución de la bomba de calor convencional por otra bomba aerotérmica, se considera como punto de partida que el equipo es similar al del Catálogo del fabricante YORK, gama comercial industrial 2012. Página 12, 13. Ecofrio v2 YLHA Plus G1 15TC.

Como equipo propuesto, el del Catálogo WATERKOTTE 2014. Eficiencia en su forma más bella. Bombas de calor de alta gama. Página 70 BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA Basic Line Ai1 AIR 6-12kW.

Para el cálculo de los ahorros, se ha considerado:

- Como datos de eficiencia actuales se estiman los del modelo de referencia pero considerando una pérdida de rendimiento para el equipo del 25%
 - Equipo de referencia nuevo: COP 3,12 y EER 2,52
 - Equipo de referencia con 10 años de vida útil, considerando una pérdida de rendimiento del 25%: COP 2,33 y EER 1,88
- Como datos de eficiencia del equipo propuesto: COP 3,7

Siendo el COP el coeficiente de rendimiento, que representa la relación entre la energía útil producida (kWh térmicos) y la energía consumida (kWh eléctricos), se calcula la producción de calor del equipo de referencia.

$$\text{COP} = \text{Producción de Calor (kWh térmico)} / \text{Consumo eléctrico (kWh eléctrico)}$$

La producción de calor del equipo de referencia sería:

$$2,33 = \text{Producción de Calor} / 8.150 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Producción de Calor} = 18.948,75 \text{ kWh de calor/año}$$

Considerando que la producción de calor será la misma con el equipo propuesto, con el COP se calcula el consumo eléctrico que supondría el nuevo equipo:

$$3,7 = 18.948,75 \text{ kWh de calor/año} / \text{Consumo eléctrico (kWh/año)}$$

$$\text{Consumo eléctrico (kWh/año)} = 5.121,28 \text{ kWh/año}$$

Por lo tanto, el ahorro en consumo eléctrico por la sustitución de la bomba de calor sería de:

$$8.150 \text{ kWh/año} - 5.121,28 \text{ kWh/año} = 3.028,72 \text{ kWh/año, lo que supone un } 37,2\% \text{ de ahorro.}$$

Equipo considerado como existente: se considera similar al equipo del Catálogo YORK, gama comercial industrial 2012. Página 12, 13. Ecofrio v2 YLHA Plus G1 15TC.

PRODUCTOS DE AIRE ACONDICIONADO YORK

ECOFRIO v2 / ECOFRIO v2 Plus

Enfriadoras aire-agua / Bomba de calor

YLCA 12 a 27 / YLHA 12 a 27 Plus
Una gama completa de 12 kW a 25,8 kW

Características

- Unidades con compresor Scroll
- Unidades muy compactas
- Alta eficiencia. Elevado EER
- Control de temperatura de agua de impulsión y de retorno
- Grupo hidráulico estándar
- Función de supresión del depósito de inercia
- Función de set point dinámico
- Control de velocidad variable de los ventiladores como estándar
- Batería condensadora con protección Blue-Fin como estándar
- Filtro de agua y flow switch incluidos

Opciones / Accesorios

- Disponible con batería CU/CU
- Comunicación BMS
- Control Remoto / Terminal Remoto
- Ventiladores de alta presión
- Depósito de inercia auxiliar
- Resistencia de bandeja (YLHA Plus)
- Rejilla de protección batería condensador

Depósito de inercia como accesorio

ECOFRIO v2 / ECOFRIO v2 Plus

YLCA 12 a 27 / YLHA 12 a 27 Plus

Características técnicas

T Trifásico C Kit hidráulico

Modelos		YLCA G1				YLHA PLUS G1				
		12 TC	15 TC	20 TC	27 TC	12 TC	15 TC	20 TC	27 TC	
Rendimiento	Capacidad frigorífica (1)	kW	12,4	14,5	19,5	25,6	12	13,8	18,4	25,8
	Consumo (1)	kW	4,2	5,4	6,9	9,1	4,2	5,5	7	8,9
	EER (1)		2,97	2,52	2,81	2,81	2,88	2,52	2,75	2,9
	SEER		3,20	2,91	3,24	3,17	3,08	2,91	3,17	3,26
	Capacidad calorífica (1)	kW	-	-	-	-	12,4	16,1	20,9	27,5
	Consumo (2)	kW	-	-	-	-	4,2	5,2	6,6	8,6
	COP (1)		-	-	-	-	3,0	3,12	3,17	3,2
	Capacidad calorífica (2)	kW	-	-	-	-	12,6	16,4	20,5	26,8
	COP (2)		-	-	-	-	3,86	4,0	3,79	3,8
	Etapas de capacidad	%	0 / 100							
Compressor	Nivel de potencia sonora	dB(A)	73	73	74	78	73	73	74	78
	Nivel de presión sonora a 10 m	dB(A)	43	43	44	48	43	43	44	48
	Tipo		Scroll							
Batería exterior tubos y alitas	Cantidad		1							
	Cantidad de ventiladores		2							
	Límites op.: Temp. ambiente modo frío/calor	(S) (-18°C) -10°C - 46°C	-18°C - 46°C				-18°C - 46°C / -15°C - 20°C			
Intercambiador de placas	Tipo		Intercambiador de placas acero inox							
	Volumen de agua de la unidad	Litros	1,5	2	2,8	3,2	1,5	2	2,8	3,2
	Tipo de bomba		Bomba horizontal multi-etapas							
	Caudal nominal modo frío	l/h	2 065	2 530	3 360	4 405	1 980	2 375	3 335	4 440
	Presión disponible (1) (3)	kPa	113	149	129,5	182	116	157,5	124	182
	Límites de operación: Temp. salida agua (4)		-5°C a 15°C / 30°C a 50°C							
	Conexiones de agua	pulg.	1"	1 1/4"			1"	1 1/4"		
Dimensiones y peso	Alt./Long./Prof.	mm	1 270 / 905 / 460			1 270 / 905 / 460			1 270 / 905 / 460	
	Peso	kg	146			150			164	
Características eléctricas	Voltaje / Fases / Frecuencia	V/Hz/Hz	400-3-50+N+T							
	Intensidad de funcionamiento (máx.) (3) A		11,6	15,8	18,1	23	11,6	12,4	15,5	21

(1) Valores netos según condiciones nominales EUROVENT (2) Valores netos según condiciones de suelo radiante (3) con filtro (4) por debajo de 6°C usar Glicol

(5) -18°C con LAK como opcional

Condiciones nominales: Capacidades frigoríficas en kW para agua enfriada a 7°C con un Δt de 5°C a 35°C de temperatura ambiente.

Capacidades caloríficas en kW para agua calentada a 45°C y a 7°C de temperatura ambiente.

Condiciones de suelo radiante: Capacidades caloríficas en kW para agua calentada a 35°C con un Δt de 5°C a 7°C de temperatura ambiente.

Equipo propuesto: Catálogo WATERKOTTE 2014. Eficiencia en su forma más bella.

Bombas de calor de alta gama. Página 70 BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA

Basic Line Ai1 AIR 6-12kW.

<p>Legend: • Disponible - No disponible</p> <p>SG Ready Todas nuestras bombas de calor son SG Ready.</p> <p>WaterKotte WaterKotte es un producto de la marca WaterKotte.</p>

	Basic Line Ai1 Geo	Basic Line Ai1 Air	Basic Line Monoblock BM Mod 5010	Basic Line Monoblock BM Hyd 5010
Regulación				
Software	BasicPro	BasicPro	BasicPro	BasicPro
Hardware	WWPRsmall	WWPRsmall	WWPRsmall	WWPRsmall
Interfaz web	opcional	opcional	opcional	opcional
Control móvil	opcional	opcional	opcional	opcional
Pantalla	monocroma	monocroma	monocroma	monocroma
Contador COP	-	-	-	-
Circuito de bomba de calor				
Compresor Inverter	-	•	•	•
Válvula de expansión electrónica	-	•	-	-
Potencia calorífica	5-13 kW	6-12 kW	6-12 kW	6-12 kW
Temperatura de avance hasta	55 °C	55 °C	55 °C	55 °C
COP	hasta 4,7 (B0/W35)	3,7 (A2/W35)	3,7 (A2/W35)	3,7 (A2/W35)
Presión acústica db(A)	42	43 aparato exterior (5 m)	43 aparato exterior (5 m)	43 aparato exterior (5 m)
Circuito hidráulico				
Calefacción con bomba integrada	•	•	-	•
Conmutación agua caliente	•	•	-	opcional
Acumulador acero inoxidable agua caliente	•	•	-	-
Volumen de acumulador	170 litros	170 litros	-	-
Potencia de llenado	260 litros	260 litros	-	-
Calefacción adicional eléctrica	•	•	-	•
Bomba agua calina integrada	•	-	-	-

8.2.7. MAE 7. Instalación de batería de condensadores.

Para el cálculo de la batería de condensadores se parte del triángulo de potencias:

- ✓ Potencia activa media, que se denominará P (kW)
- ✓ Potencia reactiva media, que se denominará Q (kVar)
- ✓ Potencia aparente, que se denominará S (KVA)

Siendo el Factor de potencia el $\cos \varphi$, calculado como el cociente entre la Potencia activa P (kW) y la Potencia aparente S (KVA).

Lo ideal en toda instalación es tener un $\cos \varphi$ próximo a 1.

A partir de las facturas eléctricas y las curvas de carga cuarto-horarias que proporciona la Comercializadora, se obtienen los datos de Potencia activa P (kW) y Potencia reactiva Q (kVar) para el mes de mayor consumo que es septiembre.

a) Potencia activa P (kW)

Con las potencias máximas demandas diarias se calcula el dato de Potencia activa media.

	horas	Pot. kW	Consumo kWh	Total kWh	Pot. Instalada kW	
Lunes a Sábado						
6 a 9	3	162,50	487,50			
9 a 14	5	175,00	875,00			
14 a 15	1	125,00	125,00	3.475,00	144,79	
15 a 21	6	162,50	975,00			
21 a 6	9	112,50	1.012,50			
Domingo	24	112,50	2.700,00	2.700,00	112,50	
					128,65	Potencia activa media
Diario (L a S)			20.850			
Semana (L a D)			23.550			
Mes			94.200			

b) Potencia reactiva Q (kVar)

Partiendo del dato de energía reactiva que aparece en las facturas se calcula el dato de la potencia reactiva. Para la bodega de referencia, se han considerado 20 horas de demanda al día en el mes de mayor consumo obteniéndose el valor de 37,15 kVar.

Partiendo de los datos de la instalación de referencia:

$$P_i \text{ (kW)} = P_f \text{ (kW)} = 128,65$$

$$Q_i \text{ (KVar)} = 37,15$$

Se busca el valor de $Q_f \text{ (kVar)} = X$ que será el dato que defina la batería de condensadores a seleccionar en el caso de ser necesaria.

Se calcula el $\cos \phi$ inicial para poder seleccionar la batería de condensadores más adecuada con el $\cos \phi$ al que queremos trabajar (próximo a 1). Mediante el triángulo de potencia, se despejan las incógnitas mediante las siguientes operaciones.

$$\tan \phi = Q_i / P \rightarrow \tan \phi = 0,29$$

$$\phi = \arctan Q_i / P \rightarrow \phi = 16,11$$

$$\cos \phi \text{ inicial} = 0,96$$

Siendo el **$\cos \phi \text{ final} = 0,99$** , se calcula el Q_f

$$\tan \phi = Q_f / P \text{ se despeja } Q_f = P * \tan \phi$$

$$\phi \text{ final} = 0,99 ; \phi = \arccos 0,99 = 8,10$$

$$\tan \phi = \tan 8,10 = 0,14$$

$$Q_f \text{ (KVar)} = 128,65 * 0,14 = 18,31$$

$$Q_i - Q_f = 37,15 - 18,31 = \mathbf{18,84 \text{ kVar}}$$

La batería de condensadores que se necesitaría sería de 18,84 kVar. Del catálogo de SCHNEIDER se busca la batería que mejor se adapta a las necesidades identificadas.

En este caso sería una **batería de condensadores de 20 kVar**.

Catálogo-Tarifa Schneider. Compensación de Energía Reactiva y Filtrado de Armónicos. Baja y Media Tensión. Página 14. Batería de 20 kVar.

