



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN, LA INDUSTRIA Y
EL TRANSPORTE**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

APLICACIÓN Y ESTUDIO MEDIDAS DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOCAL DESTINADO
A GIMNASIO

Nº REGISTRO: 131

AUTOR: Roberto Fernández Núñez

TUTOR:

Cesar Porras Amores

Universidad Politécnica de Madrid – Construcciones arquitectónicas y su control

CO-TUTOR:

Carmen Matilde Viñas Arrebola

Universidad Politécnica de Madrid – Tecnología de la edificación

Convocatoria: Junio

Madrid, junio 2023

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis supervisores de tesis, Carmen Matilde Viñas Arrebola y Cesar Porras Amores, por su guía y sus valiosos comentarios a lo largo de todo este trayecto.

Me gustaría extender este agradecimiento a mi familia y amigos por su apoyo incondicional y aliento durante toda mi estancia académica.

RESUMEN

Según el informe "Estadísticas de consumo de energía eléctrica y de producción de energía eléctrica de origen renovable"[1] publicado por la Red Eléctrica de España, el sector de la edificación representó el 31,4% del consumo total de energía en España en 2020. Respecto a la producción de CO₂, la edificación es responsable del 40[%] de las emisiones de gases de efecto invernadero. [2]

En cuanto al uso terciario de los edificios, es decir, el uso destinado a oficinas, comercios, servicios y otros usos no residenciales, representa aproximadamente el 19,4[%] del consumo total energético de España. [1]

La aplicación de mejoras de la eficiencia energética en locales de uso terciario, es cada vez más común, ya que se tratan de edificios con elevados consumos, en los cuales, con una mejora de poca inversión económica inicial, se consiguen ahorros notables que se ven en la factura de la luz.

El objetivo del presente trabajo, es estudiar medidas de eficiencia energética en un local cuya actividad actual es de gimnasio.

Los gimnasios son edificios en los cuales las facturas de la luz pueden superar los 5.000[€] mensuales, por ello, la aplicación de la eficiencia energética debe de ser primordial y de carácter vital.

Para realizar el estudio, se utilizarán diversos conocimientos adquiridos durante la duración de los estudios superiores, a su vez que se usan distintos softwares para la realización y justificación del mismo. El software principal será *DesignBuilder*. Una herramienta útil para la simulación y el análisis de medidas de eficiencia energética, ya que permite obtener resultados sobre el comportamiento térmico del edificio, simular el consumo energético y analizar el impacto producido en la integración de diferentes mejoras energética.

Palabras Clave

Eficiencia, Edificación, Gimnasio, Sector terciario

ABSTRACT

According to the "Electricity consumption and renewable electricity production statistics" [1] report published by the Spanish Electricity Network, the building sector represented 31,4[%] of the total energy consumption in Spain in 2020. With regards to CO₂ production, buildings are responsible for 40[%] of greenhouse gas emissions[2]. The tertiary use of buildings, including offices, commercial spaces, services, and other non-residential uses, represents approximately 19,4[%] of Spain's total energy consumption. [1]

Improving energy efficiency in tertiary buildings has become increasingly common due to their high consumption. Even small initial investments in energy efficiency, can result in significant savings on electricity bills. The aim of this master's thesis is to study energy efficiency measures in a gym. Gyms are buildings where electricity bills can exceed 5,000[€] per month, making energy efficiency crucial and vital.

To conduct the study, it will be used various knowledge acquired during the course of higher education, as well as different software, for its realization and justification. The main software used will be *DesignBuilder*, a useful tool for simulating and analysing energy efficiency measures. It allows for results on the thermal behaviour of the building, energy consumption simulations, and analysis of the impact produced by the integration of different energy improvements.

Keywords

Efficiency, Building, Gymnasium, Tertiary sector.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III

PARTE-1: MEMORIA

1.- RESUMEN EJECUTIVO	1
1.1.- INTRODUCCIÓN	1
1.2.- MOTIVACIÓN	2
1.3.- OBJETIVOS	3
1.4.- METODOLOGÍA	4
2.-ESTADO DEL ARTE.....	8
2.1.- CONTEXTO ENERGÉTICO	12
2.2.- CONTEXTO ENERGÉTICO EN ESPAÑA	17
2.3.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA.....	20
2.4.- MARCO NORMATIVO.....	22
3.- ANÁLISIS DEL EDIFICIO.....	24
3.1.- EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN.....	24
3.2.- SUPERFICIES	27
3.3.- CLIMATOLOGÍA	29
3.4.- ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	31
3.5.- ACTIVIDAD A DESEMPEÑAR EN EL LOCAL.....	36
3.6.- EQUIPAMIENTO.....	41
4.- DISEÑO DE LAS INSTALACIONES.....	43
4.1.- INSTALACIÓN LUMÍNICA	43

4.2.- INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	51
4.3.- INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN	63
5.- SIMULACIÓN DEL LOCAL SIN MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	68
5.1.- MODELIZACIÓN	70
5.2.- ACTIVIDAD.....	73
5.3.- ENVOLVENTE DEL EDIFICIO	77
5.4.- INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN.....	79
5.5.- SIMULACIÓN ENERGÉTICA.....	84
6.- MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	93
6.1.- PRIMERA MEDIDA: VOLADIZOS	93
6.2.- SEGUNDA MEDIDA: GREEN ROOF.....	97
6.3.- TERCERA MEDIDA: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	101
7.- ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS	105
7.1.- PRIMERA MEDIDA: VOLADIZOS	107
7.2.- SEGUNDA MEDIDA: GREEN ROOF.....	109
7.3.- TERCERA MEDIDA: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	112
8.- CONCLUSIÓN	116
9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
<u>PARTE -2: ANEXOS</u>	
<i>ANEXO 1.- PLANOS DEL GIMNASIO</i>	1
<i>ANEXO 2.- ESTUDIO LUMÍNICO</i>	3
<i>ANEXO 3.- FICHAS TECNICAS MÁQUINAS DE CLIMATIZACIÓN</i>	43
<i>ANEXO 4.- FICHAS TECNICAS MÁQUINAS DE VENTILACIÓN</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología del estudio. Elaboración propia	4
Figura 2: Superficie total inmuebles de España en m ² [4]	9
Figura 3: Consumo energía final en Base 100 del uso residencial y no residencial 1990-2018 [2]	10
Figura 4: Consumo de energía final en Base 100 del uso residencial y no residencial 2008-2018 [2]	10
Figura 5: Porcentaje del consumo de las diferentes fuentes de energía en España [2] ..	11
Figura 6: Cambio anual en porcentaje de la demanda global de energía [6]	13
Figura 7: Porcentaje de consumo de energías primarias en el mundo [6]	14
Figura 8: Comparación porcentual del consumo de las diferentes fuentes de energía...	14
Figura 9: Emisiones de carbono a nivel global [6]	15
Figura 10: Proyectos internacionales de inversión en mitigación y adaptación [7]	16
Figura 11: Consumo de energía final en España durante 2020 [2]	18
Figura 12: Estructura de la generación eléctrica en España durante 2020 y 2021 [10] .	18
Figura 13: Potencia eléctrica instalada en España de solar fotovoltaica [10]	19
Figura 14: Plano Situación del Centro Comercial [17]	24
Figura 15: Plano Situación del Local en el Centro Comercial	25
Figura 16: Plano Planta del local objeto	26
Figura 17: Orientación del local	27
Figura 18: Zona Climática Según CTE [11]	29
Figura 19: Cubierta Tipo Deck [20]	31
Figura 20: Detalle Constructivo Cubierta del Local. Elaboración propia	31
Figura 21: Fotografía del Estado Actual de la Cubierta	32
Figura 22: Detalle Constructivo de la Fachada en Contacto con el Exterior	33
Figura 23: Fotografía Interior de la Fachada en Contacto con el Exterior	34
Figura 24: Fotografía Exterior de la Fachada en Contacto con el Exterior	34
Figura 25: Fotografía del muro cortina	36
Figura 26: Plano distribución zonas interiores del gimnasio	37
Figura 27: Valores de eficiencia energética [11]	44
Figura 28: Plano de iluminación	46

Figura 29: Resultados Dialux haz lumínico	47
Figura 30: Resultados simulación lumínica gimnasio	49
Figura 31: Resultados simulación lumínica cursos colectivos	49
Figura 32: Resultados simulación lumínica cycling park.....	50
Figura 33: Resultados simulación lumínica vestuario hombres	50
Figura 34: Orientación del gimnasio para cálculo de cargas térmicas	58
Figura 35: Metodología para realizar la simulación en el software DesignBuilder	69
Figura 36: Modelización inicial del local objeto vista 1	71
Figura 37: Modelización inicial del local objeto vista 2	71
Figura 38: Modelización inicial del local objeto vista 3	72
Figura 39: Modelización inicial del local objeto vista 4	72
Figura 40: Datos introducidos en el programa: Áreas y volúmenes.....	73
Figura 41: Datos introducidos en el programa: Programación de ocupación.....	74
Figura 42: Datos introducidos en el programa: Tasas metabólicas	74
Figura 43: Datos introducidos en el programa: Vestimenta	75
Figura 44: Datos introducidos en el programa: Días festivos	75
Figura 45: Datos introducidos en el programa: Consignas de temperatura.....	75
Figura 46: Datos introducidos en el programa: Aire exterior e iluminación.....	76
Figura 47: Datos introducidos en el programa: Iluminación.....	76
Figura 48: Datos introducidos en el programa: Equipos	76
Figura 49: Datos introducidos en el programa: Huecos	78
Figura 50: Datos introducidos en el programa: Marcos de los huecos.....	79
Figura 51: Esquema general del diseño de la instalación de climatización y ventilación en la opción avanzada de DesignBuilder.....	80
Figura 52: Elementos interiores con la opción avanzada del DesignBuilder	81
Figura 53: Elementos exteriores de la climatización con la opción avanzada del DesignBuilder.....	82
Figura 54: Elementos exteriores de la ventilación en la opción avanzada del DesignBuilder.....	83
Figura 55: Elementos interiores de las zonas no climatizadas con la opción avanzada del DesignBuilder.....	83
Figura 56: Consumos desglosados en la semana más extrema en verano del 13Jul-19Jul	84

Figura 57: Cargas térmicas en la semana más extrema de verano del 13Jul-19Jul.....	85
Figura 58: Suma total de las cargas térmicas en la semana más extrema de verano del 13Jul-19Jul	86
Figura 59: Consumos desglosados en la semana más extrema en invierno del 20Ene-26Ene	87
Figura 60: Cargas térmicas en la semana más extrema en invierno del 20Ene-26Ene ..	88
Figura 61: Suma total de las cargas térmicas en la semana más extrema en invierno del 20Ene-26Ene	89
Figura 62: Consumos anuales.....	90
Figura 63: Cargas térmicas anuales	91
Figura 64: Datos introducidos en el programa: Voladizo.....	93
Figura 65: Esquema representación de los voladizos.....	94
Figura 66: Modelización con voladizos en Julio a las 12:00.....	94
Figura 67: Modelización con voladizos en Julio a las 16:00.....	95
Figura 68: Comparación con y sin voladizo de las ganancias térmicas a través de los acristalamientos durante todo el año	95
Figura 69: Comparación con y sin voladizo de los consumos en climatización durante todo el año	96
Figura 70: Datos introducidos en el programa: Cubierta vegetal.....	98
Figura 71: Modelización con la cubierta vegetal.....	99
Figura 72: Comparación con y sin cubierta vegetal de las ganancias térmicas a través de la cubierta durante todo el año.....	99
Figura 73: Comparación con y sin cubierta vegetal de los consumos en climatización durante todo el año	100
Figura 74: Datos introducidos en el programa: Módulos fotovoltaicos	102
Figura 75: Modelización con paneles fotovoltaicos en invierno.....	103
Figura 76: Modelización con paneles fotovoltaicos en verano	103
Figura 77: Generación fotovoltaica durante todo el año	104
Figura 78: Comparación de los ahorros obtenidos en las distintas medidas propuestas	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Linde Fachadas Local. Elaboración propia	26
Tabla 2: Superficies del Gimnasio. Elaboración propia	28
Tabla 3: Datos Meteorológicos del Emplazamiento [19]	30
Tabla 4: Cálculo de la ocupación usando valores marcados por el DB SI-3. Elaboración propia	39
Tabla 5: Equipamiento del local instalado	41
Tabla 6: Lúmenes en función de la actividad del gimnasio. Elaboración propia	45
Tabla 7: Potencias Alumbrado Instaladas. Elaboración propia	46
Tabla 8: Justificación del cumplimiento de la normativa lumínica	48
Tabla 9: Cuadro de ventilación. Elaboración propia	57
Tabla 10: Carga simultánea de refrigeración y calefacción del gimnasio. Elaboración propia	59
Tabla 11: Datos técnicos unidades exteriores climatización PURYP950YSNW-A	60
Tabla 12: Datos técnicos unidades interiores climatización PEFY-P250VMHS	60
Tabla 13: Datos técnico unidades interiores climatización PEFY-P200VMHS	60
Tabla 14: Datos técnicos unidades interiores climatización PEFY-P140VMHS	61
Tabla 15: Datos técnicos unidades interiores climatización PEFY-P125VMHS	61
Tabla 16: Datos técnicos unidades interiores climatización PLFY-P20VFM	61
Tabla 17: Datos técnicos unidades interiores climatización PLFY-P15VFM	62
Tabla 18: Cuadro de ventilación. Elaboración propia	63
Tabla 19: Cuadro de ventilación de las zonas climatizadas	64
Tabla 20: Tipo de ventilación en función del sistema y la zona	65
Tabla 21: Datos técnicos del recuperador MURECO 6000 EC	66
Tabla 22: Datos técnicos del recuperador MURECO 4000 EC	67
Tabla 23: Datos técnicos de la caja de ventilación CVTT-20/20	67
Tabla 24: Datos técnicos del ventilador TD-160/100	67
Tabla 25: Detalle constructivo DesignBuilder: Muro exterior	77
Tabla 26: Detalle constructivo DesignBuilder: Muro interior	77
Tabla 27: Detalle constructivo DesignBuilder: Cubierta	78
Tabla 28: Detalle constructivo DesignBuilder: Cubierta vegetal	98

Tabla 29: Coste de la primera medida implementada: Voladizos [26]	107
Tabla 30: Análisis económico de la primera medida implementada: Voladizos	108
Tabla 31: Coste de la segunda medida implementada: Cubierta vegetal [26].....	110
Tabla 32: Análisis económico de la segunda medida implementada: Cubierta vegetal	111
Tabla 33: Coste de la tercera medida implementada: Instalación fotovoltaica [26]	113
Tabla 34: Análisis económico de la tercera medida implementada: Instalación fotovoltaica	114

PARTE 1: MEMORIA

1.- RESUMEN EJECUTIVO

1.1.- INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética se ha convertido en un tema de gran relevancia en la actualidad, ya que busca promover la optimización y el uso responsable de los recursos energéticos. En este contexto, los gimnasios representan un área significativa ya que tienen consumos muy elevados en iluminación, climatización y ventilación. Sin embargo, se observa que muchos gimnasios carecen de medidas de ahorro energético, lo que resulta en consumos muy elevados y un impacto medioambiental negativo.

El objetivo de esta tesis, es abordar esta problemática y explorar la aplicación de medidas de eficiencia energética en espacios fitness.

Revisión bibliográfica

Para llevar a cabo este trabajo, se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica de artículos relacionados con la eficiencia energética en gimnasios. Los estudios previos, han aportado diferentes aspectos e ideas, para la realización de la tesis. Se destacan los siguientes:

- "Energy efficiency improvement in fitness centers through the integration of renewable energy sources" - Autor: E. Bellini, M. Chini, G. Cioccolanti, S. Pierantozzi (2019). Este artículo se centra en mejorar la eficiencia energética en centros de fitness mediante la integración de fuentes de energía renovable.
- "Energy Efficiency in Gymnasiums: Lighting and Air Conditioning" - Autor: A. Can (2017). Este artículo aborda la eficiencia energética en gimnasios con un enfoque específico en la iluminación y el aire acondicionado. Explora estrategias y medidas para mejorar la eficiencia de estos sistemas, como el uso de iluminación LED eficiente y sistemas de climatización inteligentes.
- "Energy efficiency measures for a gymnasium: A case study" - Autor: N. Boukelia, A. Boussairi, A. Hamdani (2015). Este artículo presenta un estudio de caso sobre medidas de eficiencia energética aplicadas a un gimnasio. Analiza diferentes enfoques y estrategias implementadas para mejorar la eficiencia energética en el gimnasio seleccionado, ofreciendo información sobre los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas.

- "Energy efficiency analysis of air-conditioning systems in gymnasiums" - Autor: Y. Zhang, X. Liu, Z. Su, J. Guo, Z. Wang (2016). Este artículo se enfoca en el análisis de la eficiencia energética de los sistemas de aire acondicionado en gimnasios. Examina el rendimiento de estos sistemas y propone medidas y recomendaciones para optimizar su funcionamiento y reducir el consumo de energía.

Es importante destacar que este trabajo de investigación se diferencia de los trabajos y artículos mencionados, en su enfoque general y su objetivo. En este trabajo, el local con el que se trabajará es existente, por lo cual serán medidas aplicadas exclusivamente al edificio objeto. Además, se busca abarcar un espectro amplio de medidas de ahorro, con el fin de ofrecer más información al usuario.

1.2.- MOTIVACIÓN

En el mundo actual, donde la sostenibilidad ambiental y la conservación de energía se han vuelto cruciales, la necesidad de prácticas de gestión energética eficientes es cada vez más importante.

Uno de los sectores que a menudo pasan desapercibidos son los gimnasios, pero tienen un gran potencial de mejora y optimización energética. Los centros fitness, consumen cantidades sustanciales de energía para la iluminación, climatización y ventilación. Sin embargo, a menudo se observa que estas instalaciones no están optimizadas, lo que resulta en desperdicios energéticos innecesarios y costes operativos. Esto representa una oportunidad interesante para investigar e interferir, con el fin de transformar los gimnasios en espacios sostenibles y eficientes.

La motivación principal de este trabajo fin de master, es adentrarse en el ámbito de la eficiencia energética aplicada a gimnasio y explorar posibles medidas que puedan reducir significativamente el consumo de energía sin comprometer el confort y la funcionalidad del centro. Este estudio tiene como objetivo contribuir al desarrollo de soluciones prácticas que mejoren el ahorro energético. Además, este trabajo pretende servir de guía para futuras investigaciones, detectando cuales son los impactos mayoritarios y como se pueden mitigar.

A través de esta investigación, se pretende arrojar luz sobre tecnologías que puedan mejorar el rendimiento energético del local objeto. Los hallazgos no solo proporcionarán conocimientos útiles a los operadores y administradores de gimnasio, sino que también servirá de guía para crear espacios fitness eficientes en un futuro.

Al unir la eficiencia energética y los gimnasios, esta tesis de master tiene el potencial de generar un impacto positivo tanto en el medio ambiente, como en el resultado económico de estas instalaciones propuestas.

1.3.- OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto es estudiar, mediante la herramienta *DesignBuilder* el comportamiento energético de un gimnasio existente, y aplicar medidas de eficiencia energética para mejorar y conseguir ahorros económicos y energéticos sobre el consumo total del edificio, que sean viables y rentables. Para ello se utilizarán los conocimientos adquiridos durante la duración de la formación superior.

Los objetivos específicos son:

- Estudiar el local objeto y recabar toda la información necesaria para realizar el estudio.
- Diseño de la instalación lumínica cumpliendo con la normativa y los requerimientos del cliente, mediante el uso del software *Dialux EVO*.
- Diseño de la instalación de climatización. Se utilizará el software CLwin para el cálculo de la demanda térmica del gimnasio y se elegirán las máquinas, teniendo en cuenta, que el sistema elegido por el cliente se trata de una instalación de caudal variable (VRV).
- Diseño de la instalación de ventilación. Se diseña la instalación de ventilación conforme la normativa.
- Modelización y estudio del local en la situación inicial, e interpretación de los resultados obtenidos de los consumos y las ganancias térmicas.
- Implantación y estudio de instalación de voladizos en la fachada acristalada. Se interpretarán los resultados obtenidos.

- Implantación y estudio de instalación de cubierta vegetal. Se interpretarán los resultados obtenidos.
- Implantación y estudio de instalación fotovoltaica. Se interpretarán los resultados obtenidos.
- Estudio de la viabilidad económica de las medidas propuestas.

1.4.- METODOLOGÍA

El trabajo presenta seguirá durante toda la memoria la siguiente metodología de estudio presenta en la figura 1.



Figura 1: Metodología del estudio. Elaboración propia

Análisis del edificio objeto

En primer lugar, se tiene que recopilar toda la información que se tiene del local a estudiar. Para ello se presentarán los datos de partida.

El objetivo de esta primera parte se tratará en presentar la situación y el emplazamiento del edificio. En cuanto a la orientación, el local estudio se trata de un edificio ya construido, es por ello, que la orientación óptima no se podrá tener en cuenta.

En segundo lugar, se presentarán los planos de distribución y superficie del local, definiendo en detalle áreas y uso de cada una de las salas las cuales comprenden el gimnasio.

A continuación, se realizará un estudio del clima donde el local está emplazado, con objetivo de conocer y aplicar las medidas de mejora de la manera más eficiente y efectiva posible.

Para esta recogida de datos se van a usar las siguientes herramientas:

- Zonas climáticas del Código Técnico de la Edificación
- Aemet (Agencia Estatal de Meteorología)

Las simulaciones usan la base de datos con la que cuenta el simulador por defecto para la localidad de Torrejón. Esta información se pondrá en manifiesto y contrastará con los valores reales de nuestra localización.

Uno de los factores más importantes en la eficiencia energética, son los cerramientos, es decir, las características constructivas del edificio, por ello, se detallarán las diferentes hojas y tipos que nos encontramos en el local para una mejor comprensión y aplicación de medidas de ahorro energético.

Otro punto importante en este análisis inicial es la actividad la cual se va a desempeñar en el local, en este caso, una actividad recreativa para realizar actividades deportivas.

Finalmente, de definirá el equipamiento necesario para desarrollar la actividad, es decir, los aparatos para realizar la actividad física.

Diseño de instalaciones

Uno de los factores primordiales en la edificación terciaria son los sistemas de iluminación, climatización, ventilación y agua caliente sanitaria, debido al porcentaje tan grande que suponen en el consumo de energía eléctrica. Por ello, se realizará un diseño de cada uno de ellos.

El estudio lumínico se diseñará de forma que se pueda realizar la actividad de manera que se cumplan los requisitos impuestos por la normativa actual española.

El software elegido se trata de Dialux, un programa de libre acceso que permite planificar y diseñar la iluminación en espacios interiores y exteriores.

Para el estudio climático, se realizará un estudio para el cálculo de las cargas térmicas del local objeto para la posterior elección de las máquinas de climatización.

El software elegido para este cálculo será el CLwin, en el cual, se definirán los cerramientos y todos los elementos que puedan actuar sobre el cálculo, con objetivo de tener un estudio lo más preciso posible.

En cuanto al diseño de la ventilación, se calcularán los caudales de ventilación que tendremos en cada una de las salas que conforman el local, ya que depende en gran manera del tipo de actividad que se desarrolla en cada una de ellas, y se elegirá un sistema acorde con el local objeto.

Simulación energética sin eficiencia energética

El programa elegido para realizar la simulación energética del edificio es *DesignBuilder*. La metodología que se seguirá para el estudio será la siguiente:

- Introducción de los datos de partida y los calculados en los apartados anteriores, como son, el estudio lumínico, climático, tipo de actividad, etc...
- Simulación energética del estado actual, sin medidas de eficiencia energética.
- Interpretación de los resultados.

Simulación energética con eficiencia energética

En esta parte del estudio se estudiarán diferentes medidas de mejora de la eficiencia energética del edificio, simulándose en el software de manera correcta, con fin de interpretar y estudiar los resultados obtenidos.

Las medidas propuestas a estudio son las siguientes:

- Voladizos
- Cubierta vegetal
- Instalación fotovoltaica

Las implantaciones de las medidas propuestas, se estudiarán únicamente con las herramientas ofrecidas por *DesignBuilder*.

Estudio económico

En esta parte de la memoria se realizará un estudio económico de los costes que conllevan cada una de las medidas comentadas anteriormente.

También se realizará un estudio de la rentabilidad y viabilidad de las mejoras usando el cálculo del valor actual y neto y la tasa de amortización que suponen las medidas de mejora de la eficiencia energética.

Conclusiones

Se concluirá la memoria con las conclusiones obtenidas de todo este estudio, resumiendo los resultados.

2.-ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, el consumo energético representa un punto muy importante a tener en cuenta en todos los sectores, desde el uso residencial, la industria, como el terciario. El uso de la energía es un pilar sobre el que se han establecido las bases y el desarrollo de la sociedad, es por ello, que la economía de un país está íntimamente ligada al uso correcto de este recurso tan necesario.

La energía ha dejado de ser un bien exclusivo. La demanda crece directamente proporcional al avance tecnológico y económico de un país. Este aumento lleva consigo a que se comience a hablar sobre la eficiencia energética y las energías renovables.

Le eficiencia energética significa consumir menos energía manteniendo un nivel equivalente de actividades o prestaciones económicas. [3]

Se trata de un aspecto esencial para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador; y de transición a economías que usen eficazmente los recursos de los que se disponen. La eficiencia energética no solo garantiza reforzar la seguridad del abastecimiento energético, sino que también, contribuye a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, así como, sustancias contaminantes.

Alrededor del 40[%] del consumo de energía en los países de la Unión Europea se realizan en el ámbito de la edificación tanto a nivel residencial como terciario. También, este sector es responsable del 30[%] de las emisiones de dióxido de carbono.

En España, la situación es prácticamente igual que en el resto de países miembros de la UE, a excepción de que el parque edificado actual está obsoleto energéticamente hablando.

En la siguiente tabla, se recogen los m² construidos en el parque edificado español. Se puede diferenciar entre los metros cuadrados construidos en el uso residencial, y en el uso terciario, usando la base de datos de datos del Catastro de 2017.

SUPERFICIE TOTAL DE INMUEBLES POR USOS Y DÉCADA DE CONSTRUCCIÓN (en 1000 m ²)													
	Antes de 1900	1900-1920	1921-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2001	2002-2011	Desde 2012 (*)	Otros (**)	Total (en 1000 m ²)
RESIDENCIAL													3.424.424
V - Residencial	87.006	238.050	167.032	114.876	174.529	355.304	528.391	431.298	580.866	686.847	46.568	13.658	3.424.424
NO RESIDENCIAL													2.229.342
TERCIARIO, SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS													998.555
O - Oficinas	840	2.141	2.225	2.265	3.100	9.241	16.437	12.045	26.962	38.881	2.919	238	117.293
C - Comercial	1.717	5.058	5.011	3.823	7.712	26.187	37.971	31.546	50.226	60.724	7.957	1.169	239.102
K - Deportivo	417	1.652	1.511	2.140	7.945	15.981	25.909	31.156	61.665	68.214	7.650	1.193	225.432
T - Espectáculos	2.443	4.158	4.541	3.859	7.947	15.855	21.395	14.835	16.910	17.486	2.804	343	112.574
G - Ocio y Hostelería	1.115	2.531	1.964	1.311	3.951	12.816	15.335	17.213	22.971	23.446	2.064	2.139	106.857
Y - Sanidad y Beneficiencia	642	1.541	1.628	1.753	2.954	4.239	8.477	5.648	8.756	16.989	2.893	445	55.966
E - Cultural	2.443	4.158	4.541	3.859	7.947	15.855	21.395	14.835	16.910	17.486	2.804	343	112.574
R - Religioso	5.938	8.047	3.017	1.709	1.734	1.655	1.639	1.133	2.125	1.124	232	403	28.755
INDUSTRIAL													753.540
I - Industrial	13.598	36.341	22.257	20.720	33.628	71.855	123.055	91.066	145.361	174.139	15.112	6.409	753.540
ALMACÉN - ESTACIONAMIENTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	358.297
A - Almacén - Estacionamiento	2.059	7.334	4.614	3.389	5.592	18.318	47.721	49.880	93.832	117.785	6.675	1.099	358.297
OTROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118.951
M - Obras de urb. y jard., sin ed	1.099	2.197	1.116	545	1.158	3.778	2.011	2.617	5.122	8.097	1.213	2.350	31.303
P - Edificio singular	1.695	3.600	2.565	2.981	2.635	2.096	3.661	4.220	5.706	6.724	1.628	285	37.795
B - Almacén agrario	0	0	1	7	1	4	8	5	15	6	0	11	58
J - Industrial Agrario	1	10	6	8	58	56	164	124	148	107	29	56	766
Otros	674	2.091	1.234	1.366	2.050	3.943	9.729	6.375	10.174	9.889	831	672	49.029

(*) Incluye los inmuebles cuyo año de construcción es 2012 ó 2013.
 (**) Se ha considerado "Otros" aquellos inmuebles cuyo año de construcción es cero, o bien posterior a 2013.

Figura 2: Superficie total inmuebles de España en m² [4]

Como se puede observar la superficie construida para la edificación es bastante elevada, de ahí la importancia que tiene en cuanto a consumo de energía.

El sector de la edificación, en España, según los datos proporcionados por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), supone aproximadamente el 30[%] del consumo de energía total. El sector residencial fue un 17,2[%], mientras que el sector terciario un 12,5[%]. [4]

Pese a la diferencia que encontramos entre la superficie edificada residencial y la terciaria, siendo esta primera bastante más elevada, el consumo de energía total es prácticamente igual. Esto es debido a la gran cantidad de recursos que se necesita para climatizar este tipo de locales debido a su uso y las superficies que se barajan normalmente.

En las siguientes figuras podemos observar la evolución del consumo de energía final a largo plazo (1990-2018) y a corto (2008-2018), en Base 100 de ambos sectores, para poder observar con claridad el crecimiento de estos y a su vez en cuales se han ido aplicando medidas de eficiencia energética.

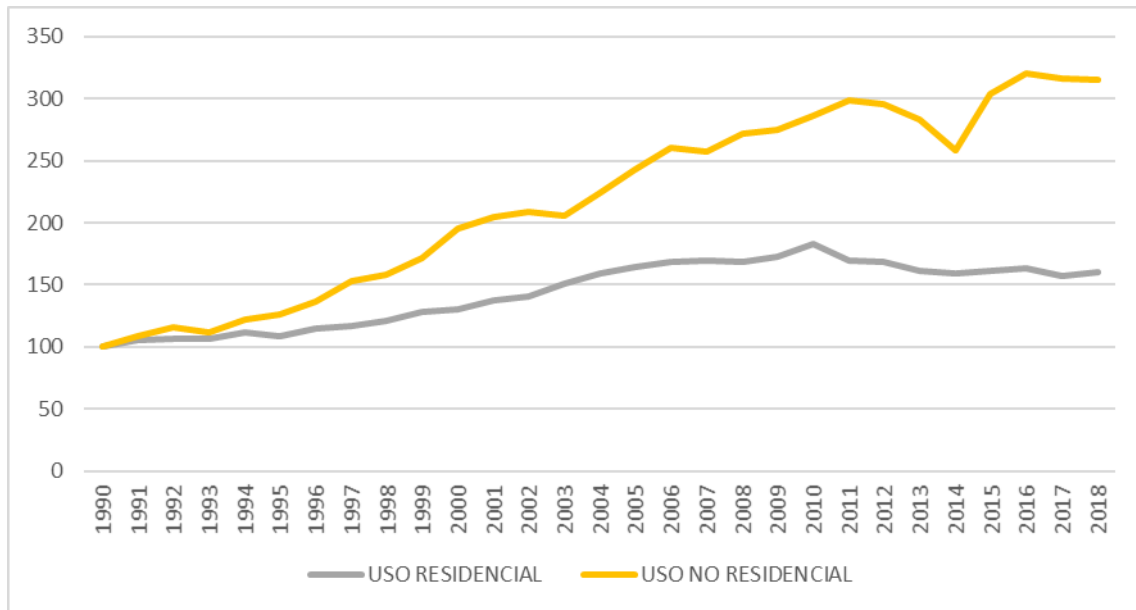


Figura 3: Consumo energía final en Base 100 del uso residencial y no residencial 1990-2018 [2]

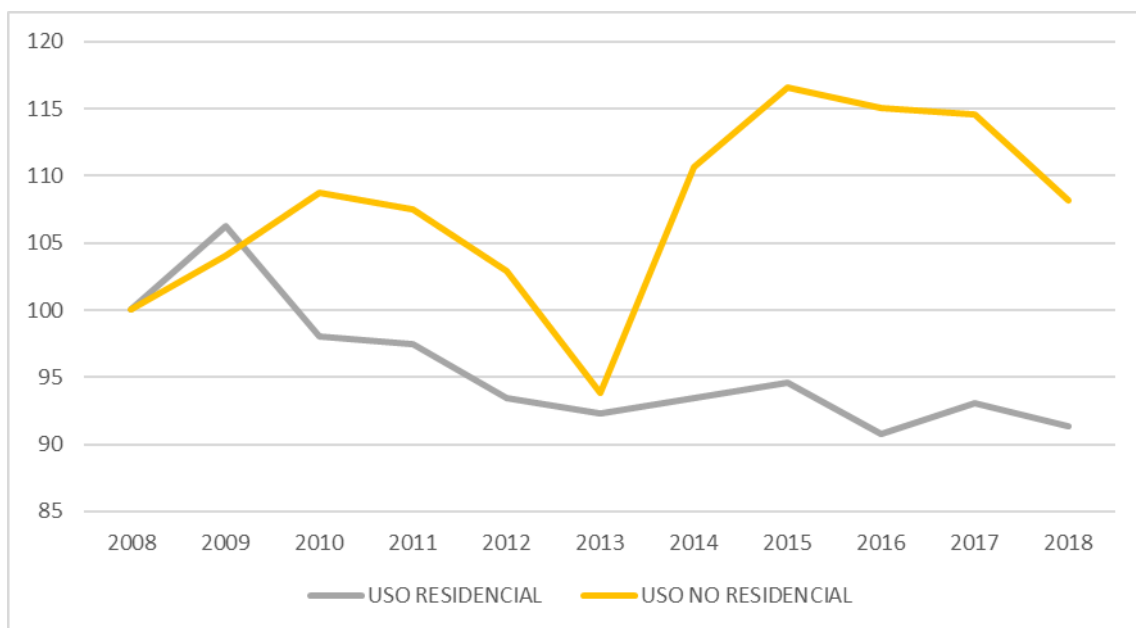


Figura 4: Consumo de energía final en Base 100 del uso residencial y no residencial 2008-2018 [2]

Como se puede observar en las figuras 3 y 4, el consumo de energía se ha ido incrementando durante estos años considerablemente, a excepción del periodo de tiempo comprendido entre los años 2010 y 2014, que, debido a la crisis, el ámbito de la edificación cayó considerablemente.

En estos últimos años, el comportamiento ha sido diferente a lo que se venía acostumbrando. La edificación consiguió una reducción de -12.871[GWh], favorablemente en el sector residencial -24.391[GWh]), y negativamente en el sector terciario 11.541[GWh].

El sector terciario, tiene como fuente principal de consumo la energía eléctrica. En la siguiente figura 5 podemos observar detalladamente los tipos de fuentes usadas y su evolución porcentual de consumos.

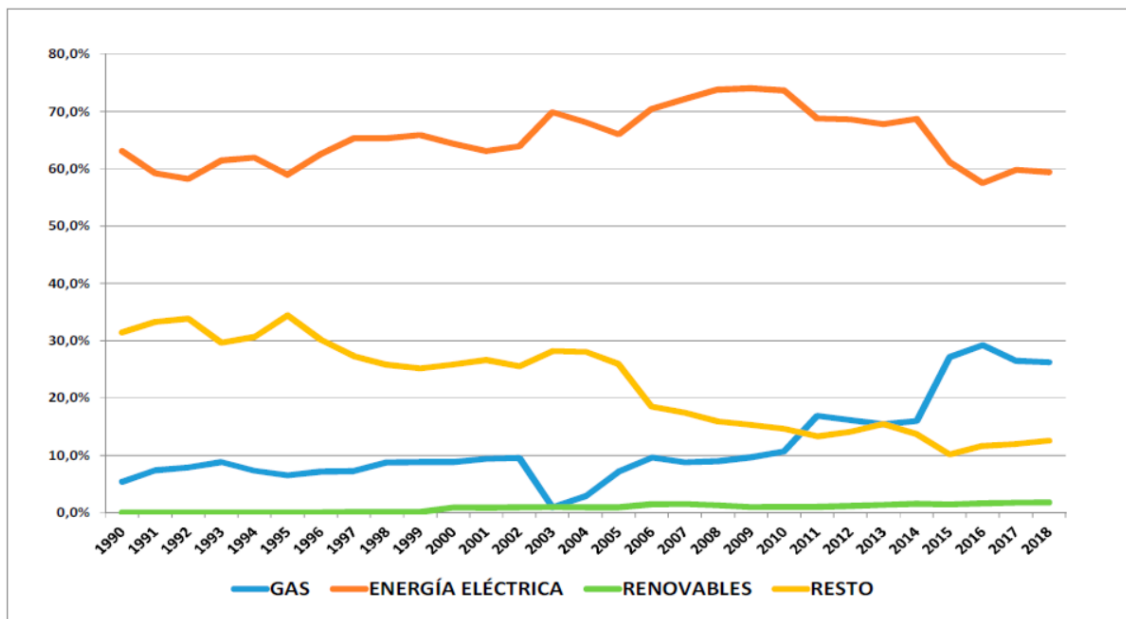


Figura 5: Porcentaje del consumo de las diferentes fuentes de energía en España [2]

En este ámbito, se puede ver que el peso de las energías renovables, es prácticamente cero, es por ello que el desarrollo y la implantación de este tipo de fuentes de energía, es un punto donde conseguir mejoras importantes.

2.1.- CONTEXTO ENERGÉTICO

Durante las últimas décadas ha habido cuatro crisis económico-energéticas en los años 1973, 1979, 1993 y 2008, pese a ello, a principio de los años setenta, estas circunstancias sirvieron para dar los primeros pasos en la reducción de la dependencia energética y la mejora de la eficiencia en todos los sectores. Comenzó con la formalización de una serie de reuniones y tratados con el objetivo de dar a conocer la importancia y los efectos negativos de la emisión descontrolada de gases de efecto invernadero.

En 1974, después de la crisis petrolera del año anterior, se creó la AIE (Agencia Internacional de la Energía). El objetivo de esta organización era coordinar las políticas energéticas de los países pertenecientes, buscando energías confiables, asequibles y limpias. Esta agencia está formada por países de todo el mundo como: Estados Unidos, España, Irlanda, Turquía, etc. [5]

A su vez, en el año 2007, se firma del Tratado de Lisboa, donde países de la Unión Europea establecen objetivos básicos para el año 2020, formándose así la Estrategia Europa 2020 cuya prioridad era lograr un crecimiento eficaz, sostenible e inteligente en los países miembros.

Más tarde, en el año 2015, se aceptó el Marco sobre el Clima y Energía de la UE para 2030. En él se establecen nuevos objetivos para los países miembros.

Todos estos marcos energéticos son los que están marcando la agenda energética actual, las cuales, se centran en la descarbonización, las energías renovables y en la eficiencia energética. [5]

Panorama energético en el mundo

Durante las últimas décadas, el panorama energético se ha visto siempre en continua expansión y bastante estable, hasta el año del 2019/2020.

La pandemia azotó el mundo creando una crisis humanitaria. Todo esto fue seguido de unas pérdidas económicas sin precedentes. Se estima que el PIB mundial cayó más del 3,5 [%], la mayor caída desde la Gran Depresión. El FMI (Fondo Monetario Internacional) estima que aproximadamente 100 millones de personas se han visto empujadas a la pobreza como resultado del virus. [6]

Las cicatrices económicas de la pandemia han afectado al panorama energético. Según la Statistical Review of World Energy 2021 [6], debido a la pandemia, durante el año 2020 la demanda energética a nivel global ha caído un 4,5 [%]. Es la recesión más alta desde la Segunda Guerra Mundial, conducido por la caída en la demanda de petróleo y por el confinamiento en casas que sufrió la población.

Global energy demand: actual versus predicted

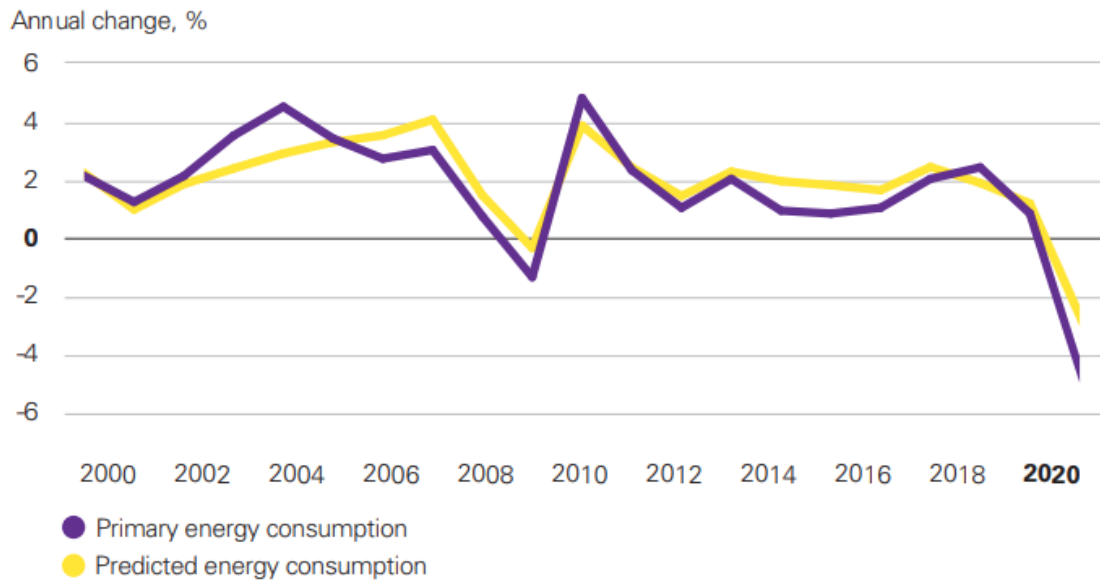


Figura 6: Cambio anual en porcentaje de la demanda global de energía [6]

Como se puede ver en la figura anterior, la demanda energética global, durante los últimos veinte años, se ha mantenido en constante crecimiento a excepción de la crisis de 2008 y de la pandemia.

En cuanto a las fuentes de energía consumidas, la situación no ha variado mucho en las últimas décadas, como se puede observar en la figura 7.

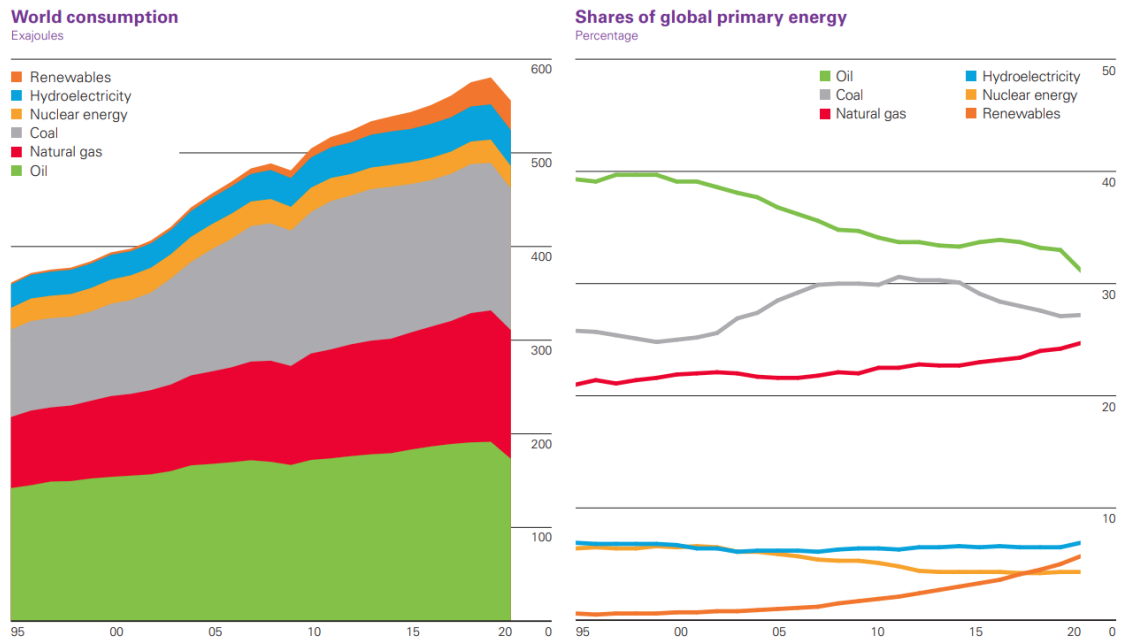


Figura 7: Porcentaje de consumo de energías primarias en el mundo [6]

El petróleo, el carbón y el gas, siguen siendo las más consumidas a día de hoy, aunque se puede apreciar un ligero descenso, que puede ser ocasionado por las restricciones de movilidad impuestas en los diferentes países. Aun así, la tendencia a nivel global de la utilización de estas fuentes de energía, es ir reduciendo el consumo poco a poco.

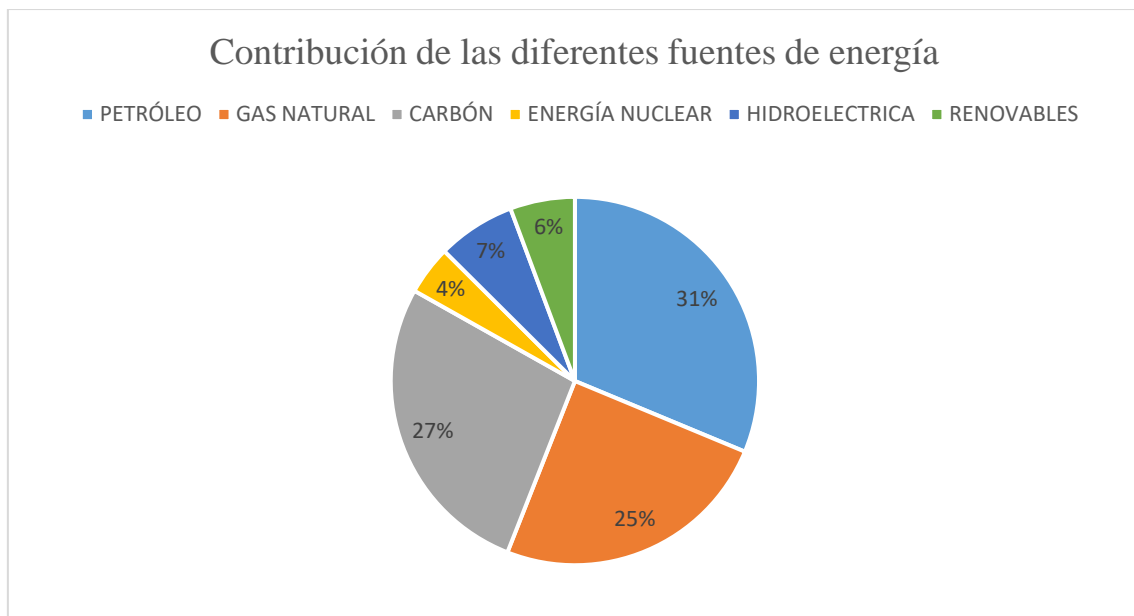


Figura 8: Comparación porcentual del consumo de las diferentes fuentes de energía

Respecto al uso de energías renovables, se puede ser positivo. Se observa que el crecimiento es cada vez más notable, superando incluso a la energía nuclear. En cambio,

el carbón sigue siendo la mayor fuente, para la generación de la energía eléctrica a nivel global, lo que es un motivo de preocupación. En su conjunto, los combustibles fósiles representan el 83 [%] de la energía primaria consumida. La parte restante, sigue teniendo a día de hoy cifras bastante bajas, pero se estima que poco a poco, su importancia en la matriz energética sea mayor.

Con la figura anterior se deja patente la necesidad del crecimiento y el estudio de las energías renovables, tanto en el ámbito de la edificación, la industria, como el transporte.

Debido a los acontecimientos que han ocupado estos últimos años, las emisiones de carbono han disminuido considerablemente, pero esto no es más que un mero hecho ocasionado por el parón colectivo que sufrió el mundo durante los años 2019-2020.

IEA's 2015 World Energy Outlook and carbon emissions

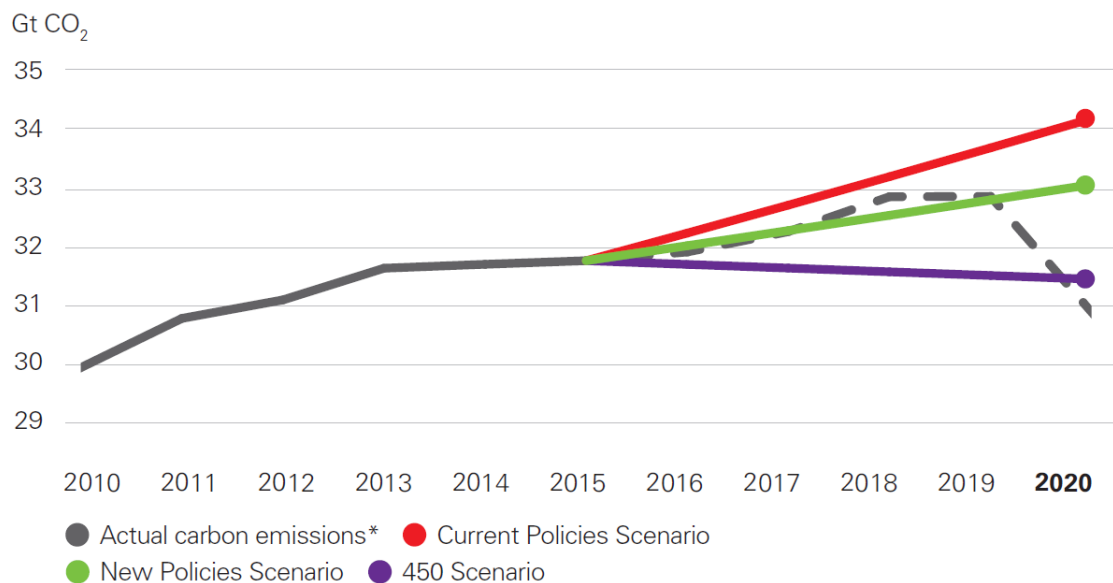


Figura 9: Emisiones de carbono a nivel global [6]

Si se observa detenidamente la figura anterior, se observa claramente que las emisiones de dióxido de carbono han disminuido hasta el punto, que actualmente se encuentran por debajo del límite establecido en el escenario 450, el cual marca los niveles de CO₂ que se deben ir adquiriendo para llegar al tope fijado de 450 partes por millón de dióxido de carbono en la atmósfera. Realmente esto no refleja la realidad, ya que, a partir de estos conflictivos años, la actividad volvió a reestablecerse, volviendo a las emisiones a las que estábamos acostumbrados.

Las políticas actuales solo consiguen que la emisión de estos gases de efecto invernadero sean cada vez más elevadas, hasta el punto de no retorno, en el cual ya no habrá nada que hacer. Es por ello, que a día de hoy la visión generalizada sigue siendo pesimista, pero aún hay solución, como el uso de la eficiencia energética.

En el panorama actual, las energías renovables y los proyectos de integración de eficiencia energética, representan una gran parte de las inversiones que se hacen en todo el mundo. Los proyectos son muy variados, desde la investigación de nuevas energías renovables, como tecnologías que contribuyan a la reducción de emisiones de efecto invernadero.[6]

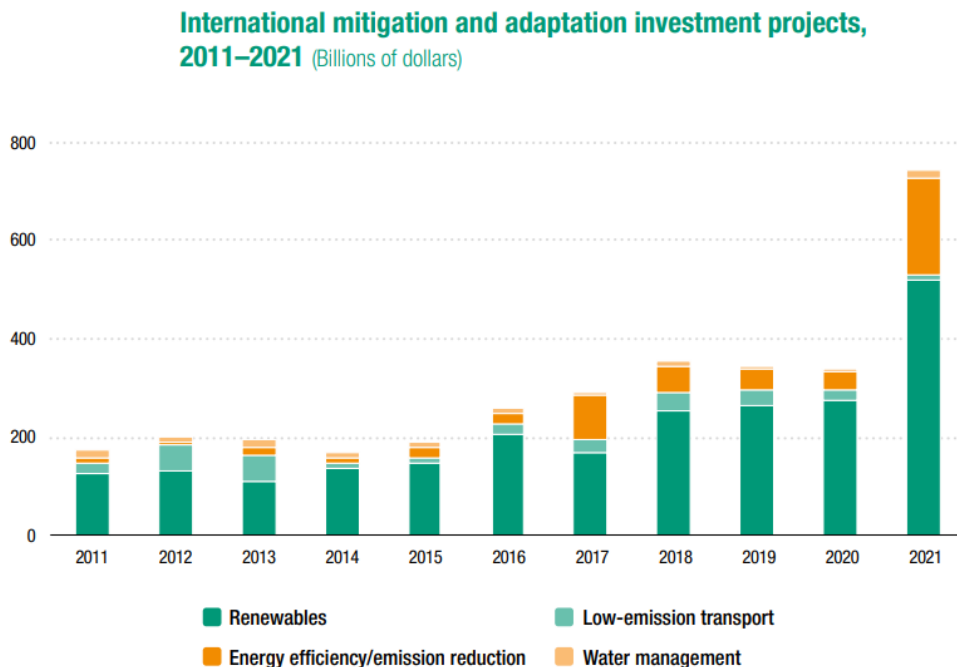


Figura 10: Proyectos internacionales de inversión en mitigación y adaptación [7]

Las cantidades invertidas a lo largo de estos últimos años, representan claramente la tendencia en todo el mundo al uso de las energías renovables.

Se puede observar un gran aumento en la inversión en medidas de eficiencia energética, que, hasta ahora, estaba en un segundo plano, pero que ha pasado a convertirse en el 30[%] de la inversión total en el sector energético renovable, alrededor de 200 billones de dólares.

En definitiva, la tendencia a nivel global son las energías renovables y la eficiencia energética.

2.2.- CONTEXTO ENERGÉTICO EN ESPAÑA

El marco de la política energética española está determinado por la Unión Europea, que, a su vez, depende de los requerimientos aprobados en el Acuerdo de París alcanzado en 2015 para superar el reto de la crisis climática en la que el mundo está envuelto.[8]

El objetivo de estos acuerdos, las metas principales a conseguir en 2030 son las que se recogen a continuación:

- 40[%] de reducción de los gases de efecto invernadero respecto a 1990.
- 32[%] de renovables sobre el cómputo total de energía final bruta.
- 32,5[%] de mejora de la eficiencia energética.[8]

Más tarde, la Unión Europea acordó en 2018, un nuevo objetivo a largo plazo, a fin de conseguir una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra en 2050. Una de las medidas que se demandaba es la realización de cada estado miembro, de un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), en la cual, se presentarán cada dos años informes sobre el progreso.[9]

Uno de los puntos clave del PNIEC español, es la eficiencia energética. Se prevé un aumento en porcentaje del 3,5[%] anualmente hasta el 2030, consiguiendo un aumento general del 39,5[%], superior a lo marcado para ese año. Otro objetivo a largo plazo, es convertir a España en un país neutro en carbono en 2050. El plan a medio plazo es reducir con respecto a 1990, una reducción de las emisiones de, al menos, el 20[%] en 2030. En principio, las medidas contempladas en el plan nacional, conseguirían alcanzar un 23[%] de mitigación. [9]

Panorama energético español

Al igual que en el resto del mundo, el panorama energético español se vio influenciado por la pandemia.

En cuanto al consumo de energía final, España debido a su situación estratégica, tanto a nivel marítimo como a nivel de carreteras, se trata de un país donde el transporte tiene un gran impacto, es por ello que los productos petrolíferos son con diferencia el producto más consumido.

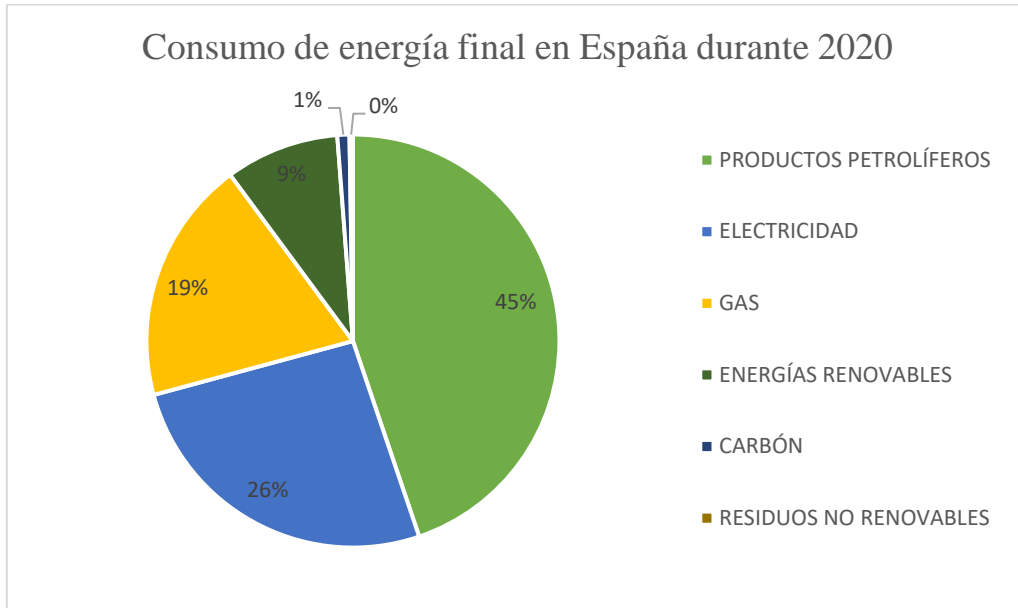


Figura 11: Consumo de energía final en España durante 2020 [2]

Como se puede observar en la gráfica mostrada anteriormente, durante el año 2020, en el cuál, el transporte seguía bastante influenciado por la pandemia, los productos petrolíferos, seguían siendo casi el 50 [%] del consumo de energía final.

La electricidad en España, sigue en continua renovación hacia las energías renovables marcado por las políticas energéticas. Según los datos proporcionados por Red Eléctrica Española, la producción mediante el uso de energías limpias, es casi el 50 [%] de la producida en toda la península. [10]

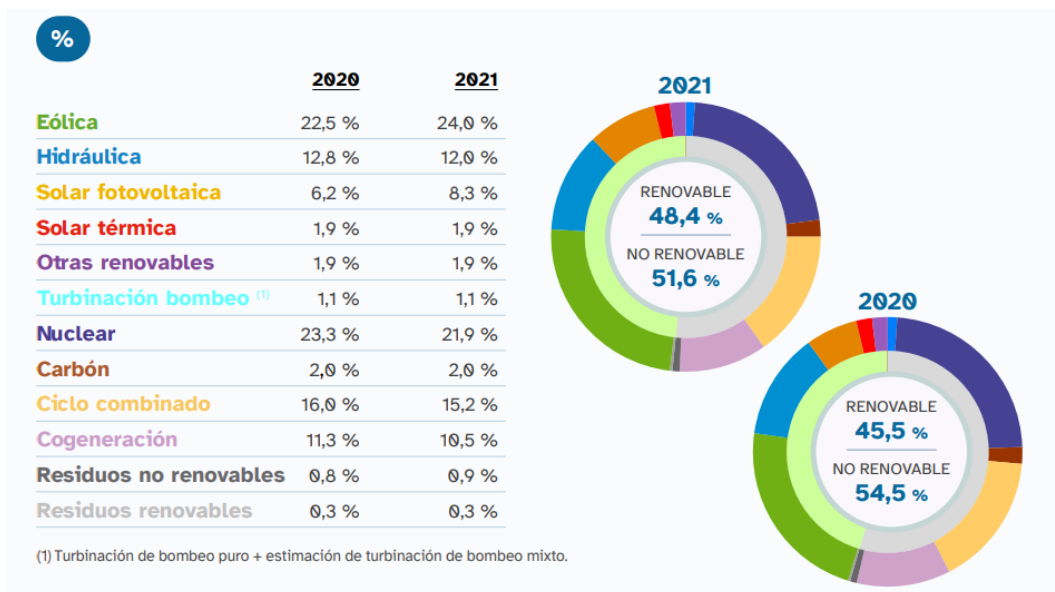


Figura 12: Estructura de la generación eléctrica en España durante 2020 y 2021 [10]

Las energías renovables tienen un gran peso en la producción a nivel nacional, aumentándose prácticamente un 3[%] cada año. Esto es un buen motivo para ser positivo.

La energía solar fotovoltaica no tiene un peso muy grande en la gráfica manejada anteriormente, cosa que cambia por completo en el 2022. Aun no se tienen los datos exactos de la producción mediante este tipo de fuente de energía, pero se estima que, a finales de año, la potencia instalada pasará de 20.945 [GWh] a finales del año 2021, hasta 21.001 [GWh] en 2022.

Potencia eléctrica instalada de solar fotovoltaica

Sistema eléctrico nacional 2015-2021 | En MW

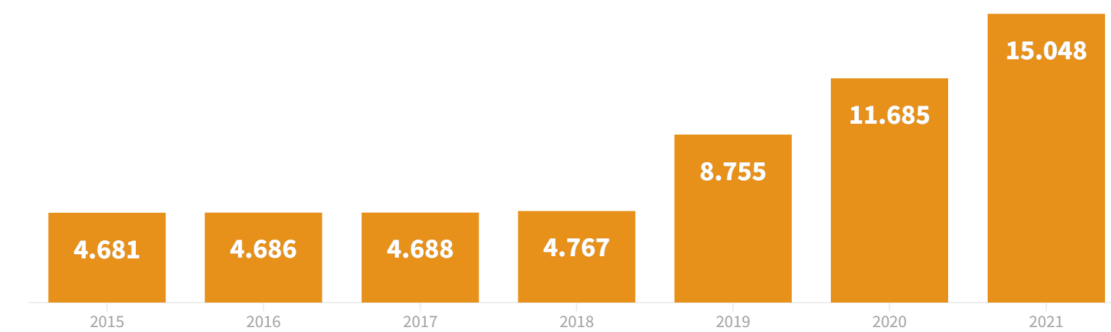


Figura 13: Potencia eléctrica instalada en España de solar fotovoltaica [10]

Además, la fotovoltaica, en septiembre de 2022, es responsable de casi el 11[%] de la energía eléctrica que se ha generado en España.

2.3.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

La eficiencia energética se está convirtiendo en un tema de gran importancia a nivel global debido a su papel clave en la consecución de un futuro sostenible y en la lucha contra el cambio climático. En España, se ha prestado atención a la eficiencia energética como una prioridad en la política energética del país en las últimas décadas.

Para mejorar la eficiencia energética en diferentes sectores, se han implementado una variedad de medidas, como programas de renovación energética de edificios existentes, promoción de vehículos más eficientes, o la optimización del uso de energía en edificios de gran consumo como pueden ser las industrias. Además, existen regulaciones que aseguran que los nuevos edificios cumplan con estándares de eficiencia energética y se fomenta el uso de energías renovables y las prácticas más eficientes, un ejemplo puede ser el Documento Básico HE Ahorro de energía del Código Técnico en la Edificación. En él se implantan medidas de obligado cumplimiento para los edificios de nueva construcción, como la contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria la cual debe de ser superior al 70[%]. [11]

En cuanto a los programas de renovación energética que han sido implementados cabe destacar los siguientes:

- Programa de Rehabilitación de Viviendas de Protección Oficial. Este programa tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética de las viviendas de protección oficial en España.
- Programa de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE). Este programa está dirigido a edificios públicos y privados. Su objetivo es mejorar la eficiencia energética de los edificios y reducir su consumo.
- Programa de Eficiencia Energética en el Sector Residencial (PEER). Este programa tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética de los edificios residenciales, promoviendo la renovación y la utilización de tecnologías más eficientes.
- Plan Nacional de Rehabilitación de Edificios (PNRE). Este plan tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética de los edificios en España y fomentar la renovación energética de los edificios.

Se espera que estas medidas continúen impulsando la eficiencia energética en España en el futuro, ayudando a reducir las emisiones de gases invernadero y a un uso más sostenible de la energía.[5]

2.4.- MARCO NORMATIVO

El marco normativo es un aspecto fundamental a considerar en cualquier trabajo que aborde temas relacionados con la eficiencia energética y la construcción. Es necesario conocer en detalle la normativa vigente para poder diseñar y proponer soluciones eficientes que cumplan con los requisitos legales. En el caso de estudio se toman en consideración las siguientes.

- CTE HE[11]: Código Técnico de la Edificación. Parte HE (Ahorro de Energía). Esta normativa establece los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios de nueva construcción y aquellos que se sometan a procesos de rehabilitación.
 1. HE0: Procedimiento básico para la certificación energética de edificios.
 2. HE1: Limitación de la demanda energética.
 3. HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
 4. HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
 5. HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
 6. HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.
 7. HE6: Calidad del aire interior.
- RITE[12]: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Esta normativa establece los requisitos y las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios, incluyendo las dedicadas a la climatización y el suministro de agua caliente sanitaria. El objetivo es garantizar la seguridad, la salud y el bienestar de las personas, así como la eficiencia energética.
- DB SI[13]: Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio. Este documento forma parte del CTE y establece las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio que deben cumplir los edificios, incluyendo los requisitos de protección frente al fuego de las estructuras, las instalaciones y los elementos constructivos. El objetivo es garantizar la seguridad de las personas en caso de incendio.
- Ley 8/2013, de 26 de junio[14], de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas. Esta ley establece las medidas y las estrategias para la rehabilitación de

edificios y la regeneración urbana, incluyendo la mejora de la eficiencia energética.

- UNE-EN 12464-1[15]: Esta normativa establece los requisitos de iluminación en lugares de trabajo y espacios públicos en interiores. Proporciona valores mínimos de iluminación necesarios para realizar tareas visuales y garantizar el confort visual y la salud de los ocupantes.
- UNE-EN 12193[16]: Establece los requisitos de iluminación para instalaciones deportivas. Define los niveles mínimos de iluminación necesarios para la práctica deportiva segura y efectiva, teniendo en cuenta el tipo de actividad deportiva y el nivel de competencia. Además, se establecen requisitos específicos para la uniformidad de la iluminación y la ausencia de deslumbramiento.

3.- ANÁLISIS DEL EDIFICIO

3.1.- EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN

El local objeto de estudio se encuentra situado en el Centro Comercial Oasis, en el término municipal de Torrejón de Ardoz, colindante con la Base Aérea de Torrejón y el polígono industrial Casablanca.

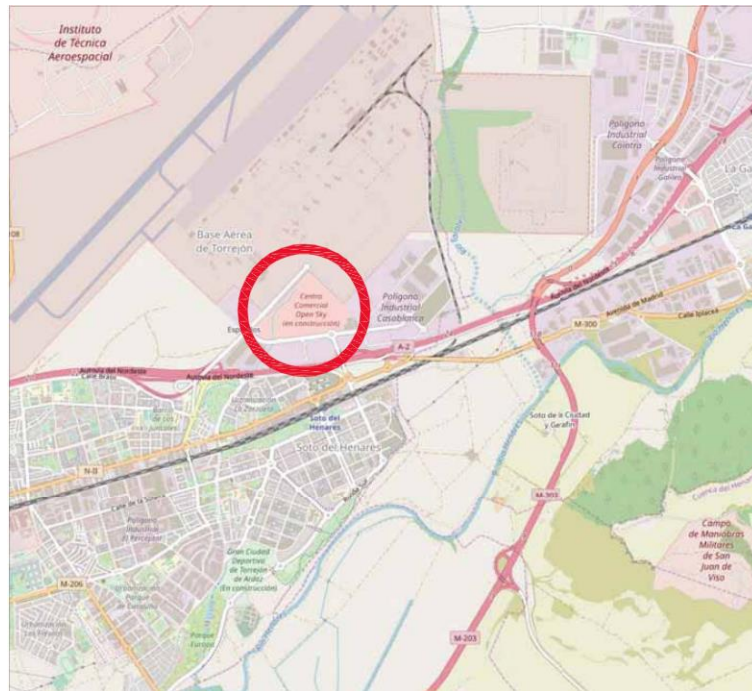


Figura 14: Plano Situación del Centro Comercial [17]

El gimnasio, se encuentra situado en la zona más al norte del centro comercial. Sus coordenadas son las siguientes:

- Latitud: 40° 28' 16"N
- Longitud: 3° 26' 37"W
- Altitud: 590 [m]

Datos obtenidos mediante Google Earth. [18]

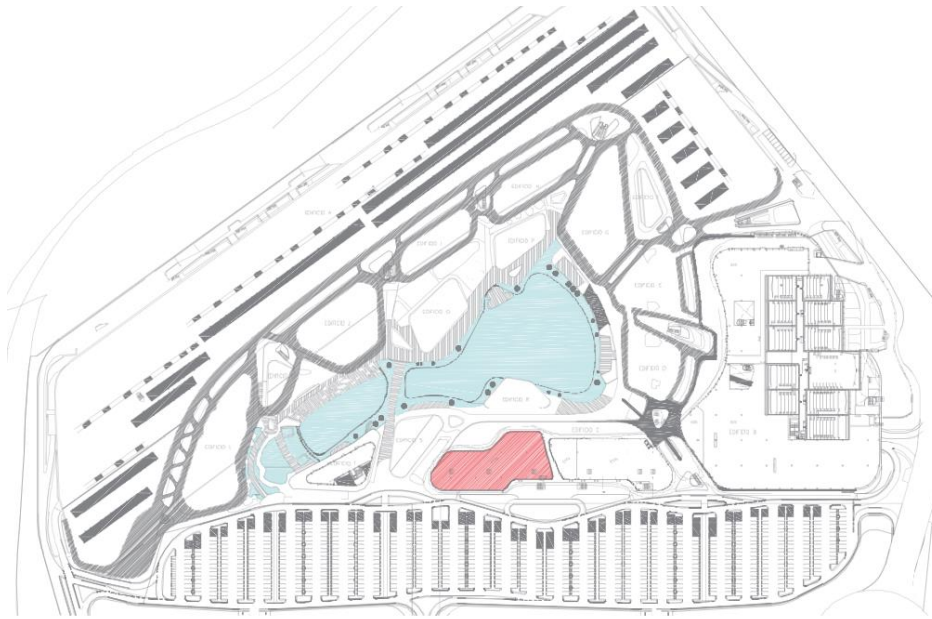


Figura 15: Plano Situación del Local en el Centro Comercial

El local se desarrolla en una única planta, disponiendo de triple acceso, habilitado mediante tres puertas, dos correderas automáticas y una abatible de doble hoja, cuyas características técnicas se definen más adelante en la memoria.

En planta, el local presenta una forma irregular, dado el carácter vanguardista del edificio, donde no existen aristas o rincones en ángulo recto, si no que todas las fachadas tienen encuentros con forma curva. Aunque las fachadas principal y posterior sí son paralelas, los parámetros laterales no forman ángulo recto con las mencionadas anteriormente.

A continuación, se muestra un plano de la planta del local para su mejor entendimiento.

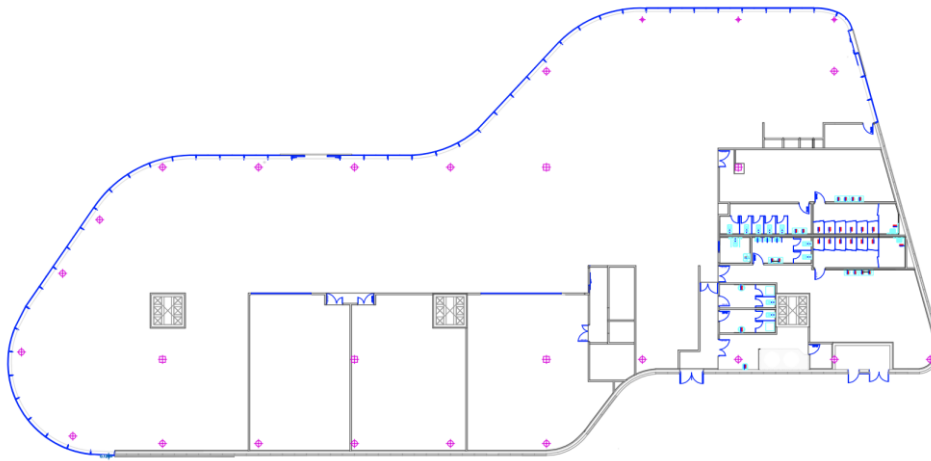


Figura 16: Plano Planta del local objeto

La fachada superior con elementos acristalados de mayor longitud, se trata de la fachada principal, y mide aproximadamente 65,98 [m]. El lateral derecho del local, corresponde con el acceso principal del local, linda con el exterior y mide aproximadamente 22,16 [m]. El lateral izquierdo del local tiene una longitud de 30,56 [m] y linda con el mall del centro comercial. La fachada posterior, colindante con el exterior, tiene una longitud en su desarrollo de 80,03 [m].

Tabla 1: Linde Fachadas Local. Elaboración propia

ALZADO	LINDE	LONGITUD [m]
PRINCIPAL	Galería Centro Comercial	25,83
LATERAL DERECHA	Local Comercial	58,27
	- Exterior	
LATERAL IZQUIERDA	Local Comercial	48,99
	- Zonas Comunes C. C.	
POSTERIOR	Exterior	27,95

Al igual que se han calculado las dimensiones de las fachadas, es importante la orientación del edificio ya que influyen, en gran parte, a la carga térmica del local.

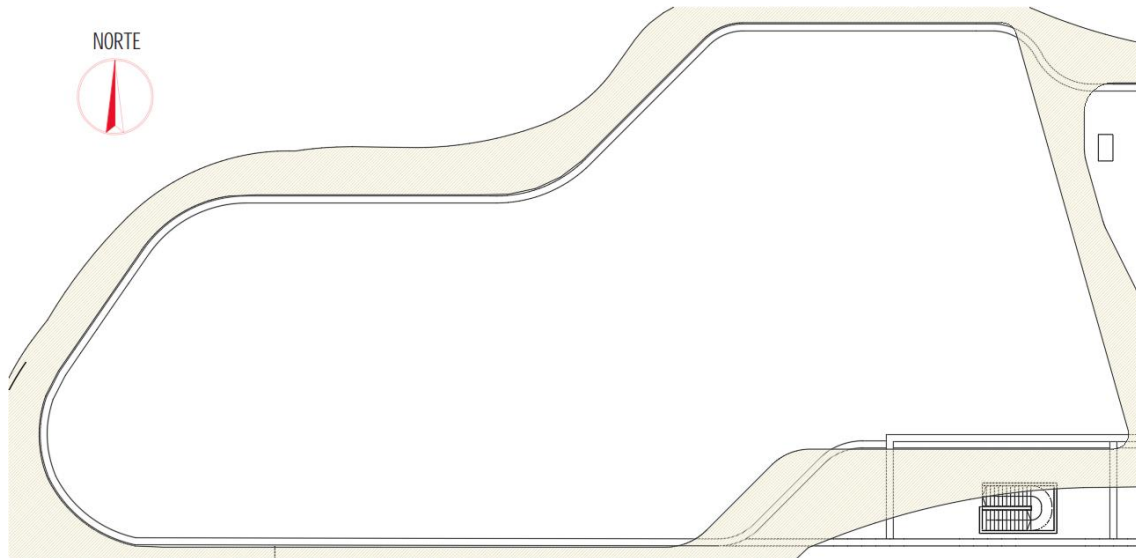


Figura 17: Orientación del local

Ambas fachadas de mayor longitud, orientan al norte y al sur independientemente, a su vez están en contacto con el exterior, es por ello que los flujos solares del local serán bastante elevados y serán objeto de estudio.

3.2.- SUPERFICIES

Para el diseño de las instalaciones es muy importante tener definidas las zonas y las superficies del local estudio.