1 Varset automática 400 V con interruptor automático en cabecera

Para redes no polucionadas por armónicos THDU < 1,5 %

Baterías automáticas Varset 400 V con interruptor automático en cabecera

Presentación

Las baterías Varset son equipos de compensación automática que se presentan en cofre o armario, según la potencia del equipo.

Características:

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz.
- Tensión nominal del condensador: 415 V.
- Tolerancia sobre la capacidad: 0, +10 %.
- Escalón formado por:
 - Condensador Varplus® con sistema de seguridad HQ;
 - Fusible HPC;
 - Membrana de sobrepresión;
 - Resistencia de descarga: 50 V 1 minuto.
- Contactores Telemecanique específicos para la maniobra de condensadores.
- Regulador energía reactiva serie Varlogic.
- Interruptor automático Compact NS en cabecera.
- Nivel de aislamiento:
 - 0,66 kV.
 - Resistencia 50 Hz 1 minuto: 2,5 kV.
- Corriente máxima admisible: 1,3 In (400 V).
- Valor de la Icc del embarrado: 35 kA, 1 seg.
- Tensión máxima admisible (8 horas sobre 24 horas, según IEC 60831): 456 V.

Ref.	Q (kVar)	Regulación básica	NS	Armario	Clase	P.V.R.
52032	7,5	2,5 + 5	NS83	C1	C	1.435,00
52034	10	2 x 2,5 + 5	NS83	C1	C	1.570,00
52036	12,5	2,5 + 2 x 5	NS83	C1	C	1.590,00
52038	15	5 + 10	NS83	C1	C	1.535,00
52040	17,5	2,5 + 5 + 10	NS83	C1	C	1.600,00
52042	20	2 x 5 + 10	NS83	C1	C	1.690,00
52044	22,5	7,5 + 15	NS83	C1	C	1.630,00
52046	25	5 + 2 x 10	NS83	C1	C	1.775,00
52048	27,5	2,5 + 5 + 2 x 10	NS83	C2	C	1.845,00
52050	30	10 + 20	NS83	C1	C	1.910,00
52052	30	5 + 10 + 15	NS83	C1	C	2.070,00
52054	35	5 + 10 + 20	NS125	C1	C	2.225,00
52056	40	2 x 10 + 20	NS125	C1	C	2.365,00
52058	40	2 x 5 + 10 + 20	NS125	C2	C	2.310,00
52060	45	15 + 30	NS125	C1	C	2.590,00
52062	45	5 + 10 + 2 x 15	NS125	C2	C	2.810,00
52064	50	10 + 2 x 20	NS125	C1	C	2.885,00
52066	55	5 + 10 + 2 x 20	NS125	C2	C	3.045,00
52068	60	10 + 20 + 30	NS125	C2	C	3.075,00
52070	60	5 + 10 + 15 + 30	NS125	C2	C	3.250,00
52072	65	5 + 2 x 10 + 2 x 20	NS160	C2	C	3.385,00
52074	70	10 + 20 + 40	NS160	C2	C	3.125,00
52076	75	15 + 2 x 30	NS160	C2	C	3.400,00
52078	80	2 x 20 + 40	NS160	C2	C	3.465,00
52080	90	30 + 60	NS250	C2	C	3.820,00
52082	90	10 + 2 x 20 + 40	NS250	C2	C	4.000,00
52084	100	20 + 2 x 40	NS250	C2	C	4.050,00
52086	105	15 + 30 + 60	NS250	C2	C	4.345,00
52088	120	15 + 15 + 30 + 60	NS250	A2	C	5.430,00
52090	120	20 + 40 + 60	NS250	C2	C	4.720,00
52092	135	15 + 30 + 2 x 45	NS400	A2	C	5.525,00
52094	140	20 + 40 + 80	NS400	A2	C	5.710,00
52096	150	15 + 30 + 45 + 60	NS400	A2	C	5.840,00
52098	160	2 x 20 + 40 + 80	NS400	A2	C	5.000,00
52090	165	15 + 30 + 2 x 60	NS400	A2	C	6.125,00
52002	180	20 + 2 x 40 + 60	NS400	A2	C	6.465,00
52004	195	15 + 2 x 30 + 2 x 60	NS400	A3	C	7.000,00
52006	200	40 + 2 x 80	NS400	A2	C	6.585,00
52008	210	15 + 15 + 30 + 60 + 90	NS830	A3	C	7.420,00
52010	225	15 + 30 + 60 + 120	NS830	A3	C	8.025,00
52012	240	2 x 30 + 60 + 120	NS830	A3	C	8.200,00
52014	240	40 + 80 + 120	NS830	A2	C	7.090,00
52016	270	15 + 30 + 45 + 3 x 60	NS830	A3	C	8.420,00
52018	270	30 + 60 + 2 x 90	NS830	A3	C	9.115,00
52020	280	40 + 3 x 80	NS830	A3	C	8.465,00

Varset automática 400 V con protección

Continúa en pág. siguiente

MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL SECTOR VINÍCOLA

8.2.8. MAE 8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.

A continuación, se indica los equipos a los que se les asignaría un analizador de red.

Nº	Fase proceso productivo	Equipo	Horas de trabajo h	Potencia kW	Consumo kWh	Potencia Total kW	Consumo Total kWh	Porcentaje sobre total %	Analizadores de red
1	Recepción	Columna toma-muestras	413	0,28	113,55				
2	Recepción	Ordenadores lab. Toma muestras	413	0,04	16,52				
3	Recepción	Nevera	413	0,06	25,81				
4	Recepción	Centrifugadora	413	0,19	77,42				1
5	Recepción	Analizador multifunción	413	0,63	258,06				
6	Recepción	Batidora	413	0,05	20,64				
7	Recepción	Báscula	413	0,00	0,00				
8	Recepción	Iluminación laboratorio	413	0,12	49,55				1
9	Recepción	Iluminación zona recepción	413	0,13	51,61				1
10	Recepción	Tolva recepción	413	1,88	774,17				1
11	Recepción	Tolva recepción	413	0,61	252,90				1
12	Recepción	Dosificadores SO2	413	2,25	929,01				1
13	Recepción	Despalladora	413	13,80	5.697,92				1
14	Recepción	Cinta transporte	413	1,10	454,18				1
15	Recepción	Cinta transporte	413	0,41	170,32				1
16	Recepción	Ventiladores	413	0,28	114,58				1
17	Recepción	Agitadores	413	0,75	309,67				1
18	Recepción	Tolva de recepción	413	2,75	1.135,45				1
19	Recepción	Dosificadores SO2	413	0,56	232,25				1
20	Recepción	Despalladora horizontal	413	5,50	2.270,91				1
21	Recepción	Bomba monoblock	413	2,75	1.135,45				1
22	Recepción	Cinta transportadora orujo	413	0,09	37,16				1
23	Recepción	Despalladora-estrujadora	413	1,38	567,73				1
24	Recepción	Sifin alimentación despalladora	413	2,20	908,36				1
25	Recepción	Tolva de bombeo	413	7,36	3.038,89				1
26	Recepción	Estrujadora 4 cilindros caucho	413	4,00	1.651,57				1
27	Recepción	Transportador de cadena	413	1,10	454,18				1
28	Recepción	Prensas neumáticas	413	12,15	5.016,65	62,40	25.764,50	7,67%	1 22
29	Prensado	Compresor (campaña)	833	10,75	8.953,84				1
30	Prensado	Prensa horizontal	833	5,15	4.289,52				1
31	Prensado	Equipo de frío	833	29,80	24.820,89	45,70	38.064,25	11,33%	1 3
32	Fermentación	Equipo de frío	1.105	28,70	31.704,58				1
33	Fermentación	Bombas equipo de frío	1.105	8,40	9.279,39				1
34	Fermentación	Bomba remontado	1.105	10,50	11.599,24				1
35	Fermentación	Bomba remontado	1.105	18,75	20.712,92				1
36	Fermentación	Centrales hidráulicas autovaciantes	1.105	2,75	3.037,90				1
37	Fermentación	Bomba remontado depósitos autovaciantes	1.105	14,25	15.741,82				1
38	Fermentación	Motor hélice depósitos autovaciantes	1.105	36,00	39.768,82				1
39	Fermentación	Equipo de frío	1.105	76,25	84.232,56				1
40	Fermentación	Electrobomba de trasiego	1.105	0,75	828,52	196,35	216.905,75	64,58%	1 9
41	Trasiegos	Bomba mono-block	666	2,75	1.831,34				1
42	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	3,13	2.081,07				1
43	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	2,75	1.831,34				1
44	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	4,78	3.183,20				1
45	Trasiegos	Bombas de trasiego	666	3,25	2.164,31				1
46	Trasiegos	Carretilla	666	0,00	0,00	16,66	11.091,25	3,30%	5
47	Auxiliares	Electrobomba de limpieza	125	0,18	22,83				
48	Auxiliares	Ventiladores CO2	125	0,27	33,77				1
49	Auxiliares	Compresor (fuera de campaña)	125	10,75	1.343,93				
50	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	29,81	3.728,16				
51	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	28,70	3.589,64				
52	Auxiliares	Equipo de frío (fuera de campaña)	125	76,25	9.536,93	145,96	18.255,25	5,43%	1
53	Clarificación	Centrifugadora clarificadora	481	34,50	16.609,94				1
54	Clarificación	Iluminación (fluorescentes)	481	0,28	134,81	34,78	16.744,75	4,99%	1 2
55	Oficinas	Iluminación baños	1.630	0,10	163,00				1
56	Oficinas	Climatización	1.630	4,25	6.927,65				1
57	Oficinas	Ordenador plasma	1.630	0,12	195,60				
58	Oficinas	Impresoras	1.630	0,01	12,23				
59	Oficinas	Fotocopiadora-fax	1.630	0,00	4,08				
60	Oficinas	Bombona agua	1.630	0,03	44,83				
61	Oficinas	Iluminación juntas (fluorescentes)	1.630	0,24	391,21				1
62	Oficinas	Bomba frío-calor juntas	1.630	0,75	1.222,53				1
63	Oficinas	Nevera juntas	1.630	0,06	101,88	5,56	9.063,00	2,70%	4
Analizador de Tráfico									1
Margen (10%)									5
TOTAL				507,4	335.888,8	507,4	335.888,8	100%	52 52
				kW	kWh	kW	kWh		

MODELIZACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL CON ESPECIAL ATENCIÓN AL SECTOR VINÍCOLA

La inversión para las unidades consideradas sería:

CIRCUTOR+ Instalación	Uds	€/ud	Total €
ANALIZADOR DE REDES CVM-MINI-ITF EN CGBT PARA SALIDAS A CUADROS SECUNDARIOS Suministro y colocacion de contadores de energia de la marca CIRCUTOR ref. CVM-MINI-ITF en comunicacion RS-485-C2, para la lectura de datos de energia en los diferentes interruptores de proteccion electrica instalados en el CGBT. Medida la unidad terminada.	52,00	281,06	14.615,12
TRANSFORMADOR TI 800/5 A Suministro y colocacion de transformador de intensidad de CIRCUTOR con relacion de transformacion 800/5 A, Cableado de los mismos hasta contador a base de cable RZ1 LH de 2 x 4 mm2. Medida la unidad terminada	52,00	97,76	5.083,52
CUADRO COFRET PRAGMA 24 Suministro y colocacion de cuadro Pragma para ubicacion de contadores montado sobre paraed y con puerta transparente con suministro y colocacion de proteccion diferencial y magnetotermica de 2 x25 A/30 Ma, cableado electrico de alimentacion de todos los contadores. Medida la unidad terminada.	1,00	794,30	794,30
CABLEADO DE BUS EN CGBT HASTA PUNTO ETHERNET	1,00	1.600,00	1.600,00
CABLEADO DE BUS EN CAMPO PARA CUADROS SECUNDARIOS HASTA PUNTO ETHERNET	1,00	1.300,00	1.300,00
RED ETHERNET	1,00	2.500,00	2.500,00
PROGRAMACION Y PUESTA EN MARCHA Realizacion de la integracion del programa en PC existente (Excluido PC y se necesita acceso a internet) programacion y puesta en marcha de los equipos CVMINI y parametrizacion del sistema. Suministro de conversores para lenguaje 485 (2 unidades) y puesta en marcha de la instalacion. Medida la unidad terminada.	1,00	733,00	733,00
TOTAL			26.625,94 €

El analizador de red que se ha considerado es del Catálogo de CIRCUTOR. Serie CVM-MINI-ITF-RS485-C2.