El gimnasio cuenta con varias salas repartidas por toda la superficie del local, en las que el uso y la actividad desarrollada es distinta.

Tabla 2: Superficies del Gimnasio. Elaboración propia

CUADRO DE SUPERFICIES	
	SUPERFICIE (m²)
ACCESO	29,97
MUSCULACIÓN GUIADA	131,39
CARDIO CONECTADO	33,9
CARDIO	168,05
MUSCULACIÓN LIBRE 01	118,11
MUSCULACIÓN LIBRE 02	95,49
PURE STRENGHT 01	33,95
PURE STRENGHT 02	74,65
CYCLE PARK	106,29
CURSOS COLECTIVOS	113,53
BURNING PARK	133,17
PASILLO ULTIMATE	9,76
PASILLO	188,74
FQ	3,83
CORNER COACH	13,72
CTO. ELÉCTRICO	3,86
HIDROMASAJE	9,36
I WALL	11,2
FIGHTING PARK	113,26
YANGA	0,77
SNACK	1,04
CAFÉ	0,62
VITRINA TIENDA	1,29
NARANJA	0,87
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	9,59
CTO. ACS	16,63
MENAJE	6,04
DESPACHO	7,24
VESTUARIO EMPLEADOS 01	8,99
VESTUARIO EMPLEADOS 02	8,98
VESTUARIO MUJERES	60,52
VESTUARIO HOMBRES	78,68
DUCHAS MUJERES	18,09
DUCHAS HOMBRES	20,09
INODOROS MUJERES	18,25
INODOROS HOMBRES	10,63
ASEO ADAPTADO	5,47
CROSS TRAINING	167,81
ESTIRAMIENTOS	13,21
SUP. CONSTRUIDA	1847,04

Las superficies están divididas en función del tipo de actividad física, por ejemplo, la zona cardio, musculación guiada, cardio conectado, musculación libre, pure strenght, estiramientos, cross training; corresponden con la zona más amplia del gimnasio, la cual no cuenta con falso techo, pero debido a la ocupación, se divide de esta manera para ser más precisos a la hora del diseño de las instalaciones.

Para una mejor comprensión de la situación de cada una de las zonas explicadas, se dispone de un plano en el anexo [1]

3.3.- CLIMATOLOGÍA

Los consumos energéticos de los locales terciarios están directamente relacionados con la climatología del lugar de ubicación. Por lo comentado anteriormente, es necesario un estudio en profundidad del clima de la región.

Lo primero será definir la zona climática, ya que la legislación, es más restrictivas en unas zonas que otras.

Al estar situado en Torrejón de Ardoz a una altura de 590 [m] sobre el nivel del mar, consultando en el Código Técnico de la Edificación[11], se puede comprobar que la zona climática será la D3. Por ello, se tendrá que tener en cuenta normativa más estricta en los elementos constructivos.

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m
Lleida	C3		D3										E1										
Lugo	D1										E1												
Madrid	C3										D3					D2		E1					
Málaga	A3		B3			C3					D3												
Melilla	A3																						
Murcia	B3		C3					D3															

Figura 18: Zona Climática Según CTE [11]

Al estar situado en la Comunidad de Madrid, presenta un clima mediterráneo continentalizado. Los inviernos son fríos, con la aparición de frecuentes heladas, y los veranos son calurosos.

En la siguiente tabla, se muestran los diferentes datos de temperatura, precipitaciones, humedad y horas de sol mensuales que se han recogido en la base meteorológica del Aemet[19], situada muy próxima al local objeto.

Tabla 3: Datos Meteorológicos del Emplazamiento [19]

Mes	T	TM	Tm2	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	5,6	10,8	0,5	29	77	5,1	0,7	0,0	2,7	15,3	7,5	149
Febrero	7,3	13,1	1,4	31	70	4,6	0,8	0,2	1,5	10,5	6,3	163
Marzo	10,5	17,1	3,8	23	60	3,8	0,2	0,5	0,8	4,0	5,3	202
Abril	12,4	18,8	5,9	40	59	6,6	0,0	1,5	0,4	0,7	4,1	216
Mayo	16,4	23,2	9,6	48	55	7,0	0,0	3,8	0,4	0,0	3,9	268
Junio	21,9	29,6	14,1	19	44	3,1	0,0	2,9	0,0	0,0	9,6	320
Julio	25,2	33,3	17,1	13	38	1,6	0,0	2,1	0,0	0,0	16,1	359
Agosto	24,8	32,7	16,9	9	39	1,6	0,0	2,2	0,0	0,0	13,9	332
Septiembre	20,6	27,8	13,4	25	50	3,5	0,0	1,6	0,1	0,0	8,2	241
Octubre	15,0	21,0	9,0	50	65	6,6	0,0	1,0	0,8	0,0	6,3	189
Noviembre	9,6	14,8	4,3	49	74	6,2	0,0	0,1	2,0	4,0	6,0	149
Diciembre	6,4	11,0	1,7	42	79	6,5	0,5	0,0	4,5	11,5	6,8	124
Año	14,7	21,1	8,2	385	59	56,0	2,5	16,5	13,1	45,7	-	-

Leyenda:

T: Temperatura media mensual/anual [°C]

TM: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias [°C]

Tm: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias [°C]

R: Precipitación mensual/anual media [mm]

H: Humedad relativa media [%]

DD: Número medio mensual/anual de días despejados [días]

I: Número medio mensual/anual de horas de sol [horas]

Estos datos climáticos, se pondrán en contraste con la base de datos disponible en la herramienta de simulación, para tener mayor veracidad en los resultados de las simulaciones.

3.4.- ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Respecto a la parte estructural del edificio, el estado actual del local se basa en una infraestructura realizada a base de pilares de hormigón armado con sus caras vistas.

Cubierta

La estructura de la cubierta que cubre la planta del local objeto está ejecutada mediante vigas metálicas sobre las que apoya correas del mismo material y la cubrición tipo Deck.

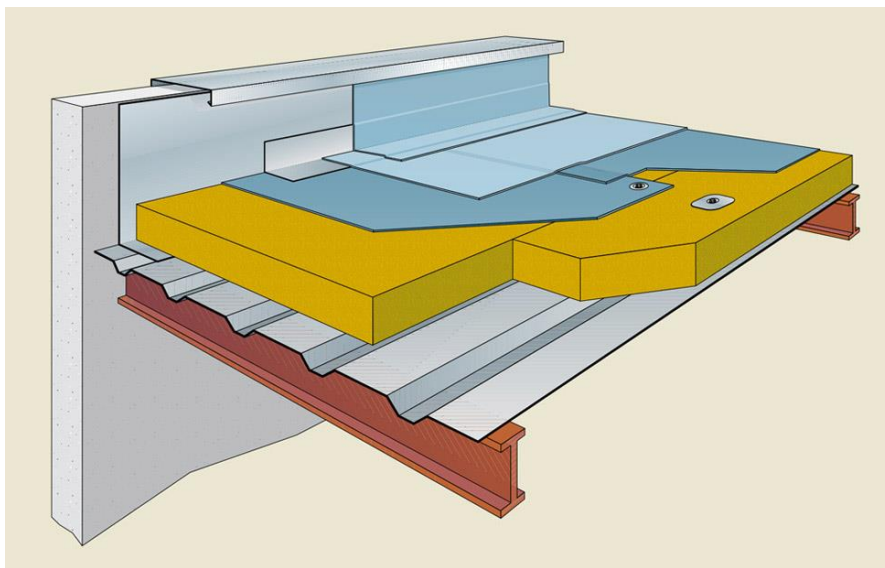


Figura 19: Cubierta Tipo Deck [20]

Las cubiertas tipo Deck, se tratan de un tipo de cubierta plana, que, en la mayoría de ocasiones, es usado en obras de tipo industrial. El detalle constructivo se puede ver en la siguiente imagen.

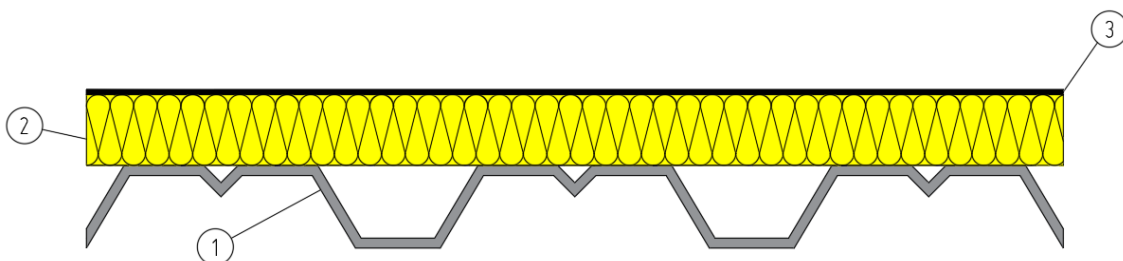


Figura 20: Detalle Constructivo Cubierta del Local. Elaboración propia

Los elementos constructivos de interior a exterior, son los siguientes.

1. Perfil nervado autoportante de chapa de acero galvanizado S 280 de 0,7 [mm] de espesor, acabado liso.
2. Aislamiento térmico y acústico, de lana de roca, 50 [mm] de espesor, densidad de 50 [kg/m³].
3. Lámina impermeabilizante de betún, con un espesor de 3,5 [mm] de espesor.

En la siguiente fotografía podemos observar la cubierta y sus diferentes hojas que la componen.



Figura 21: Fotografía del Estado Actual de la Cubierta

La ventaja de este tipo de cubiertas es la posibilidad de usar la cubierta vegetal como medida pasiva de eficiencia energética.

Muro de fachada

La composición de los cerramientos ciegos, en contacto con el exterior, es de fábrica de bloque de hormigón prefabricado, con mortero de cemento, como base estructural. La fachada en contacto con el exterior, es de tipo sándwich prelacado.

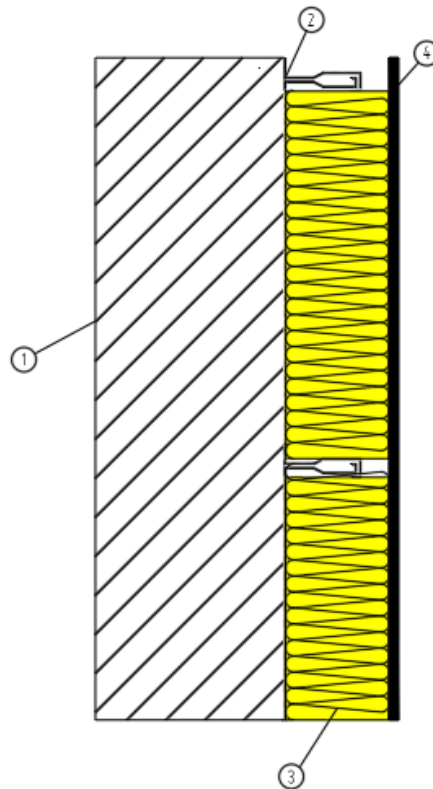


Figura 22: Detalle Constructivo de la Fachada en Contacto con el Exterior

Las hojas del muro, de interior a exterior, en el estado inicial del local, son las siguientes:

1. Bloque prefabricado de hormigón de 200[mm] de espesor, recibido mediante mortero de cemento.
2. Perfiles horizontales de nervio 80[mm], ancho útil de 405[mm], de 0,75[mm], en chapa de acero galvanizada.
3. Aislamiento térmico de lana de roca de 80[mm] de espesor, densidad de 50 [kg/m³].
4. Chapa de acero galvanizado de 0,75[mm] de espesor, acabado prelacado al horno.

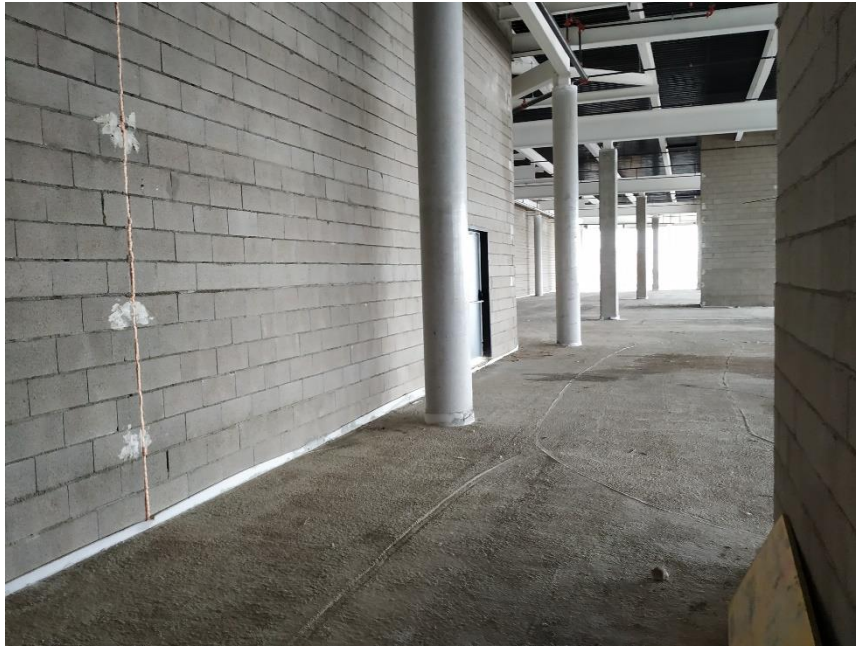


Figura 23: Fotografía Interior de la Fachada en Contacto con el Exterior



Figura 24: Fotografía Exterior de la Fachada en Contacto con el Exterior

Es importante contar, con que el centro comercial no permite modificar el acabado exterior de los muros exteriores, por lo que cualquier actuación que se quiera realizar en los muros del edificio, deberá de ser aguas hacia dentro.

Muro cortina

En los planos podemos ver fácilmente, la importancia que tiene el muro cortina en el local objeto. Más de la mitad del cerramiento exterior del local, utiliza este método de fachada.

El muro cortina está compuesto por una estructura de acero galvanizado. Para conseguir la fijación dispone de gomas de EPDM tipo Schuco AOC 50. Los vidrios son de doble acristalamiento con vidrio laminado al interior y al exterior. Los montantes sobre los que se apoyan los vidrios, se colocan cada 2 [m].

El vidrio tiene la siguiente composición.

1. Vidrio laminado 6+6 con 2PVB.
2. Cámara de aire de 20[mm].
3. Vidrio laminado 6+6 con 2PVB.

Para nuestro estudio, es muy importante definir bien las características del vidrio.

- Transmisión lumínica > 85[%]
- Reflexión luminosa exterior < 8[%]
- Reflexión luminosa interior < 8[%]
- Factor solar < 70[%]
- Transmitancia térmica (U) < 2,5[W/m²·K]



Figura 25: Fotografía del muro cortina

3.5.- ACTIVIDAD A DESEMPEÑAR EN EL LOCAL

Descripción

El establecimiento objeto del presente proyecto estará dedicado a la actividad de gimnasio.

La zona deportiva está compuesta por diferentes aparatos que ayudan al desarrollo de la actividad física mediante distintas modalidades como son: ejercicios aeróbicos, musculación y fuerza; y flexibilidad.

En el gimnasio se practica actividad física, esto incluye tanto ejercicio, como actividades que involucran el movimiento corporal, por ello a la hora de simular, la actividad metabólica realizada por los ocupantes del centro será elevada.

El local cuenta que distintas salas, en las cuales se practicarán distintas actividades. La distribución de las salas y espacios abiertos en el gimnasio, será la siguiente:

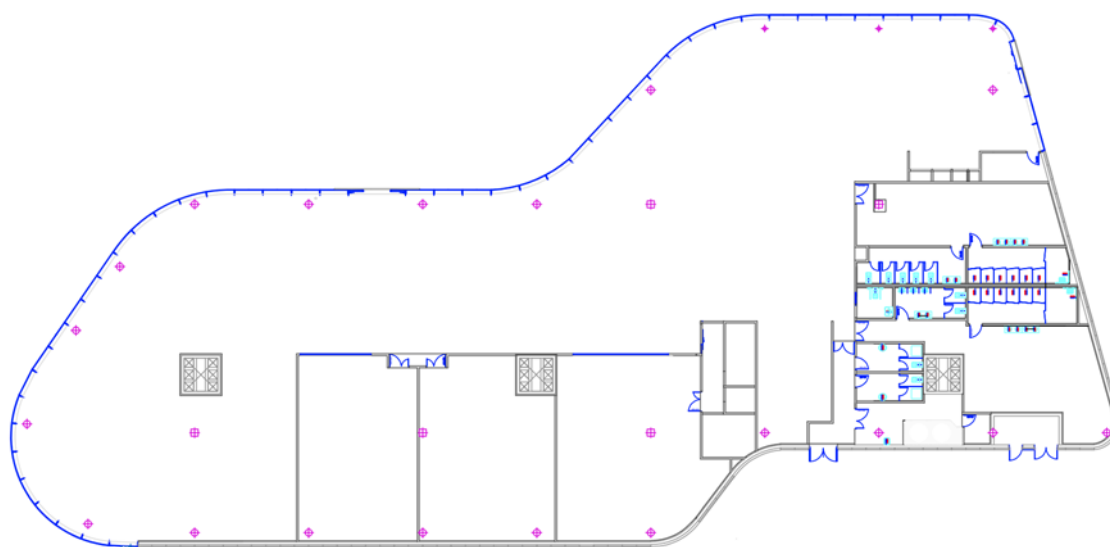


Figura 26: Plano distribución zonas interiores del gimnasio

Como tareas principales que se desarrollan en el gimnasio cabe destacar:

- **MUSCULACIÓN LIBRE:** Para el desarrollo de la musculación con aparatos o elementos que incorporan diferentes pesos a seleccionar.
- **MUSCULACIÓN GUIADA:** Para el desarrollo de la musculación con equipos en los que se seleccionan diferentes esfuerzos.
- **CROSS TRAINING:** Entrenamiento que combina varias disciplinas como: resistencia, fuerza, flexibilidad, destreza, etc, en estos caben destacar los ejercicios de correr, saltar, empujar, lanzar, tirar, subida cuerda, etc.
- **FIGHTING PARK:** Ejercicio de Boxeo, con ring y elementos de entrenamiento como sacos, etc.
- **CARDIO:** Ejercicios de entrenamiento cardiovascular para trabajar la resistencia y mejorar el rendimiento cardíaco, utilizando aparatos y elementos como bicicleta estática, cinta de correr, máquina de remo, bicicleta elíptica, etc.
- **CARDIO CONECTADO:** Equipos de cardio, pero conectados a red informática para poder realizar competiciones.
- **CYCLING PARK:** Zona de bicicletas estáticas con simulación y ejercicios en grupo.
- **CURSOS COLECTIVOS:** Zona de ejercicios para grupos, dirigidos por un monitor especializado.
- **BURNING PARK:** Área dedicada a actividades de alta intensidad dirigida y animada por instructores especializados.

- HIDROMASAJE: Zona de hidromasaje individual realizado por un equipo para una sola persona.
- POWER PLATE: Zona de plataforma vibratoria de forma individualizada para una sola persona.
- Otros destinados al entrenamiento y ejercitación física.

En el anexo [1] se puede ver en qué parte del local se desarrolla cada una de las actividades mencionadas anteriormente.

Personal y horario

La plantilla de personal que inicialmente se dedicará a la gestión del local estará constituida por ocho personas, pudiendo ser alterada según las necesidades de la empresa.

De acuerdo con las ordenanzas municipales de Torrejón de Ardoz, el horario de la actividad será de 06:00 a 01:00h de forma ininterrumpida pudiendo ser alterado en beneficio del desarrollo de la actividad. En el caso de estudio, el gimnasio abrirá sus puertas a las 07:00, y cerrará a las 23:00, es decir, dieciséis horas abierto de forma ininterrumpida.

Ocupación

Para determinar la ocupación o aforo tendremos en cuenta lo siguiente:

- Valores de intensidad marcados por el DB SI-3 del Código Técnico[13] en función del uso asignable a cada estancia y de su superficie útil.
- Las dependencias tendrán un número de ocupantes desinado por la actividad que se realice, se tomará este como valor de ocupación.
- Se considera para el cálculo que las zonas están ocupadas simultáneamente salvo aquellas que debido a su uso estemos en condiciones de asegurar que su ocupación es alternativa o bien que su uso implica simplemente una ocupación ocasional de las mismas, siendo estas: acceso, distribuidores, cuartos de instalaciones y cuarto de limpieza.

Tabla 4: Cálculo de la ocupación usando valores marcados por el DB SI-3. Elaboración propia

CUADRO DE OCUPACIÓN

	SUPERFICIE (m ²)	m ² / PERSONA	OCUPACIÓN
<i>ACCESO</i>	29,97	0	0
<i>MUSCULACIÓN GUIADA</i>	131,39	5	27
<i>CARDIO CONECTADO</i>	33,9	5	7
<i>MUSCULACIÓN LIBRE 01</i>	118,11	5	24
<i>MUSCULACIÓN LIBRE 02</i>	95,49	5	20
<i>PURE STRENGHT 01</i>	33,95	5	7
<i>PURE STRENGHT 02</i>	74,65	5	15
<i>CYCLE PARK</i>	106,29	5	22
<i>CURSOS COLECTIVOS</i>	113,53	5	23
<i>BURNING PARK</i>	133,17	5	27
<i>PASILLO ULTIMATE</i>	9,76	0	0
<i>PASILLO</i>	188,74	0	0
<i>FQ</i>	3,83	5	1
<i>CORNER COACH</i>	13,72	2	7
<i>CTO. ELÉCTRICO</i>	3,86	0	0
<i>HIDROMASAJE</i>	9,36	10	1
<i>I WALL</i>	11,2	5	3

<i>FIGHTING PARK</i>	113,26	5	23
<i>YANGA</i>	0,77	0	0
<i>SNACK</i>	1,04	0	0
<i>CAFÉ</i>	0,62	0	0
<i>VITRINA TIENDA</i>	1,29	0	0
<i>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</i>	9,59	0	0
<i>CTO. ACS</i>	16,63	0	0
<i>MENAJE</i>	6,04	0	0
<i>DESPACHO</i>	7,24	10	1
<i>VESTUARIO EMPLEADOS 01</i>	8,99	2	5
<i>VESTUARIO EMPLEADOS 02</i>	8,98	2	5
<i>VESTUARIO MUJERES</i>	60,52	2	31
<i>VESTUARIO HOMBRES</i>	78,68	2	40
<i>DUCHAS MUJERES</i>	18,09	1 PER/DUCHA	7
<i>DUCHAS HOMBRES</i>	20,09	1 PER/DUCHA	7
<i>INODOROS MUJERES</i>	18,25	1 PER/INOD	5
<i>INODOROS HOMBRES</i>	10,63	1 PER/INOD	5
<i>ASEO ADAPTADO</i>	5,47	3	2
<i>CROSS TRAINING</i>	167,81	5	34
<i>ESTIRAMIENTOS</i>	13,21	5	3
<i>TOTAL USO</i>	1.846,17		279

Aun así, la ocupación máxima de clientes prevista para el desarrollo de la actividad es de 180 personas simultáneamente, estando la presencia de estos regulada mediante cita previa con un periodo mínimo inicial de 1 hora.

3.6.- EQUIPAMIENTO

A continuación, se describen los aparatos y equipos a instalar para el desarrollo de la actividad.

Tabla 5: Equipamiento del local instalado

ZONA	ELEMENTO	nº
CARDIO	Bicicletas estáticas elípticas	8
	Bici con respaldo	6
	Bici sin respaldo	6
	Bici de brazos	1
	Escaleras	2
	Cintas correr	12
MUSCULACIÓN GUIADA	Leg extension	1
	Leg curl tumbado	1
	Leg curl sentado	1
	Adductor	2
	Leg press	1
	Rotary torso	1
	Total abdominal	1
	Low row	1
	Upper back	1
	Delts machine	1
	Arm extension	1
	Multi Hip	1
	Reverse fly	1
	Lower back	1
	Chest press	1
	Shoulder press	1
	Arm curl	1
	Vertical traction	1
	Contractura	1
	PURE STRENGHT	Pull down
Rear kick		1
Leg press		2
Standing leg curl		1
Leg extension		1
Calf		1
Hip trust		1
Row		1
Low row		1
Seated dip		1
Shoukder press		1
Wide chest press		1
Inclibe chest press		1
Chest press		1
Biceps		1
Pull down		1

MUSCULACIÓN LIBRE	Cable station	1
	Press banca	4
	Press inclinados	2
	Press Declinados	2
	Remo en punta	1
	Press Militar	1
	Larry Scott	2
	Bancos ajustables	9
	Smith	2
	Power Rack	2
	Bancos de Abdominales	4
CYCLE	Bicicletas estáticas	43
BURNING	Skiers	6
	Skimill	6
CROSSTRAINING	Skierg	1
	Skimill	1
	Assault	1
BURNING	RowMill	4
	Biki mill	4
FIGHTING PARK	Ring de dimensiones 4,0x4,0m	4
	Zona sacos de boxeo de 3,0x8,0m	4

Los equipos mostrados, no todos tienen consumo energético, pero forman parte del conjunto de aparatos necesarios para el buen desarrollo de la actividad.

4.- DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

4.1.- INSTALACIÓN LUMÍNICA

La iluminación prevista para el gimnasio se diseña para cumplir con los requisitos de iluminación marcados por el Código Técnico.

Es necesario establecer los mínimos requerimientos de la iluminación de cada una de las zonas, con objetivo de cumplir los parámetros marcados por la normativa establecida en el CTE-HE3[11], establecida por la UNE-EN 12464-1:2022[15], a su vez que se cumplen los requisitos de la norma UNE-EN 12193:2020[16], norma exclusiva sobre iluminación de instalaciones deportivas.

Los valores que se necesitan tener en cuenta son:

- Valor de eficiencia energética en la instalación (VEEI)

Se trata del valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI [W/m²] por cada 100lux. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * E_m}$$

Donde:

P: la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W]

S: superficie iluminada [m²]

Em: iluminancia media horizontal mantenida [lux]

Los valores que tendremos que tener en cuenta, por el tipo de actividad que se realiza en cada una de las zonas del gimnasio son los siguientes:

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Figura 27: Valores de eficiencia energética [11]

Una vez realizado el estudio lumínico se comprobarán los valores de eficiencia energética, para cumplir con la normativa.

- La iluminación mantenida permitida marcada por la UNE-EN 12464-1:2022[15]

La normativa dicta un valor de iluminación horizontal media mantenida mínima sobre la gran parte de superficie para cada actividad realizada en el edificio. Los valores lumínicos deben de ser iguales o superiores, a los dictados por la normativa.

Una vez considerados los valores máximos y mínimos para los diferentes requerimientos de la normativa en el gimnasio, se puede comenzar con el diseño de la instalación.

Simulación en Dialux

El software elegido para realizar el estudio lumínico del local, se trata de Dialux EVO[21]. Es una herramienta de diseños lumínicos, tanto de espacios interiores, como exteriores, que permiten calcular los parámetros de iluminación en cada una de las salas, con objetivo de asegurarnos el cien por cien de efectividad del alumbrado previsto. Cuenta con una gran biblioteca de luminarias, en las cuales los fabricante suben sus modelos para poder simular con ellos y obtener resultados exactos de sus materiales.

Las luminarias previstas para la instalación de iluminación son las siguientes:

- Downlight LED, modelo Lex ECO 3 2700K CRI90, 24 [W].
- Focos direccionables carriles, modelos Zen tube Surface 3 42° 3000K CRI90, 23 [W].
- Downlight LED, modelo Lex eco mini dim to warm n CRI90, 11,5 [W].
- Pantalla estanca, modelo Acro pro EQ258 42 840 GR-RAL 7035, 42 [W].
- Tiras LED, 9,6 [W/m].

Las luminarias elegidas para la justificación y cálculo, son modelos obtenidos de la biblioteca de Dialux, las cuales cumplen con la potencia e iluminación marcada por los requerimientos estéticos del cliente, con fin de obtener mayor veracidad y eficacia en los resultados.

Teniendo en cuenta el uso destinado a cada una de las diferentes salas que se encuentran en el gimnasio, distinguimos los siguientes valores mínimos de iluminación:

Tabla 6: Lúmenes en función de la actividad del gimnasio. Elaboración propia

ACTIVIDAD DE LA SALA	Em [lux]
<i>Sala de deportes, gimnasios, piscinas</i>	300
<i>Areas de circulación</i>	100
<i>Almacenes de material</i>	100
<i>Vestuarios, cuartos de baño, servicios</i>	200
<i>Salas de material, salas de máquinas</i>	200
<i>Oficina</i>	500

El diseño para el local, se ha realizado tratando de ser estéticamente lo más pulido posible, a su vez, que se logaran los requisitos del código técnico, y los del cliente.

En la figura 28, se muestra la distribución definitiva de la iluminación.

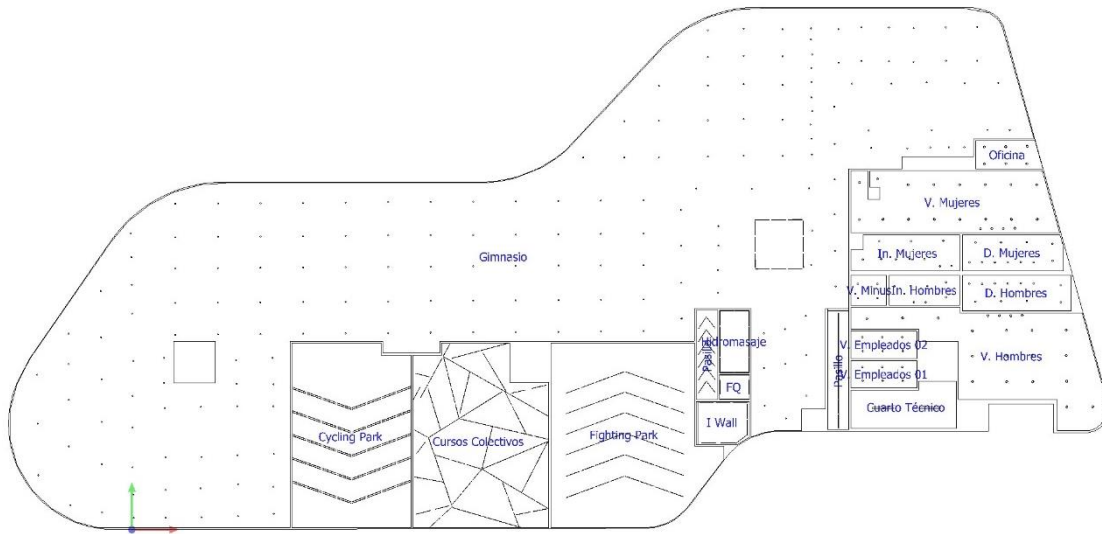


Figura 28: Plano de iluminación

En cuanto al número de luminarias, como se puede ver en la imagen adjunta, es bastante elevado, por lo cual, el consumo de la instalación de iluminación tendrá un peso importante en el consumo general del local.

La potencia total de iluminación prevista para el gimnasio será la mostrada en la tabla 7.

Tabla 7: Potencias Alumbrado Instaladas. Elaboración propia

POTENCIA TOTAL INSTALADA ALUMBRADO			
Tipo de iluminación	Número de luminarias	Potencia unitaria [W]	Potencia instalada [W]
Proyector Led	191	23	4.393
Downlight Led Lex Eco 3	47	24	1128
Downlight Led Lex Eco Mini	55	11,5	632,5
Pantalla Estanca	2	42	84
Tira LED	283 [m]	9,6 [W/m]	2.716
Potencia total instalada en iluminación			8.953,5

La potencia total instalada para la iluminación del gimnasio es bastante elevada, y prácticamente en su totalidad, estará encendida desde la apertura hasta el cierre. Es por ello que supondrá uno de los puntos de consumo más altos junto a la climatización y la ventilación.

Una vez definido el sistema lumínico que se pretende implantar, debemos de cumplir las exigencias mínimas marcadas por la normativa. Para ello usaremos el Dialux EVO. [21]

Se introducen en el programa todos los datos comentados anteriormente, obteniendo los siguientes resultados.

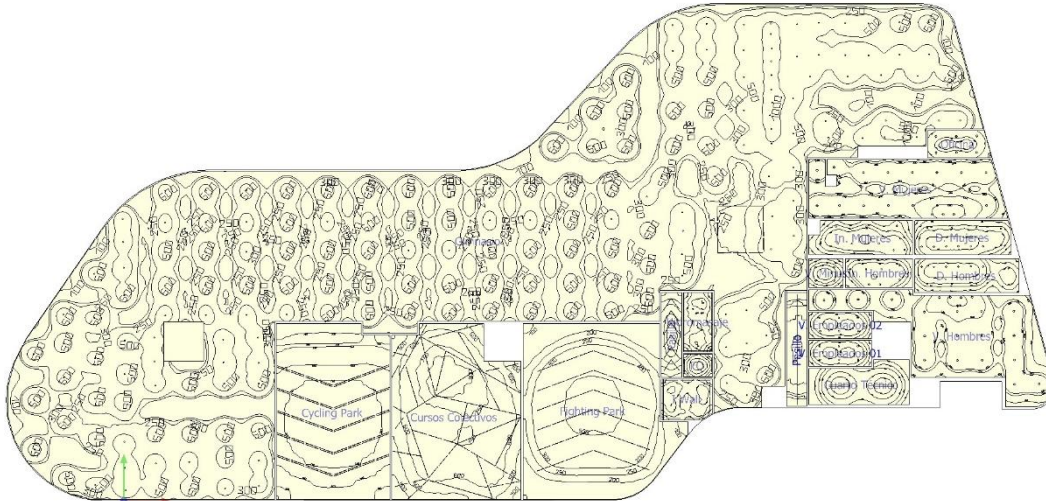


Figura 29: Resultados Dialux haz lumínico

La figura anterior muestra las isolíneas obtenidas con la distribución lumínica planteada. En el anexo [2], se puede observar con más detalle los planos de distribución de luminarias y sus respectivos cálculos de las isolíneas.

Una vez realizado el modelo, es necesario cumplir con las exigencias técnicas marcadas por la normativa, explicadas al principio de este punto. Para la justificación se usará Dialux EVO, debido a su tecnología implementada para calcular la iluminación horizontal.

Justificación cumplimiento CTE-HE

Para la justificación del código técnico y la normativa española, se estudiarán sala por sala, tanto los valores de iluminancia media horizontal mantenida, como el VEEI.

Tabla 8: Justificación del cumplimiento de la normativa lumínica

ACTIVIDAD DE LA SALA	Em [lux]	Em mínima [lux]	Potencia instalada [W]	Superficie [m2]	VEEI	VEEI [CTE]
<i>Gimnasio (Nota)</i>	405	300	4508,2	1171,32	1,28	4
<i>Oficina</i>	632	500	120	8,84	2,71	3
<i>Cuarto técnico</i>	346	100	84	23,3	3,61	4
<i>Cursos Colectivos</i>	650	300	902,4	113,53	2,65	4
<i>Cycling Park</i>	618	300	768	106,29	2,41	4
<i>Burning Park</i>	321	300	460,8	133,17	1,15	4
<i>FQ</i>	530	300	38,4	3,83	3,34	4
<i>Hidromasaje</i>	559	300	96	9,36	3,42	4
<i>I Wall</i>	487	300	105,6	11,26	3,13	4
<i>Pasillo Ultimate</i>	621	300	115,2	9,76	3,93	4
<i>Pasillo</i>	149	100	76,8	13,4	5,73	6
<i>In. Hombres</i>	319	200	80,5	10,63	3,79	6
<i>In. Mujeres</i>	281	200	115	18,25	3,15	6
<i>Duchas Hombres</i>	298	200	126,5	20,09	3,15	6
<i>Duchas Mujeres</i>	319	200	126,5	18,09	3,50	6
<i>V. Empleados 01</i>	318	200	69	8,99	3,84	6
<i>V. Empleados 02</i>	315	200	69	8,98	3,84	6
<i>Vestuario Hombres</i>	333	200	504	78,68	3,20	6
<i>Vestuario Minusválidos</i>	320	200	46	5,47	4,20	6
<i>Vestuario Mujeres</i>	396	200	480	60,52	3,97	6

Se puede observar en la tabla anterior, que se han cumplido tanto los valores de iluminación horizontal media mantenida, como los valores de eficiencia energética, asegurando la cumplimentación de la normativa en todo momento de la instalación lumínica.

En la tabla podemos ver que una de las actividades está llamada como gimnasio, esta engloba todas las actividades comentadas en apartados anteriores que se sitúan en la parte interior del local con mayor superficie, es decir, musculación guiada, musculación libre, pure strength, etcétera. Son englobadas en un mismo punto, ya que no existen particiones entre ellas y tienen un mismo uso.

A continuación, en las figuras 30 a la 33, se muestran varias imágenes de la simulación en Dialux para conseguir una mejor idea de los propuesto. En el Anexo [2] se puede ver un resumen del estudio lumínico en profundidad.