CVM MINI

Analizador de redes eléctricas trifásicas para carril DIN

Descripción

Analizador de redes eléctricas trifásicas (equilibradas y desequilibradas) para montaje en carril DIN, de muy reducido tamaño, con medidas en 4 cuadrantes.

Otras características son:

- Medición de corriente $\dots$ 5 ó $\dots$ 1 A ó $\dots$ 750 mA ó $\dots$ 333 mV
- Formato carril DIN de tan solo 3 módulos
- Montaje en panel 72 x 72 mm con frontal adaptador (M5ZZF1)
- Comunicación RS-485 (Modbus/RTU)
- Dispone de dos salidas de transistor (programables)
- Con tecnología ITF: protección de aislamiento galvánica, según tipo
- Selección de parámetros a visualizar
- Selección de página por defecto
- Alimentación universal (opcional)
- Programable

Aplicaciones

- Aplicación de control en cuadros de distribución y acometidas de baja y media tensión donde sea necesario poner un analizador en el carril DIN por problemas de espacio.
- Control de alarmas. Valor máximo, mínimo y retardo programable.
- Control de la energía activa o reactiva mediante salida de impulsos.
- Captura de datos instantáneos, máximos y mínimos de los parámetros eléctricos medidos.

Características técnicas

Circuito de alimentación	Standard	230 V.c.a. (-15...+10%)
	Opcional	45...265 V.c.a. / 95...300 V.c.a. / 230...120 V.c.a.
Consumo		3 VA
	Frecuencia	50...60 Hz
Circuito de medida	Tensión nominal	300 V.c.a. (0...300 V.c.a. (0...3))
	Frecuencia	45...65 Hz
	Consumo circuito tensión	0,7 VA
	Consumo circuito corriente	IT 0,5 VA/ Stand 0,75 VA
	Transformadores	$\dots$ 5 A ó $\dots$ 1 A ó $\dots$ 750 mA ó $\dots$ 333 mV
	Corriente máxima directa	750 mA
	Corriente máxima indirecta	6 A
Clase de precisión	Corriente máxima con transformador	1,2 I _n
	Tensión, Corriente	0,5% + 1 dígito
	Potencia Activa, Potencia Reactiva	0,5% + 1 dígito
	Energía Activa Energía Reactiva	0,5% + 1 dígito
Condiciones ambientales	Temperatura de uso	-10...+50 °C
	Humedad relativa	5...95%
Transistor de salida	Amplitud máxima	2000 ms
	Tensión máxima de mandatos	24 V.c.c.
	Corriente máxima de mandatos	50 mA
	Frecuencia máxima de impulsos	5 Imp/s
	Duración del impulso	300 ms
Características constructivas	Módulo de medida	Montaje en carril DIN 40277 (EN 60699)
	Grado protección	Equipo empotrado: IP 01 Stansac: IP 20
	Dimensiones	57,5 x 85 x 67,5 mm (3 módulos)
Seguridad	Diseñado para instalaciones CAT II 300Vc.a. según EN 61010. Protección frente al choque eléctrico por doble aislamiento clase II.	
Normas	IEC 684, VDE 0110, UL 94, IEC 601, IEC 348, IEC 571-1, EN 61000-6-3, EN 61000-6-1, EN 61010-1

Analizadores de redes

CVM-MINI

Analizador de redes eléctricas trifásicas para carril DIN

Referencias

Entr. analizada	Entr. corriente	Salida digital	Arquitectura	Protocolo	Comunicación	Tipo	Código
-	-/I A.../S A	-	-	-	-	CVM-MINI	M52000
3f	-/I A.../S A	2	-	-	-	CVM-MINI-ITF-C2	M52011
3f	.../250 mA	2	-	-	-	CVM-MINI-MC-ITF-C2 (*)	M52011
3f	-/I A.../S A	2	-	Modbus/RTU	RS-485	CVM-MINI-ITF-RS485-C2	M52021
3f	.../500 mA	2	-	Modbus/RTU	RS-485	CVM-MINI-MC-ITF-RS485-C2 (*)	M52021
3f	-/I A.../S A	2	0 n / (m²)	Modbus/RTU	RS-485	CVM-MINI-ITF-HAR-RS485-C2	M52031
3f	-/I A.../S A	2	-	Modbus/FCP	TCPIP*	CVM-MINI-ITF-ETH-C2	M52031
3f	-/I A.../S A	2	-	Modbus/FCP	TCPIP*	CVM-MINI-MC-ITF-ETH-C2 (*)	M52031
3f	-/I A.../S A	2	-	RACnet	-	CVM-MINI-ITF-RACnet-C2 (*)	M52041
3f	-/I A.../S A	2	-	RACnet	-	CVM-MINI-MC-RACnet-C2 (*)	M52041
3f	-/I A.../S A	2	-	LonWorks	LonTalk	CVM-MINI-ITF-LonWorks-C2	M52051
3f	.../330 mV	2	-	ISO/IEC 15926 - ANSI/TIA 709H	-	CVM-MINI-MC-ITF-ISO-C2	M52051
3f	.../330 mV	2	-	Modbus/RTU	RS-485	CVM-MINI-MC-ITF-ISO-C2	M52051
Adaptador panel para CVM-MINI (22 x 72 mm)							Adaptador panel
(*) Próximamente disponible con alimentación 230 V _{ca}							M52051

Tabla de codificación

M	S	X	X	X	S	S	X
Código	Código interno						↑
	Exterior 200 V.c.a.						0
Tensión alimentación	230...240 V.c.a.						C
	230...240 V.c.a.						5*

* 5/6 CVM M88-IT7-R548S-C9

* Solo CVM-MINI-ITF-RS485-C2

Dimensiones

Conexiones

3 ó 4 hilos (baja tensión)

3 hilos (2 transtór. de tensión y 3 de corriente)

3 hilos (2 transtór. de tensión y 2 de corriente)

8.2.9. MAE 9. Implantación de un Building Management System (BMS) como sistema de gestión y control.

Se toma como referencia la siguiente arquitectura abierta para un sistema de control y seguridad.

Considerando para la bodega de referencia como punto de partida el control de 63 grupo de equipos distribuidos en 10 cuadros eléctricos, se ha estimado que las señales a gestionar serán 300.

Se describe a continuación el software multiprotocolo de la marca Open WEB RS Touch que se ha considerado y el modelo de controladores de la marca Regin.

Software

Software Abierto de Supervisión Marca Open WEB RS Touch.

- ✓ Número ilimitado de usuarios.
- ✓ Interface Gráfico con servidor web y datos dinámicos.
- ✓ Drivers de comunicaciones desarrollados de la mayoría de protocolos: Bacnet, Modbus, Mbus, etc.
- ✓ Funciones de horario global, calendario, programación central, control y rutinas de gestión de energía.
- ✓ Procesamiento de alarmas.
- ✓ Acceso a datos de alarmas, históricos de todas las variables analógicas, horas de funcionamiento de todos los equipos y reset, registros, gráficos, programaciones y configuraciones con navegador web estándar.
- ✓ Control real de los lazos de regulación en la instalación.
- ✓ Protección y seguridad de contraseña mediante técnica de autenticación y encriptado.

SW Ethernet con 8 salidas 100BASE-T con conector RJ-45 más una salida 100BASE-5 con conector para cable AUI.

Equipos varios de comunicaciones

Catálogo REGIN Controladores

EXOcompact

revision
06 2013

EXOcompact

Third generation freely programmable controllers

Small, compact controller with different types of communication, with or without built-in display. EXOcompact can be used either as a stand-alone unit or as part of a larger system.

- Suitable for many applications, including heating, ventilation etc.
- Small and compact controller
- Large number of communication possibilities

The EXOcompact series of controllers are available with 1, 2 or 3 communication ports.

The EXOcompact series is fully compatible with all other products in the EXO range. The controllers are freely programmable using the high-level EXO language EXOL[®]. Programming takes place in EXOdesigner, the same environment used for all other EXO controllers.

Areas of application

EXOcompact is primarily intended for use in installations with a limited number of I/Os, placing a high importance on a freely programmable, compact controller providing both communication capabilities and high performance. EXOcompact can be used either as a stand-alone unit or together with other EXO products as part of a larger automation system.

In large automation systems, EXOcompact makes an excellent complement to EXOline, being ideally suited for localised tasks such as zone control or control of heating and ventilation applications.

Memory use

The third generation of EXOcompact features a factory-loaded application that enables both address and communication settings to be entered into an otherwise empty controller via the display.

It is also possible to load a new or updated control application while the present control application is running. This is possible because a control application will be activated only when it has been correctly downloaded. The controller's flash memory is divided into partitions and the tool Setup Controller is used to alternate between partitions. It is therefore easy to use the factory-loaded application to return to the original control application if any problems should occur within the new one.

- Several protocols available
- Applications can be downloaded during operation
- Local and remote display simultaneously

Communication

EXOcompact is capable of communicating via RS485 (EXOLine, Modbus), TCP/IP and M-Bus (when used together with X1176).

TCP/IP

The built-in TCP/IP port makes it easy to create systems spanning a very wide area. By using network infrastructure already in place for ordinary computers, installation costs can be greatly reduced.

Third generation EXOcompact offers TCP/IP communication 5-20 times faster compared to controllers of the second generation. EXOcompact with TCP/IP communication is available featuring 1 or 2 serial communication ports.

Serial communication

EXOLine and Modbus communication takes place via RS485. M-Bus functionality has been improved, and it is now possible to use EXOcompact with most types of meters. In order to enable communication via M-Bus, an external X1176 converter must first be connected.

EXOcompact

Displays

Built-in display

In models with a built-in display, the display has blue backlight and 4 rows of 20 characters each. The display light is normally dimmed but is activated when a button is depressed. The display light will be dimmed again after a period of inactivity.

There are two LEDs on the front:

- The alarm indication is marked with a symbol
- The write indication is marked with a symbol

The display menu system is handled using seven buttons:

For more information on how to use the internal display, see the document *EXO Displays, User guide*.

External displays

For installations requiring an external display, EXOcompact comes prepared for quick connection (4P4C) of ED9200, E3-DSP and ED-RU.

Third generation EXOcompact enables the use of both an internal and external display at the same time. The maximum permitted cable length for an external display is 100 m.

For more information on ED9200, ED-RU and E3-DSP, see the respective product sheet of each product.

Indications

The upper left corner of the controller contains a status indication. Alarm indications are shown in the display.

Designation	Colour	Description
P1 RxTx	Yellow/ Green	Port 1: Receiving/transmitting
P2 RxTx	Yellow/ Green	Port 2: Receiving/transmitting
TCP/IP	Green/ Yellow	Fixed green: Link Flashing green: Traffic Flashing yellow: Identification
P/B	Green/ Red	Power supply/Low battery level

Mounting / Wiring

EXOcompact can normally be mounted onto a DIN-rail or, if using a mounting kit, in a front panel. The casing uses a EURO norm form factor, meaning it will fit into a standard EURO norm cabinet.

In third generation EXOcompact, certain terminals and ports have also changed places in order to facilitate installation for the user. Additionally, the power supply terminal is now colored green in order to avoid wiring errors.

Second and third generation EXOcompact

Numerous improvements have been made to EXOcompact in its third generation. As Regis places great importance on backwards compatibility, it is at the same time very similar to a second generation EXOcompact. However, an important difference between the two generations is that dial-up modems are no longer supported in a third generation EXOcompact.