Figura 30: Resultados simulación lumínica gimnasio

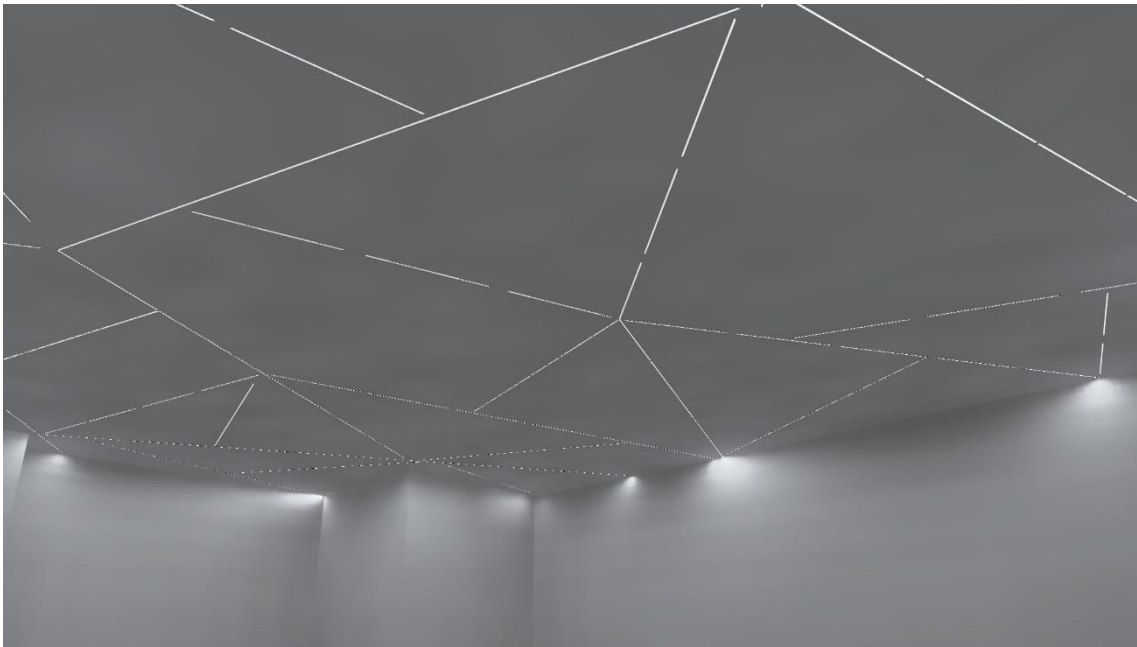


Figura 31: Resultados simulación lumínica cursos colectivos

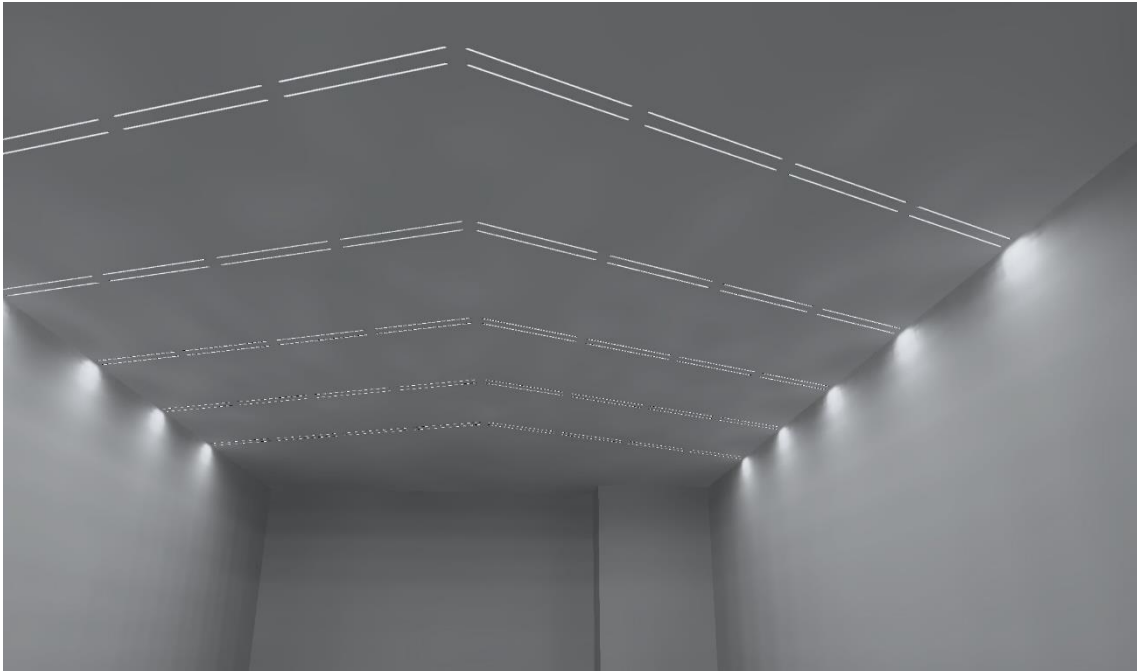


Figura 32: Resultados simulación lumínica cycling park

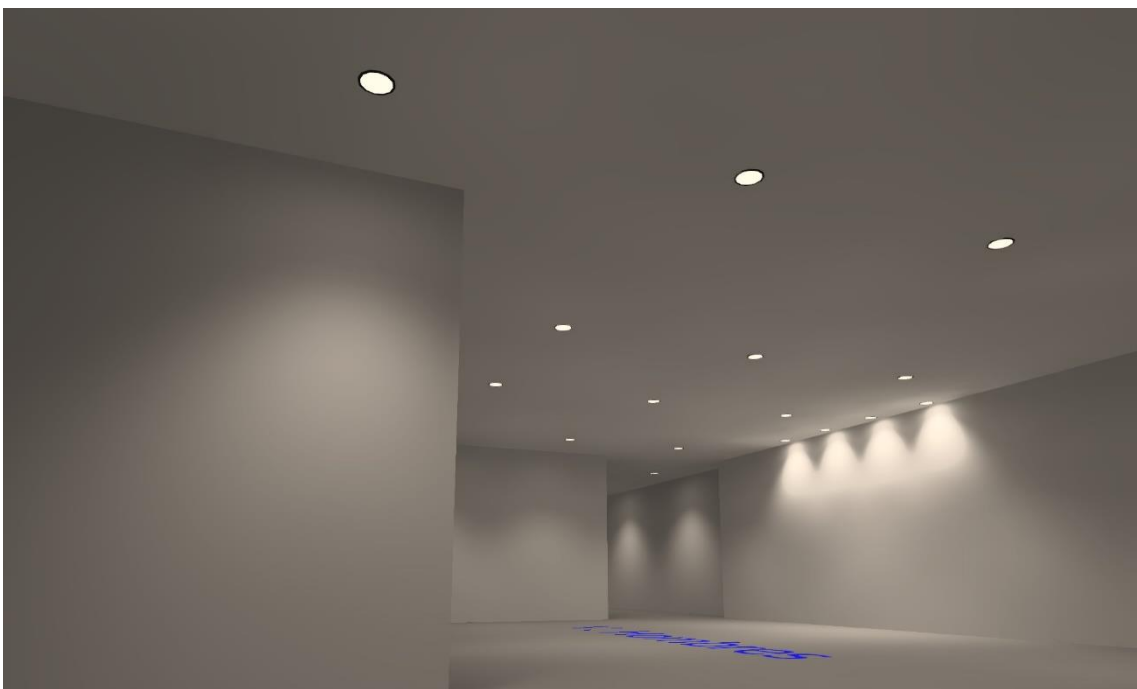


Figura 33: Resultados simulación lumínica vestuario hombres

En conclusión, la instalación lumínica se ha diseñado de acuerdo con los requisitos del cliente, obteniendo el beneplácito de este; a su vez, que se cumplen con los requisitos marcados por la normativa, tanto de iluminación como de eficiencia energética.

4.2.- INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

Para el diseño de la instalación de climatización se debe realizar un estudio de la carga térmica del local previo. Para realizar este cálculo de las necesidades térmicas se usan las prescripciones marcadas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE). [12]

Seguimos el método desarrollado por ASHRAE (American Society on Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) que basa la conversión de flujos instantáneos de calor a cargas de refrigeración en las llamadas funciones de transferencia.

Flujos térmicos instantáneos

-Flujo solar cristal

Flujos solares conseguidas en el edificio a través de acristalamientos al exterior.

$$\dot{Q}_{GAN,t} = CS * A * SHGF * n$$

Siendo:

$$SHGF = GSd + Ins * GSt$$

Este tipo de flujos depende del mes, de la hora solar y de la latitud, ya que en función del mes en el que se esté, la incidencia solar será mayor o menor.

Donde:

$\dot{Q}_{gan,t}$ = Flujo instantánea de calor sensible (W)

A = Área de la superficie acristalada (m²)

CS = Coeficiente de sombreado

n = N° de unidades de ventanas del mismo tipo

SHGF = Flujo solar para el cristal tipo (DSA)

GSt = Flujo solar por radiación directa (W/m²)

GSd = Flujo solar por radiación difusa (W/m²)

Ins = Porcentaje de sombra sobre la superficie acristalada

-Transmisión paredes y techos

Cerramientos opacos al exterior, excepto los que no reciben los rayos solares. El flujo instantáneo para cada hora se calcula usando la siguiente función de transferencia ec. (1) (ASHRAE):

$$\dot{Q}_{GAN,t} = A * \left[\sum_{n=0} b_n * (t_{sa,t-n\Delta}) - \sum_{n=1} d_n * \frac{(Q_{GAN,t-n\Delta})}{A} - t_{ai} * \sum_{n=0} c_n \right]$$

Donde:

$\dot{Q}_{gan,t}$ = Flujo de calor sensible en el ambiente a través de la superficie interior del cerramiento (W)

A = Área de la superficie interior (m²)

$T_{sa,t-n\Delta}$ = Temperatura sol aire en el instante t-n Δ

Δ = Incremento de tiempos igual a 1 hora.

t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante

b_n, c_n, d_n = Coeficientes de la función de transferencia según el tipo de cerramiento (W/m²K)

La temperatura sol-aire sirve para corregir el efecto de los rayos solares sobre la superficie exterior del cerramiento:

$$t_{sa} = t_{ec} + \alpha * \frac{I_t}{h_o} - \varepsilon * \frac{\Delta R}{h_o} * \cos(90^\circ - \beta)$$

Donde:

T_{sa} = Temperatura sol-aire para un mes y una hora dadas (°C)

T_{ec} = Temperatura seca exterior corregida según mes y hora (°C)

I_t = Radiación solar incidente en la superficie (W/m²)

h_o = Coeficiente de termotransferencia de la superficie (W/m² °C)

α = Absorbencia de la superficie a la radiación solar (depende del color)

β = Ángulo de inclinación del cerramiento respecto de la vertical (horizontales 90°).

ε = Emitancia hemisférica de la superficie.

ΔR = Diferencia de radiación superficie/cuerpo negro (W/m^2)

-Cerramientos al interior

Flujos instantáneos por transmisión en cerramientos opacos interiores y que no están expuestos a los rayos solares.

$$\dot{Q}_{GAN,t} = K * A * (t_i - t_{ai})$$

Donde:

$\dot{Q}_{gan,t}$ = Flujo de calor sensible en el instante t (W)

K = Coeficiente de transmisión del cerramiento ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = Área de la superficie interior (m^2)

t_l = Temperatura del local contiguo ($^\circ C$)

t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante ($^\circ C$)

-Acristalamientos al exterior

Flujos instantáneos por transmisión en superficies acristaladas al exterior.

$$\dot{Q}_{GAN,t} = K * A * (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

$\dot{Q}_{gan,t}$ = Flujo de calor sensible en el instante t (W)

K = Coeficiente de transmisión del cerramiento ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = Área de la superficie interior (m^2)

t_{ec} = Temperatura exterior corregida ($^\circ C$)

t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante ($^\circ C$)

Calor interno

-Ocupación

Calor generado por las personas que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número de personas y del tipo de actividad que están desarrollando.

$$\dot{Q}_{GAN,t} = Q_s * n * 0,01 * Fd_t$$

Donde:

$\dot{Q}_{gan,t}$ = Flujo de calor sensible en el instante t (W)

Q_s = Flujo sensible por persona (W). Depende del tipo de actividad

n = Número de ocupantes

Fd_t = Porcentaje de ocupación para el instante t (%)

Se considera que 67% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

$$\dot{Q}_{GANL,t} = Q_l * n * 0,01 * Fd_t$$

Donde:

$\dot{Q}_{ganl,t}$ = Flujo de calor latente en el instante t (W)

Q_l = Flujo latente por persona (W). Depende del tipo de actividad

n = Número de ocupantes

Fd_t = Porcentaje de ocupación para el instante t (%)

-Aire exterior

Flujos instantáneos de calor debido al aire exterior de ventilación. Estos flujos pasan directamente a ser cargas de refrigeración.

$$\dot{Q}_{GAN,t} = 0,34 * f_a * V_{ae} * 0,01 * Fd_t * (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

$\dot{Q}_{gan,t}$ = Flujo de calor sensible en el instante t (w)

f_a = Coeficiente corrector por altitud geográfica.

V_{ae} = Caudal de aire exterior (m³/h).

t_{ec} = Temperatura seca exterior corregida (°C).

t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante (°C)

F_{dt} = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

Se considera que el 100% del calor sensible aparece por convección.

$$\dot{Q}_{GANL,t} = 0,83 * f_a * V_{ae} * 0,01 * F_{dt} * (X_{ec} - X_{ai})$$

Donde:

$\dot{Q}_{ganl,t}$ = Flujo de calor sensible en el instante t (w)

f_a = Coeficiente corrector por altitud geográfica.

V_{ae} = Caudal de aire exterior (m³/h).

X_{ec} = Humedad específica exterior corregida (gr agua/kg aire).

X_{ai} = Humedad específica del espacio interior (gr agua/kg aire)

F_{dt} = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

Condiciones de cálculo

CLwin es el software elegido para el cálculo de cargas térmicas, el cual aplica el método ASHRAE para realizar sus cálculos. Este software permite realizar un cálculo preciso de las cargas térmicas tanto de refrigeración, como de calefacción, de la localización elegida.

Para realizar un estudio preciso se deberán de tomar en consideración las siguientes condiciones de cálculo.

Temperatura y humedad interior

La temperatura seca interior de diseño en el local será de unos 27[°C] para la estación de verano con un valor de humedad relativa entre el 45 y el 60%, y para la de invierno una temperatura operativa de 19[°C] con una humedad relativa entre 40 y 50%.

De acuerdo con estos valores, se estiman las temperaturas de interior que se detallan:

T_i = 19[°C] para invierno

$T_i = 27[^\circ\text{C}]$ para verano

Estas temperaturas han sido modificadas en agosto de 2022 con las medidas tomadas en el apartado VI del boletín oficial del estado[22], en el cual se recogen un conjunto de medidas de fomento de ahorro y eficiencia energética.

Necesidades de ventilación

El local se destina a una actividad comercial de gimnasio, por lo que deberá de tener una calidad de aire interior de clasificación IDA3, es decir, calidad media.

El nivel de ventilación a considerar para cada dependencia será el mayor de los valores que resulten al aplicar los índices que se detallan a continuación.

IDA3 – 8 [l/s] por persona, ó 0,55 [l/s] por m² de superficie. [12]

Al ser más restrictivo el primero y al tener una tasa metabólica superior a 1, usaremos el valor por ocupación de ventilación.

La ocupación está marcada por los valores del DB-SI del CTE tal como marca el RITE. [12], [13]

En la tabla 9 se observa el cálculo de la necesidad de ventilación del local objeto.

Tabla 9: Cuadro de ventilación. Elaboración propia

CUADRO DE VENTILACIÓN				
	SUPERFICIE (m ²)	m² / PERSONA	OCUPACIÓN	VENTILACIÓN (m ³ /h)
<i>ACCESO</i>	29,97	0	0	59,3406
<i>MUSCULACIÓN GUIADA</i>	131,39	5	27	777,6
<i>CARDIO CONECTADO</i>	33,9	5	7	201,6
<i>CARDIO</i>	168,05	5	34	979,2
<i>MUSCULACIÓN LIBRE 01</i>	118,11	5	24	691,2
<i>MUSCULACIÓN LIBRE 02</i>	95,49	5	20	576
<i>PURE STRENGHT 01</i>	33,95	5	7	201,6
<i>PURE STRENGHT 02</i>	74,65	5	15	432
<i>CYCLE PARK</i>	106,29	5	22	633,6
<i>CURSOS COLECTIVOS</i>	113,53	5	23	662,4
<i>BURNING PARK</i>	133,17	5	27	777,6
<i>PASILLO ULTIMATE</i>	9,76	0	0	19,3248
<i>PASILLO</i>	188,74	0	0	373,7052
<i>FQ</i>	3,83	5	1	28,8
<i>CORNER COACH</i>	13,72	2	7	201,6
<i>CTO. ELÉCTRICO</i>	3,86	0	0	7,6428
<i>HIDROMASAJE</i>	9,36	10	1	28,8
<i>I WALL</i>	11,2	5	3	86,4
<i>FIGHTING PARK</i>	113,26	5	23	662,4
<i>YANGA</i>	0,77	0	0	1,5246
<i>SNACK</i>	1,04	0	0	2,0592
<i>CAFÉ</i>	0,62	0	0	1,2276
<i>VITRINA TIENDA</i>	1,29	0	0	2,5542
<i>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</i>	9,59	0	0	18,9882
<i>CTO. ACS</i>	16,63	0	0	32,9274
<i>MENAJE</i>	6,04	0	0	11,9592
<i>DESPACHO</i>	7,24	10	1	28,8
<i>VESTUARIO EMPLEADOS 01</i>	8,99	2	5	144
<i>VESTUARIO EMPLEADOS 02</i>	8,98	2	5	144
<i>VESTUARIO MUJERES</i>	60,52	2	31	892,8
<i>VESTUARIO HOMBRES</i>	78,68	2	40	1152
<i>DUCHAS MUJERES</i>	18,09	1 PER/DUCHA	7	201,6
<i>DUCHAS HOMBRES</i>	20,09	1 PER/DUCHA	7	201,6
<i>INODOROS MUJERES</i>	18,25	1 PER/INOD	5	144
<i>INODOROS HOMBRES</i>	10,63	1 PER/INOD	5	144
<i>ASEO ADAPTADO</i>	5,47	3	2	57,6
<i>CROSS TRAINING</i>	167,81	5	34	979,2
<i>ESTIRAMIENTOS</i>	13,21	5	3	86,4
TOTAL TASA DE VENTILACIÓN				11648,0538

Simulación en CLwin

Con lo definido en los apartados anteriores, podemos comenzar con la simulación en el software CLwin. [23]

No se climatizan todas las dependencias del gimnasio. Únicamente se tienen en cuenta para el cálculo de cargas, aquellas las cuales es necesaria una calidad buena del aire para poder realizar la actividad en cuestión de manera eficiente.

Es importante definir los elementos constructivos en el software, con objetivo de obtener la mayor veracidad posible en nuestros cálculos. Se definen tanto las particiones interiores entre las zonas climatizadas de las que no, los cerramientos con el exterior, el suelo en contacto con el terreno y la cubierta. La composición de los cerramientos se realiza con el estado actual del local a estudiar, definidos en la descripción de los cerramientos de la primera parte de este estudio.

Otro factor importante para el estudio climático del local, se trata de la orientación. Como se comenta en apartados anteriores, la orientación del local es la siguiente:

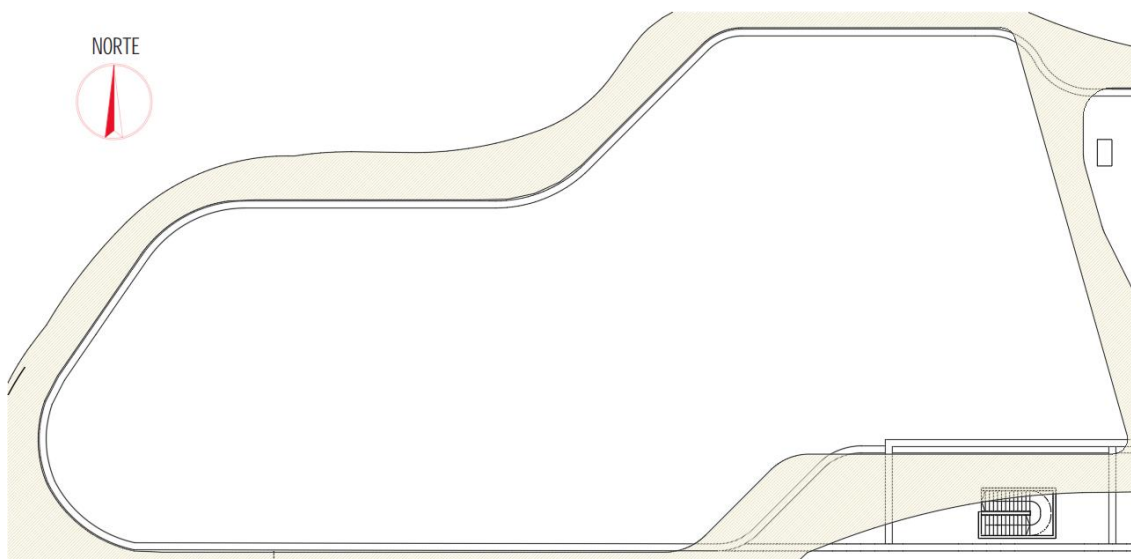


Figura 34: Orientación del gimnasio para cálculo de cargas térmicas

Debido a la disposición que tiene el local, se tendrán flujos solares elevados en la fachada sur del local, en la cual se sitúan las actividades con mayor tasa metabólica. Es por ello, que, en estas áreas, la potencia térmica instalada será elevada.

Finalmente, se simula con el software y se obtienen las siguientes cargas térmicas en las distintas áreas del gimnasio.

Tabla 10: Carga simultánea de refrigeración y calefacción del gimnasio. Elaboración propia

CARGA SIMULTÁNEA GIMNASIO		
	Carga Refrigeración Simultánea [W]	Carga Refrigeración Calefacción [W]
<i>CYCLE PARK</i>	12598	10590
<i>CURSOS COLECTIVOS</i>	14456	14778
<i>BURNING ZONE</i>	16779	16868
<i>PASILLO</i>	351	1545
<i>HIDROMASAJE</i>	629	842
<i>FQ</i>	593	528
<i>I WALL</i>	1186	1191
<i>VEST. MASCULINO</i>	24559	28155
<i>VEST. FEMENINO</i>	18743	21594
<i>OFICINA</i>	500	1411
<i>GIMNASIO</i>	129576	191553
TOTAL CARGA GIMNASIO	219970	289055

Sistema de climatización elegido

La instalación de climatización elegida está compuesta por un sistema de bomba de calor de caudal variable de refrigerante, con recuperación de calor incluido en el mismo. La instalación se basa en un grupo de unidades exteriores situadas en la terraza del edificio; y varias unidades interiores de conductos y de cassette, situadas en las dependencias interiores.

La potencia térmica instalada, de acuerdo con las características del fabricante es de:

Potencia frigorífica=216,00 [kWtérmicos]

Potencia calorífica=239,0 [kWtérmicos]

El tipo de combustible necesario para el funcionamiento del sistema de climatización planteado es la energía eléctrica.

Las máquinas de climatización elegidas son las siguientes mostradas en las tablas 11 a la 17.

Tabla 11: Datos técnicos unidades exteriores climatización PURYP950YSNW-A

UNIDADES EXTERIORES	
EQUIPO	Bomba de calor condensada por aire
TIPO	Sistema VRV
MODELO	PURYP950YSNW-A
FABRICANTE	MITSUBISHI ELECTRIC
POTENICA FRIGORÍFICA	108.000 [W]
POTENCIA CALORÍFICA	119.500 [W]
CONSUMO ELÉCTRICO	29.790 [kW]
TOTAL UNIDADES	2 unidades

Tabla 12: Datos técnicos unidades interiores climatización PEFY-P250VMHS

UNIDADES INTERIORES 01	
TIPO	Unidad de conductos
MODELO	PEFY-P250VMHS
FABRICANTE	MITSUBISHI ELECTRIC
POTENICA FRIGORÍFICA	28.000 [W]
POTENCIA CALORÍFICA	31.500 [W]
CONSUMO ELÉCTRICO	820 [W]
TOTAL UNIDADES	2 unidades

Tabla 13: Datos técnico unidades interiores climatización PEFY-P200VMHS

UNIDADES INTERIORES 02	
TIPO	Unidad de conductos
MODELO	PEFY-P200VMHS
FABRICANTE	MITSUBISHI ELECTRIC
POTENICA FRIGORÍFICA	22.400 [W]
POTENCIA CALORÍFICA	25.000 [W]
CONSUMO ELÉCTRICO	630 [W]
TOTAL UNIDADES	5 unidades

Tabla 14: Datos técnicos unidades interiores climatización PEFY-P140VMHS

UNIDADES INTERIORES 03	
TIPO	Unidad de conductos
MODELO	PEFY-P140VMHS
FABRICANTE	MITSUBISHI ELECTRIC
POTENICA FRIGORÍFICA	16.000 [W]
POTENCIA CALORÍFICA	18.000 [W]
CONSUMO ELÉCTRICO	190 [W]
TOTAL UNIDADES	2 unidades

Tabla 15: Datos técnicos unidades interiores climatización PEFY-P125VMHS

UNIDADES INTERIORES 04	
TIPO	Unidad de conductos
MODELO	PEFY-P125VMHS
FABRICANTE	MITSUBISHI ELECTRIC
POTENICA FRIGORÍFICA	14.000 [W]
POTENCIA CALORÍFICA	16.000 [W]
CONSUMO ELÉCTRICO	160 [W]
TOTAL UNIDADES	3 unidades

Tabla 16: Datos técnicos unidades interiores climatización PLFY-P20VFM

UNIDADES INTERIORES 05	
TIPO	Cassette
MODELO	PLFY-P20VFM
FABRICANTE	MITSUBISHI ELECTRIC
POTENICA FRIGORÍFICA	2.200 [W]
POTENCIA CALORÍFICA	2.500 [W]
CONSUMO ELÉCTRICO	20 [W]
TOTAL UNIDADES	2 unidades

Tabla 17: Datos técnicos unidades interiores climatización PLFY-P15VFM

UNIDADES INTERIORES 06	
TIPO	Cassette
MODELO	PLFY-P15VFM
FABRICANTE	mitsubishi electric
POTENCIA FRIGORÍFICA	1.700 [W]
POTENCIA CALORÍFICA	1.900 [W]
CONSUMO ELÉCTRICO	20 [W]
TOTAL UNIDADES	1 unidades

Todas las fichas técnicas de las máquinas elegidas se encuentran en el anexo [3].

Las unidades interiores del sistema de caudal de refrigerante variable son de conductos y de tipo cassette, fijadas al techo y/o pared según corresponda, con accesibilidad a la unidad para la realización de las labores de limpieza y mantenimiento.

Están comandados por control centralizado.

La ubicación de estas unidades se realizará conforme a los requerimientos térmicos que cada zona del gimnasio a climatizar requiera. En la tabla mostrada a continuación se observa la disposición de las máquinas interiores en cada una de las salas.

En conclusión, todas las zonas del gimnasio necesitadas de climatización quedarían cubiertas.

4.3.- INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN

Para la ventilación del local se emplean unos extractores tanto para la expulsión como para la admisión del aire exterior, renovando así el aire interior del edificio y obteniendo una mayor calidad del aire interior del local, de acuerdo con la IT 1.1.4.2 del RITE. [12]

Los valores de ventilación han sido calculados en apartados anteriores, obteniendo la siguiente distribución de ventilación en función de las zonas del gimnasio.

Tabla 18: Cuadro de ventilación. Elaboración propia

CUADRO DE VENTILACIÓN				
	SUPERFICIE (m²)	m² / PERSONA	OCUPACIÓN	VENTILACIÓN (m³/h)
ACCESO	29,97	0	0	59,3406
MUSCULACIÓN GUIADA	131,39	5	27	777,6
CARDIO CONECTADO	33,9	5	7	201,6
CARDIO	168,05	5	34	979,2
MUSCULACIÓN LIBRE 01	118,11	5	24	691,2
MUSCULACIÓN LIBRE 02	95,49	5	20	576
PURE STRENGHT 01	33,95	5	7	201,6
PURE STRENGHT 02	74,65	5	15	432
CYCLE PARK	106,29	5	22	633,6
CURSOS COLECTIVOS	113,53	5	23	662,4
BURNING PARK	133,17	5	27	777,6
PASILLO ULTIMATE	9,76	0	0	19,3248
PASILLO	188,74	0	0	373,7052
FQ	3,83	5	1	28,8
CORNER COACH	13,72	2	7	201,6
CTO. ELÉCTRICO	3,86	0	0	7,6428
HIDROMASAJE	9,36	10	1	28,8
I WALL	11,2	5	3	86,4
FIGHTING PARK	113,26	5	23	662,4
YANGA	0,77	0	0	1,5246
SNACK	1,04	0	0	2,0592
CAFÉ	0,62	0	0	1,2276
VITRINA TIENDA	1,29	0	0	2,5542
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	9,59	0	0	18,9882
CTO. ACS	16,63	0	0	32,9274
MENAJE	6,04	0	0	11,9592
DESPACHO	7,24	10	1	28,8
VESTUARIO EMPLEADOS 01	8,99	2	5	144
VESTUARIO EMPLEADOS 02	8,98	2	5	144
VESTUARIO MUJERES	60,52	2	31	892,8
VESTUARIO HOMBRES	78,68	2	40	1152
DUCHAS MUJERES	18,09	1 PER/DUCHA	7	201,6
DUCHAS HOMBRES	20,09	1 PER/DUCHA	7	201,6
INODOROS MUJERES	18,25	1 PER/INOD	5	144
INODOROS HOMBRES	10,63	1 PER/INOD	5	144
ASEO ADAPTADO	5,47	3	2	57,6
CROSS TRAINING	167,81	5	34	979,2
ESTIRAMIENTOS	13,21	5	3	86,4
TOTAL TASA DE VENTILACIÓN				11648,0538

En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior en las zonas climatizadas, por medios mecánicos, sea superior a $0,5[m^3/s]$, se recuperará la energía del aire expulsado. Es de obligatoriedad el uso de este tipo de sistemas de ventilación debido a la norma IT 1.2.4.5.2 del RITE. [12]

El caudal de ventilación de la instalación en las zonas climatizadas es el mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 19: Cuadro de ventilación de las zonas climatizadas

CUADRO DE VENTILACIÓN ZONAS CLIMATIZADAS		
	VENTILACIÓN (m ³ /h)	VENTILACIÓN (m ³ /s)
<i>ZONA DE GIMNASIO</i>	7088,4	1,969
<i>CYCLE PARK</i>	633,6	0,176
<i>CURSOS COLECTIVOS</i>	662,4	0,184
<i>BURNING PARK</i>	777,6	0,216
<i>FQ</i>	28,8	0,008
<i>CORNER COACH</i>	201,6	0,056
<i>HIDROMASAJE</i>	28,8	0,008
<i>I WALL</i>	86,4	0,024
<i>DESPACHO</i>	28,8	0,008
<i>VESTUARIO MUJERES</i>	892,8	0,248
<i>VESTUARIO HOMBRES</i>	1152	0,320
TOTAL TASA DE VENTILACIÓN	11581,2	3,217

El caudal de ventilación corresponde a $10.369[m^3/h]$, por tanto, el local estudio si requiere de la recuperación de energía sobre el aire exterior del total del aire expulsado en las zonas climatizadas, por lo que deberá de tener una eficiencia de recuperación superior al 73[%]. [12]

Sistema de ventilación elegido

El sistema elegido para la ventilación del gimnasio varía en función del uso de cada una de las zonas ventiladas a su vez de sí es zona climatizada, o no. Por lo comentado anteriormente, se dispondrá de distintos sistemas de ventilación.

- Recuperador de calor en rooftop
- Ventilador tubular
- Caja de ventilación
- Ventilación natural

- A través de otras dependencias

En la zona de baños, aseos, duchas y vestuarios de empleados, no están climatizados, y con objetivo de no tener problemas de olores debido al posible retorno del aire expulsado con el impulsado, se colocará una caja de ventilación.

La ventilación natural, estará pensada únicamente para las zonas las cuales no vamos a tener tránsito de personas, es decir, cuartos técnicos.

Los ventiladores tubulares están destinados para zonas las cuales tampoco vamos a tener tránsito de personas, pero debido al tipo de elementos que se encontrarán, el cuadro general de baja tensión, se necesita ventilar de forma constante y directa para evitar problemas por sobrecalentamientos.

El resto de dependencias que no usan ningún tipo de sistema, se ventilará a través de otras dependencias, por lo cual habrá que tenerlo en cuenta para la elección de los elementos de ventilación.

Una vez definido todo lo anterior, podemos definir los caudales de ventilación y los sistemas que usamos para cada una de las dependencias.

Tabla 20: Tipo de ventilación en función del sistema y la zona

VENTILACIÓN SISTEMAS Y ZONAS			
DEPENDENCIA	CAUDAL VENTILACIÓN (m³/h)	APARATO ELEGIDO VENTILACIÓN	CAUDAL APARATO VENTILACIÓN (m³/h)
<i>ACCESO</i>	59,34	2UD. RECUPERADORES DE CALOR EN ROOFTOP	12500
<i>MUSCULACIÓN GUIADA</i>	777,60		
<i>CARDIO CONECTADO</i>	201,60		
<i>CARDIO</i>	979,20		
<i>MUSCULACIÓN LIBRE 01</i>	691,20		
<i>MUSCULACIÓN LIBRE 02</i>	576,00		
<i>PURE STRENGHT 01</i>	201,60		
<i>PURE STRENGHT 02</i>	432,00		
<i>CYCLE PARK</i>	633,60		
<i>CURSOS COLECTIVOS</i>	662,40		
<i>BURNING PARK</i>	777,60		
<i>PASILLO ULTIMATE</i>	19,32		
<i>PASILLO</i>	373,31		
<i>FQ</i>	28,80		
<i>CORNER COACH</i>	201,60		
<i>HIDROMASAJE</i>	28,80		
<i>I WALL</i>	86,40		
<i>FIGHTING PARK</i>	662,40		
<i>DESPACHO</i>	28,80		
<i>VESTUARIO MUJERES</i>	892,80		
<i>VESTUARIO HOMBRES</i>	1152,00		
<i>CROSS TRAINING</i>	979,20		
<i>ESTIRAMIENTOS</i>	86,40		

<i>PASILLO ULTIMATE</i>	19,32	A TRAVÉS DE OTRAS DEPENDENCIAS	19,32
<i>CTO. ELÉCTRICO</i>	7,64	EXTRACTOR TUBULAR	7,64
<i>YANGA</i>	1,52	A TRAVÉS DE OTRAS DEPENDENCIAS	1,52
<i>SNACK</i>	2,06	A TRAVÉS DE OTRAS DEPENDENCIAS	2,06
<i>CAFÉ</i>	1,23	A TRAVÉS DE OTRAS DEPENDENCIAS	1,23
<i>VITRINA TIENDA</i>	2,55	A TRAVÉS DE OTRAS DEPENDENCIAS	2,55
<i>CENTRO DE TRASNFOR.</i>	18,99	VENTILACIÓN NATURAL	18,99
<i>CTO. ACS</i>	32,93	A TRAVÉS DE OTRAS DEPENDENCIAS	32,93
<i>MENAJE</i>	11,96	A TRAVÉS DE OTRAS DEPENDENCIAS	11,96
<i>VESTUARIO EMPLEADOS 01</i>	144,00	CAJA DE VENTILACIÓN	3500
<i>VESTUARIO EMPLEADOS 02</i>	144,00		
<i>DUCHAS MUJERES</i>	201,60		
<i>DUCHAS HOMBRES</i>	201,60		
<i>INODOROS MUJERES</i>	144,00		
<i>INODOROS HOMBRES</i>	144,00		
<i>ASEO ADAPTADO</i>	57,60		

Ya definidos los caudales a ventilar, las zonas y el tipo de ventilación, se pueden elegir las máquinas.

Tabla 21: Datos técnicos del recuperador MURECO 6000 EC

RECUPERADOR DE CALOR EN ROOF-TOP 01	
TIPO	Recuperador térmico
MODELO	MURECO 6000 EC
CAUDAL [m³/h]	7.300
POTENCIA DEL MOTOR [W]	2x2.500
RENDIMIENTO [%]	86,8
TOTAL UNIDADES	1 unidades

Tabla 22: Datos técnicos del recuperador MURECO 4000 EC

RECUPERADOR DE CALOR EN ROOF-TOP 02	
TIPO	Recuperador térmico
MODELO	MURECO 4000 EC
CAUDAL [m³/h]	5.900
POTENCIA DEL MOTOR [W]	2x2.400
RENDIMIENTO [%]	81,5
TOTAL UNIDADES	1 unidades

Tabla 23: Datos técnicos de la caja de ventilación CVTT-20/20

CAJA DE VENTILACIÓN	
TIPO	Caja de ventilación centrífuga
MODELO	CVTT-20/20
CAUDAL MÍNIMO [m³/h]	3.240
CAUDAL MÁXIMO [m³/h]	22.700
POTENCIA DEL MOTOR [W]	1.500/7.500
TOTAL UNIDADES	1 unidades

Tabla 24: Datos técnicos del ventilador TD-160/100

VENTILADOR TUBULAR	
TIPO	Ventilador tubular heliocentrífugo
MODELO	TD-160/100 SILENT
CAUDAL [m³/h]	150
POTENCIA DEL MOTOR [W]	18
TOTAL UNIDADES	1 unidades

Todas las fichas técnicas de las máquinas elegidas se encuentran en el anexo [4].

Todas las unidades y terminaciones de los conductos estarán preparados para ajustar a los caudales requeridos en cada una de las estancas, mediante compuertas de regulación y ajustando los parámetros de ventilación de cada máquina, con objetivo de no tener más ventilación de la necesaria.

5.- SIMULACIÓN DEL LOCAL SIN MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Una vez definido todo lo explicado en los puntos anteriores de la memoria técnica, se procede a comenzar con el estudio del edificio a través de *DesignBuilder*. [24]

Con fin de obtener resultados fiables y reales, se utilizarán los planos arquitectónicos originales respetando en todo momento las dimensiones originales del local y los elementos constructivos, como muros, cristales, etcétera.

En esta primera parte del estudio, se realizará la simulación del gimnasio tal y como parte del estado actual, sin añadir ninguna mejora energética.

El procedimiento que se establece para realizar la simulación, y plasmar de manera correcta la información, será el siguiente:

- Modelización y levantamiento del edificio.
- Definición de la actividad a desarrollar en cada una de las zonas interiores y densidad de ocupación.
- Definición de la composición y tipos de materiales que se tienen en la envolvente del edificio.
- Definición de los equipos de climatización y ventilación mecánica. Para esta parte, se realizará con la herramienta de diseño avanzado, ya que garantiza mayor veracidad en los resultados.
- Simulación energética y análisis de los resultados.

En el siguiente esquema se muestra paso a paso la introducción de datos en el programa.