EXOcompact

Connections

1	G	Supply voltage 24 V AC or 24 V DC, ±15 %
2	G0	50/60 Hz
3	⏏	Ground
4	+C	+24 V DC, reference for digital inputs DI
10	GDO	Reference for digital outputs DO
11	DO1	
12	DO2	
13	DO3	
14	DO4	
15	DO5	
16	DO6	
17	DO7	
18/12		Connection for external display (only for models without built-in display)
30	Agnd	Reference pole for analogue inputs AI
31		
32		
33		
34		
35		
40	Agnd	Reference pole for universal inputs UI
41	UI1: AI5/DI8	
42	UI2: AI6/DI10	
43	Agnd	Reference pole for universal inputs UI
44	UI3: AI7/DI11	
45	UI4: AI8/DI12	

RJ45		TCP/IP port
50	B	
51	A	Port 1, EXChise connection, Modbus
52	N	
53	E	
60	B	
61	A	Port 2, EXChise connection, Modbus
62	N	
63	E	
4P4C		Connection for external display
71	DI1	
72	DI2	
73	DI3	
74	DI4	
75	DI5	
76	DI6	
77	DI7	
78	DI8	
90	Agnd	Reference pole for analogue outputs AO
91	AO1	
92	AO2	
93	AO3	
94	AO4	
95	AO5	

Wiring example, EXOcompact (C282DT-3)

EXOrangout

Models

Model	TCP/IP	RS485	Display	AI*	DI*	UI*	AO*	DO*	Total I/Os
C283T-3	Yes	2	-	4	8	4	5	7	28
C283DT-3	Yes	2	Yes	4	8	4	5	7	28

* AI=analogue inputs, DI=digital inputs, AO=analogue outputs, DO=digital outputs, UI=universal inputs (can be configured to function as either analogue input or digital input)

Technical data

Common data

Supply voltage	24 V AC $\pm$ 15%, 50...60 Hz or 20...36 V DC
Power consumption	4 VA (without load, without display)
+C output	+ 24 V DC, 0.15 A, short-circuit proof
Operating system	EXOrang C
Battery backup	Memory and real-time clock, at least 5 years
Ambient temperature	0...50°C
Storage temperature	-20... +70°C
Relative humidity (non-condensing)	Max. 95 %
Dimensions (WxHxD)	149 x 121 x 60 mm
DIN controller width	8 1/2

EMC emissions and immunity standard: This product conforms to the requirements of the EMC Directive 2004/108/EC through product standards EN 61000-6-1 and EN 61000-6-3.

RoHS: This product conforms to the Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council.

Communication

Serial	RS485 (EXOrang or Modbus with automatic detection/change-over)
TCP	EXOrang-TCP
Modbus	8 bits, 1 or 2 stop bits, Odd, even (I _s) or no parity
M-bus	Via external X1176 unit
Speed (Port 1 and Port 2)	
standard	9600
settable	1200-38400 bps

Casing

Protection class	IP20
Mounting	DIN-rail mounting or mounting in cabinet
Plastic	Polycarbonate, PC

Inputs

Analogue inputs, AI	0(4)...20 mA, 0...10 V, 0...200 mV, PT-1000, DIN Nø1000, I _{CN} N1000, 12 bits A/D
Digital inputs, DI	Potential-free contact, 24 V DC, configurable for pulse input
Universal inputs, UI	AI or DI (see above)

Outputs

Analogue outputs, AO	0...10 V DC, 5 mA, 12 bit D/A, short circuit-protected
Digital outputs, DO	Mosfet 24 V AC/DC, 2 A. Max 8 A in total
24 V DC output	0.15 A, short circuit-protected

EXOcompact

Cont. Technical data

Built-in display

Display LCD, backlit, 4 rows of 20 characters each, international character set
Power consumption + 1 VA in addition to basic consumption

External display

Models E3-DSP, ED9200 or ED-RU
Connection 4P4C quick connection
Max. cable length 100 m

Data for models with TCP/IP port

Connection RJ45, 10Base-T/100Base-TX auto-negotiation
Cable length Max. 100 m (min Cat 5)
Power consumption + 1 VA in addition to basic consumption

Dimensions

Measurements in mm

Product documentation

Document	Type
EXOcompact third generation manual	EXOcompact technical manual
E3-DSP_psh	Product sheet for external display unit
ED92000_psh	Product sheet for external display unit
ED-RU..._psh	Product sheet for external room units
EXO displays, User guide	Manual on display handling

The product sheets can be downloaded from www.regin.se.

The manuals can be downloaded from Regin's FTP server. It is intended for our system customers who need to share files with us, e.g. at technical support. Contact one of our sales engineers to get access to the FTP server.

Head office Sweden
Phone: +46 31 720 02 00
Web: www.regin.se
Mail: info@regin.se

REGIN
THE CHALLENGER IN BUILDING AUTOMATION

8.3. Anejo 3: Cálculos del análisis de sensibilidad.

8.3.1. MAE1. Sustitución de enfriadoras de fermentación.

MAE1	Enfriadoras de fermentación
Inversión (€)	35.500
Ahorros (€/año)	4.799
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	20

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
4.799	1.775	-95%	50,39
4.799	3.550	-90%	24,69
4.799	5.325	-85%	16,13
4.799	7.100	-80%	11,85
4.799	8.875	-75%	9,28
4.799	10.650	-70%	7,56
4.799	12.425	-65%	6,34
4.799	14.200	-60%	5,42
4.799	15.975	-55%	4,71
4.799	17.750	-50%	4,14
4.799	19.525	-45%	3,67
4.799	21.300	-40%	3,28
4.799	23.075	-35%	2,95
4.799	24.850	-30%	2,67
4.799	26.625	-25%	2,43
4.799	28.400	-20%	2,21
4.799	30.175	-15%	2,02
4.799	31.950	-10%	1,85
4.799	33.725	-5%	1,70
4.799	35.500	0%	1,57
4.799	37.275	5%	1,45
4.799	39.050	10%	1,34
4.799	40.825	15%	1,23
4.799	42.600	20%	1,14
4.799	44.375	25%	1,06
4.799	46.150	30%	0,98
4.799	47.925	35%	0,90
4.799	49.700	40%	0,84
4.799	51.475	45%	0,77
4.799	53.250	50%	0,71
4.799	55.025	55%	0,66
4.799	56.800	60%	0,61
4.799	58.575	65%	0,56
4.799	60.350	70%	0,51
4.799	62.125	75%	0,47
4.799	63.900	80%	0,43
4.799	65.675	85%	0,39
4.799	67.450	90%	0,35
4.799	69.225	95%	0,32
4.799	71.000	100%	0,28

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de
descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	1,70
0,1%	1,68
0,2%	1,65
0,3%	1,62
0,4%	1,59
0,5%	1,57
0,6%	1,54
0,7%	1,51
0,8%	1,49
0,9%	1,46
1,0%	1,44
1,1%	1,41
1,2%	1,39
1,3%	1,37
1,4%	1,34
1,5%	1,32
1,6%	1,30
1,7%	1,28
1,8%	1,25
1,9%	1,23
2,0%	1,21
2,1%	1,19
2,2%	1,17
2,3%	1,15
2,4%	1,13
2,5%	1,11
2,6%	1,09
2,7%	1,07
2,8%	1,05
2,9%	1,03
3,0%	1,01
3,1%	0,99
3,2%	0,97
3,3%	0,96
3,4%	0,94
3,5%	0,92
3,6%	0,90
3,7%	0,89
3,8%	0,87
3,9%	0,85
4,0%	0,84
4,1%	0,82
4,2%	0,81
4,3%	0,79
4,4%	0,77
4,5%	0,76
4,6%	0,74
4,7%	0,73
4,8%	0,71
4,9%	0,70
5,0%	0,68
5,1%	0,67
5,2%	0,66
5,3%	0,64
5,4%	0,63
5,5%	0,62
5,6%	0,60
5,7%	0,59
5,8%	0,58
5,9%	0,56
6,0%	0,55
6,1%	0,54
6,2%	0,53
6,3%	0,51
6,4%	0,50
6,5%	0,49
6,6%	0,48
6,7%	0,47
6,8%	0,45
6,9%	0,44
7,0%	0,43
7,1%	0,42
7,2%	0,41
7,3%	0,40
7,4%	0,39
7,5%	0,38
7,6%	0,37
7,7%	0,36
7,8%	0,35
7,9%	0,34
8,0%	0,33

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	10	11.220,20	0,32
-40%	12	20.293,30	0,57
-30%	14	29.278,14	0,82
-20%	16	38.175,58	1,08
-10%	18	46.986,45	1,32
0%	20	55.711,61	1,57
10%	22	64.351,89	1,81
20%	24	72.908,10	2,05
30%	26	81.381,09	2,29
40%	28	89.771,64	2,53
50%	30	98.080,56	2,76

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN/Inv
-100	0,00	0,00	-35.500,00	-1,00
-95	0,05	239,94	-30.939,42	-0,87
-90	0,10	479,89	-26.378,84	-0,74
-85	0,15	719,83	-21.818,26	-0,61
-80	0,20	959,77	-17.257,68	-0,49
-75	0,25	1.199,71	-12.697,10	-0,36
-70	0,30	1.439,66	-8.136,52	-0,23
-65	0,35	1.679,60	-3.575,94	-0,10
-60	0,40	1.919,54	984,64	0,03
-55	0,45	2.159,48	5.545,22	0,16
-50	0,50	2.399,43	10.105,80	0,28
-45	0,55	2.639,37	14.666,39	0,41
-40	0,60	2.879,31	19.226,97	0,54
-35	0,65	3.119,25	23.787,55	0,67
-30	0,70	3.359,20	28.348,13	0,80
-25	0,75	3.599,14	32.908,71	0,93
-20	0,80	3.839,08	37.469,29	1,06
-15	0,85	4.079,03	42.029,87	1,18
-10	0,90	4.318,97	46.590,45	1,31
-5	0,95	4.558,91	51.151,03	1,44
0,00	1,00	4.798,85	55.711,61	1,57
5	1,05	5.038,80	60.272,19	1,70
10	1,10	5.278,74	64.832,77	1,83
15	1,15	5.518,68	69.393,35	1,95
20	1,20	5.758,62	73.953,93	2,08
25	1,25	5.998,57	78.514,51	2,21
30	1,30	6.238,51	83.075,09	2,34
35	1,35	6.478,45	87.635,67	2,47
40	1,40	6.718,40	92.196,25	2,60
45	1,45	6.958,34	96.756,83	2,73
50	1,50	7.198,28	101.317,41	2,85
55	1,55	7.438,22	105.877,99	2,98
60	1,60	7.678,17	110.438,57	3,11
65	1,65	7.918,11	114.999,16	3,24
70	1,70	8.158,05	119.559,74	3,37
75	1,75	8.397,99	124.120,32	3,50
80	1,80	8.637,94	128.680,90	3,62
85	1,85	8.877,88	133.241,48	3,75
90	1,90	9.117,82	137.802,06	3,88
95	1,95	9.357,76	142.362,64	4,01
100	2,00	9.597,71	146.923,22	4,14

8.3.2. MAE2. Instalación de variadores de frecuencia (VFD) en los motores de las bombas centrífugas.

MAE2	Variadores de frecuencia en bombas centrífugas
Inversión (€)	24.000
Ahorros (€/año)	3.049
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	10

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
3.049	1.200	-95%	23,74
3.049	2.400	-90%	11,37
3.049	3.600	-85%	7,25
3.049	4.800	-80%	5,18
3.049	6.000	-75%	3,95
3.049	7.200	-70%	3,12
3.049	8.400	-65%	2,53
3.049	9.600	-60%	2,09
3.049	10.800	-55%	1,75
3.049	12.000	-50%	1,47
3.049	13.200	-45%	1,25
3.049	14.400	-40%	1,06
3.049	15.600	-35%	0,90
3.049	16.800	-30%	0,77
3.049	18.000	-25%	0,65
3.049	19.200	-20%	0,55
3.049	20.400	-15%	0,46
3.049	21.600	-10%	0,37
3.049	22.800	-5%	0,30
3.049	24.000	0%	0,24
3.049	25.200	5%	0,18
3.049	26.400	10%	0,12
3.049	27.600	15%	0,08
3.049	28.800	20%	0,03
3.049	30.000	25%	-0,01
3.049	31.200	30%	-0,05
3.049	32.400	35%	-0,08
3.049	33.600	40%	-0,12
3.049	34.800	45%	-0,15
3.049	36.000	50%	-0,18
3.049	37.200	55%	-0,20
3.049	38.400	60%	-0,23
3.049	39.600	65%	-0,25
3.049	40.800	70%	-0,27
3.049	42.000	75%	-0,29
3.049	43.200	80%	-0,31
3.049	44.400	85%	-0,33
3.049	45.600	90%	-0,35
3.049	46.800	95%	-0,37
3.049	48.000	100%	-0,38

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	0,27
0,1%	0,26
0,2%	0,26
0,3%	0,25
0,4%	0,24
0,5%	0,24
0,6%	0,23
0,7%	0,22
0,8%	0,22
0,9%	0,21
1,0%	0,20
1,1%	0,20
1,2%	0,19
1,3%	0,18
1,4%	0,18
1,5%	0,17
1,6%	0,17
1,7%	0,16
1,8%	0,15
1,9%	0,15
2,0%	0,14
2,1%	0,14
2,2%	0,13
2,3%	0,12
2,4%	0,12
2,5%	0,11
2,6%	0,11
2,7%	0,10
2,8%	0,09
2,9%	0,09
3,0%	0,08
3,1%	0,08
3,2%	0,07
3,3%	0,07
3,4%	0,06
3,5%	0,06
3,6%	0,05
3,7%	0,05
3,8%	0,04
3,9%	0,04
4,0%	0,03
4,1%	0,03
4,2%	0,02
4,3%	0,02
4,4%	0,01
4,5%	0,01
4,6%	0,00
4,7%	-0,00
4,8%	-0,01
4,9%	-0,01
5,0%	-0,02
5,1%	-0,02
5,2%	-0,03
5,3%	-0,03
5,4%	-0,04
5,5%	-0,04
5,6%	-0,05
5,7%	-0,05
5,8%	-0,06
5,9%	-0,06
6,0%	-0,06
6,1%	-0,07
6,2%	-0,07
6,3%	-0,08
6,4%	-0,08
6,5%	-0,09
6,6%	-0,09
6,7%	-0,10
6,8%	-0,10
6,9%	-0,10
7,0%	-0,11
7,1%	-0,11
7,2%	-0,12
7,3%	-0,12
7,4%	-0,12
7,5%	-0,13
7,6%	-0,13
7,7%	-0,14
7,8%	-0,14
7,9%	-0,14
8,0%	-0,15

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	5	-8.974,75	-0,37
-40%	6	-6.013,52	-0,25
-30%	7	-3.066,72	-0,13
-20%	8	-134,30	-0,01
-10%	9	2.783,83	0,12
0%	10	5.687,73	0,24
10%	11	8.577,47	0,36
20%	12	11.453,11	0,48
30%	13	14.314,74	0,60
40%	14	17.162,41	0,72
50%	15	19.996,20	0,83

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN/Inv
-100	0,00	0,00	-24.000,00	-1,00
-95	0,05	152,47	-22.515,61	-0,94
-90	0,10	304,94	-21.031,23	-0,88
-85	0,15	457,41	-19.546,84	-0,81
-80	0,20	609,87	-18.062,45	-0,75
-75	0,25	762,34	-16.578,07	-0,69
-70	0,30	914,81	-15.093,68	-0,63
-65	0,35	1.067,28	-13.609,30	-0,57
-60	0,40	1.219,75	-12.124,91	-0,51
-55	0,45	1.372,22	-10.640,52	-0,44
-50	0,50	1.524,68	-9.156,14	-0,38
-45	0,55	1.677,15	-7.671,75	-0,32
-40	0,60	1.829,62	-6.187,36	-0,26
-35	0,65	1.982,09	-4.702,98	-0,20
-30	0,70	2.134,56	-3.218,59	-0,13
-25	0,75	2.287,03	-1.734,20	-0,07
-20	0,80	2.439,49	-249,82	-0,01
-15	0,85	2.591,96	1.234,57	0,05
-10	0,90	2.744,43	2.718,95	0,11
-5	0,95	2.896,90	4.203,34	0,18
0,00	1,00	3.049,37	5.687,73	0,24
5	1,05	3.201,84	7.172,11	0,30
10	1,10	3.354,30	8.656,50	0,36
15	1,15	3.506,77	10.140,89	0,42
20	1,20	3.659,24	11.625,27	0,48
25	1,25	3.811,71	13.109,66	0,55
30	1,30	3.964,18	14.594,05	0,61
35	1,35	4.116,65	16.078,43	0,67
40	1,40	4.269,11	17.562,82	0,73
45	1,45	4.421,58	19.047,20	0,79
50	1,50	4.574,05	20.531,59	0,86
55	1,55	4.726,52	22.015,98	0,92
60	1,60	4.878,99	23.500,36	0,98
65	1,65	5.031,46	24.984,75	1,04
70	1,70	5.183,93	26.469,14	1,10
75	1,75	5.336,39	27.953,52	1,16
80	1,80	5.488,86	29.437,91	1,23
85	1,85	5.641,33	30.922,30	1,29
90	1,90	5.793,80	32.406,68	1,35
95	1,95	5.946,27	33.891,07	1,41
100	2,00	6.098,74	35.375,45	1,47

8.3.3. MAE3. Sustitución de los motores eléctricos de los equipos de frío de la fase de fermentación por otros de mayor eficiencia.

MAE3	Motores eléctricos de equipos de frío de mayor eficiencia
Inversión (€)	15.000
Ahorros (€/año)	627
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	20

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
627	750	-95%	14,90
627	1.500	-90%	6,95
627	2.250	-85%	4,30
627	3.000	-80%	2,97
627	3.750	-75%	2,18
627	4.500	-70%	1,65
627	5.250	-65%	1,27
627	6.000	-60%	0,99
627	6.750	-55%	0,77
627	7.500	-50%	0,59
627	8.250	-45%	0,45
627	9.000	-40%	0,32
627	9.750	-35%	0,22
627	10.500	-30%	0,14
627	11.250	-25%	0,06
627	12.000	-20%	-0,01
627	12.750	-15%	-0,06
627	13.500	-10%	-0,12
627	14.250	-5%	-0,16
627	15.000	0%	-0,21
627	15.750	5%	-0,24
627	16.500	10%	-0,28
627	17.250	15%	-0,31
627	18.000	20%	-0,34
627	18.750	25%	-0,36
627	19.500	30%	-0,39
627	20.250	35%	-0,41
627	21.000	40%	-0,43
627	21.750	45%	-0,45
627	22.500	50%	-0,47
627	23.250	55%	-0,49
627	24.000	60%	-0,50
627	24.750	65%	-0,52
627	25.500	70%	-0,53
627	26.250	75%	-0,55
627	27.000	80%	-0,56
627	27.750	85%	-0,57
627	28.500	90%	-0,58
627	29.250	95%	-0,59
627	30.000	100%	-0,60

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	-0,16
0,1%	-0,17
0,2%	-0,18
0,3%	-0,19
0,4%	-0,20
0,5%	-0,21
0,6%	-0,21
0,7%	-0,22
0,8%	-0,23
0,9%	-0,24
1,0%	-0,25
1,1%	-0,25
1,2%	-0,26
1,3%	-0,27
1,4%	-0,27
1,5%	-0,28
1,6%	-0,29
1,7%	-0,30
1,8%	-0,30
1,9%	-0,31
2,0%	-0,32
2,1%	-0,32
2,2%	-0,33
2,3%	-0,34
2,4%	-0,34
2,5%	-0,35
2,6%	-0,35
2,7%	-0,36
2,8%	-0,37
2,9%	-0,37
3,0%	-0,38
3,1%	-0,38
3,2%	-0,39
3,3%	-0,39
3,4%	-0,40
3,5%	-0,41
3,6%	-0,41
3,7%	-0,42
3,8%	-0,42
3,9%	-0,43
4,0%	-0,43
4,1%	-0,44
4,2%	-0,44
4,3%	-0,45
4,4%	-0,45
4,5%	-0,46
4,6%	-0,46
4,7%	-0,47
4,8%	-0,47
4,9%	-0,47
5,0%	-0,48
5,1%	-0,48
5,2%	-0,49
5,3%	-0,49
5,4%	-0,50
5,5%	-0,50
5,6%	-0,50
5,7%	-0,51
5,8%	-0,51
5,9%	-0,52
6,0%	-0,52
6,1%	-0,52
6,2%	-0,53
6,3%	-0,53
6,4%	-0,54
6,5%	-0,54
6,6%	-0,54
6,7%	-0,55
6,8%	-0,55
6,9%	-0,55
7,0%	-0,56
7,1%	-0,56
7,2%	-0,56
7,3%	-0,57
7,4%	-0,57
7,5%	-0,57
7,6%	-0,58
7,7%	-0,58
7,8%	-0,58
7,9%	-0,59
8,0%	-0,59

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	10	-8.892,85	-0,59
-40%	12	-7.706,83	-0,51
-30%	14	-6.532,35	-0,44
-20%	16	-5.369,30	-0,36
-10%	18	-4.217,57	-0,28
0%	20	-3.077,03	-0,21
10%	22	-1.947,60	-0,13
20%	24	-829,15	-0,06
30%	26	278,42	0,02
40%	28	1.375,21	0,09
50%	30	2.461,34	0,16

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN/Inv
-100	0,00	0,00	-15.000,00	-1,00
-95	0,05	31,36	-14.403,85	-0,96
-90	0,10	62,73	-13.807,70	-0,92
-85	0,15	94,09	-13.211,56	-0,88
-80	0,20	125,46	-12.615,41	-0,84
-75	0,25	156,82	-12.019,26	-0,80
-70	0,30	188,19	-11.423,11	-0,76
-65	0,35	219,55	-10.826,96	-0,72
-60	0,40	250,92	-10.230,81	-0,68
-55	0,45	282,28	-9.634,67	-0,64
-50	0,50	313,65	-9.038,52	-0,60
-45	0,55	345,01	-8.442,37	-0,56
-40	0,60	376,38	-7.846,22	-0,52
-35	0,65	407,74	-7.250,07	-0,48
-30	0,70	439,11	-6.653,92	-0,44
-25	0,75	470,47	-6.057,78	-0,40
-20	0,80	501,84	-5.461,63	-0,36
-15	0,85	533,20	-4.865,48	-0,32
-10	0,90	564,57	-4.269,33	-0,28
-5	0,95	595,93	-3.673,18	-0,24
0,00	1,00	627,29	-3.077,03	-0,21
5	1,05	658,66	-2.480,89	-0,17
10	1,10	690,02	-1.884,74	-0,13
15	1,15	721,39	-1.288,59	-0,09
20	1,20	752,75	-692,44	-0,05
25	1,25	784,12	-96,29	-0,01
30	1,30	815,48	499,86	0,03
35	1,35	846,85	1.096,00	0,07
40	1,40	878,21	1.692,15	0,11
45	1,45	909,58	2.288,30	0,15
50	1,50	940,94	2.884,45	0,19
55	1,55	972,31	3.480,60	0,23
60	1,60	1.003,67	4.076,75	0,27
65	1,65	1.035,04	4.672,89	0,31
70	1,70	1.066,40	5.269,04	0,35
75	1,75	1.097,77	5.865,19	0,39
80	1,80	1.129,13	6.461,34	0,43
85	1,85	1.160,50	7.057,49	0,47
90	1,90	1.191,86	7.653,64	0,51
95	1,95	1.223,22	8.249,78	0,55
100	2,00	1.254,59	8.845,93	0,59

8.3.4. MAE4. Sustitución de la iluminación convencional por otra de tecnología LED.

MAE4	Iluminación LED
Inversión (€)	800
Ahorros (€/año)	94
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	20

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
94	40	-95%	43,49
94	80	-90%	21,25
94	120	-85%	13,83
94	160	-80%	10,12
94	200	-75%	7,90
94	240	-70%	6,42
94	280	-65%	5,36
94	320	-60%	4,56
94	360	-55%	3,94
94	400	-50%	3,45
94	440	-45%	3,04
94	480	-40%	2,71
94	520	-35%	2,42
94	560	-30%	2,18
94	600	-25%	1,97
94	640	-20%	1,78
94	680	-15%	1,62
94	720	-10%	1,47
94	760	-5%	1,34
94	800	0%	1,22
94	840	5%	1,12
94	880	10%	1,02
94	920	15%	0,93
94	960	20%	0,85
94	1.000	25%	0,78
94	1.040	30%	0,71
94	1.080	35%	0,65
94	1.120	40%	0,59
94	1.160	45%	0,53
94	1.200	50%	0,48
94	1.240	55%	0,44
94	1.280	60%	0,39
94	1.320	65%	0,35
94	1.360	70%	0,31
94	1.400	75%	0,27
94	1.440	80%	0,24
94	1.480	85%	0,20
94	1.520	90%	0,17
94	1.560	95%	0,14
94	1.600	100%	0,11