Figura 35: Metodología para realizar la simulación en el software DesignBuilder

5.1.- MODELIZACIÓN

En primer lugar, se comienza con el levantamiento del edificio en el software. Al ser un edificio con una geometría complicada, con fin de obtener simulaciones eficientes y con un tiempo de espera de cálculo no muy elevado, las zonas del edificio curvas, se decide modelarlas con una agrupación de paredes planas de pequeño grosor, consiguiendo prácticamente una geometría curva, pero ganando tiempo en las simulaciones.

Se trata de un edificio construido, y como se menciona anteriormente en la memoria del trabajo, la orientación del local ya está predefinida, por lo que no podremos usar ninguna medida de eficiencia energética respecto a la reorientación del gimnasio.

En cuanto al modelizado de las particiones interiores, se ha seguido en todo momento la distribución marcada por los planos del gimnasio. En la siguiente figura se observa un esquema con un corte en el plano para una mejor comprensión y visualización de las áreas interiores.

El forjado es plano, por lo que se define en el software como una cubierta plana horizontal en toda el área del local. Las características constructivas serán definidas más adelante en la memoria.

Finalmente, respecto al modelizado de la fachada acristalada, el software tiene ciertas limitaciones para la definición de una fachada compuesta de vidrio. Es por ello, que cada una de las paredes que encontramos con hueco, tienen aproximadamente un 2[%] de superficie que consta como muro en contacto con el exterior, pero en las simulaciones al ser un porcentaje tan bajo, se considerara despreciable.

A continuación, se muestran algunas imágenes de cómo quedaría el edificio levantado en el software con las medidas reales del local objeto.

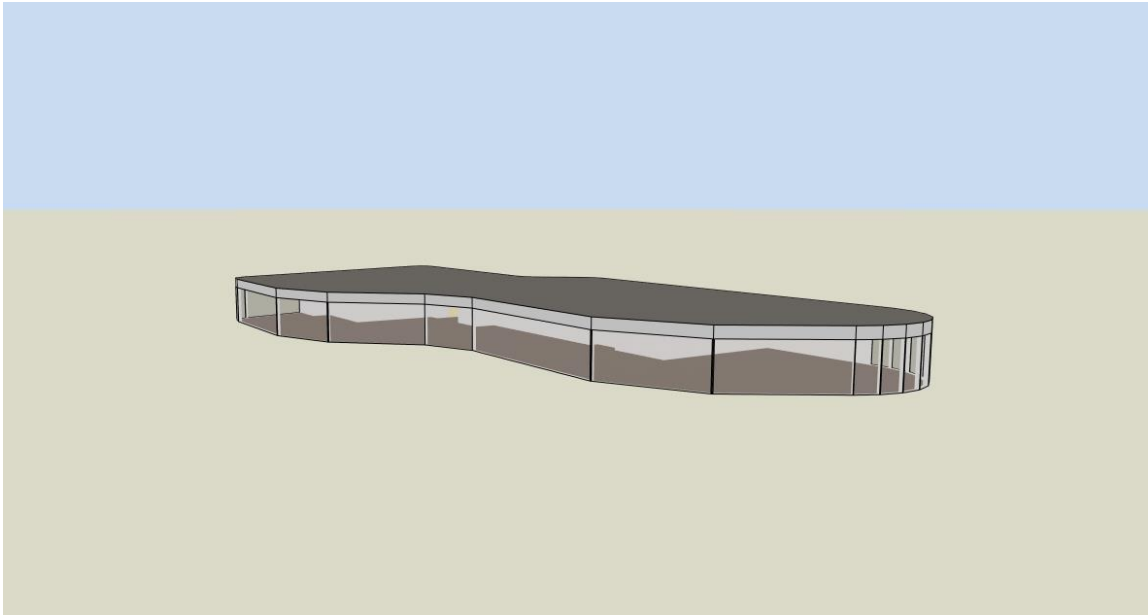


Figura 36: Modelización inicial del local objeto vista 1

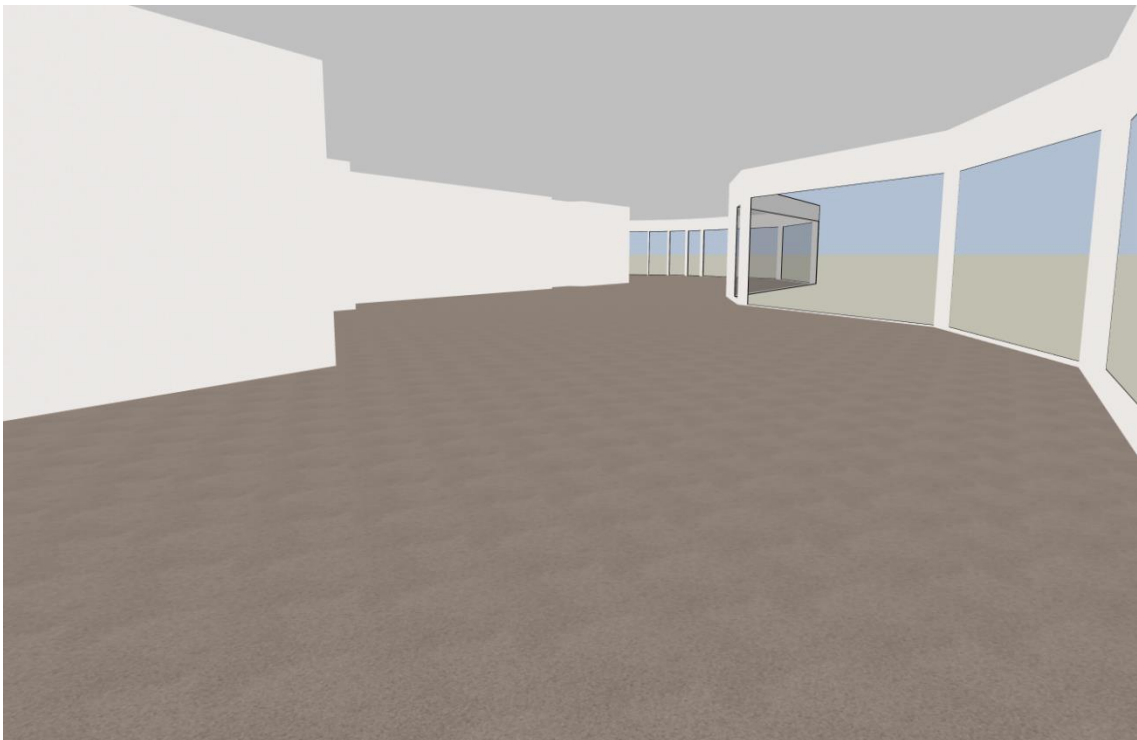


Figura 37: Modelización inicial del local objeto vista 2

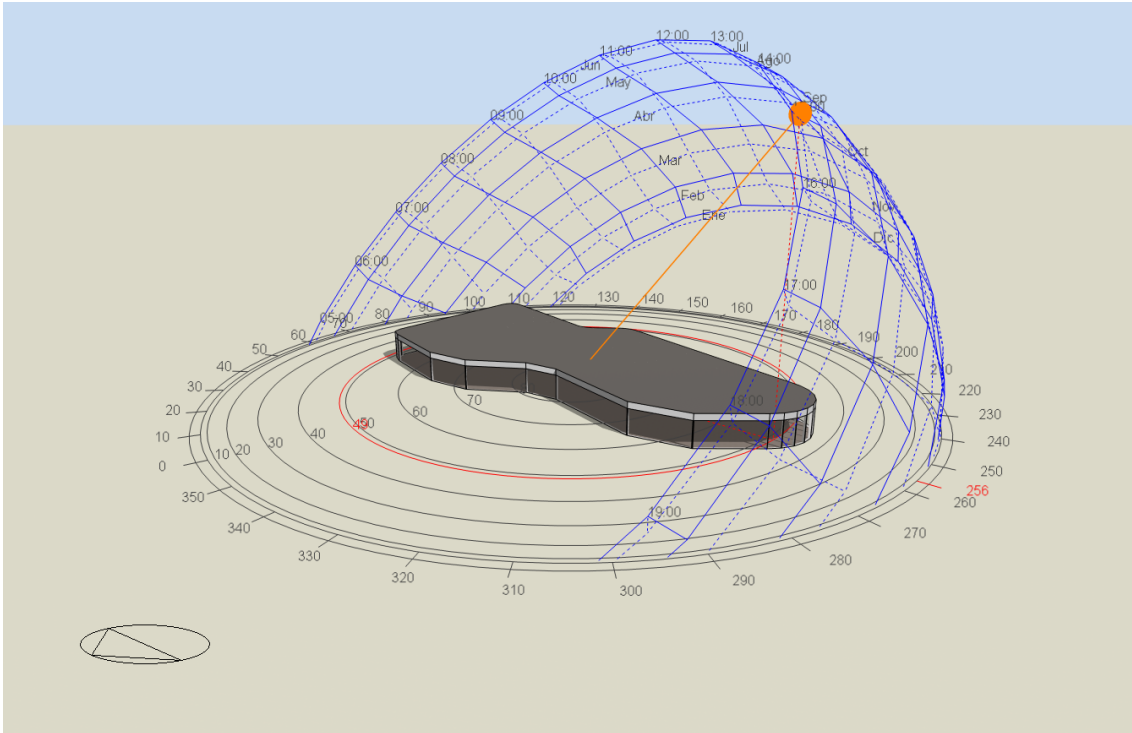


Figura 38: Modelización inicial del local objeto vista 3

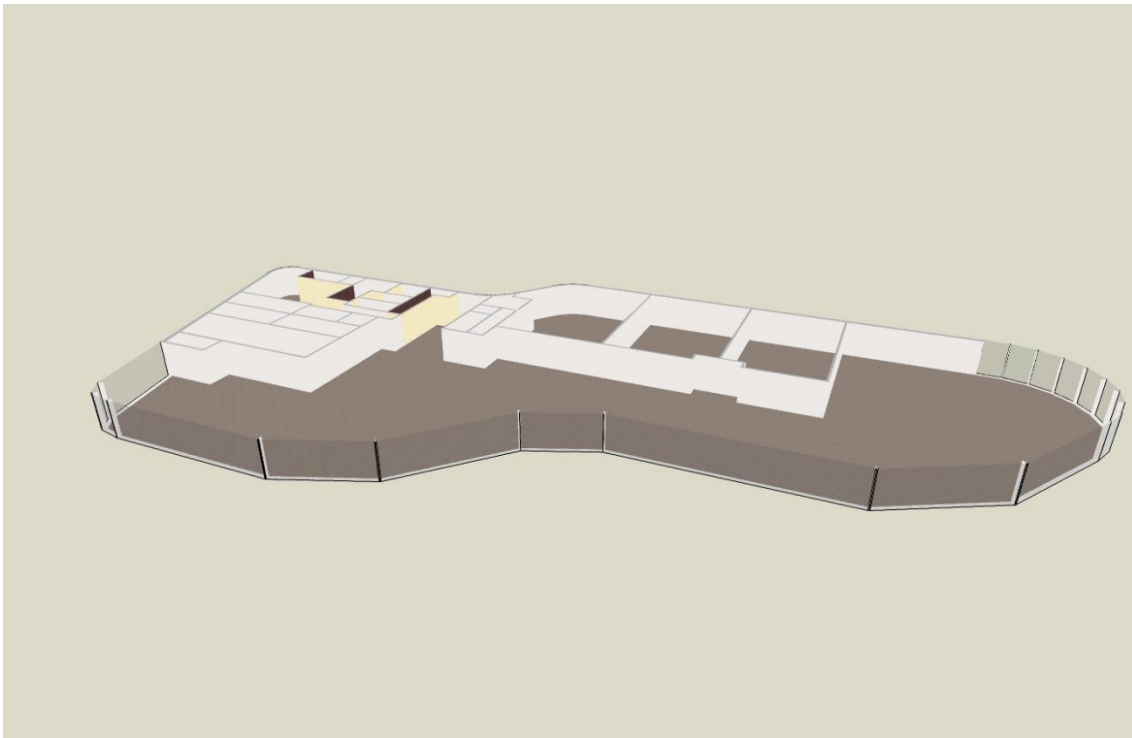



Figura 39: Modelización inicial del local objeto vista 4

Una vez terminada la modelización del edificio se comienza la introducción de los datos de actividad y consignas.

5.2.- ACTIVIDAD

La actividad ha de diseñarse minuciosamente para conseguir resultados reales y mayor exactitud. Para ello, se utilizarán los datos calculados en los apartados anteriores de la memoria donde se define la actividad, ocupación, etc.

Una vez se ha conseguido modelizar el local, el área del suelo debe corresponder con la real. En la siguiente figura se puede ver los valores plasmados por el software tras el levantamiento del edificio en *DesignBuilder*.



Áreas de Suelo y Volúmenes	
Rotación del edificio (°)	0,0
Área de suelo ocupado (m²)	1737,3
Volumen ocupado (m³)	8686,7
Área de suelo desocupado (m²)	113,6
Volumen desocupado (m³)	567,9

Figura 40: Datos introducidos en el programa: Áreas y volúmenes

Se pueden distinguir dos áreas, la ocupada y la desocupada, que se distinguen básicamente en el tipo de actividad que se realiza en cada una de ellas. Las áreas desocupadas corresponden con las zonas interiores las cuales no constan de ocupación permanente, como son el cuarto eléctrico o el cuarto de agua caliente sanitaria. El resto de zonas interiores corresponden con el área ocupada, y estos sí tienen una ocupación prevista aproximada.

La suma de estas dos áreas es de 1.850,9 [m²], la cual corresponde prácticamente con la real del gimnasio 1.846,17 [m²]. Ahora que se ha confirmado el correcto levantamiento del local, se comienza con la definición de la actividad.

E primer lugar se comienza con la ocupación. Se debe completar la densidad ocupacional del gimnasio y una programación, en la cual, se estipulará que porcentaje aproximado de ocupación sobre el total, en cada hora del día.

La densidad ocupacional se mide en personas por cada metro cuadrado.

$$\text{Densidad de ocupación} = \frac{\text{Ocupación máxima}}{\text{Superficie del local}} = \frac{279}{1.846,17} = 0,15 \left[\frac{\text{personas}}{\text{m}^2} \right]$$

En cuanto a la programación de la ocupación, se estima en función de la hora del día.

En la siguiente figura se muestra el porcentaje de ocupación de cada día.

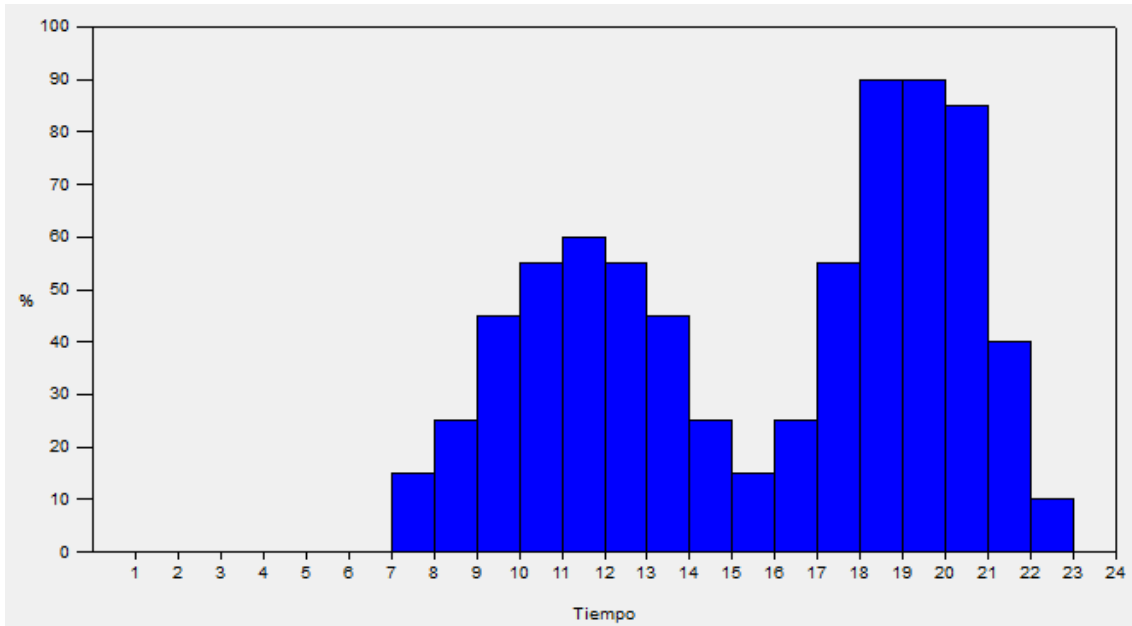


Figura 41: Datos introducidos en el programa: Programación de ocupación

Como se puede observar prácticamente en toda la mañana no se llega ni al 50 [%] de la ocupación total, en cambio, durante las tardes, la ocupación es mayor, coincidiendo con la salida de clases y el fin de la jornada laboral.

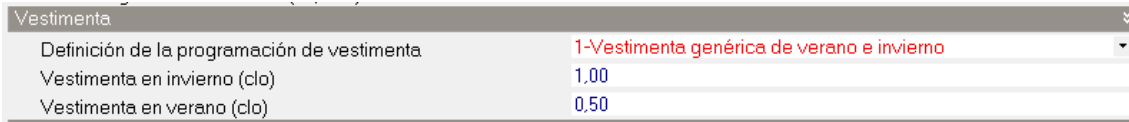
El segundo paso será ajustar los parámetros de las condiciones metabólicas. Este valor se establece en función del tipo de actividad que se esté realizando en cada local. El calor que se genera en el cuerpo humano por oxidación se denomina tasa metabólica. En la siguiente figura se muestra los aspectos marcados en el software.



Figura 42: Datos introducidos en el programa: Tasas metabólicas

En el caso de estudio, la tasa metabólica por persona, será de 360 [W], la cual es la cantidad de calor producida por cada uno de los ocupantes del establecimiento. Es elevada debido al tipo actividad que se realiza en un gimnasio. En cuanto al factor de corrección aplicado será de 0,925; ya que se estima que el 50 [%] de los ocupantes son mujeres y el otro restante hombres. El factor depende del tamaño del individuo, este corresponde de 1 para los hombres y 0,85 para las mujeres, por ello, se aplica el comentado anteriormente.

El tercer paso se trata de la definición de la vestimenta promedio usada en el edificio. En un gimnasio se dispone normalmente de ropa ligera y cómoda, como se puede ver en la siguiente figura.

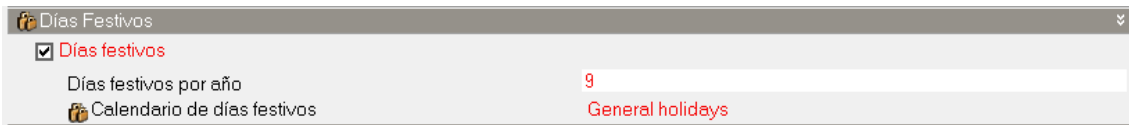


Vestimenta	
Definición de la programación de vestimenta	1-Vestimenta genérica de verano e invierno
Vestimenta en invierno (clo)	1.00
Vestimenta en verano (clo)	0.50

Figura 43: Datos introducidos en el programa: Vestimenta

Se prevé una ropa ligera y cómoda tanto para las temporadas de verano como las de invierno.

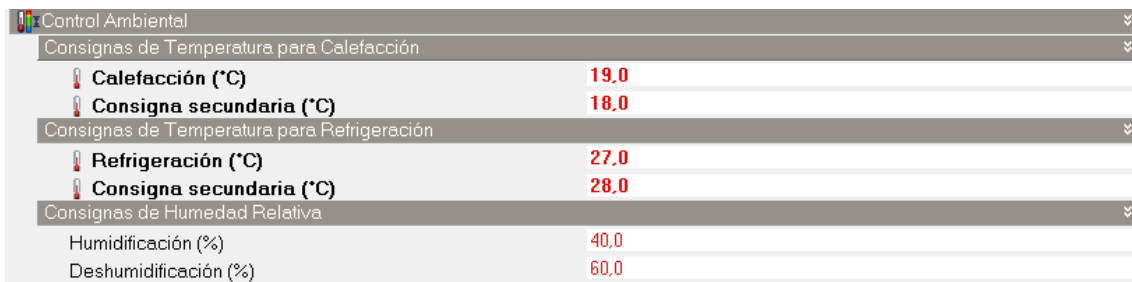
El cuarto paso se basa en la definición de los días de fiesta. El gimnasio permanecerá cerrado sábados y domingos de todas las semanas, como se define en el apartado de la ocupación. Aparte, permanecerá cerrado 9 días al año, lo que corresponde con los días generales festivos en España.



Días Festivos	
<input checked="" type="checkbox"/> Días festivos	
Días festivos por año	9
Calendario de días festivos	General holidays

Figura 44: Datos introducidos en el programa: Días festivos

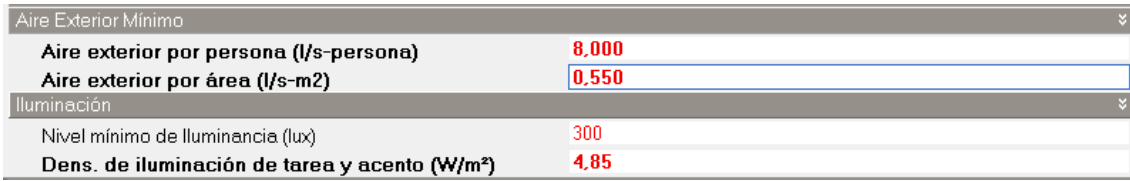
El quinto paso será definir las consignas de control ambiental. Para este paso se han tenido en cuenta las temperaturas y humedades las cuales se consiga un menor consumo energética a la vez que se adquieren los niveles mínimos de confort para los ocupantes.



Control Ambiental	
Consignas de Temperatura para Calefacción	
Calefacción (°C)	19.0
Consigna secundaria (°C)	18.0
Consignas de Temperatura para Refrigeración	
Refrigeración (°C)	27.0
Consigna secundaria (°C)	28.0
Consignas de Humedad Relativa	
Humidificación (%)	40.0
Deshumidificación (%)	60.0

Figura 45: Datos introducidos en el programa: Consignas de temperatura

En sexto lugar se establecen los criterios mínimos de ventilación y la iluminación instalada.



Aire Exterior Mínimo	
Aire exterior por persona (l/s-persona)	8,000
Aire exterior por área (l/s-m2)	0,550
Iluminación	
Nivel mínimo de iluminancia (lux)	300
Dens. de iluminación de tarea y acento (W/m²)	4,85

Figura 46: Datos introducidos en el programa: Aire exterior e iluminación

Los valores mínimos de aire exterior están marcados por la calidad del aire interior IDA3, la cual dicta esos valores mínimos de ventilación.

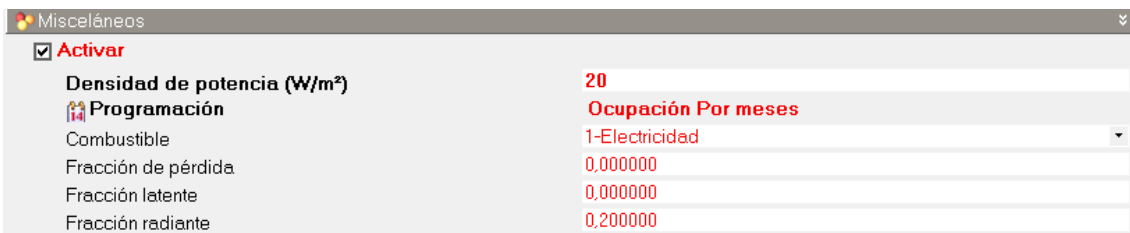
La iluminación está marcada por los requerimientos lumínicos expuestos en puntos anteriores y por la potencia instalada total en el gimnasio. Al tratarse de un edificio cuya actividad es gimnasio, el valor de la densidad normalizada de potencia será de 4 [W/m²-100lux]



Iluminación General	
<input checked="" type="checkbox"/> Activar	
Densidad normalizada de potencia (W/m ² -100 lux)	4,0000

Figura 47: Datos introducidos en el programa: Iluminación

El último factor importante a tener en cuenta a la hora de definir la actividad del local son los elementos instalados que influyen en el consumo climático, como son los aparatos eléctricos. En un gimnasio existen aparatos de elevado consumo como son las cintas de correr, por ello será importante la densidad de potencia instalada en el edificio.



Misceláneos	
<input checked="" type="checkbox"/> Activar	
Densidad de potencia (W/m ²)	20
Programación	Ocupación Por meses
Combustible	1-Electricidad
Fracción de pérdida	0,000000
Fracción latente	0,000000
Fracción radiante	0,200000

Figura 48: Datos introducidos en el programa: Equipos

Tras la definición de la actividad, es hora de pasar a la definición de los elementos constructivos con los que cuenta el local.

5.3.- ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

El siguiente paso para la simulación del estado actual del local objeto, será la definición de los elementos constructivos pertenecientes a la envolvente del edificio.

Estos serán: muros en contacto con el exterior, particiones interiores, cubierta y huecos.

Las características técnicas detalladas de estos elementos del local se encuentran detalladas en el punto 3.4 de este documento. Aparte de lo comentado en el apartado, se ha dispuesto tabiquería interior, ya que para las paredes interiores de los muros en contacto con el exterior se colocarán planchas de pladur.

Los datos introducidos en el programa serán los siguientes, mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 25: Detalle constructivo DesignBuilder: Muro exterior

MURO EXTERIOR			
COMPOSICIÓN	ESPESOR [mm]	ESQUEMA DE LA SECCIÓN	TRANSMITANCIA [W/m ³ K]
Chapa de acero galvanizado	0,75		0,33
Perfiles chapa de acero	80		
Aislamiento lana de roca	200		
Hormigón armado	48		
Capa de aire	48		
Pladur	28		

Tabla 26: Detalle constructivo DesignBuilder: Muro interior

MURO INTERIOR			
COMPOSICIÓN	ESPESOR [mm]	ESQUEMA DE LA SECCIÓN	TRANSMITANCIA [W/m ³ K]
Pladur	28		0,44
Capa de aire	5		
Aislamiento lana de roca	60		
Capa de aire	5		
Pladur	28		

Tabla 27: Detalle constructivo DesignBuilder: Cubierta

CUBIERTA

COMPOSICIÓN	ESPESOR [mm]	ESQUEMA DE LA SECCIÓN	TRANSMITANCIA [W/m ² K]
Lámina impermeable de betún	3,5		0,58
Aislamiento lana de roca	50		
Perfil nervado autoportante de acero galvanizado	7		

Terminado de introducir los datos de los cerramientos del gimnasio, se procede a implantar la información sobre los huecos. Como se observa a lo largo del documento, una gran parte de la superficie en contacto con el exterior, se dispone de cristalería. Es por ello, que la correcta definición de los huecos es de suma importancia, ya que se obtendrán grandes flujos y pérdidas por estos elementos constructivos.

Como se comenta en el apartado 3.4 del documento, el vidrio está compuesto de dos láminas de 6+6 2PVB con cámara de aire de 20[mm], los cuales no tienen marco y ocupan el 100[%] de la superficie en la cual están dispuestos.

En primer lugar, se definen en el software las hojas del cristal como se puede observar en la figura a continuación.

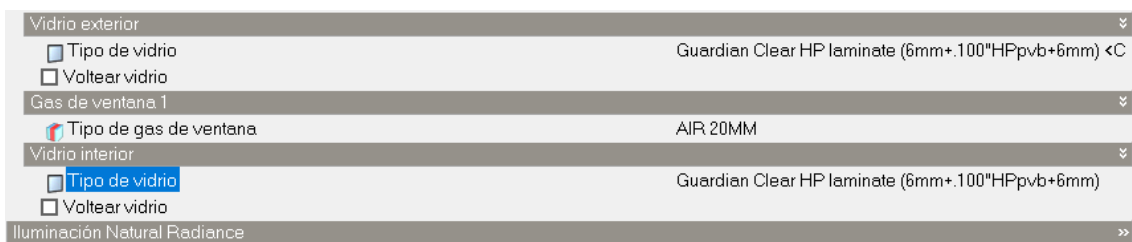
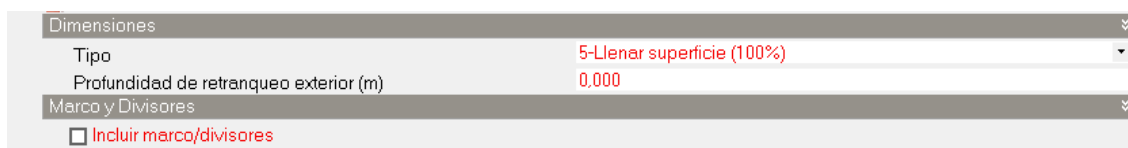


Figura 49: Datos introducidos en el programa: Huecos

Se obtiene una transmitancia calculada por el programa de 2,1[W/m²K], lo cual cumple con la condición de transmitancia del cristal comentada en el apartado 3.4 del documento.

Para cumplir la condición de los marcos y la superficie se disponen los siguientes datos en el software.



The screenshot shows a software interface with a tree view on the left and a data table on the right. The tree view has two main sections: 'Dimensiones' and 'Marco y Divisores'. Under 'Dimensiones', there are two rows: 'Tipo' with the value '5-Llenar superficie (100%)' and 'Profundidad de retranqueo exterior (m)' with the value '0,000'. Under 'Marco y Divisores', there is a checkbox labeled 'Incluir marco/divisores' which is currently unchecked.

Dimensiones	
Tipo	5-Llenar superficie (100%)
Profundidad de retranqueo exterior (m)	0,000

Marco y Divisores

Incluir marco/divisores

Figura 50: Datos introducidos en el programa: Marcos de los huecos

Con esto quedarían definidas las características de los cerramientos. Ahora se debe proceder a la definición de la instalación de climatización y ventilación, ya que es el punto más importante al hablar de consumos.

5.4.- INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

Para terminar con la introducción de datos en el programa, se ha de definir la climatización y la ventilación del establecimiento. DesignBuilder se puede definir de dos modos. El modo simple, donde el sistema se modela mediante cargas ideales de EnergyPlus; o el modelo detallado, en el cual los sistemas se definen de manera detallada, con cada componente ensamblado en un diagrama esquemático y conectado al resto de componentes.

Para la definición del sistema de climatización, se recrea la situación propuesta en apartados anteriores, la cual está formada por un sistema de climatización de caudal variable y los recuperadores de calor para la ventilación del local.

En la siguiente figura se muestra el esquema final de la configuración avanzada en el software.

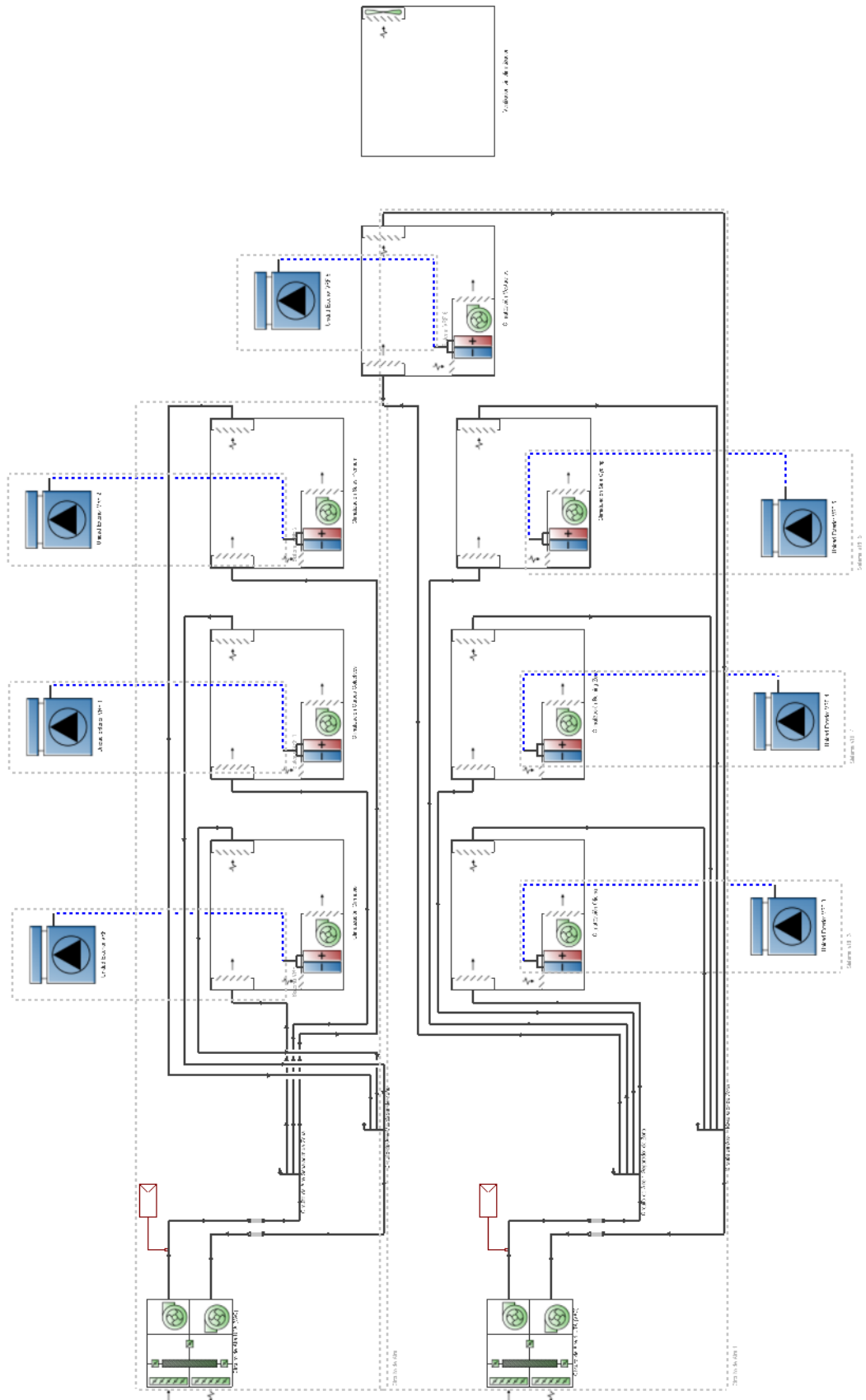


Figura 51: Esquema general del diseño de la instalación de climatización y ventilación en la opción avanzada de DesignBuilder

Como se puede observar en la figura adjunta, el sistema de refrigeración se ha tenido que dividir por cada zona climatizada, en vez de dos como se propone en la memoria. Esto es debido, a que se observaron problemas en el momento de las simulaciones y tras prueba y error, definiéndolo de esta manera, se conseguían consumos más acordes a la realidad del centro.

Los elementos que componen cada una de las zonas climatizadas son los siguientes:

- Rejilla de impulsión proveniente del recuperador de calor.
- Rejilla de extracción proveniente del recuperador de calor.
- Unidad interior del sistema de refrigeración.

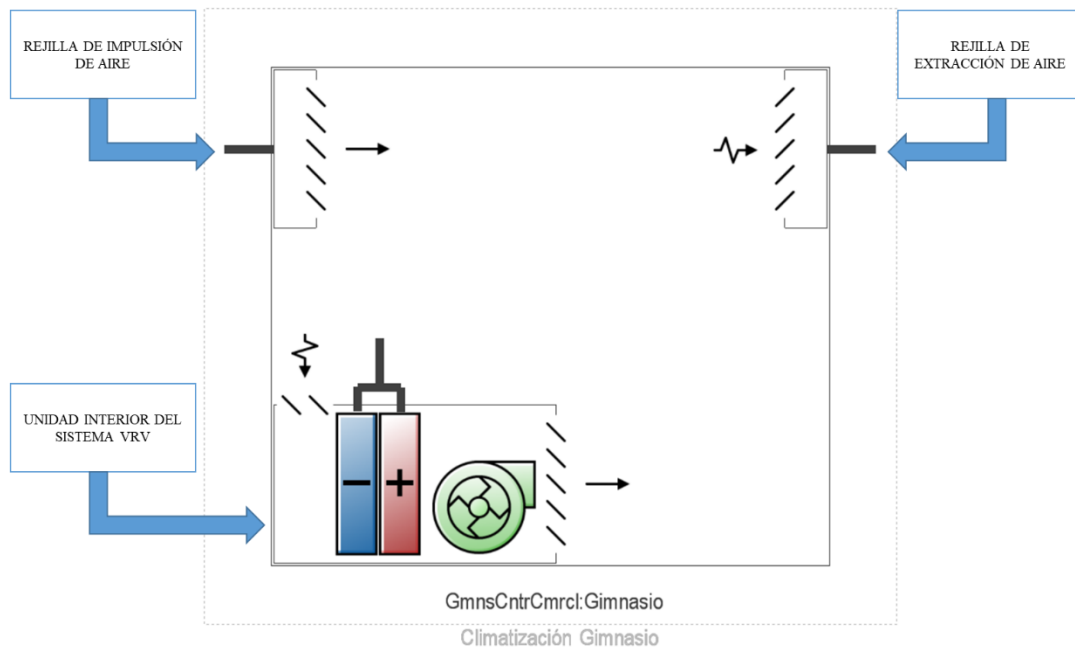


Figura 52: Elementos interiores con la opción avanzada del DesignBuilder

Cada una de las zonas climatizadas se coloca únicamente una unidad interior para la simulación, cuando en la realidad, existirán mayor cantidad en ciertas zonas como la de gimnasio, ya que es una gran superficie a climatizar, por lo cual, con una sola máquina interior sería complicado alcanzar los requerimientos mínimos. En cuanto a la ventilación, pasa una situación parecida a lo anterior, en las salas de grandes superficies únicamente colocamos en la simulación una sola rejilla de impulsión y otra expulsión, en la realidad tampoco sería suficiente para cumplir con los requerimientos mínimos.

Pese a este problema visual, el cálculo del *DesignBuilder* no se vería alterado, ya que se simula con las programaciones y las consignas dispuestas en el apartado de la actividad.

En la siguiente figura se puede observar la definición del esquema de climatización de la sala gimnasio, donde se conecta mediante tubería la unidad exterior con la exterior para poder realizar el intercambio térmico.