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	1,34
0,1%	1,32
0,2%	1,29
0,3%	1,27
0,4%	1,25
0,5%	1,22
0,6%	1,20
0,7%	1,18
0,8%	1,16
0,9%	1,13
1,0%	1,11
1,1%	1,09
1,2%	1,07
1,3%	1,05
1,4%	1,03
1,5%	1,01
1,6%	0,99
1,7%	0,97
1,8%	0,95
1,9%	0,93
2,0%	0,91
2,1%	0,90
2,2%	0,88
2,3%	0,86
2,4%	0,84
2,5%	0,82
2,6%	0,81
2,7%	0,79
2,8%	0,77
2,9%	0,76
3,0%	0,74
3,1%	0,73
3,2%	0,71
3,3%	0,69
3,4%	0,68
3,5%	0,66
3,6%	0,65
3,7%	0,63
3,8%	0,62
3,9%	0,60
4,0%	0,59
4,1%	0,58
4,2%	0,56
4,3%	0,55
4,4%	0,54
4,5%	0,52
4,6%	0,51
4,7%	0,50
4,8%	0,48
4,9%	0,47
5,0%	0,46
5,1%	0,45
5,2%	0,43
5,3%	0,42
5,4%	0,41
5,5%	0,40
5,6%	0,39
5,7%	0,38
5,8%	0,36
5,9%	0,35
6,0%	0,34
6,1%	0,33
6,2%	0,32
6,3%	0,31
6,4%	0,30
6,5%	0,29
6,6%	0,28
6,7%	0,27
6,8%	0,26
6,9%	0,25
7,0%	0,24
7,1%	0,23
7,2%	0,22
7,3%	0,21
7,4%	0,20
7,5%	0,19
7,6%	0,18
7,7%	0,18
7,8%	0,17
7,9%	0,16
8,0%	0,15

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	10	111,57	0,14
-40%	12	288,60	0,36
-30%	14	463,91	0,58
-20%	16	637,51	0,80
-10%	18	809,42	1,01
0%	20	979,66	1,22
10%	22	1.148,24	1,44
20%	24	1.315,19	1,64
30%	26	1.480,51	1,85
40%	28	1.644,22	2,06
50%	30	1.806,34	2,26

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN / Inv
-100	0,00	0,00	-800,00	-1,00
-95	0,05	4,68	-711,02	-0,89
-90	0,10	9,36	-622,03	-0,78
-85	0,15	14,04	-533,05	-0,67
-80	0,20	18,73	-444,07	-0,56
-75	0,25	23,41	-355,08	-0,44
-70	0,30	28,09	-266,10	-0,33
-65	0,35	32,77	-177,12	-0,22
-60	0,40	37,45	-88,14	-0,11
-55	0,45	42,13	0,85	0,00
-50	0,50	46,82	89,83	0,11
-45	0,55	51,50	178,81	0,22
-40	0,60	56,18	267,80	0,33
-35	0,65	60,86	356,78	0,45
-30	0,70	65,54	445,76	0,56
-25	0,75	70,22	534,75	0,67
-20	0,80	74,91	623,73	0,78
-15	0,85	79,59	712,71	0,89
-10	0,90	84,27	801,69	1,00
-5	0,95	88,95	890,68	1,11
0,00	1,00	93,63	979,66	1,22
5	1,05	98,31	1.068,64	1,34
10	1,10	103,00	1.157,63	1,45
15	1,15	107,68	1.246,61	1,56
20	1,20	112,36	1.335,59	1,67
25	1,25	117,04	1.424,58	1,78
30	1,30	121,72	1.513,56	1,89
35	1,35	126,40	1.602,54	2,00
40	1,40	131,08	1.691,53	2,11
45	1,45	135,77	1.780,51	2,23
50	1,50	140,45	1.869,49	2,34
55	1,55	145,13	1.958,47	2,45
60	1,60	149,81	2.047,46	2,56
65	1,65	154,49	2.136,44	2,67
70	1,70	159,17	2.225,42	2,78
75	1,75	163,86	2.314,41	2,89
80	1,80	168,54	2.403,39	3,00
85	1,85	173,22	2.492,37	3,12
90	1,90	177,90	2.581,36	3,23
95	1,95	182,58	2.670,34	3,34
100	2,00	187,26	2.759,32	3,45

8.3.5. MAE 5. Implantación de bombas de calor geotérmicas para climatización.

MAE5	Geotermia para climatización
Inversión (€)	20.300
Ahorros (€/año)	461
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	20

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
461	1.015	-95%	7,63
461	2.030	-90%	3,32
461	3.045	-85%	1,88
461	4.060	-80%	1,16
461	5.075	-75%	0,73
461	6.090	-70%	0,44
461	7.105	-65%	0,23
461	8.120	-60%	0,08
461	9.135	-55%	-0,04
461	10.150	-50%	-0,14
461	11.165	-45%	-0,22
461	12.180	-40%	-0,28
461	13.195	-35%	-0,34
461	14.210	-30%	-0,38
461	15.225	-25%	-0,42
461	16.240	-20%	-0,46
461	17.255	-15%	-0,49
461	18.270	-10%	-0,52
461	19.285	-5%	-0,55
461	20.300	0%	-0,57
461	21.315	5%	-0,59
461	22.330	10%	-0,61
461	23.345	15%	-0,62
461	24.360	20%	-0,64
461	25.375	25%	-0,65
461	26.390	30%	-0,67
461	27.405	35%	-0,68
461	28.420	40%	-0,69
461	29.435	45%	-0,70
461	30.450	50%	-0,71
461	31.465	55%	-0,72
461	32.480	60%	-0,73
461	33.495	65%	-0,74
461	34.510	70%	-0,75
461	35.525	75%	-0,75
461	36.540	80%	-0,76
461	37.555	85%	-0,77
461	38.570	90%	-0,77
461	39.585	95%	-0,78
461	40.600	100%	-0,78

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de
descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	-0,55
0,1%	-0,55
0,2%	-0,56
0,3%	-0,56
0,4%	-0,56
0,5%	-0,57
0,6%	-0,57
0,7%	-0,58
0,8%	-0,58
0,9%	-0,59
1,0%	-0,59
1,1%	-0,59
1,2%	-0,60
1,3%	-0,60
1,4%	-0,61
1,5%	-0,61
1,6%	-0,61
1,7%	-0,62
1,8%	-0,62
1,9%	-0,63
2,0%	-0,63
2,1%	-0,63
2,2%	-0,64
2,3%	-0,64
2,4%	-0,64
2,5%	-0,65
2,6%	-0,65
2,7%	-0,65
2,8%	-0,66
2,9%	-0,66
3,0%	-0,66
3,1%	-0,67
3,2%	-0,67
3,3%	-0,67
3,4%	-0,67
3,5%	-0,68
3,6%	-0,68
3,7%	-0,68
3,8%	-0,69
3,9%	-0,69
4,0%	-0,69
4,1%	-0,69
4,2%	-0,70
4,3%	-0,70
4,4%	-0,70
4,5%	-0,70
4,6%	-0,71
4,7%	-0,71
4,8%	-0,71
4,9%	-0,71
5,0%	-0,72
5,1%	-0,72
5,2%	-0,72
5,3%	-0,72
5,4%	-0,73
5,5%	-0,73
5,6%	-0,73
5,7%	-0,73
5,8%	-0,74
5,9%	-0,74
6,0%	-0,74
6,1%	-0,74
6,2%	-0,74
6,3%	-0,75
6,4%	-0,75
6,5%	-0,75
6,6%	-0,75
6,7%	-0,75
6,8%	-0,76
6,9%	-0,76
7,0%	-0,76
7,1%	-0,76
7,2%	-0,76
7,3%	-0,76
7,4%	-0,77
7,5%	-0,77
7,6%	-0,77
7,7%	-0,77
7,8%	-0,77
7,9%	-0,78
8,0%	-0,78

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	10	-15.813,03	-0,78
-40%	12	-14.941,65	-0,74
-30%	14	-14.078,75	-0,69
-20%	16	-13.224,25	-0,65
-10%	18	-12.378,06	-0,61
0%	20	-11.540,10	-0,57
10%	22	-10.710,30	-0,53
20%	24	-9.888,56	-0,49
30%	26	-9.074,83	-0,45
40%	28	-8.269,00	-0,41
50%	30	-7.471,02	-0,37

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN / Inv
-100	0,00	0,00	-20.300,00	-1,00
-95	0,05	23,04	-19.862,01	-0,98
-90	0,10	46,09	-19.424,01	-0,96
-85	0,15	69,13	-18.986,02	-0,94
-80	0,20	92,18	-18.548,02	-0,91
-75	0,25	115,22	-18.110,03	-0,89
-70	0,30	138,26	-17.672,03	-0,87
-65	0,35	161,31	-17.234,04	-0,85
-60	0,40	184,35	-16.796,04	-0,83
-55	0,45	207,40	-16.358,05	-0,81
-50	0,50	230,44	-15.920,05	-0,78
-45	0,55	253,48	-15.482,06	-0,76
-40	0,60	276,53	-15.044,06	-0,74
-35	0,65	299,57	-14.606,07	-0,72
-30	0,70	322,61	-14.168,07	-0,70
-25	0,75	345,66	-13.730,08	-0,68
-20	0,80	368,70	-13.292,08	-0,65
-15	0,85	391,75	-12.854,09	-0,63
-10	0,90	414,79	-12.416,09	-0,61
-5	0,95	437,83	-11.978,10	-0,59
0,00	1,00	460,88	-11.540,10	-0,57
5	1,05	483,92	-11.102,11	-0,55
10	1,10	506,97	-10.664,11	-0,53
15	1,15	530,01	-10.226,12	-0,50
20	1,20	553,05	-9.788,12	-0,48
25	1,25	576,10	-9.350,13	-0,46
30	1,30	599,14	-8.912,13	-0,44
35	1,35	622,19	-8.474,14	-0,42
40	1,40	645,23	-8.036,14	-0,40
45	1,45	668,27	-7.598,15	-0,37
50	1,50	691,32	-7.160,15	-0,35
55	1,55	714,36	-6.722,16	-0,33
60	1,60	737,41	-6.284,17	-0,31
65	1,65	760,45	-5.846,17	-0,29
70	1,70	783,49	-5.408,18	-0,27
75	1,75	806,54	-4.970,18	-0,24
80	1,80	829,58	-4.532,19	-0,22
85	1,85	852,63	-4.094,19	-0,20
90	1,90	875,67	-3.656,20	-0,18
95	1,95	898,71	-3.218,20	-0,16
100	2,00	921,76	-2.780,21	-0,14

8.3.6. MAE 6. Implantación de unidades de aerotermia para climatización.

MAE6	Aerotermia para climatización
Inversión (€)	10.000
Ahorros (€/año)	320
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	20

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
320	500	-95%	11,17
320	1.000	-90%	5,08
320	1.500	-85%	3,06
320	2.000	-80%	2,04
320	2.500	-75%	1,43
320	3.000	-70%	1,03
320	3.500	-65%	0,74
320	4.000	-60%	0,52
320	4.500	-55%	0,35
320	5.000	-50%	0,22
320	5.500	-45%	0,11
320	6.000	-40%	0,01
320	6.500	-35%	-0,06
320	7.000	-30%	-0,13
320	7.500	-25%	-0,19
320	8.000	-20%	-0,24
320	8.500	-15%	-0,28
320	9.000	-10%	-0,32
320	9.500	-5%	-0,36
320	10.000	0%	-0,39
320	10.500	5%	-0,42
320	11.000	10%	-0,45
320	11.500	15%	-0,47
320	12.000	20%	-0,49
320	12.500	25%	-0,51
320	13.000	30%	-0,53
320	13.500	35%	-0,55
320	14.000	40%	-0,57
320	14.500	45%	-0,58
320	15.000	50%	-0,59
320	15.500	55%	-0,61
320	16.000	60%	-0,62
320	16.500	65%	-0,63
320	17.000	70%	-0,64
320	17.500	75%	-0,65
320	18.000	80%	-0,66
320	18.500	85%	-0,67
320	19.000	90%	-0,68
320	19.500	95%	-0,69
320	20.000	100%	-0,70