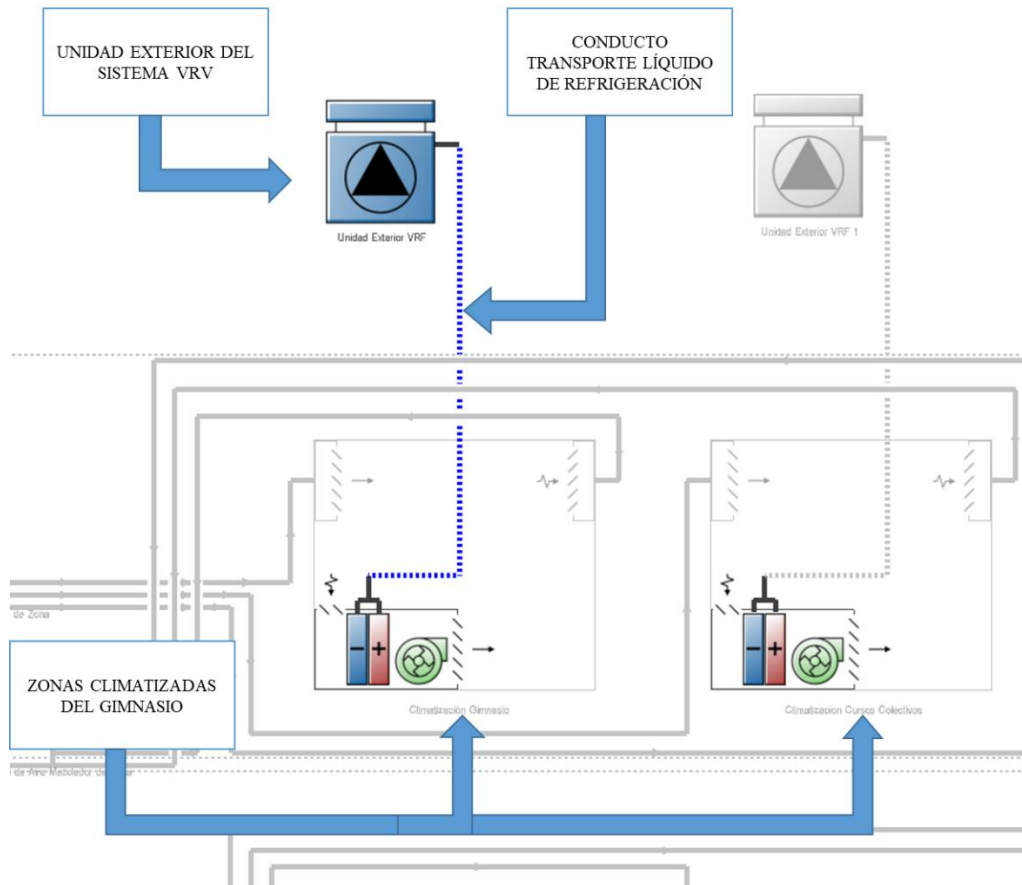


Figura 53: Elementos exteriores de la climatización con la opción avanzada del DesignBuilder

La ventilación se realiza mediante recuperador de calor en las zonas climatizadas como se comenta en el diseño de la ventilación de la memoria.

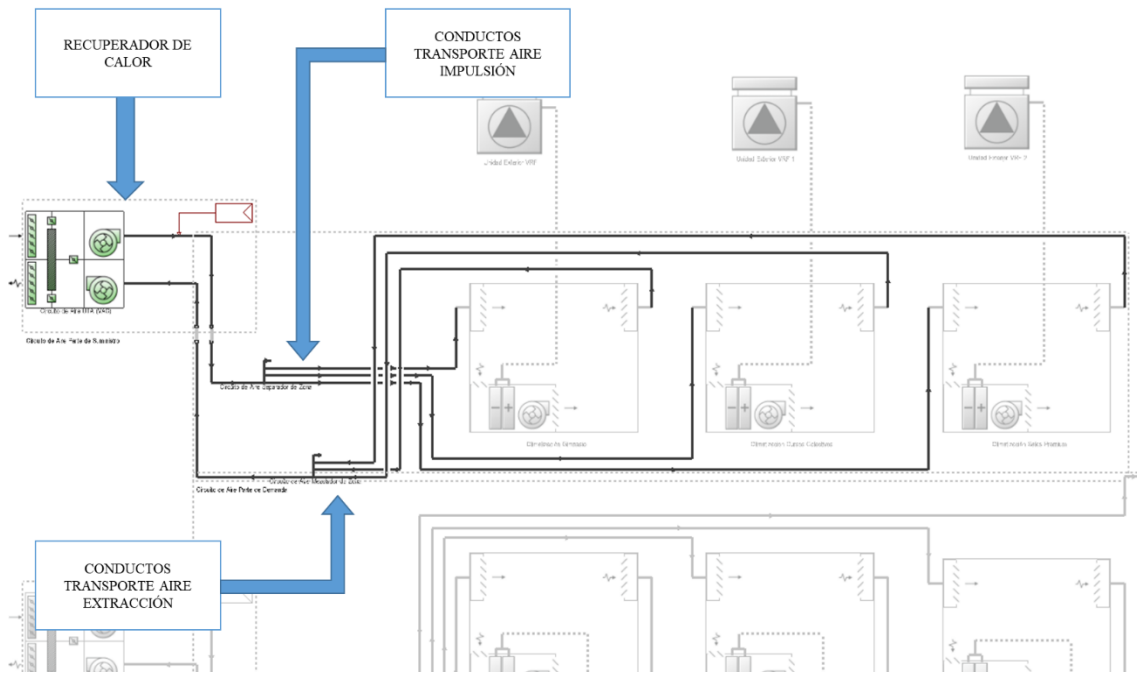


Figura 54: Elementos exteriores de la ventilación en la opción avanzada del DesignBuilder

Para concluir, también es importante considerar y tener en cuenta la ventilación de las zonas las cuales no serán climatizadas. Estas son aquellas como duchas, vestuarios de empleados, etc. Estas zonas en la realidad se han dimensionado con una caja de ventilación, y ante la falta de este elemento en la biblioteca del software se ha decidido considerar que se obtiene de un ventilador de extracción individual en cada una de las zonas afectadas.

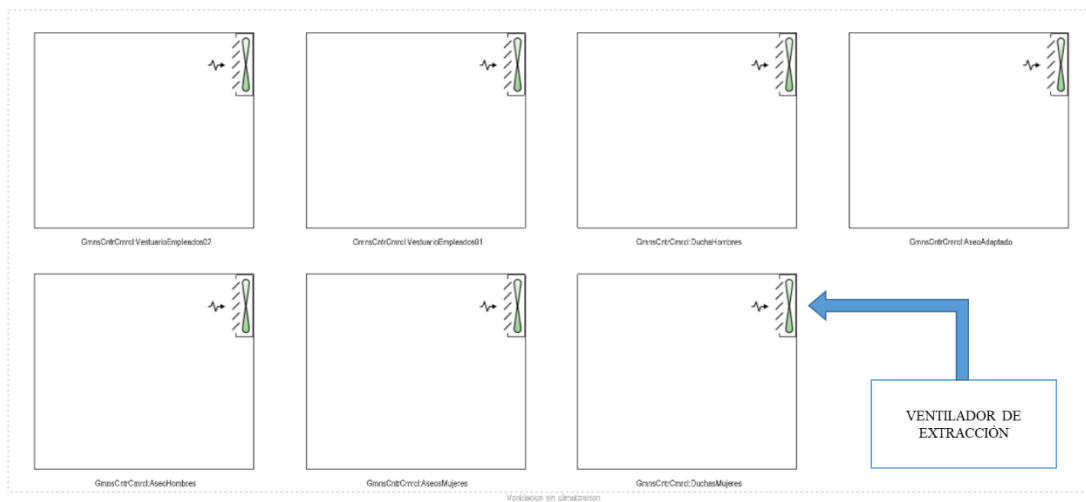


Figura 55: Elementos interiores de las zonas no climatizadas con la opción avanzada del DesignBuilder

Con esto quedaría dimensionado y esquematizado la instalación de ventilación y climatización en *DesignBuilder* con la opción avanzada.

5.5.- SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Finalmente, para concluir con el estudio previo antes de aplicar las medidas de mejora, se debe simular e interpretar los resultados.

Las simulaciones se harán en las semanas más extremas tanto de verano e invierno, ya que se tratan de las situaciones más complicadas, donde la temperatura ambiental alcanza sus valores máximos y mínimos. Para concluir con la simulación, se presentarán los consumos obtenidos a lo largo del año entero, para ver en qué elementos se puede actuar con fin de mejorar la eficiencia energética en el local objeto.

Semana más extrema de verano

Comenzamos con los datos obtenidos de la simulación en la semana más extrema de verano.

En primer lugar, es importante ver los consumos energéticos que tenemos en el local. La siguiente figura 56, muestra una gráfica de la distribución horaria de consumos eléctricos en la semana más extrema de verano.

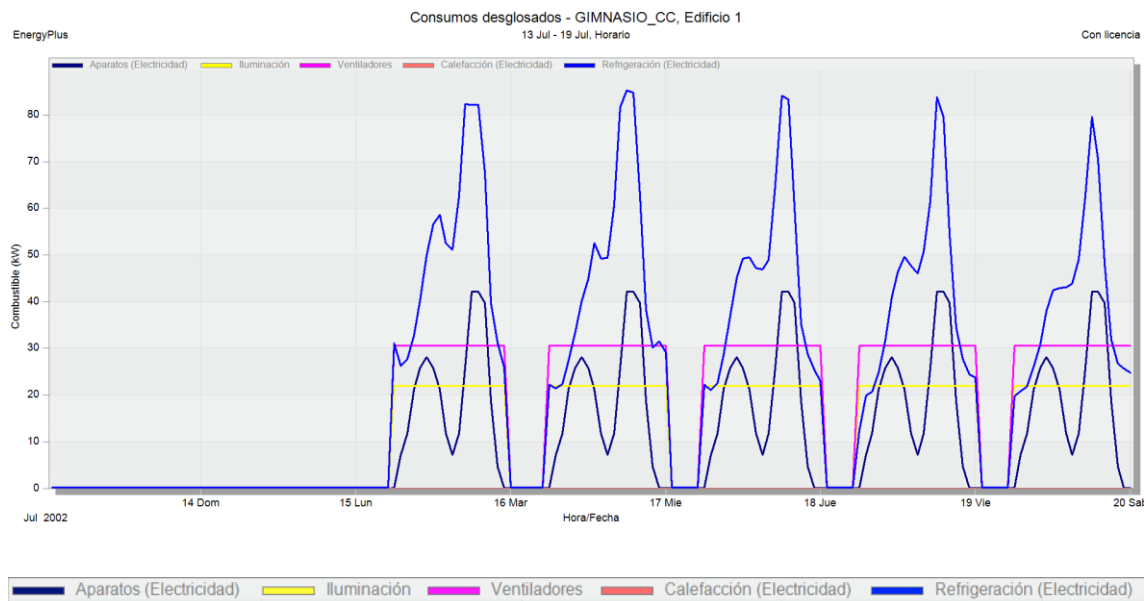


Figura 56: Consumos desglosados en la semana más extrema en verano del 13Jul-19Jul

El consumo es estable tanto en los equipos misceláneos, la iluminación y en la ventilación. Esto deberá ser exactamente igual en la simulación realizada en invierno, ya que la programación y los equipos no cambian durante el año para realizar el uso de la actividad.

Se observa que la mayor parte del consumo total en verano, es usado en la climatización. Esto es debido a las ganancias térmicas de elementos que componen la envolvente, como las ganancias térmicas interiores.

El tipo de actividad (ejercicio físico) que se realiza en el centro, es un arma de doble filo, ya que en invierno tendrá un impacto notable en el consumo eléctrico en calefacción, reduciéndolo. En cambio, en verano será otra fuente de calor que debe de ser neutralizada por el equipo de climatización, es decir, mayor consumo.

Como se comenta anteriormente, las ganancias juegan un papel muy importante, por ello es necesario analizarlas detalladamente. En la siguiente figura 57, se muestran las ganancias y pérdidas térmicas y de qué tipo.

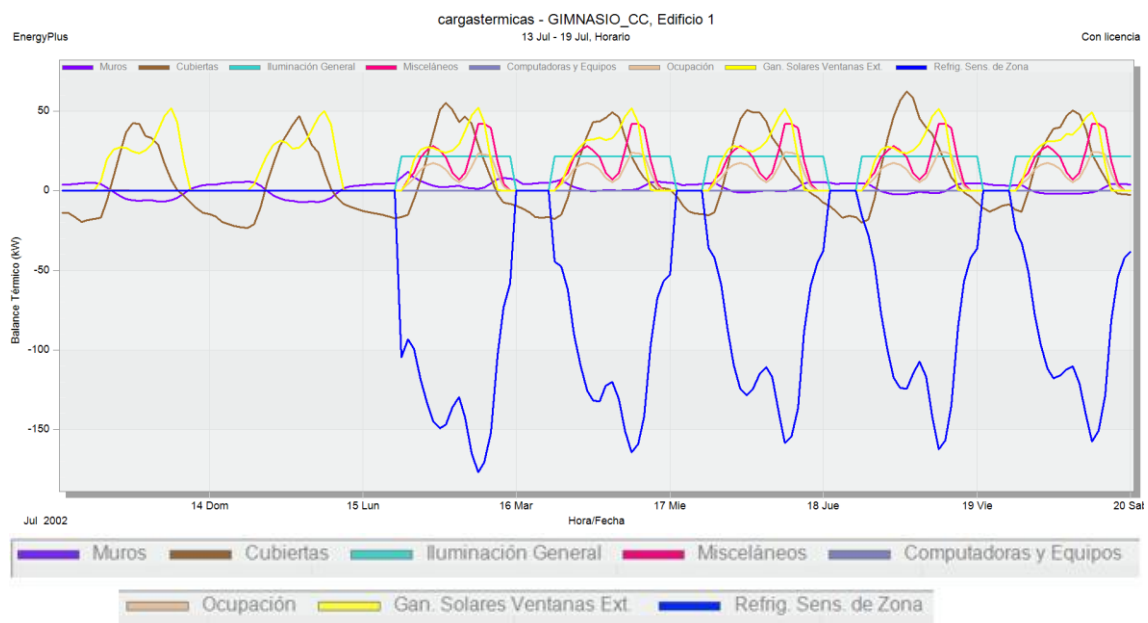


Figura 57: Cargas térmicas en la semana más extrema de verano del 13Jul-19Jul

Se puede observar en la figura anterior que existen notables tipos de ganancias térmicas. Principalmente son las ganancias solares a través de las ventanas al exterior, las ganancias por la cubierta y las ganancias térmicas producidas por los equipos eléctricos y la ocupación.

Para ver lo comentado en el párrafo anterior con más detalle, se muestra a continuación una gráfica con la suma total de las ganancias térmicas obtenidas durante la semana estudio.

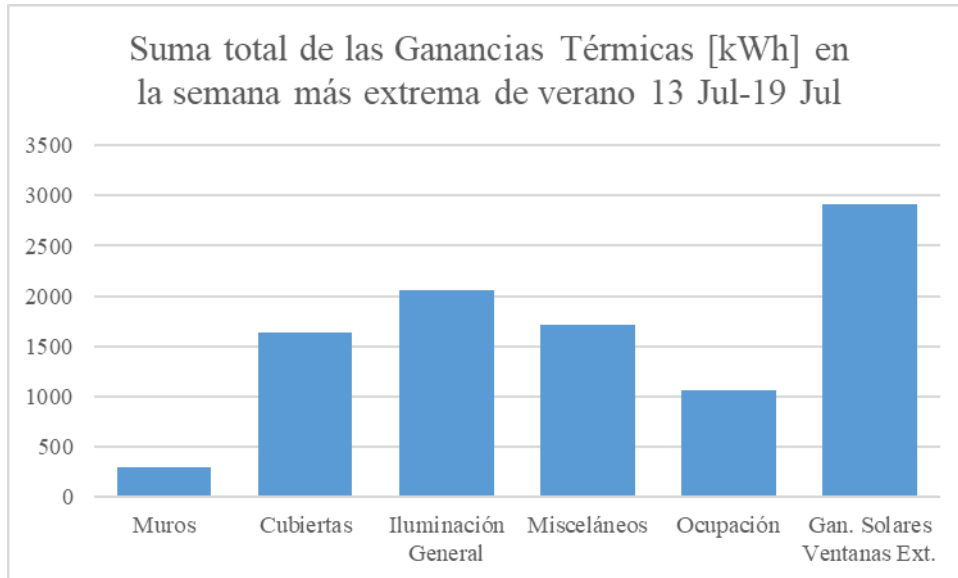


Figura 58: Suma total de las cargas térmicas en la semana más extrema de verano del 13Jul-19Jul

Al tratarse de un espacio que debe de estar muy bien iluminado, es normal que la ganancia térmica producida por la instalación sea tan notable. Por otro lado, el local objeto, cuenta con una fachada acristalada de gran superficie, por lo cual las ganancias solares a través de los huecos del edificio, son elevadas. En cuanto a los elementos misceláneos, el gimnasio cuenta con una elevada cantidad de máquinas para hacer deporte que producen calor, es la razón por la cual la influencia que tiene es importante.

Para concluir con el análisis de los resultados obtenidos de las simulaciones en la semana donde las temperaturas alcanzan temperaturas máximas, se puede resumir lo siguiente:

- El consumo eléctrico en refrigeración es muy elevado, debido a las características generales del local.
- Los elementos necesarios para realizar la actividad (iluminación, máquinas para hacer deporte, ordenadores, etc.), son invariables y fijos, por lo cual se debe contar con ellos en todo momento y no se puede realizar una modificación para mejorar la eficiencia energética del edificio. De esta misma manera, pasa con las ganancias térmicas producidas por el tipo de actividad.

- El local cuenta con una superficie elevada acristalada la cual puede ser mejorada mediante ciertos elementos pasivos, con objetivo de disminuir las ganancias térmicas.

Semana más extrema de invierno

Comenzamos con los datos obtenidos de la simulación en la semana más extrema de invierno.

Al igual que en la simulación con las temperaturas más altas, es importante ver los consumos energéticos que tenemos en el local.

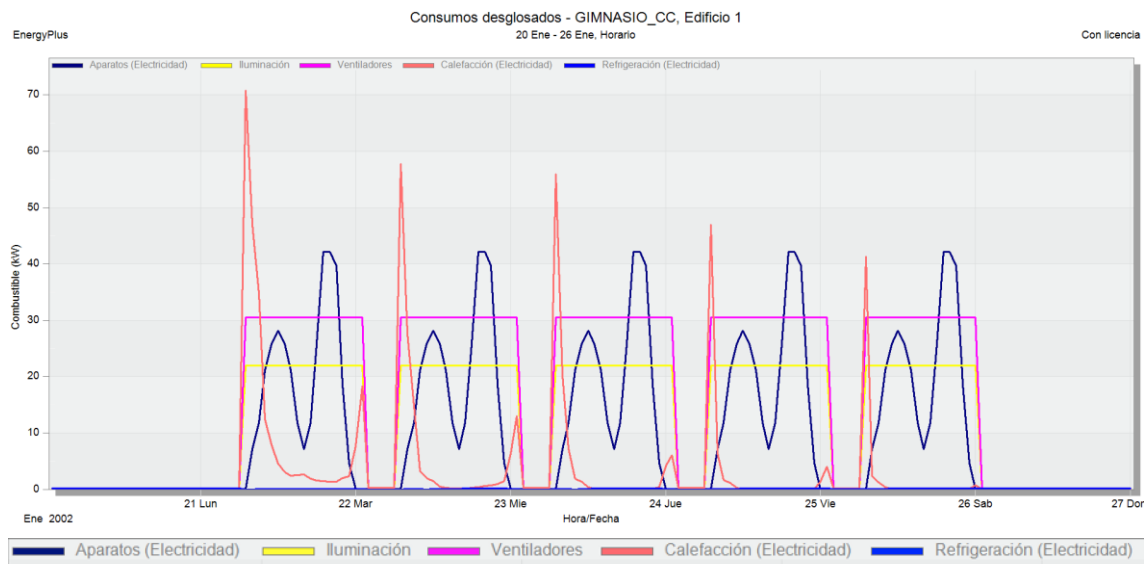


Figura 59: Consumos desglosados en la semana más extrema en invierno del 20Ene-26Ene

Como se comenta en el apartado anterior, los consumos eléctricos de la iluminación, la ventilación y los equipos misceláneos se mantienen en los valores impuestos en todo el año, ya que se mantienen constantes.

Sorprende el poco consumo eléctrico para la calefacción, observándose picos grandes de consumos al comenzar cada jornada laboral. Esto es debido principalmente a dos factores. El poco consumo en calefacción es provocado por el tipo de actividad que se realiza en el centro, ya que se manejan ocupaciones elevadas, en las cuales, el calor que genera cada individuo es tan alto, que ayuda a compensar el frío del exterior y a subir la temperatura del gimnasio. Los picos de consumos son provocados, por que, durante las horas las cuales el gimnasio permanece cerrado, es decir, fines de semana y el tiempo que transcurre desde que se cierra por la noche hasta que se abre por la mañana, el local

se va enfriando poco a poco por la transmitancia de los cerramientos y las infiltraciones, por ello, cada vez que se enciende la climatización por la mañana el salto térmico es muy elevado, y por lo tanto, requiere de un consumo muy elevado.

Durante el invierno las ganancias y pérdidas térmicas influyen notablemente. En la siguiente figura 60, se puede observar la distribución de las pérdidas y ganancias térmicas durante la semana más extrema en invierno.

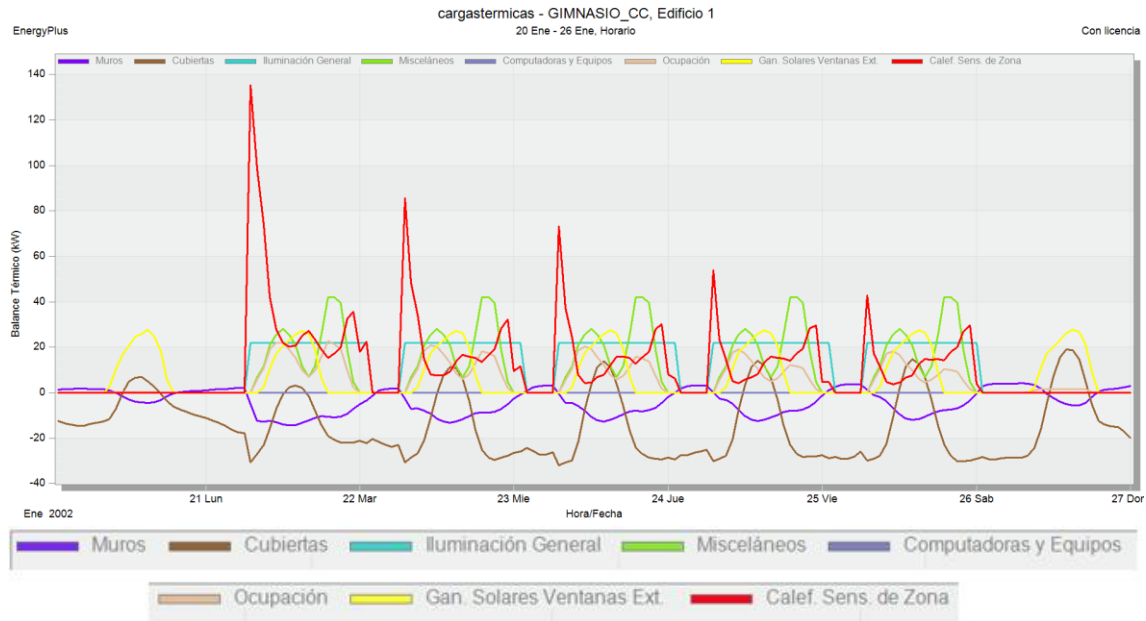


Figura 60: Cargas térmicas en la semana más extrema en invierno del 20Ene-26Ene

En invierno las ganancias térmicas son prácticamente iguales que durante los meses de verano, lo que distingue una época de la otra, son las pérdidas por los cerramientos. Existen pérdidas tanto por los muros como por la cubierta.

A continuación, se muestra una gráfica con la suma total de las ganancias térmicas obtenidas durante la semana estudio.

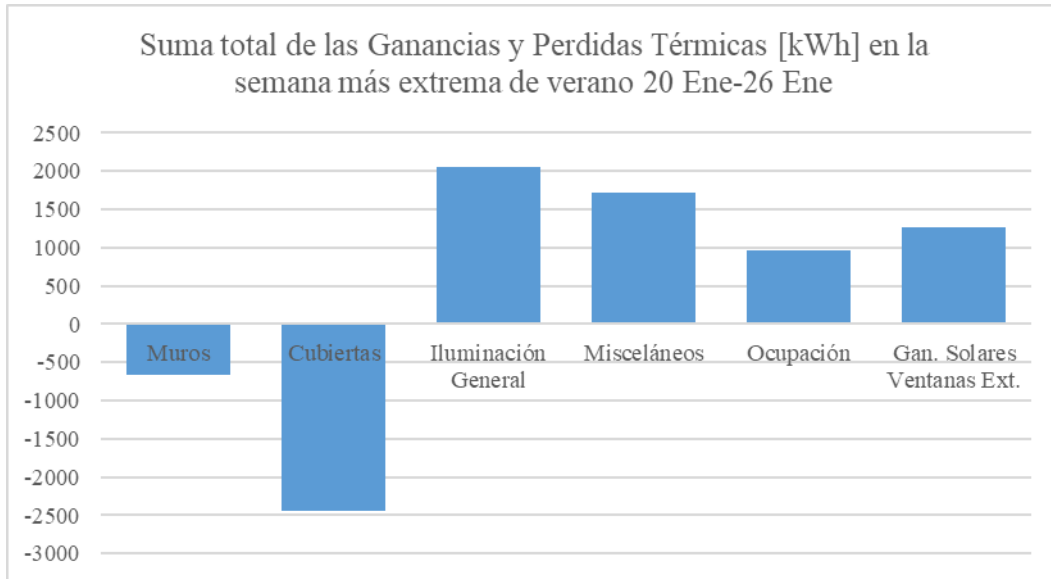


Figura 61: Suma total de las cargas térmicas en la semana más extrema en invierno del 20Ene-26Ene

Observamos que las ganancias solares a través de la superficie acristalada, es bastante menor que en verano, debido a la menor irradiación solar en las épocas de invierno.

Se observa que las pérdidas térmicas a través de los cerramientos son elevadas, en especial a través de la cubierta.

Para concluir con el análisis de los resultados obtenidos de las simulaciones en la semana donde las temperaturas alcanzan temperaturas mínimas, se puede resumir lo siguiente:

- El consumo eléctrico en calefacción es prácticamente nulo, principalmente gracias a las ganancias a través de la actividad y las ganancias solares.
- Al igual que se comenta en la simulación anterior, los elementos necesarios para realizar la actividad (iluminación, máquinas para hacer deporte, ordenadores, etc.), son invariables y fijos, por lo cual se debe contar con ellos en todo momento y no se puede realizar una modificación para mejorar la eficiencia energética del edificio.
- La cubierta y los muros suponen un foco de pérdidas térmicas elevado, que debe de ser estudiado para una posible mejora de la eficiencia energética.

Estudio anual

Para concluir con los resultados del gimnasio, es importante analizar los consumos totales obtenidos durante el año entero y en qué porcentaje suponen en el gasto total del edificio.

Comenzamos con los consumos totales anuales.

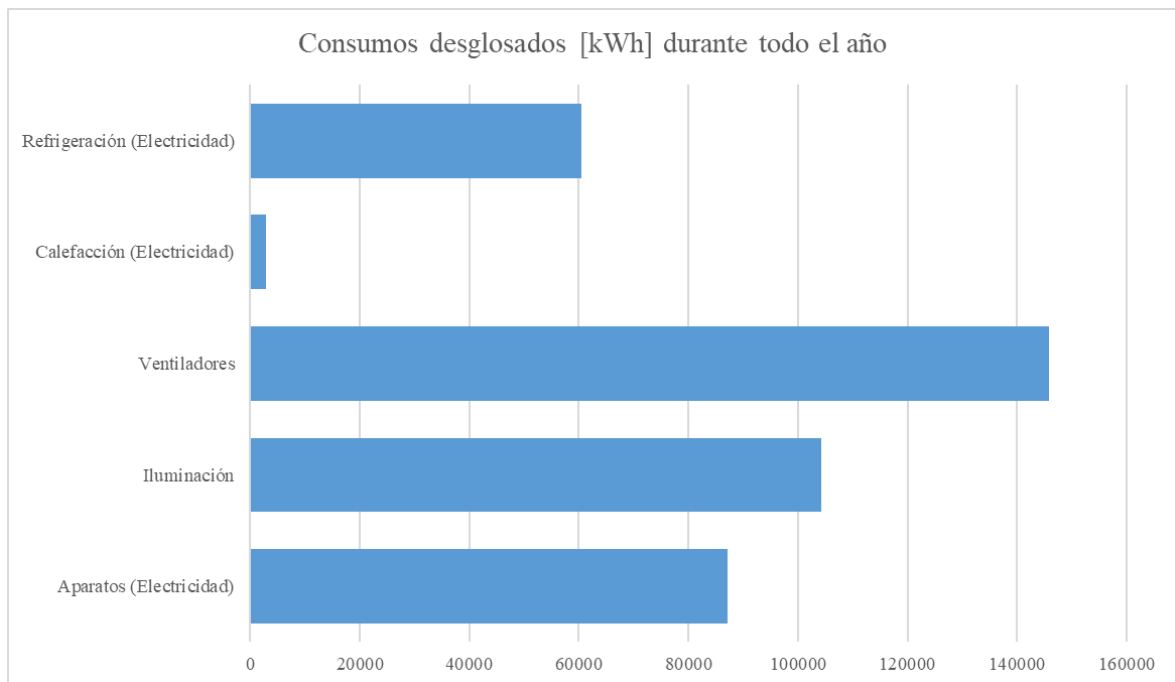


Figura 62: Consumos anuales

La situación encontrada en la simulación durante todo el año no se sale fuera de lo comentado anteriormente. El gimnasio al ser un establecimiento en el cual la ventilación es prioritaria, debido al tipo de actividad que se realiza, el consumo destinado en ello es contante y elevado durante todos los meses del año, es por ello, que tiene un impacto tan grande en el consumo total anual. Se observa una situación similar tanto en iluminación como en los aparatos usados para el desarrollo correcto del gimnasio, son consumos elevados ya que se dispone de mucha potencia instalada para dar servicio a sus ocupantes, que permanece contante durante todo el año.

Los consumos en refrigeración son bastante elevados, comparado con el tiempo que está en uso, ya que en los meses de frío no se encienden las máquinas para enfriar el ambiente del local.

Como se comenta en el estudio de la semana más fría del año, debido a los elementos y el tipo de actividad del gimnasio, el consumo en calefacción es prácticamente nulo comparado con el resto de consumos mostrados en la figura anterior.

Debido a esto, y viendo que los consumos principales durante el año entero, son aquellos que son constantes y no varían en función de la época del año, una de las medidas de mejora de la eficiencia energética será una instalación fotovoltaica, para conseguir generar energía eléctrica para autoconsumo, y de este modo, reducir los gastos invertidos en electricidad.

Ahora, con el fin de conseguir mejoras eficientes para el local, es importante estudiar las ganancias y pérdidas totales del edificio durante todo el año, con objetivo de focalizar los esfuerzos en medidas las cuales consigan mayor impacto en la eficiencia energética del establecimiento.

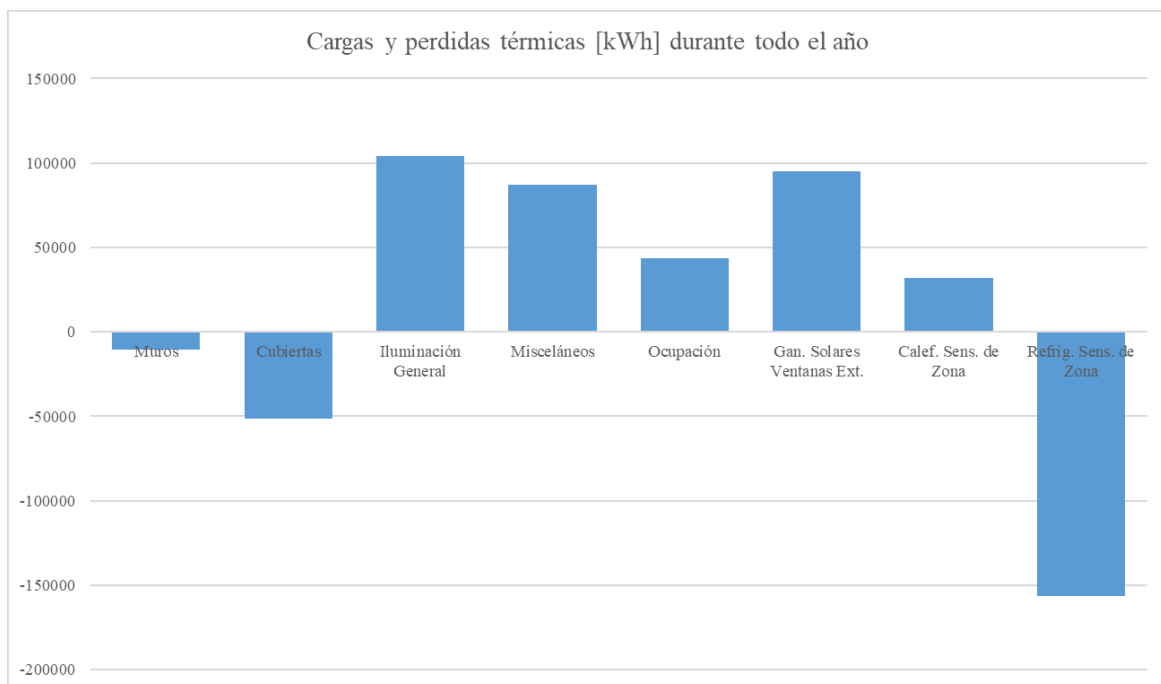


Figura 63: Cargas térmicas anuales

Con este gráfico se pueden sacar dos cosas en claro claves para aplicar correctamente medidas de eficiencia energética.

Las mayores pérdidas y ganancias térmicas producidas por un elemento de la envolvente provienen de la cubierta, por lo que una de las mejoras posibles para el local sería la instalación de un greenroof para ayudar a las ganancias sufridas en verano, a su

vez que se rellenan mediante aislante térmico los espacios entre las venas del soporte metálico del techo.

La gran superficie acristalada con la que cuenta el gimnasio, produce unas ganancias solares muy elevadas. Se pueden mitigar en gran medida instalando voladizos en las inmediaciones de las ventanas, favoreciendo en verano la disipación de gran parte de esta radiación directa, reduciendo las ganancias térmicas a través del cristal.

Finalmente, ya presentados los resultados de esta primera simulación, los gimnasios son establecimientos donde los consumos son muy elevados debido a su gran superficie y la actividad desarrollada dentro del centro. Esto los hace excelentes ejemplos, para demostrar cómo influye la eficiencia energética en los edificios terciarios y cuanto se puede ahorrar.

6.- MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Habiendo simulado sin aplicar medidas de eficiencia energética, es turno de diseñar y estudiar el impacto que tiene en el consumo del establecimiento las siguientes medidas de mejora mostradas a continuación:

- Voladizos en la fachada acristalada.
- GreenRoof.
- Instalación fotovoltaica

6.1.- PRIMERA MEDIDA: VOLADIZOS

La primera medida de eficiencia energética está enfocada en mitigar las ganancias solares a través del acristalamiento de la fachada del local. Par esto se ha elegido la instalación de voladizos en las inmediaciones de las ventanas, para observar que efectos tienen en las ganancias y los consumos del gimnasio.

Un voladizo se trata de una estructura que se coloca sobre la ventana para reducir la cantidad de luz que entra en una habitación. Es muy usado en arquitectura y diseño de edificios para minimizar la cantidad de radiación solar que ingresa en los establecimientos con alta exposición al sol, como es el caso del local objeto.

La idea de uso es reducir la cantidad de radiación solar directa que entra en el local creando una sombra que se extiende prácticamente por toda la cristalera.

En el gimnasio de estudio, la cristalera es de gran tamaño, por lo cual, las dimensiones del voladizo deben de ser grandes también, con objetivo de cubrir toda la superficie de la ventana y conseguir que sea efectivo. El software *DesignBuilder* cuenta con la opción de incluir voladizos, para ello se marcará lo siguiente.



Figura 64: Datos introducidos en el programa: Voladizo

En el cual definimos el voladizo de la siguiente manera. Será un voladizo de acero de 2[mm] de espesor. La distancia vertical desde el borde superior de la ventana, hasta donde irá colocado el elemento será de 0,3[m] y la proyección de 2[m].

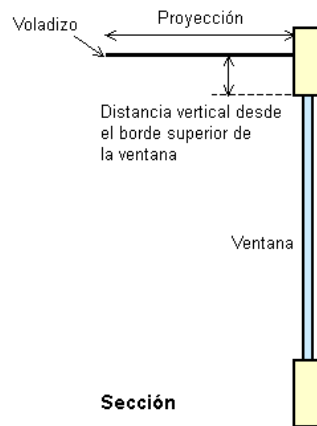


Figura 65: Esquema representación de los voladizos

En las siguientes figuras se puede observar detalladamente como quedaría modelizado en su totalidad el edificio, y el efecto del voladizo sobre el sombreado que entra en el local a diferentes horas del día más caluroso.