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de
descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	-0,36
0,1%	-0,37
0,2%	-0,37
0,3%	-0,38
0,4%	-0,39
0,5%	-0,39
0,6%	-0,40
0,7%	-0,40
0,8%	-0,41
0,9%	-0,42
1,0%	-0,42
1,1%	-0,43
1,2%	-0,43
1,3%	-0,44
1,4%	-0,44
1,5%	-0,45
1,6%	-0,46
1,7%	-0,46
1,8%	-0,47
1,9%	-0,47
2,0%	-0,48
2,1%	-0,48
2,2%	-0,49
2,3%	-0,49
2,4%	-0,50
2,5%	-0,50
2,6%	-0,51
2,7%	-0,51
2,8%	-0,51
2,9%	-0,52
3,0%	-0,52
3,1%	-0,53
3,2%	-0,53
3,3%	-0,54
3,4%	-0,54
3,5%	-0,55
3,6%	-0,55
3,7%	-0,55
3,8%	-0,56
3,9%	-0,56
4,0%	-0,56
4,1%	-0,57
4,2%	-0,57
4,3%	-0,58
4,4%	-0,58
4,5%	-0,58
4,6%	-0,59
4,7%	-0,59
4,8%	-0,59
4,9%	-0,60
5,0%	-0,60
5,1%	-0,60
5,2%	-0,61
5,3%	-0,61
5,4%	-0,61
5,5%	-0,62
5,6%	-0,62
5,7%	-0,62
5,8%	-0,63
5,9%	-0,63
6,0%	-0,63
6,1%	-0,64
6,2%	-0,64
6,3%	-0,64
6,4%	-0,64
6,5%	-0,65
6,6%	-0,65
6,7%	-0,65
6,8%	-0,66
6,9%	-0,66
7,0%	-0,66
7,1%	-0,66
7,2%	-0,67
7,3%	-0,67
7,4%	-0,67
7,5%	-0,67
7,6%	-0,68
7,7%	-0,68
7,8%	-0,68
7,9%	-0,68
8,0%	-0,69

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	10	-6.883,26	-0,69
-40%	12	-6.277,98	-0,63
-30%	14	-5.678,60	-0,57
-20%	16	-5.085,04	-0,51
-10%	18	-4.497,26	-0,45
0%	20	-3.915,20	-0,39
10%	22	-3.338,80	-0,33
20%	24	-2.768,01	-0,28
30%	26	-2.202,77	-0,22
40%	28	-1.643,03	-0,16
50%	30	-1.088,74	-0,11

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN / Inv
-100	0,00	0,00	-10.000,00	-1,00
-95	0,05	16,01	-9.695,76	-0,97
-90	0,10	32,01	-9.391,52	-0,94
-85	0,15	48,02	-9.087,28	-0,91
-80	0,20	64,03	-8.783,04	-0,88
-75	0,25	80,03	-8.478,80	-0,85
-70	0,30	96,04	-8.174,56	-0,82
-65	0,35	112,05	-7.870,32	-0,79
-60	0,40	128,05	-7.566,08	-0,76
-55	0,45	144,06	-7.261,84	-0,73
-50	0,50	160,07	-6.957,60	-0,70
-45	0,55	176,07	-6.653,36	-0,67
-40	0,60	192,08	-6.349,12	-0,63
-35	0,65	208,09	-6.044,88	-0,60
-30	0,70	224,09	-5.740,64	-0,57
-25	0,75	240,10	-5.436,40	-0,54
-20	0,80	256,11	-5.132,16	-0,51
-15	0,85	272,12	-4.827,92	-0,48
-10	0,90	288,12	-4.523,68	-0,45
-5	0,95	304,13	-4.219,44	-0,42
0,00	1,00	320,14	-3.915,20	-0,39
5	1,05	336,14	-3.610,96	-0,36
10	1,10	352,15	-3.306,72	-0,33
15	1,15	368,16	-3.002,48	-0,30
20	1,20	384,16	-2.698,24	-0,27
25	1,25	400,17	-2.394,00	-0,24
30	1,30	416,18	-2.089,76	-0,21
35	1,35	432,18	-1.785,52	-0,18
40	1,40	448,19	-1.481,28	-0,15
45	1,45	464,20	-1.177,04	-0,12
50	1,50	480,20	-872,80	-0,09
55	1,55	496,21	-568,56	-0,06
60	1,60	512,22	-264,32	-0,03
65	1,65	528,22	39,92	0,00
70	1,70	544,23	344,16	0,03
75	1,75	560,24	648,40	0,06
80	1,80	576,24	952,64	0,10
85	1,85	592,25	1.256,88	0,13
90	1,90	608,26	1.561,12	0,16
95	1,95	624,26	1.865,36	0,19
100	2,00	640,27	2.169,60	0,22

8.3.7. MAE 7. Instalación de batería de condensadores.

MAE7	Batería de condensadores
Inversión (€)	2.500
Ahorros (€/año)	768
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	10

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
768	125	-95%	58,78
768	250	-90%	28,89
768	375	-85%	18,93
768	500	-80%	13,94
768	625	-75%	10,96
768	750	-70%	8,96
768	875	-65%	7,54
768	1.000	-60%	6,47
768	1.125	-55%	5,64
768	1.250	-50%	4,98
768	1.375	-45%	4,43
768	1.500	-40%	3,98
768	1.625	-35%	3,60
768	1.750	-30%	3,27
768	1.875	-25%	2,99
768	2.000	-20%	2,74
768	2.125	-15%	2,52
768	2.250	-10%	2,32
768	2.375	-5%	2,15
768	2.500	0%	1,99
768	2.625	5%	1,85
768	2.750	10%	1,72
768	2.875	15%	1,60
768	3.000	20%	1,49
768	3.125	25%	1,39
768	3.250	30%	1,30
768	3.375	35%	1,21
768	3.500	40%	1,13
768	3.625	45%	1,06
768	3.750	50%	0,99
768	3.875	55%	0,93
768	4.000	60%	0,87
768	4.125	65%	0,81
768	4.250	70%	0,76
768	4.375	75%	0,71
768	4.500	80%	0,66
768	4.625	85%	0,62
768	4.750	90%	0,57
768	4.875	95%	0,53
768	5.000	100%	0,49

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de
descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	2,07
0,1%	2,05
0,2%	2,04
0,3%	2,02
0,4%	2,00
0,5%	1,99
0,6%	1,97
0,7%	1,96
0,8%	1,94
0,9%	1,92
1,0%	1,91
1,1%	1,89
1,2%	1,88
1,3%	1,86
1,4%	1,85
1,5%	1,83
1,6%	1,82
1,7%	1,80
1,8%	1,79
1,9%	1,77
2,0%	1,76
2,1%	1,74
2,2%	1,73
2,3%	1,71
2,4%	1,70
2,5%	1,69
2,6%	1,67
2,7%	1,66
2,8%	1,65
2,9%	1,63
3,0%	1,62
3,1%	1,61
3,2%	1,59
3,3%	1,58
3,4%	1,57
3,5%	1,55
3,6%	1,54
3,7%	1,53
3,8%	1,52
3,9%	1,50
4,0%	1,49
4,1%	1,48
4,2%	1,47
4,3%	1,45
4,4%	1,44
4,5%	1,43
4,6%	1,42
4,7%	1,41
4,8%	1,39
4,9%	1,38
5,0%	1,37
5,1%	1,36
5,2%	1,35
5,3%	1,34
5,4%	1,33
5,5%	1,31
5,6%	1,30
5,7%	1,29
5,8%	1,28
5,9%	1,27
6,0%	1,26
6,1%	1,25
6,2%	1,24
6,3%	1,23
6,4%	1,22
6,5%	1,21
6,6%	1,20
6,7%	1,19
6,8%	1,18
6,9%	1,17
7,0%	1,16
7,1%	1,15
7,2%	1,14
7,3%	1,13
7,4%	1,12
7,5%	1,11
7,6%	1,10
7,7%	1,09
7,8%	1,08
7,9%	1,07
8,0%	1,06

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	5	1.281,73	0,51
-40%	6	2.027,04	0,81
-30%	7	2.768,73	1,11
-20%	8	3.506,79	1,40
-10%	9	4.241,26	1,70
0%	10	4.972,15	1,99
10%	11	5.699,47	2,28
20%	12	6.423,25	2,57
30%	13	7.143,49	2,86
40%	14	7.860,23	3,14
50%	15	8.573,47	3,43

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN / Inv
-100	0,00	0,00	-2.500,00	-1,00
-95	0,05	38,37	-2.126,39	-0,85
-90	0,10	76,75	-1.752,79	-0,70
-85	0,15	115,12	-1.379,18	-0,55
-80	0,20	153,50	-1.005,57	-0,40
-75	0,25	191,87	-631,96	-0,25
-70	0,30	230,25	-258,36	-0,10
-65	0,35	268,62	115,25	0,05
-60	0,40	307,00	488,86	0,20
-55	0,45	345,37	862,47	0,34
-50	0,50	383,75	1.236,07	0,49
-45	0,55	422,12	1.609,68	0,64
-40	0,60	460,50	1.983,29	0,79
-35	0,65	498,87	2.356,90	0,94
-30	0,70	537,25	2.730,50	1,09
-25	0,75	575,62	3.104,11	1,24
-20	0,80	614,00	3.477,72	1,39
-15	0,85	652,37	3.851,33	1,54
-10	0,90	690,75	4.224,93	1,69
-5	0,95	729,12	4.598,54	1,84
0,00	1,00	767,50	4.972,15	1,99
5	1,05	805,87	5.345,76	2,14
10	1,10	844,25	5.719,36	2,29
15	1,15	882,62	6.092,97	2,44
20	1,20	921,00	6.466,58	2,59
25	1,25	959,38	6.840,19	2,74
30	1,30	997,75	7.213,79	2,89
35	1,35	1.036,13	7.587,40	3,03
40	1,40	1.074,50	7.961,01	3,18
45	1,45	1.112,88	8.334,62	3,33
50	1,50	1.151,25	8.708,22	3,48
55	1,55	1.189,63	9.081,83	3,63
60	1,60	1.228,00	9.455,44	3,78
65	1,65	1.266,38	9.829,05	3,93
70	1,70	1.304,75	10.202,65	4,08
75	1,75	1.343,13	10.576,26	4,23
80	1,80	1.381,50	10.949,87	4,38
85	1,85	1.419,88	11.323,48	4,53
90	1,90	1.458,25	11.697,08	4,68
95	1,95	1.496,63	12.070,69	4,83
100	2,00	1.535,00	12.444,30	4,98

8.3.8. MAE 8. Instalación de analizadores de red para monitorizar los consumos por equipos y usos.

MAE8	Analizadores de red
Inversión (€)	27.000
Ahorros (€/año)	3.550
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	12

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
3.550	1.350	-95%	29,58
3.550	2.700	-90%	14,29
3.550	4.050	-85%	9,19
3.550	5.400	-80%	6,64
3.550	6.750	-75%	5,12
3.550	8.100	-70%	4,10
3.550	9.450	-65%	3,37
3.550	10.800	-60%	2,82
3.550	12.150	-55%	2,40
3.550	13.500	-50%	2,06
3.550	14.850	-45%	1,78
3.550	16.200	-40%	1,55
3.550	17.550	-35%	1,35
3.550	18.900	-30%	1,18
3.550	20.250	-25%	1,04
3.550	21.600	-20%	0,91
3.550	22.950	-15%	0,80
3.550	24.300	-10%	0,70
3.550	25.650	-5%	0,61
3.550	27.000	0%	0,53
3.550	28.350	5%	0,46
3.550	29.700	10%	0,39
3.550	31.050	15%	0,33
3.550	32.400	20%	0,27
3.550	33.750	25%	0,22
3.550	35.100	30%	0,18
3.550	36.450	35%	0,13
3.550	37.800	40%	0,09
3.550	39.150	45%	0,05
3.550	40.500	50%	0,02
3.550	41.850	55%	-0,01
3.550	43.200	60%	-0,04
3.550	44.550	65%	-0,07
3.550	45.900	70%	-0,10
3.550	47.250	75%	-0,13
3.550	48.600	80%	-0,15
3.550	49.950	85%	-0,17
3.550	51.300	90%	-0,20
3.550	52.650	95%	-0,22
3.550	54.000	100%	-0,24