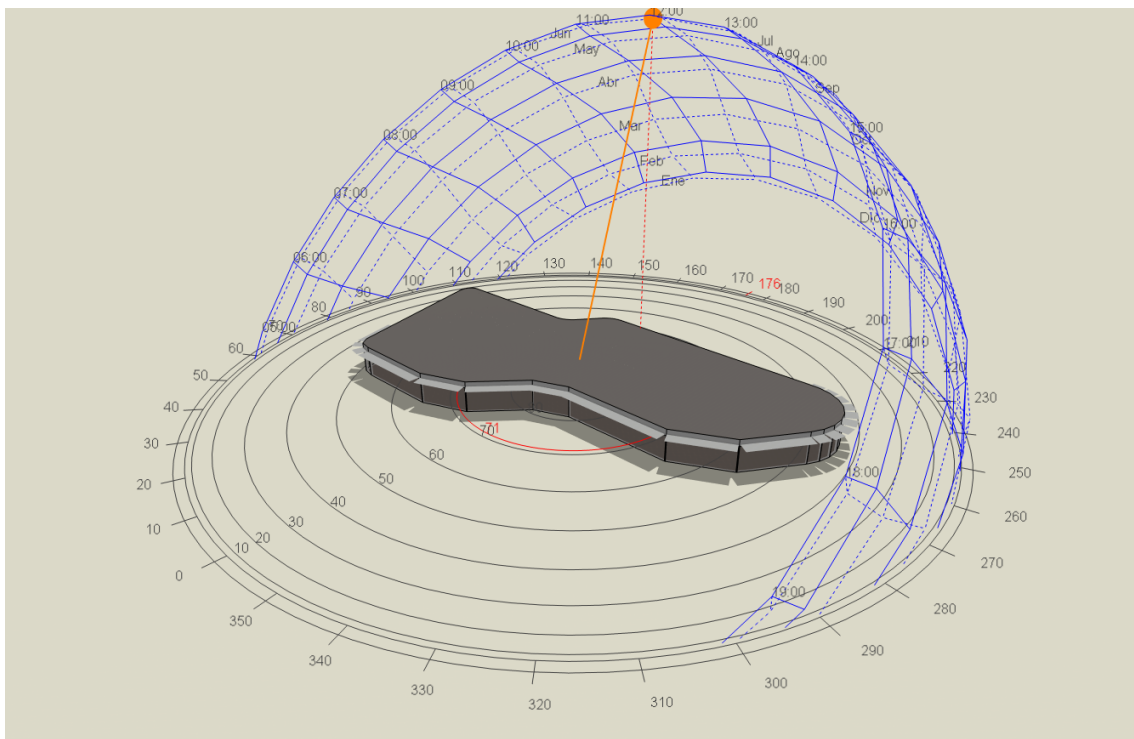


Figura 66: Modelización con voladizos en Julio a las 12:00

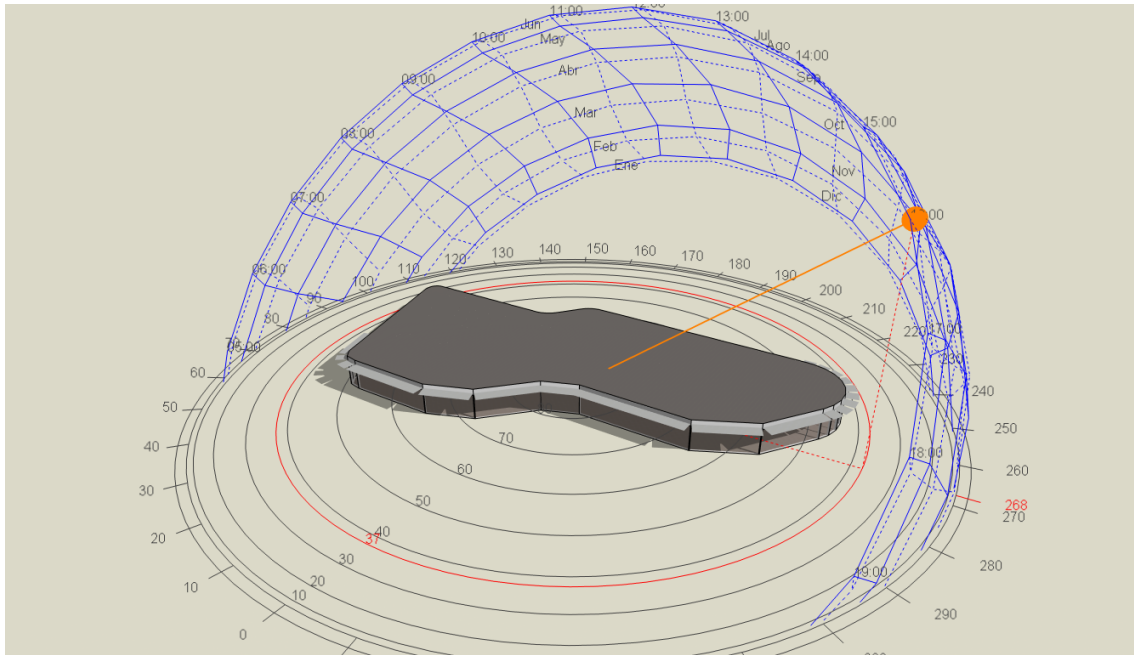


Figura 67: Modelización con voladizos en Julio a las 16:00

Como podemos ver en las imágenes el efecto del voladizo es completamente visible. Se consigue que a las horas donde la temperatura ambiente y la radiación solar es mayor, las ganancias a través de los cristales sean menores.

Para comprobar la eficacia del sistema elegido, se debe de simular y comparar con la situación del estado inicial. Para ello, simulamos las ganancias solares a través de los cristales obtenidas durante todo el año, con fin de verificar su efectividad.

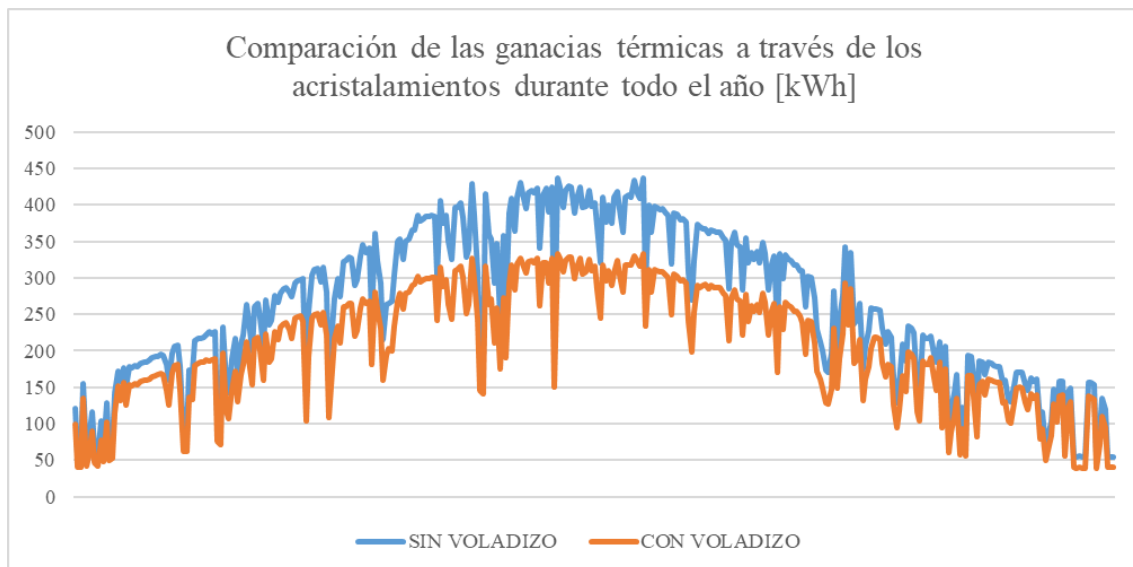


Figura 68: Comparación con y sin voladizo de las ganancias térmicas a través de los acristalamientos durante todo el año

En la figura 68, se puede observar que únicamente con el uso de estos elementos estructurales, podemos llegar a conseguir una disminución de las ganancias térmicas a través de las ventanas, de 95.233[kWh] a 75.271[kWh] en el transcurso de todo el año, lo que supone una disminución de prácticamente el 21[%].

Esto supone una disminución en el consumo total de energía con una inversión mínima. En la siguiente figura, se muestra una comparación del consumo de energía final durante todo el año, de la situación inicial, y del local con voladizos.

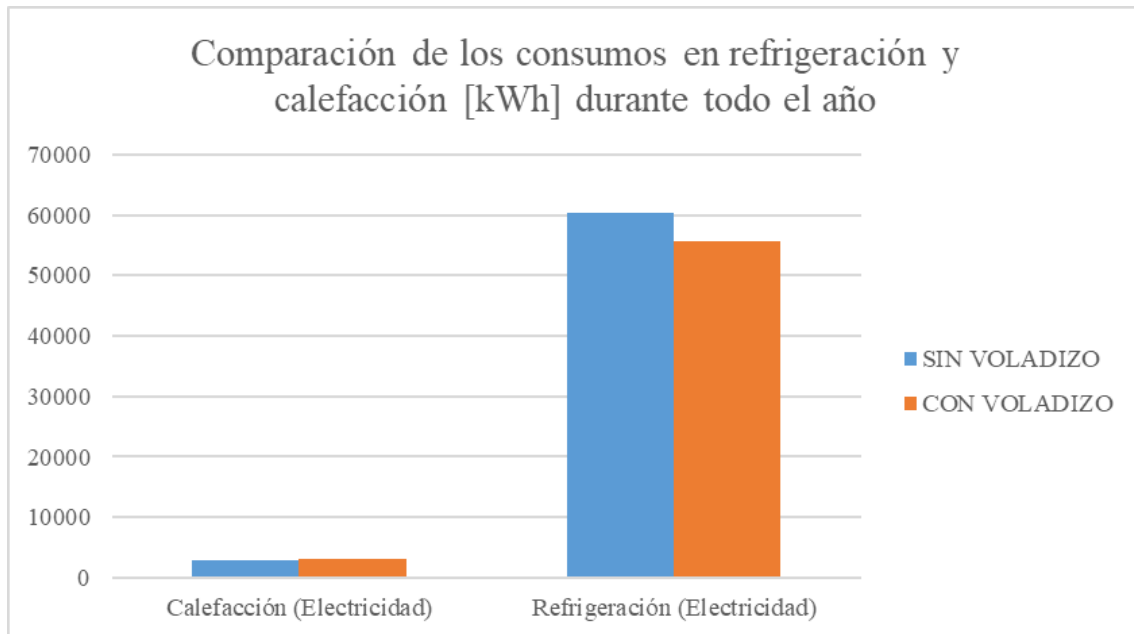


Figura 69: Comparación con y sin voladizo de los consumos en climatización durante todo el año

En la figura adjunta observamos una disminución del consumo en la refrigeración de unos 4.630[kWh] en todo el año. En el análisis económico de los últimos puntos de la memoria, se estudiará el retorno de la inversión y el coste en profundidad.

6.2.- SEGUNDA MEDIDA: GREEN ROOF

La segunda medida propuesta tiene como objetivo mitigar las ganancias y pérdidas térmicas a través de la cubierta del local. Al tratarse de un edificio de gran tamaño, la superficie de la cubierta es un muy elevada, es por ello, que los factores ambientales influyen tanto, en las cargas térmicas del gimnasio.

Se decide simular y estudiar los efectos de la instalación de un green roof, es decir, una azotea verde.

Un green roof es un tipo de sistema de techo que incorpora vegetación, tierra y un sistema de drenaje para soportar el crecimiento de plantas en el techo de un edificio. Entre los beneficios cabe destacar: reducción del consumo de energía ya que actúan como aislante; mejora la estética del edificio dándole un cambio de imagen; y reducción del efecto de isla calor urbano ya que las plantas absorben la energía solar y liberan vapor.

La idea de esta mejora se trata de instalar un green roof, a la vez que se coloca una capa extruida de poliestireno expandido entre las venas interiores de la cubierta, con objetivo de conseguir una mejora notable en el edificio.

Para comenzar con el estudio de la mejora, es necesario introducir los datos de las nuevas capas que tenemos que tener en cuenta para una correcta simulación. Para ello, se parte del creado para la simulación del estado inicial y se añadirán las hojas correspondientes añadidas.

Tabla 28: Detalle constructivo DesignBuilder: Cubierta vegetal

CUBIERTA CON GREEN ROOF			
COMPOSICIÓN	ESPESOR [mm]	ESQUEMA DE LA SECCIÓN	TRANSMITANCIA [W/m ³ K]
Green Roof	304		0,34
Lámina impermeable de betún	3,5		
Aislamiento de roca	50		
Perfil nervado autoportante de acero galvanizado	7		
Aislamiento de poliestireno expandido	50		

La capa creada para simular una cubierta vegetal es de 304[mm] de espesor, de los cuales aproximadamente 200[mm] estarán compuestos por tierra y el resto, será la vegetación que compondrá la nueva cubierta. *Design Builder* cuenta con una pestaña adicional para la definición del green roof. Los datos introducidos son los siguientes.

Cubierta Vegetal	
<input checked="" type="checkbox"/> Cubierta vegetal	
Método de cálculo de la difusión de humedad	2-Avanzado
Altura de la vegetación (m)	0,1000
Índice de área de hojas (LAI)	2,7000
Reflectividad de las hojas	0,220
Emisividad de las hojas	0,950
Resistencia estómicia mínima (s/m)	180,000
Máximo contenido volumétrico de humedad en saturación	0,500
Mínimo contenido volumétrico de humedad residual	0,010
Contenido volumétrico de humedad inicial	0,150

Figura 70: Datos introducidos en el programa: Cubierta vegetal

Estos valores fluctúan en función de qué tipo de cubierta vegetal se quiera estudiar. Los valores usados son los predeterminados para una cubierta vegetal de poca altura como es el caso estudio. En la siguiente figura se muestra una visualización de cómo quedaría dispuesta la cubierta vegetal en el local estudio.

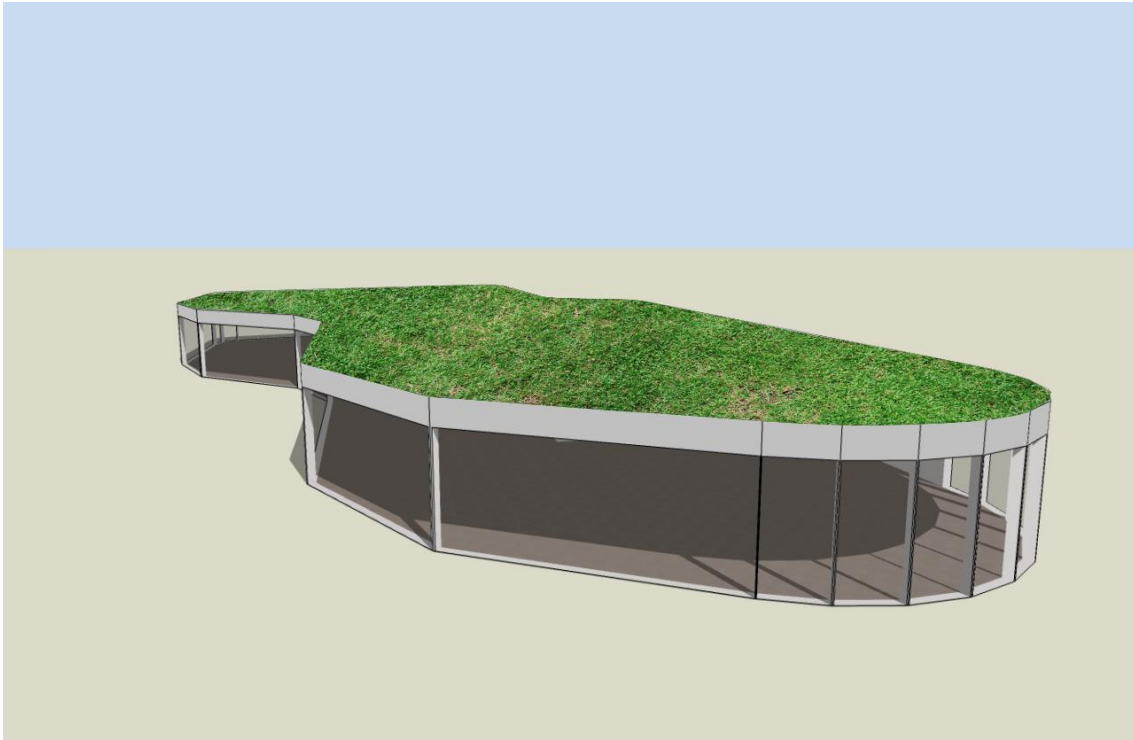


Figura 71: Modelización con la cubierta vegetal

Una vez que tenemos la nueva cubierta, es hora de simular e interpretar los resultados obtenidos. En primer lugar, se estudia el comportamiento de las cargas térmicas a través de la cubierta a lo largo del año.

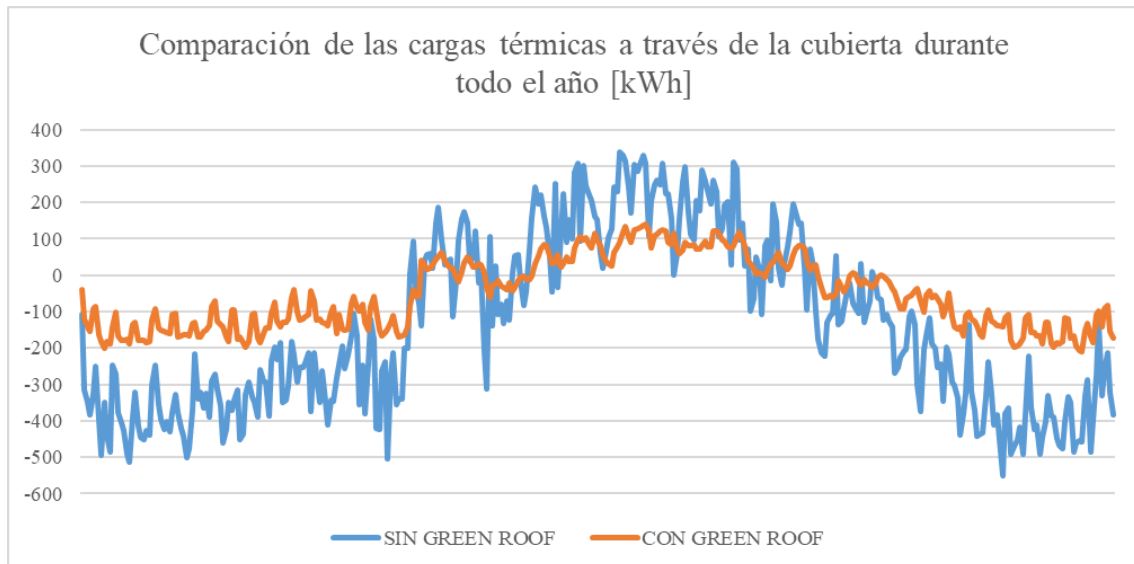


Figura 72: Comparación con y sin cubierta vegetal de las ganancias térmicas a través de la cubierta durante todo el año

Como se puede observar en la figura anterior, la situación del local gracias a la nueva cubierta es muy favorable, consiguiendo ganancias térmicas a través de la cubierta en

los meses más fríos, y a su vez, en los meses más calurosos se consigue que las cargas térmicas disminuyan.

A continuación, se muestran los consumos en calefacción y refrigeración en todo el año, para ver si la mejora propuesta, consigue disminuir el consumo del edificio.

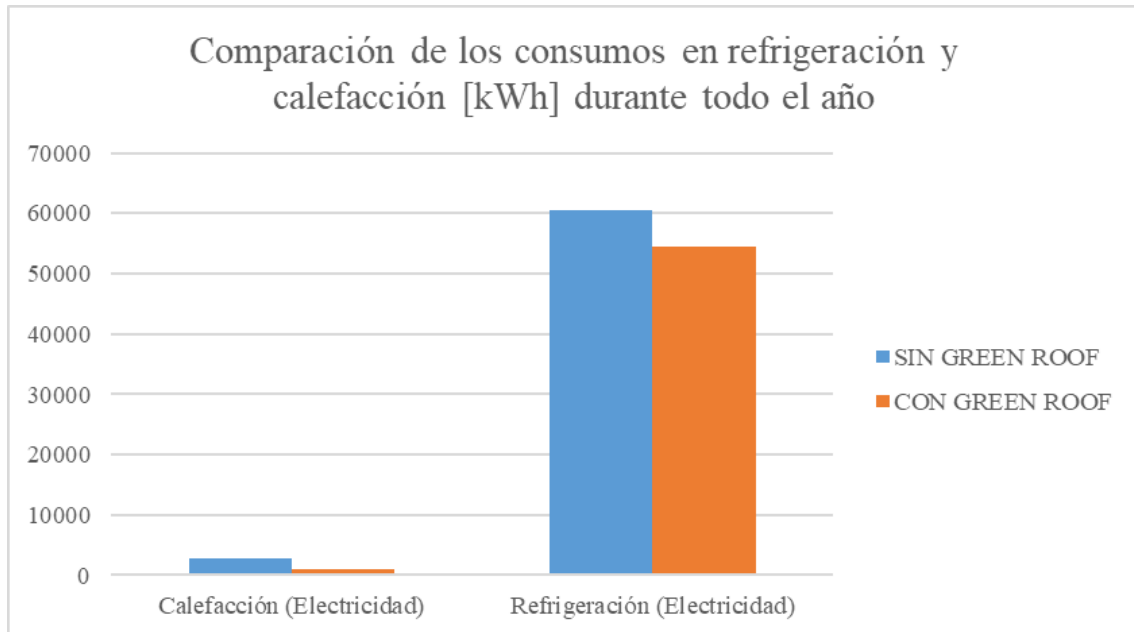


Figura 73: Comparación con y sin cubierta vegetal de los consumos en climatización durante todo el año

En cuanto a los consumos, se observan diferencias entre la situación previa a la mejora, y el edificio con la modificación de la cubierta. Se ahorran 5.916[kWh] y 1.836[kWh], en refrigeración y calefacción respectivamente. En total al año gracias a la mejora propuesta se conseguiría un ahorro total de 7.754[kWh].

Al igual que la primera mejora mostrada en la memoria, se estudiará en el análisis económico la viabilidad de la mejora propuesta.

6.3.- TERCERA MEDIDA: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Por último, se procede con la simulación de la tercera medida propuesta, una instalación fotovoltaica para mitigar los grandes consumos eléctricos del gimnasio.

Este estudio no se realizará mediante un dimensionado exhaustivo de la instalación, únicamente se estudiará el efecto que tienen los módulos fotovoltaicos en el cómputo total de consumo de energía a lo largo del año, mediante el uso de *DesignBuilder*, ya que tiene una herramienta para poder simular una instalación de generación fotovoltaica.

Para comenzar el dimensionado, lo primero es conocer cuál es la inclinación y el ángulo azimut óptimos, los cuales permitan sacar el mayor provecho de la instalación. Al tratarse de una instalación de montaje fijo, es decir, son estáticas y siempre tiene la misma inclinación y orientación durante todo el año, estos valores son de suma importancia.

Para conocer estos valores se usa la herramienta en línea desarrollada por la Comisión Europea *PVGIS*, la cual permite estudiar el rendimiento energético de las instalaciones fotovoltaicas y térmicas en cualquier lugar del mundo. [25]

Los valores obtenidos a través de esta herramienta son los siguientes:

- Ángulo de inclinación: 37[°] [25]
- Ángulo azimut: -4[°] [25]

Una vez conocidos estos valores, comenzamos con la introducción de datos en el software. Esta simulación está pensada, no para hacer del gimnasio un local autosuficiente, únicamente se pretende colocar una cantidad de paneles que permitan reducir el consumo total del edificio en cierta manera, ya que, si se quisiera dimensionar una instalación fotovoltaica para un gimnasio autosuficiente, el periodo de amortización y los gastos serían inviables para este tipo de locales terciarios.

La cantidad de módulos fotovoltaicos elegida será buscando suplir mediante energía solar al menos un 20[%] de la energía consumida anualmente. Mediante varias simulaciones se estima que, para obtener alrededor del porcentaje comentado, se necesitará una superficie de al menos 200[m²] de módulos fotovoltaicos. Teniendo en cuenta que el panel solar estándar usado es de 1,6[m²], se necesitarán aproximadamente

unos 125 paneles. La razón la cual, se calcula mediante superficie y no módulos solares, es debido a como se modelizan las instalaciones de generación eléctrica en el software *DesignBuilder*.

Los módulos fotovoltaicos correspondientes en la simulación y los utilizados luego para el estudio económico serán de:

- Potencia máxima: 250[W]
- Eficiencia: 15[%]
- Dimensiones: 1640x992x35[mm]

Los parámetros elegidos para la simulación en el software son los siguientes, mostrados en la figura a continuación. Se elige un módulo fotovoltaico simple de poca eficiencia, ya que se consigue simular la peor situación a la vez se ahorra en tiempo de simulación.

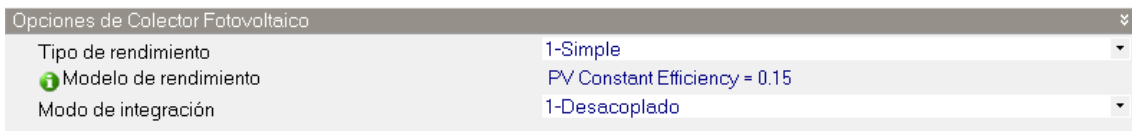


Figura 74: Datos introducidos en el programa: Módulos fotovoltaicos

En las figuras siguientes se puede observar la distribución de paneles fotovoltaicos planteados para la simulación, y la visualización en distintos momentos del año, tanto en invierno como en verano.

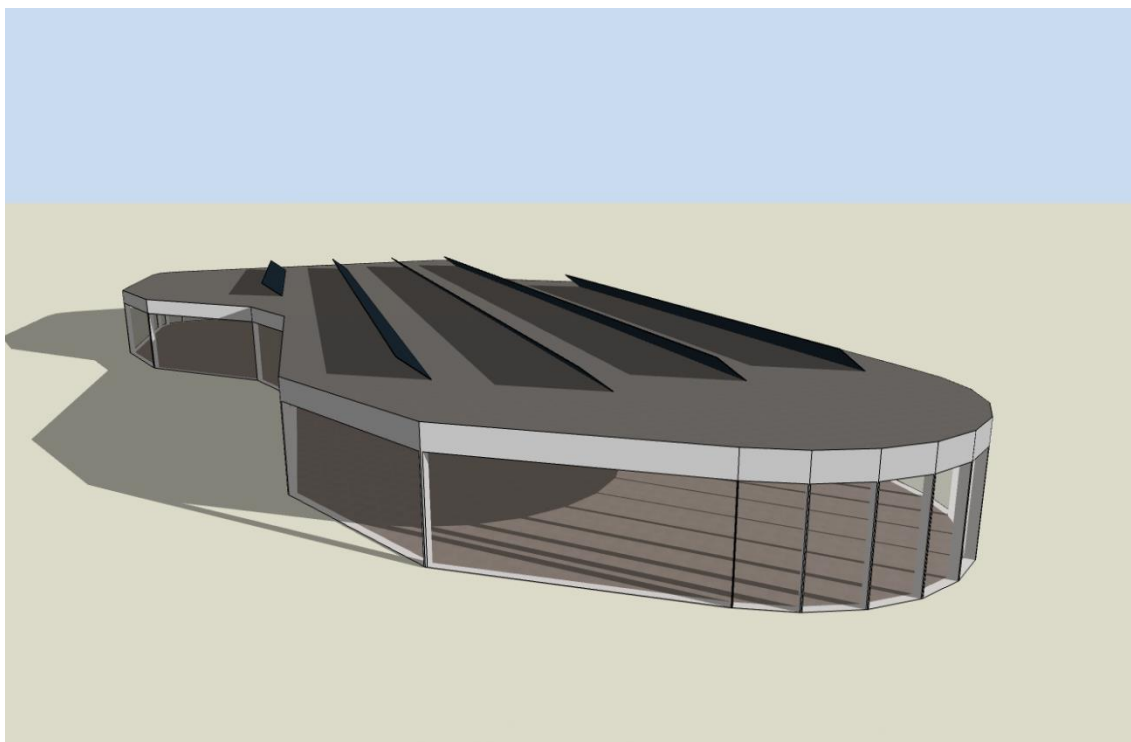


Figura 75: Modelización con paneles fotovoltaicos en invierno

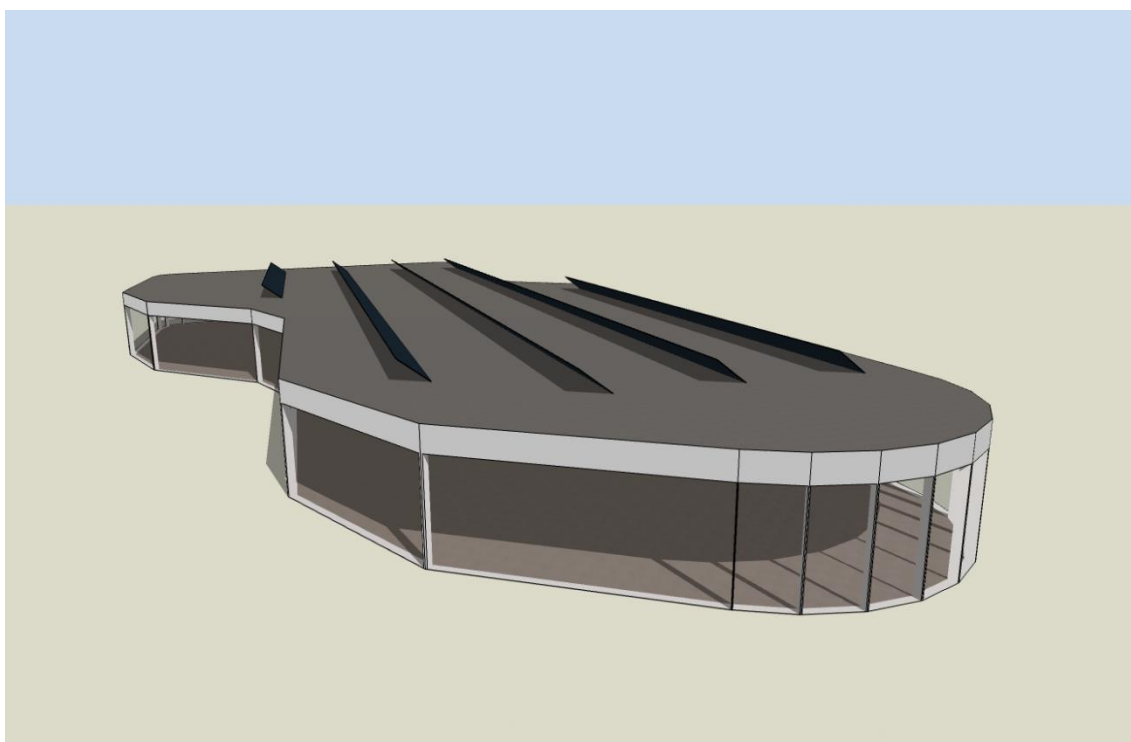


Figura 76: Modelización con paneles fotovoltaicos en verano

Como se puede observar en las figuras 75 y 76, se ocupa mucha superficie de la cubierta, pero teniendo en cuenta el consumo tan elevado del gimnasio, con objetivo de conseguir el 20[%] de la energía total consumida, se necesita colocar muchos módulos

fotovoltaicos. Aparte con la distribución elegida, se consigue no dar sombra entre los módulos fotovoltaicos, consiguiendo el máximo rendimiento.

Una vez acabada la modelización, es hora de interpretar los resultados obtenidos. En primer lugar, se muestran los kilovatios hora obtenidos durante el año.

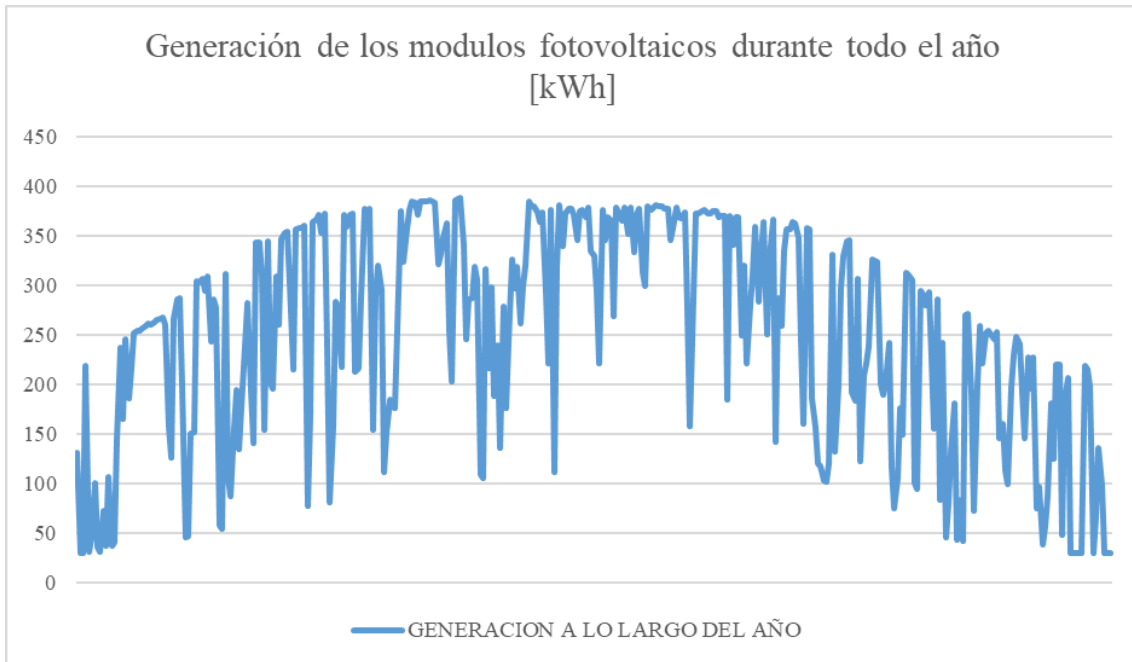


Figura 77: Generación fotovoltaica durante todo el año

En la figura 77 se puede observar que la generación es directamente proporcional a la época del año, es decir, en los meses de invierno la generación es menor que en los meses de verano, debido a la cantidad de radiación solar incidente en las diferentes épocas del año.

Se ha conseguido una generación de 91.862[kWh] en todo el año, lo cual corresponde, si tenemos en cuenta que el consumo de energía final del local es de 395.102[kWh], se estará generando un 23,25[%] a través de la generación fotovoltaica.

Los ahorros producidos por la instalación fotovoltaica son muy elevados, pero el coste de la inversión también lo es. Es por ello, que en el análisis económico se estudiará la viabilidad y amortización, en caso de que existe, de la instalación fotovoltaica.

7.- ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS MEDIDAS

PROPUESTAS

La aplicación de la eficiencia energética se trata de un aspecto esencial para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador; y de transición a economías que usen eficazmente los recursos de los que se disponen. El problema viene en la inversión que se debe de llevar a cabo y los gastos que conlleva.

En la mayor parte de los casos, los edificios de uso terciario, únicamente implementan mejoras en la eficiencia energética, solo sí es rentable económicamente en un cierto periodo de tiempo. Por ello una de las partes más importantes de este estudio, se trata de estudiar la viabilidad y la rentabilidad de las mejoras propuestas.

En este punto se estudiará el precio de inversión que conlleva cada una de las tres mejoras y si son rentables económicamente hablando.

Es importante aclarar las bases de este estudio económico. Las medidas propuestas han sido únicamente calculadas en base al software *DesignBuilder*, por ello el dimensionamiento realizado carece de cada uno de los elementos individuales necesarios para la completa instalación de los sistemas propuestos. Esto quiere decir, que el presupuesto manejado para realizar el estudio económico y la viabilidad, puede no corresponder al cien por cien con la realidad. Se utilizarán bases de datos reales obtenidos de generadores de precios online. [26]

El estudio de rentabilidad se realizará utilizando los métodos VAN (Valor actual neto) y el cálculo del periodo de retorno de la inversión con los ahorros obtenidos gracias a cada una de las mejoras.

El valor actual neto es un método capaz de evaluar la rentabilidad de un proyecto o inversión. Es interesante estudiarla, ya que se puede conocer cuando una inversión es rentable o no durante un determinado de tiempo. Si el VAN es positivo, indica que el proyecto es rentable y se obtienen beneficios; en cambio sí es negativo, indica que el proyecto no es rentable y se esperan pérdidas.

La expresión utilizada para el uso de este método es la siguiente.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

- I_0 : Inversión inicial

- F_t : Flujo de dinero ahorrado en cada año

- k : Tasa de interés

- t : Número de años desde el momento que se comienza la inversión

Para el cálculo del valor actual neto, se estimarán durante 15 años, ya que el negocio del fitness es muy competitivo, donde existen potentes inversores y la competencia cada vez es más alta. Aparte la tasa de descuento utilizada será del 10[%] por cada año.

Finalmente, los ahorros derivados de las medidas propuestas conllevan una reducción en el consumo de energía eléctrica. Para este análisis se considera un precio medio de 0,20[€/kWh]. Este precio se ha considerado realizando una media de los precios finales barajados durante el año 2023. [27]

7.1.- PRIMERA MEDIDA: VOLADIZOS

En primer lugar, se comienza con el estudio económico de la medida propuesta mediante el uso de voladizos con fin de mitigar las ganancias solares.

Al tratarse de una superficie acristalada muy extensa, la cantidad de materia prima usada para instalar los voladizos en la fachada será significativamente mayor. La longitud total de superficie acristalada son unos 106[m], por tanto, se necesitarán alrededor de 212[m²] de planchas de acero de 2[mm] de espesor, para cumplir con lo simulado en el software.

Se han tenido en cuenta para realizar el presupuesto, tanto los costes de la materia prima, perfiles de anclado, pequeño material necesario para la instalación y la mano de obra. En la siguiente tabla se puede observar los costes totales desglosados por metro cuadrado y el total de la instalación del voladizo.

Tabla 29: Coste de la primera medida implementada: Voladizos [26]

<i>COSTE DEL VOLADIZO [M2]</i>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO [€]	IMPORTE [€]
Lámina de acero ondulada metálica lacada de 2[mm] de espesor, encajada sobre perfiles transversales	m2	1	59,56	59,56
Perfil metálico para soporte horizontal de las láminas	Ud.	2	5,70	11,40
Pequeño material de sujeción, atornillado y embellecimiento	Ud.	1	10,00	10,00
Mano de obra (Oficial 1ª cerrajero)	h	0,4	21,69	8,68
Mano de obra (Ayudante cerrajero)	h	0,4	20,38	8,15
Precio final voladizo por metro cuadrado				97,79
<i>COSTE TOTAL DE LA INSTALACIÓN</i>				
Precio final de la instalación de 212[m2]				20.731,06

Como se puede observar en la tabla anterior, el coste total de la instalación previsto será de unos 20.731,06[€]. Como se ha dicho al comienzo de este punto, el precio es aproximado, es por ello que puede no corresponder plenamente con la situación real en la actualidad. Para el estudio de rentabilidad, se considerará un 10[%] más del calculado, con objetivo de considerar todos aquellos elementos que se han podido no tener en cuenta.