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de
descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	0,58
0,1%	0,57
0,2%	0,56
0,3%	0,55
0,4%	0,54
0,5%	0,53
0,6%	0,52
0,7%	0,51
0,8%	0,50
0,9%	0,49
1,0%	0,48
1,1%	0,47
1,2%	0,46
1,3%	0,45
1,4%	0,44
1,5%	0,43
1,6%	0,43
1,7%	0,42
1,8%	0,41
1,9%	0,40
2,0%	0,39
2,1%	0,38
2,2%	0,37
2,3%	0,37
2,4%	0,36
2,5%	0,35
2,6%	0,34
2,7%	0,33
2,8%	0,32
2,9%	0,32
3,0%	0,31
3,1%	0,30
3,2%	0,29
3,3%	0,29
3,4%	0,28
3,5%	0,27
3,6%	0,26
3,7%	0,26
3,8%	0,25
3,9%	0,24
4,0%	0,23
4,1%	0,23
4,2%	0,22
4,3%	0,21
4,4%	0,21
4,5%	0,20
4,6%	0,19
4,7%	0,19
4,8%	0,18
4,9%	0,17
5,0%	0,17
5,1%	0,16
5,2%	0,15
5,3%	0,15
5,4%	0,14
5,5%	0,13
5,6%	0,13
5,7%	0,12
5,8%	0,11
5,9%	0,11
6,0%	0,10
6,1%	0,10
6,2%	0,09
6,3%	0,08
6,4%	0,08
6,5%	0,07
6,6%	0,07
6,7%	0,06
6,8%	0,06
6,9%	0,05
7,0%	0,04
7,1%	0,04
7,2%	0,03
7,3%	0,03
7,4%	0,02
7,5%	0,02
7,6%	0,01
7,7%	0,01
7,8%	0,00
7,9%	-0,00
8,0%	-0,01

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	6	-6.058,54	-0,22
-40%	7	-1.943,45	-0,07
-30%	8	2.147,58	0,08
-20%	10	6.214,67	0,23
-10%	11	10.257,99	0,38
0%	12	14.277,65	0,53
10%	13	18.273,81	0,68
20%	14	22.246,60	0,82
30%	16	26.196,15	0,97
40%	17	30.122,60	1,12
50%	18	34.026,09	1,26

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN / Inv
-100	0,00	0,00	-27.000,00	-1,00
-95	0,05	177,52	-24.936,12	-0,92
-90	0,10	355,03	-22.872,23	-0,85
-85	0,15	532,55	-20.808,35	-0,77
-80	0,20	710,07	-18.744,47	-0,69
-75	0,25	887,59	-16.680,59	-0,62
-70	0,30	1.065,10	-14.616,70	-0,54
-65	0,35	1.242,62	-12.552,82	-0,46
-60	0,40	1.420,14	-10.488,94	-0,39
-55	0,45	1.597,65	-8.425,06	-0,31
-50	0,50	1.775,17	-6.361,17	-0,24
-45	0,55	1.952,69	-4.297,29	-0,16
-40	0,60	2.130,21	-2.233,41	-0,08
-35	0,65	2.307,72	-169,52	-0,01
-30	0,70	2.485,24	1.894,36	0,07
-25	0,75	2.662,76	3.958,24	0,15
-20	0,80	2.840,28	6.022,12	0,22
-15	0,85	3.017,79	8.086,01	0,30
-10	0,90	3.195,31	10.149,89	0,38
-5	0,95	3.372,83	12.213,77	0,45
0,00	1,00	3.550,34	14.277,65	0,53
5	1,05	3.727,86	16.341,54	0,61
10	1,10	3.905,38	18.405,42	0,68
15	1,15	4.082,90	20.469,30	0,76
20	1,20	4.260,41	22.533,19	0,83
25	1,25	4.437,93	24.597,07	0,91
30	1,30	4.615,45	26.660,95	0,99
35	1,35	4.792,96	28.724,83	1,06
40	1,40	4.970,48	30.788,72	1,14
45	1,45	5.148,00	32.852,60	1,22
50	1,50	5.325,52	34.916,48	1,29
55	1,55	5.503,03	36.980,37	1,37
60	1,60	5.680,55	39.044,25	1,45
65	1,65	5.858,07	41.108,13	1,52
70	1,70	6.035,58	43.172,01	1,60
75	1,75	6.213,10	45.235,90	1,68
80	1,80	6.390,62	47.299,78	1,75
85	1,85	6.568,14	49.363,66	1,83
90	1,90	6.745,65	51.427,54	1,90
95	1,95	6.923,17	53.491,43	1,98
100	2,00	7.100,69	55.555,31	2,06

8.3.9. MAE 9. Implantación de un Building Management System (BMS) como sistema de gestión y control.

MAE9	Building Management System (BMS)
Inversión (€)	47.500
Ahorros (€/año)	5.326
Tipo de Descuento (%)	0,49
Vida útil (años)	10

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación porcentual de la inversión.

Ahorro (€)	Inversión (€)	Δ Inversión (%)	VAN / Inv
5.326	2.375	-95%	20,83
5.326	4.750	-90%	9,92
5.326	7.125	-85%	6,28
5.326	9.500	-80%	4,46
5.326	11.875	-75%	3,37
5.326	14.250	-70%	2,64
5.326	16.625	-65%	2,12
5.326	19.000	-60%	1,73
5.326	21.375	-55%	1,43
5.326	23.750	-50%	1,18
5.326	26.125	-45%	0,98
5.326	28.500	-40%	0,82
5.326	30.875	-35%	0,68
5.326	33.250	-30%	0,56
5.326	35.625	-25%	0,46
5.326	38.000	-20%	0,36
5.326	40.375	-15%	0,28
5.326	42.750	-10%	0,21
5.326	45.125	-5%	0,15
5.326	47.500	0%	0,09
5.326	49.875	5%	0,04
5.326	52.250	10%	-0,01
5.326	54.625	15%	-0,05
5.326	57.000	20%	-0,09
5.326	59.375	25%	-0,13
5.326	61.750	30%	-0,16
5.326	64.125	35%	-0,19
5.326	66.500	40%	-0,22
5.326	68.875	45%	-0,25
5.326	71.250	50%	-0,27
5.326	73.625	55%	-0,30
5.326	76.000	60%	-0,32
5.326	78.375	65%	-0,34
5.326	80.750	70%	-0,36
5.326	83.125	75%	-0,38
5.326	85.500	80%	-0,39
5.326	87.875	85%	-0,41
5.326	90.250	90%	-0,43
5.326	92.625	95%	-0,44
5.326	95.000	100%	-0,45

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la tasa de descuento.

Tipo de descuento	VAN / Inv
0%	0,12
0,1%	0,12
0,2%	0,11
0,3%	0,10
0,4%	0,10
0,5%	0,09
0,6%	0,09
0,7%	0,08
0,8%	0,07
0,9%	0,07
1,0%	0,06
1,1%	0,06
1,2%	0,05
1,3%	0,04
1,4%	0,04
1,5%	0,03
1,6%	0,03
1,7%	0,02
1,8%	0,02
1,9%	0,01
2,0%	0,01
2,1%	0,00
2,2%	-0,00
2,3%	-0,01
2,4%	-0,01
2,5%	-0,02
2,6%	-0,02
2,7%	-0,03
2,8%	-0,03
2,9%	-0,04
3,0%	-0,04
3,1%	-0,05
3,2%	-0,05
3,3%	-0,06
3,4%	-0,06
3,5%	-0,07
3,6%	-0,07
3,7%	-0,08
3,8%	-0,08
3,9%	-0,09
4,0%	-0,09
4,1%	-0,10
4,2%	-0,10
4,3%	-0,10
4,4%	-0,11
4,5%	-0,11
4,6%	-0,12
4,7%	-0,12
4,8%	-0,13
4,9%	-0,13
5,0%	-0,13
5,1%	-0,14
5,2%	-0,14
5,3%	-0,15
5,4%	-0,15
5,5%	-0,15
5,6%	-0,16
5,7%	-0,16
5,8%	-0,17
5,9%	-0,17
6,0%	-0,17
6,1%	-0,18
6,2%	-0,18
6,3%	-0,19
6,4%	-0,19
6,5%	-0,19
6,6%	-0,20
6,7%	-0,20
6,8%	-0,21
6,9%	-0,21
7,0%	-0,21
7,1%	-0,22
7,2%	-0,22
7,3%	-0,22
7,4%	-0,23
7,5%	-0,23
7,6%	-0,23
7,7%	-0,24
7,8%	-0,24
7,9%	-0,24
8,0%	-0,25

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación de la vida útil de los equipos.

Variación (%)	Años	VAN (€)	VAN / Inv
-50%	5	-21.259,41	-0,45
-40%	6	-16.087,82	-0,34
-30%	7	-10.941,44	-0,23
-20%	8	-5.820,15	-0,12
-10%	9	-723,84	-0,02
0%	10	4.347,62	0,09
10%	11	9.394,36	0,20
20%	12	14.416,48	0,30
30%	13	19.414,12	0,41
40%	14	24.387,39	0,51
50%	15	29.336,41	0,62

Variación del ratio de rentabilidad de la MAE respecto a la variación del flujo actualizado del incremento porcentual positivo o negativo de los ahorros anuales.

Variación (% y unidad)		Ahorro (€)	VAN (€)	VAN / Inv
-100	0,00	0,00	-47.500,00	-1,00
-95	0,05	266,28	-44.907,62	-0,95
-90	0,10	532,55	-42.315,24	-0,89
-85	0,15	798,83	-39.722,86	-0,84
-80	0,20	1.065,10	-37.130,48	-0,78
-75	0,25	1.331,38	-34.538,09	-0,73
-70	0,30	1.597,65	-31.945,71	-0,67
-65	0,35	1.863,93	-29.353,33	-0,62
-60	0,40	2.130,21	-26.760,95	-0,56
-55	0,45	2.396,48	-24.168,57	-0,51
-50	0,50	2.662,76	-21.576,19	-0,45
-45	0,55	2.929,03	-18.983,81	-0,40
-40	0,60	3.195,31	-16.391,43	-0,35
-35	0,65	3.461,59	-13.799,04	-0,29
-30	0,70	3.727,86	-11.206,66	-0,24
-25	0,75	3.994,14	-8.614,28	-0,18
-20	0,80	4.260,41	-6.021,90	-0,13
-15	0,85	4.526,69	-3.429,52	-0,07
-10	0,90	4.792,96	-837,14	-0,02
-5	0,95	5.059,24	1.755,24	0,04
0,00	1,00	5.325,52	4.347,62	0,09
5	1,05	5.591,79	6.940,00	0,15
10	1,10	5.858,07	9.532,39	0,20
15	1,15	6.124,34	12.124,77	0,26
20	1,20	6.390,62	14.717,15	0,31
25	1,25	6.656,90	17.309,53	0,36
30	1,30	6.923,17	19.901,91	0,42
35	1,35	7.189,45	22.494,29	0,47
40	1,40	7.455,72	25.086,67	0,53
45	1,45	7.722,00	27.679,05	0,58
50	1,50	7.988,27	30.271,43	0,64
55	1,55	8.254,55	32.863,82	0,69
60	1,60	8.520,83	35.456,20	0,75
65	1,65	8.787,10	38.048,58	0,80
70	1,70	9.053,38	40.640,96	0,86
75	1,75	9.319,65	43.233,34	0,91
80	1,80	9.585,93	45.825,72	0,96
85	1,85	9.852,20	48.418,10	1,02
90	1,90	10.118,48	51.010,48	1,07
95	1,95	10.384,76	53.602,87	1,13
100	2,00	10.651,03	56.195,25	1,18