Una vez realizados los costes totales de la instalación, es hora de estudiar la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Al tratarse de un sistema que no pierde eficiencia con el paso del tiempo, ya que es fijo y no se deteriora, los ahorros se mantendrán constantes

durante el paso del tiempo. Se considerarán los ahorros obtenidos en las simulaciones explicados en el punto 6.1 de la memoria.

Los ahorros obtenidos son 4.630[kWh/año], eso quiere decir, que, considerando el precio de la electricidad marcado para este estudio económico, los ahorros anuales conseguidos serán de 926[€/año]. Por lo tanto, se puede realizar el estudio de rentabilidad del proyecto, mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 30: Análisis económico de la primera medida implementada: Voladizos

ESTUDIO VAN Y TASA DE RETORNO

Año	Ahorro energético [kWh]	Ingresos totales [€]	VAN	TASA DE RETORNO
1	4630,00	926,00	-21.962,35	-21878,17
2	4630,00	926,00	-21.197,06	-20952,17
3	4630,00	926,00	-20.501,34	-20026,17
4	4630,00	926,00	-19.868,87	-19100,17
5	4630,00	926,00	-19.293,90	-18174,17
6	4630,00	926,00	-18.771,19	-17248,17
7	4630,00	926,00	-18.296,01	-16322,17
8	4630,00	926,00	-17.864,02	-15396,17
9	4630,00	926,00	-17.471,31	-14470,17
10	4630,00	926,00	-17.114,30	-13544,17
11	4630,00	926,00	-16.789,74	-12618,17
12	4630,00	926,00	-16.494,69	-11692,17
13	4630,00	926,00	-16.226,46	-10766,17
14	4630,00	926,00	-15.982,61	-9840,17
15	4630,00	926,00	-15.760,94	-8914,17

Se puede observar que, pasados 15 años, el valor actual neto sigue siendo negativo, es por ello, que la inversión no se trata de una inversión rentable. De hecho, no se acerca ni al cero, esto quiere decir, que aparte de no ser rentable existirán muchas pérdidas.

En cuanto a la tasa de amortización, o de retorno, se observa que, durante el periodo de tiempo marcado, aún no se rentabiliza la instalación. Según los cálculos obtenidos se amortiza la instalación, pasados los 25 años.

Se puede concluir con que esta mejora no supondría ninguna rentabilidad y no sería viable para este negocio, ya que el tiempo de esperanza de vida que tienen los negocios de fitness es muy reducido. A pesar de ello, es importante aclarar que estos resultados no indican que, en otras situaciones y otros edificios, donde el negocio perdure durante un periodo más largo de tiempo, no llegue a ser rentable. Si el gimnasio consiguiera

mantenerse en el mercado y competir contra sus principales competidores, a partir del veinticinco año, la medida propuesta generaría ahorros considerables.

7.2.- SEGUNDA MEDIDA: GREEN ROOF

En segundo lugar, se comienza con el estudio económico de la medida propuesta, la instalación de una cubierta vegetal.

El local objeto cuenta con una gran superficie donde se desarrolla la actividad. Esto se traduce a una cubierta de grandes dimensiones, de unos 1.847[m²]. La superficie la cual tiene que ser cubierta mediante la cubierta vegetal es muy elevada, por ello los gastos lo serán también.

Al igual que en el apartado anterior, para realizar el presupuesto, se han tenido en cuenta los costes de materiales usados para la fabricación de una cubierta vegetal y la mano de obra. Los costes principales de este tipo de cubiertas son dos principalmente: el sustrato de tierra necesario para alimentar las plantas y el módulo de drenaje. Este último, se trata de un elemento necesario con objetivo de impedir problemas futuros de goteras y para conseguir alargar la vida útil de la cubierta vegetal. En la siguiente tabla se puede observar los costes totales desglosados por metro cuadrado y el total de la instalación del voladizo.

Tabla 31: Coste de la segunda medida implementada: Cubierta vegetal [26]

COSTE DE LA CUBIERTA VEGETAL [M2]				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO [€]	IMPORTE [€]
Lámina de betún de 3,5[mm] de espesor, resistente a la penetración de raíces	m2	1	7,99	7,99
Lámina de desolidarización impermeable al agua de la lluvia	m2	1	0,85	0,85
Módulo de drenaje y sujección de la capa de sustrato	Ud	1	44,42	44,42
Sustrato para cubierta verde	m3	0,112	67,8	7,5936
Maya de fibras para el control de la erosión	m2	1	1	1
Plantas para cubierta verde	m2	1	10,08	10,08
Mortero de cemento	t	0,038	32,25	1,2255
Panel rígido de poliestireno expandido	m2	1	5,03	5,03
Mano de obra (Oficial 1ª construcción)	h	1,1	17,24	18,964
Mano de obra (Peón ordinario de construcción)	h	1,1	15,92	17,512
Mano de obra (Oficial 1ª aplicador láminas impermeabilizantes)	h	0,1	17,24	1,724
Mano de obra (Ayudante aplicador láminas impermeabilizantes)	h	0,1	16,13	1,613
Mano de obra (Oficial 1ª jardinero)	h	0,5	17,24	8,62
Mano de obra (Ayudante jardinero)	h	0,5	16,13	8,065
Precio final green roof por metro cuadrado				134,6871
COSTE TOTAL DE LA INSTALACIÓN				
Precio final de la instalación de 212[m2]				248.767,07

Como se puede observar en la tabla anterior, el precio total de la instalación como medida de mejora es muy elevado. Se trata de un precio aproximado, pero el precio medio por metro cuadrado ronda los ciento veinte euros aproximadamente, por ello en este caso de estudio, no se le aplicará el factor de corrección del 10[%] aplicado al punto anterior.

Una vez realizados los costes por metro cuadrado y el coste total de la instalación, es hora de comenzar con el análisis de rentabilidad y viabilidad.

Las cubiertas vegetales requieren de un mantenimiento anual para conseguir que las plantas cumplan su función. Se estima un gasto anual de 46,26[€]. Este valor será descontado de los ahorros obtenidos mediante el uso de la nueva cubierta.

Los ahorros obtenidos son 7.754[kWh/año], eso quiere decir, que, considerando el precio de la electricidad marcado para este estudio económico, los ahorros anuales conseguidos serán de 1.550[€/año]. En cuanto a la efectividad y si estos ahorros se mantienen durante el paso del tiempo, se considera que, gracias al mantenimiento de la cubierta vegetal, la eficiencia del sistema sigue estable durante el paso de los años. Por lo tanto, se puede realizar el estudio de rentabilidad del proyecto, mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 32: Análisis económico de la segunda medida implementada: Cubierta vegetal

ESTUDIO VAN Y TASA DE RETORNO SEGUNDA PROPUESTA

Año	Ahorro energético [kWh]	Ingresos generados [€]	Costes de mantenimiento [€]	Ingresos totales [€]	VAN	TASA DE RETORNO
1	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-247399,31	-247262,53
2	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-246155,89	-245757,99
3	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-245025,51	-244253,45
4	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-243997,88	-242748,91
5	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-243063,68	-241244,37
6	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-242214,41	-239739,83
7	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-241442,34	-238235,29
8	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-240740,46	-236730,75
9	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-240102,39	-235226,21
10	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-239522,33	-233721,67
11	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-238994,99	-232217,13
12	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-238515,60	-230712,59
13	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-238079,79	-229208,05
14	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-237683,60	-227703,51
15	7754,00	1550,80	46,26	1504,54	-237323,42	-226198,97

Analizando los resultados, obtenemos un valor negativo del valor actual neto, por lo cual no es rentable y existirían muchas pérdidas. En cuanto a la tasa de retorno, se puede ver que tardaríamos muchos años en conseguir amortizar la inversión.

En conclusión, la instalación de una cubierta vegetal como medida de mejora es muy costoso económicamente hablando, comparado con los ahorros que conlleva en este tipo de edificios con grandes superficies de cubierta, por ello, no es una medida viable para un gimnasio.

En cambio, si en el levantamiento del edificio se hubiera planteado desde un principio este tipo de medida de eficiencia energética, la cosa cambiaría. La inversión de la cubierta vegetal supondría un excedente en la obra mínima y se conseguiría aplicar una medida de eficiencia energética, que como se puede ver en esta memoria, conlleva una reducción en los consumos eléctricos desde el primer día.

7.3.- TERCERA MEDIDA: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Por último y como parte final de esta parte de la memoria se realizará el estudio económico de la propuesta de instalación fotovoltaica.

Las instalaciones fotovoltaicas por lo general requieren de una gran inversión inicial, pero los ahorros son severamente notables, ya que se consume directamente lo que producen, ahorrándose demandar a la red.

Como se ha realizado en los dos análisis económicos anteriores, en primer lugar, se define el presupuesto de la instalación. El problema en este análisis, es el uso de la herramienta de simulación fotovoltaica que dispone *DesignBuilder*, ya que proporciona pocos datos con los cuales realizar un presupuesto.

Las consideraciones que se han tomado para realizar un presupuesto ajustado a la realidad son las siguientes:

- Paneles fotovoltaicos: potencia 250[W], eficiencia 15[%], dimensiones 1640x992x35[mm].
- Estructura para módulo solar de acero galvanizado.
- Inversor trifásico fotovoltaico: potencia máxima de entrada 75[kW], voltaje de entrada máximo 1000[Vcc].
- Cuadros eléctricos y protecciones necesarias de ampliación del cuadro de baja tensión existente.
- Cableado general de la instalación (comunicaciones entre paneles, conexiones, etc.)

Al igual que en el resto de apartados, para realizar el presupuesto se ha tenido en cuenta los diferentes elementos que componen la instalación fotovoltaica, la mano de obra y el pequeño material necesario para realizar el montaje. En las siguientes tablas se puede observar el presupuesto total de la instalación.

Tabla 33: Coste de la tercera medida implementada: Instalación fotovoltaica [26]

<i>COSTE DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO [Ud.]</i>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO [€]	IMPORTE [€]
Módulo solar fotovoltaico	Ud	1	242,5	242,5
Mano de obra (Oficial 1ª instalador captadores solares)	h	0,33	22	7,26
Mano de obra (Ayudante instalador captadores solares)	h	0,33	20,3	6,699
Precio final módulo fotovoltaico				256,459
<i>COSTE DEL SOPORTE FOTOVOLTAICO [Ud.]</i>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO [€]	IMPORTE [€]
Estructura soporte para módulo fotovoltaico de acero galvanizado	Ud	1	70	70
Mano de obra (Oficial 1ª instalador captadores solares)	h	0,25	22	5,5
Mano de obra (Ayudante instalador captadores solares)	h	0,25	20,3	5,075
Precio final estructura módulo fotovoltaico				80,575
<i>COSTE DEL INVERSOR FOTOVOLTAICO [Ud.]</i>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO [€]	IMPORTE [€]
Inversor trifásico fotovoltaico	Ud	1	4.630,28	4630,28
Mano de obra (Oficial 1ª electricista)	h	2	22	44
Mano de obra (Ayudante electricista)	h	2	20,3	40,6
Precio final inversor módulo fotovoltaico				4714,88
<i>COSTE TOTAL DE LA INSTALACIÓN [€]</i>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO [€]	IMPORTE [€]
Módulos fotovoltaicos	Ud.	125	256,46	32057,5
Estructura soporte para módulo fotovoltaico	Ud.	125	80,57	10071,25
Inversor fotovoltaico trifásico	Ud.	1	4714,88	4714,88
Cableado general	Ud.	1	3000	5000
Pequeño material de sujeción, atornillado y embellecimiento	Ud.	1	500	1000
Mano de obra (Oficial 1ª instalador captadores solares)	h	80	22	1760
Mano de obra (Ayudante instalador captadores solares)	h	80	20,3	1624
Precio final de la instalación fotovoltaica [€]				56227,63

El coste estimado total de la instalación es de 56.227,63[€]. Para conseguir una estimación más exacta y presupuestar cada uno de los elementos que no se han estudiado en el presupuesto y formen parte de la instalación, se considera un 10[%] adicional del estimado. Por lo cual, el coste total de la instalación fotovoltaica será de 61.850,39[€].

Ahora, una vez realizado el coste de la instalación, se puede comenzar con el estudio de rentabilidad y viabilidad.

Para realizar el estudio se tendrán en cuenta varios factores:

- El precio de mantenimiento anual de los módulos fotovoltaicos será de unos 400[€] anuales.
- Los módulos con el paso del tiempo perderán eficacia, por ello se tomará un coeficiente de disminución de producción eléctrica de un 5[%] por año.

En el primer año, según el estudio obtenido mediante *DesignBuilder*, los ahorros obtenidos son de 91.862[kWh], lo cual supone un ahorro de 18.372,40[€] anuales.

Con todas las bases estipuladas, se puede realizar el estudio de rentabilidad y viabilidad mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 34: Análisis económico de la tercera medida implementada: Instalación fotovoltaica

ESTUDIO VAN Y TASA DE RETORNO TERCERA PROPUESTA

Año	Energía producida [kWh]	Ingresos generados [€]	Costes de mantenimiento [€]	Ingresos totales [€]	VAN	TASA DE RETORNO
1	91862,00	18372,40	200	18172,40	-46047,61	-43677,30
2	87268,90	17453,78	200	17253,78	-33001,28	-26423,52
3	82905,46	16581,09	200	16381,09	-22230,44	-10042,43
4	78760,18	15752,04	200	15552,04	-13338,52	5509,61
5	74822,17	14964,43	200	14764,43	-5997,98	20274,04
6	71081,06	14216,21	200	14016,21	61,61	34290,25
7	67527,01	13505,40	200	13305,40	5063,61	47595,66
8	64150,66	12830,13	200	12630,13	9192,42	60225,79
9	60943,13	12188,63	200	11988,63	12600,33	72214,41
10	57895,97	11579,19	200	11379,19	15413,10	83593,61
11	55001,17	11000,23	200	10800,23	17734,53	94393,84
12	52251,11	10450,22	200	10250,22	19650,37	104644,07
13	49638,56	9927,71	200	9727,71	21231,40	114371,78
14	47156,63	9431,33	200	9231,33	22536,05	123603,10
15	44798,80	8959,76	200	8759,76	23612,58	132362,86

Como se puede observar, la instalación fotovoltaica consigue un valor actual neto a partir del sexto año, por ello, la medida propuesta es rentable y genera beneficios en un periodo de tiempo relativamente corto.

En cuanto al retorno de la inversión, el importe total de la medida propuesta sería amortizado en el cuarto año aproximadamente.

Los resultados obtenidos son muy favorables, con tiempo de retorno y VAN positivo muy tempranos. Al tratarse de un edificio que cuenta con una gran superficie plana en la cubierta, se pueden instalar una gran cantidad de módulos fotovoltaicos a la vez que se consiguen colocar en su ángulo óptimo, consiguiendo mayor cantidad de energía producida. Pese a ello, los datos utilizados son los proporcionados por el software, el cual, no es un programa especializado en el diseño de instalaciones fotovoltaicas, por ello, posiblemente en la realidad, todos los valores obtenidos no sean tan beneficiosos y no se consiga una rentabilidad tan alta.

Para concluir, las instalaciones fotovoltaicas por lo general en España son rentables gracias a la cantidad de radiación solar recibida durante todo el año, si esta medida se propusiera en otros países europeos situados más al norte, la situación cambiaría.

8.- CONCLUSIÓN

En España, la eficiencia energética es cada vez más relevante. La conciencia ambiental y la necesidad de reducir los consumos energéticos cada vez están más presente en la población. Además, los precios de la energía y la dependencia energética de España al exterior se están incrementando. Para mejorar la situación, es necesario aplicar diferentes medidas en diferentes sectores como el transporte, la industria y la edificación. Aparte, se deben aplicar e impulsar políticas que promuevan la eficiencia energética y se fomente la innovación tecnológica en este ámbito.

La aplicación de medidas de eficiencia energética en un gimnasio en España es una estrategia difícil de implantar, para reducir su consumo energético y disminuir las emisiones de gases invernaderos.

La situación se complica cuando el gimnasio ya está construido, ya que como se ha visto en el trabajo, las medidas de eficiencia energética como son los voladizos y la instalación de una cubierta vegetal, a posteriori de su construcción, resulta muy costoso y no es rentable ni viable económicamente. Pero, existen medidas como la instalación de paneles solares que resultan viables y rentables, incluso se consiguen ahorros considerables, en edificios donde el consumo energético eléctrico y la factura son muy elevados.

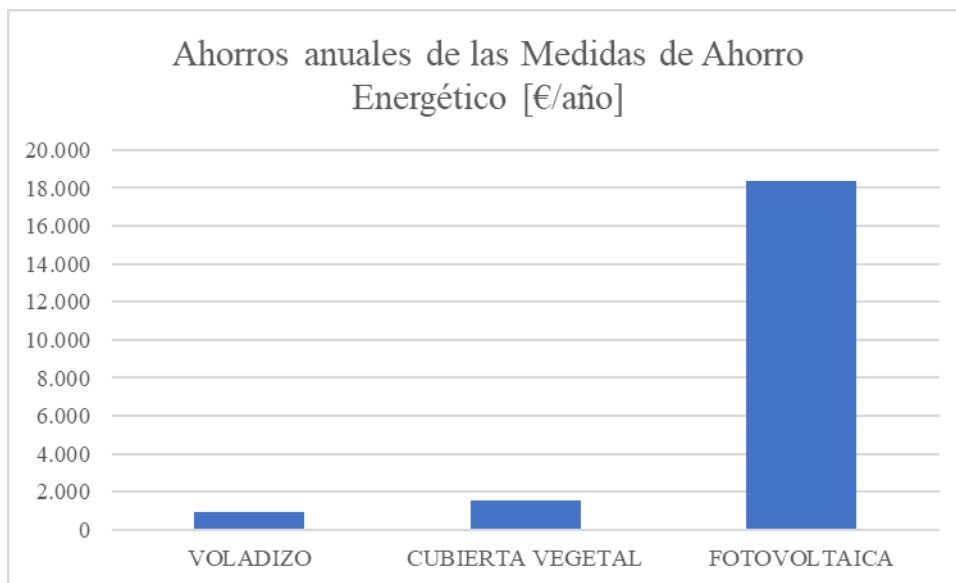


Figura 78: Comparación de los ahorros obtenidos en las distintas medidas propuestas

Como se observa en la figura 78, los ahorros obtenidos de la medida activa propuesta, es decir, la instalación fotovoltaica, son muy superiores a las medidas pasivas, cubierta vegetal y voladizos. En términos generales, se considera que las medidas pasivas generan mayores ahorros de energía en comparación con las activas. Ya que están enfocadas, a reducir la demanda energética del edificio desde el primer día. En el caso de estudio, al tratarse de medidas aplicadas después de la construcción del local, los ahorros de una instalación fotovoltaica son superiores, no solo por el hecho, de la propia generación eléctrica, sino que también, por el contexto actual, en el cual el precio de la electricidad es muy elevado, comparado con años anteriores.

No obstante, es importante señalar que la combinación de todas las medidas propuestas, supondría lograr ahorros máximos, consiguiendo amortizar prácticamente todas las medidas en un plazo medianamente corto. Aparte, la aplicación de estas medidas de ahorro, supondrían incrementar la eficiencia del gimnasio en mayor cantidad.

En cuanto a los resultados obtenidos en este estudio, DesignBuilder no se trata de un programa especializado en el estudio detallado de cada una de las medidas propuestas. En este sentido, es importante tener en cuenta que las simulaciones realizadas no corresponden necesariamente con la realidad y se requieren estudios extensos y específicos de cada una de las medidas de eficiencia energética. Además, el análisis económico realizado, es estimativo, ya que, por falta de información de las diferentes instalaciones, no se ha podido estimar precisamente el coste total de las medidas. Pese a ello, se pueden observar los ahorros producidos.

A pesar de las limitaciones, el presente trabajo ofrece una reflexión importante sobre la necesidad de implantar medidas de eficiencia energética en los locales de uso terciario. Estos edificios presentan unos consumos elevados. Alrededor del 12,5[%] de la energía total consumida en España proviene de esta clase de edificios. Es por ello, que las políticas energéticas se deben centrar e incentivar en la implementación de medidas de eficiencia energética en este sector.

En conclusión, la aplicación de la eficiencia energética no es tarea fácil, se deben de analizar cuidadosamente todas las medidas antes de implementarlas y evaluar su efectividad y rentabilidad, con fin de lograr que la eficiencia energética se aplique de

manera eficiente y con lógica. En definitiva, la aplicación de la eficiencia energética es un elemento clave para garantizar un futuro sostenible y combatir el cambio climático.

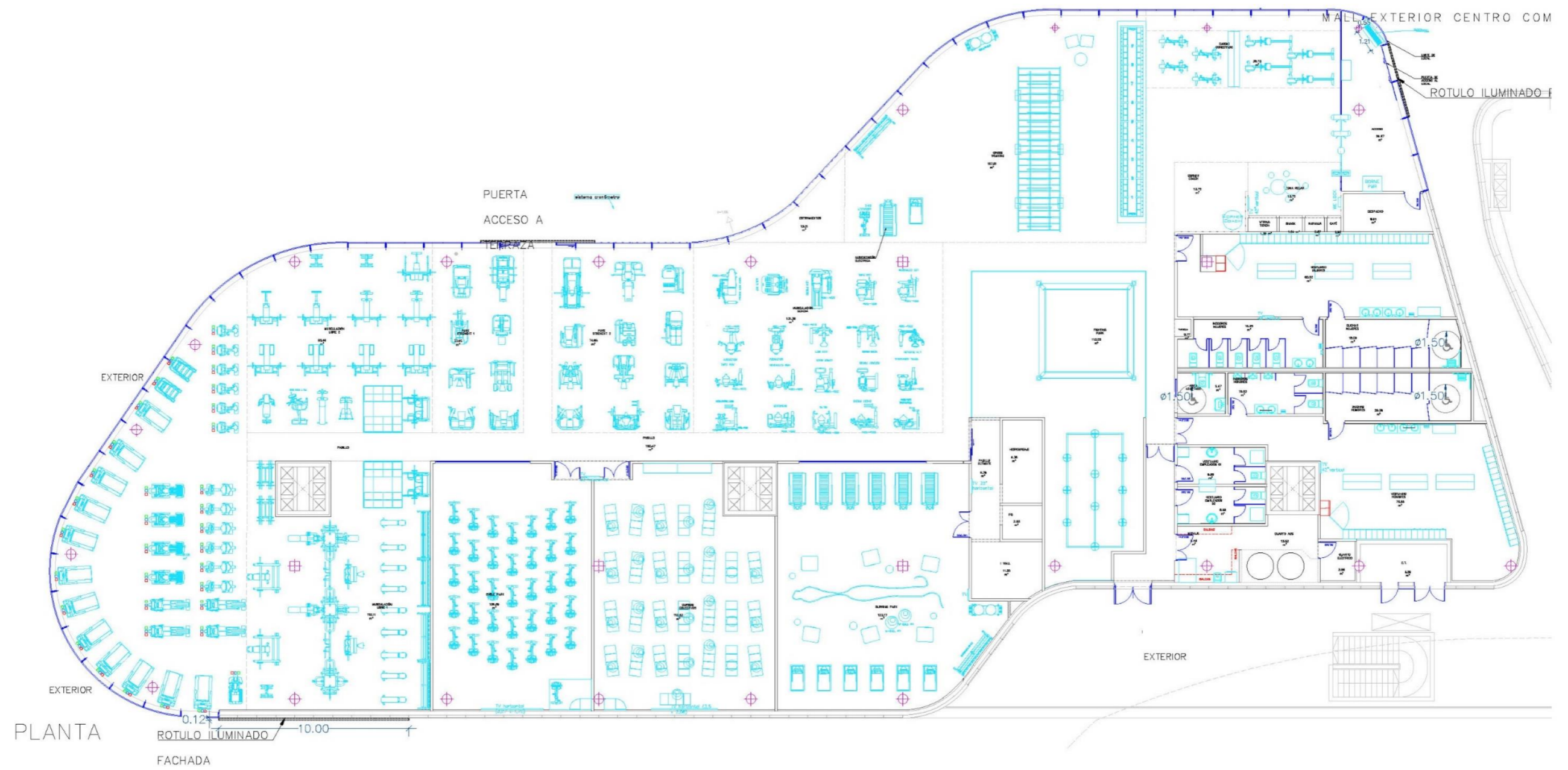
9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] wwwreees, «Informe del Sistema Eléctrico Español 2020.», 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/glosario>
- [2] IDAE, «CONSUMO DE ENERGÍA FINAL». <https://sieeweb.idae.es/consumofinal/default.asp> (accedido 9 de septiembre de 2022).
- [3] «REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.6 en línea]». <<https://dle.rae.es>> (accedido 9 de septiembre de 2022).
- [4] M. y A. U. Ministerio de Transportes, «ERESEE 2020», 2020.
- [5] J.M. Fernández Salgado, *Eficiencia energética en los edificios*, A. Madrid Vicente. 2011.
- [6] bp, «Full report – Statistical Review of World Energy 2021».
- [7] United Nations Conference on Trade and Development, *Investing in sustainable recovery*.
- [8] «CONCLUSIONES DE LA PRESIDENCIA», Bruselas, may 2007. Accedido: 9 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/es/ec/93146.pdf
- [9] «PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA», 2021.
- [10] Red Eléctrica Española, «El sistema eléctrico español. Sistema eléctrico 2021», 2021. [En línea]. Disponible en: www.ree.es
- [11] Ministerio de transporte, «Documento Básico HE: Ahorro de energía». Accedido: 9 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
- [12] «“REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS (RITE)” (Actualizado a abril de 2013)».

- [13] Ministerio de Fomento, «Documento Básico SI: Seguridad en caso de incendio», Accedido: 9 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SI/DBSI.pdf>
- [14] «BOE-A-2013-6938-consolidado».
- [15] Asociación Española de Normalización, «Norma Española UNE-EN 12464-1», Madrid, dic. 2022.
- [16] Asociación Española de Normalización, «Norma Española UNE-EN 12193», Madrid, abr. 2020.
- [17] «Sede Electrónica del Catastro». <https://www.sedecatastro.gob.es/> (accedido 10 de mayo de 2023).
- [18] «Google Earth». <https://www.google.com/intl/es/earth/> (accedido 9 de septiembre de 2022).
- [19] «Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España». <https://www.aemet.es/es/portada> (accedido 10 de mayo de 2023).
- [20] «Qué es una cubierta Deck y cuáles son sus ventajas». <https://panelesach.com/blog/que-es-una-cubierta-deck/> (accedido 10 de mayo de 2023).
- [21] «DialuxEVO 11.1». 2022.
- [22] J. Del Estado, «Disposición 12925 del BOE núm. 184 de 2022», 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es>
- [23] «CLwin». 2022.
- [24] «DesignBuilder». 2022.
- [25] «JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission». https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/ (accedido 9 de septiembre de 2022).
- [26] «Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A.» <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0> (accedido 9 de septiembre de 2023).

- [27] «REData - Componentes precio energía cierre desglose | Red Eléctrica».
<https://www.ree.es/es/datos/mercados/componentes-precio-energia-cierre-desglose> (accedido 9 de septiembre de 2023).

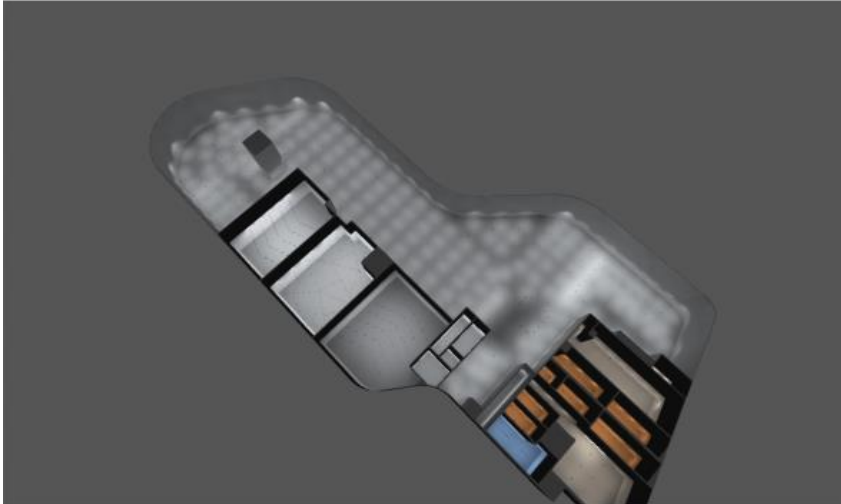
PARTE 2: ANEXOS



ANEXO 2.- ESTUDIO LUMÍNICO

gimnasio_00

DIALux



Description

gimnasio_00

DIALux

Luminaire list

Φ_{total} 1006503 lm		P_{total} 8954.3 W		Luminous efficacy 112.4 lm/W		
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
47	Arkoslight	A070-01-30-N	LEX ECO 3 2700K CRI90	24.0 W	1619 lm	67.5 lm/W
191	Arkoslight	A284-13-31	ZEN TUBE SURFACE 3 23W 42° 3000K CRI90	23.0 W	2833 lm	123.2 lm/W
55	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm	66.2 lm/W
2	Performance in Lighting	3114700_HighFlux_MainsVoltage	ACRO PRO EQ258 24/29/36/42W 840 GR-RAL7035 HF SENSOR EM1h/ High Flux / Mains	42.0 W	6587 lm	156.8 lm/W
283	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,8W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm	123.0 lm/W

gimnasio_00

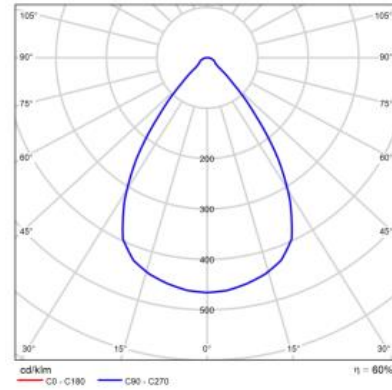
DIALux

Product data sheet

Arkoslight - LEX ECO 3 2700K CR190



Article No.	A070-01-30-N
P	24.0 W
Φ_{Lamp}	2690 lm
$\Phi_{Luminaire}$	1619 lm
η	60.20 %
Luminous efficacy	67.5 lm/W
CCT	2700 K
CRI	90



Polar LDC

Glare evaluation according to UGR															
		70	75	80	85	90	70	75	80	85	90	30			
μ Ceiling		50	50	50	30	30	50	30	50	30	30	30			
μ Walls		30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
μ Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Room size		Viewing direction at right angles to lamp axis						Viewing direction parallel to lamp axis							
		X	Y	to lamp axis						to lamp axis					
2H	2H	19.3	20.2	19.6	20.4	20.6	19.3	20.2	19.6	20.4	20.6	20.6			
	3H	19.8	20.5	19.9	20.7	20.9	19.6	20.5	19.9	20.7	20.9	20.9			
	4H	19.8	20.4	20.1	20.9	21.1	19.9	20.6	20.1	20.9	21.1	21.1			
	6H	20.0	20.7	20.3	21.0	21.3	20.0	20.7	20.3	21.0	21.3	21.3			
	8H	20.0	20.7	20.4	21.0	21.3	20.0	20.7	20.4	21.0	21.3	21.3			
4H	2H	19.3	20.1	19.6	20.3	20.6	19.3	20.1	19.6	20.3	20.6	20.6			
	3H	19.8	20.4	20.1	20.8	21.1	19.9	20.4	20.1	20.8	21.1	21.1			
	4H	20.1	20.7	20.5	21.0	21.4	20.1	20.7	20.5	21.0	21.4	21.4			
	6H	20.4	20.9	20.8	21.3	21.6	20.4	20.9	20.8	21.3	21.6	21.6			
	8H	20.5	21.0	20.9	21.3	21.6	20.5	21.0	20.9	21.3	21.6	21.6			
8H	2H	20.2	20.7	20.6	21.0	21.4	20.2	20.7	20.6	21.0	21.4	21.4			
	3H	20.6	21.0	21.0	21.4	21.8	20.6	21.0	21.0	21.4	21.8	21.8			
	4H	20.7	21.1	21.2	21.5	22.0	20.7	21.1	21.2	21.5	22.0	22.0			
	6H	20.9	21.2	21.4	21.6	22.1	20.9	21.2	21.4	21.6	22.1	22.1			
	8H	20.2	20.6	20.6	21.0	21.4	20.2	20.6	20.6	21.0	21.4	21.4			
12H	4H	20.6	20.9	21.1	21.4	21.8	20.6	20.9	21.1	21.4	21.8	21.8			
	6H	20.6	20.9	21.1	21.4	21.8	20.6	20.9	21.1	21.4	21.8	21.8			
	8H	20.8	21.1	21.3	21.5	22.0	20.8	21.1	21.3	21.5	22.0	22.0			
Variation of the observer position for the luminaire distance S															
S = 1.0H		+2.0 / -1.9						+2.0 / -1.9							
S = 1.5H		+4.1 / -2.1						+4.1 / -2.1							
S = 2.0H		+5.9 / -2.4						+5.9 / -2.4							
Standard table		B402						B402							
Correction summand		0.8						0.8							
Corrected glare indices referring to 2000lm Total luminous flux															

UGR diagram (SHR: 0.25)

gimnasio_00

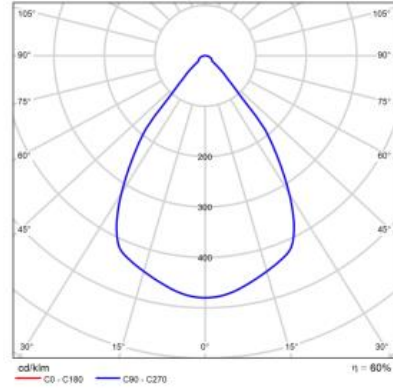
DIALux

Product data sheet

Arkoslight - LEX ECO MINI DIM TO WARM N CR190



Article No.	A378-00-29
P	11.5 W
Φ_{Lamp}	1265 lm
$\Phi_{Luminaire}$	762 lm
η	60.20 %
Luminous efficacy	66.2 lm/W
CCT	1800 K
CRI	90



Polar LDC

Glare evaluation according to UGR												
μ Ceiling	70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	30	30
	μ Walls	50	50	50	30	30	50	30	50	30	30	30
μ Floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Room size	Viewing direction at right angles to lamp axis						Viewing direction parallel to lamp axis					
Z	to lamp axis						to lamp axis					
2H	2H	17.8	18.7	18.1	18.0	19.1	17.8	18.7	18.1	18.9	19.1	
	3H	18.1	18.9	18.4	19.2	19.4	18.1	18.9	18.4	19.2	19.4	
	4H	18.3	19.1	18.6	19.3	19.6	18.3	19.1	18.6	19.3	19.6	
	6H	18.9	19.2	18.8	19.5	19.8	18.9	19.2	18.8	19.5	19.8	
	8H	18.8	19.3	18.9	19.6	19.9	18.8	19.3	18.9	19.6	19.9	
4H	2H	17.8	18.6	18.1	18.6	19.1	17.8	18.6	18.1	18.8	19.1	
	3H	18.2	18.9	18.6	19.2	19.5	18.2	18.9	18.6	19.2	19.5	
	4H	18.6	19.1	18.9	19.6	19.8	18.6	19.1	18.9	19.6	19.8	
	6H	18.9	19.4	19.3	19.8	20.2	18.9	19.4	19.3	19.8	20.2	
	8H	19.1	19.5	19.3	19.9	20.3	19.1	19.5	19.3	19.9	20.3	
8H	2H	17.8	18.6	18.1	18.6	19.1	17.8	18.6	18.1	18.8	19.1	
	3H	18.2	18.9	18.6	19.2	19.5	18.2	18.9	18.6	19.2	19.5	
	4H	18.6	19.1	18.9	19.6	19.8	18.6	19.1	18.9	19.6	19.8	
	6H	18.9	19.4	19.3	19.8	20.2	18.9	19.4	19.3	19.8	20.2	
	8H	19.2	19.6	19.6	20.0	20.3	19.2	19.6	19.6	20.0	20.3	
12H	2H	18.7	19.1	18.1	19.5	19.9	18.7	19.1	19.1	19.5	19.9	
	3H	19.1	19.6	19.6	19.9	20.4	19.1	19.6	19.6	19.9	20.4	
	4H	19.4	19.7	19.8	20.1	20.6	19.4	19.7	19.8	20.1	20.6	
	6H	19.6	19.9	20.1	20.4	20.9	19.6	19.9	20.1	20.4	20.9	
	8H	19.7	19.1	19.1	19.5	19.9	19.7	19.1	19.1	19.5	19.9	
UGR	6H	19.2	19.5	19.6	19.9	20.4	19.2	19.5	19.6	19.9	20.4	
	8H	19.5	19.7	19.9	20.2	20.7	19.5	19.7	19.9	20.2	20.7	
Variation of the observer position for the luminaire distance S												
S = 1.0H	+2.6 / -1.6						+2.4 / -1.6					
S = 1.5H	+4.5 / -2.0						+4.5 / -2.0					
S = 2.0H	+6.3 / -2.3						+6.3 / -2.3					
Standard table	B403						B403					
Correction summand	-0.2						-0.2					
Corrected glare index referring to 2500lm Total luminous flux												

UGR diagram (SHR: 0.25)

gimnasio_00

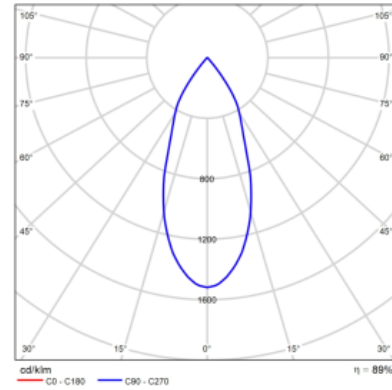
DIALux

Product data sheet

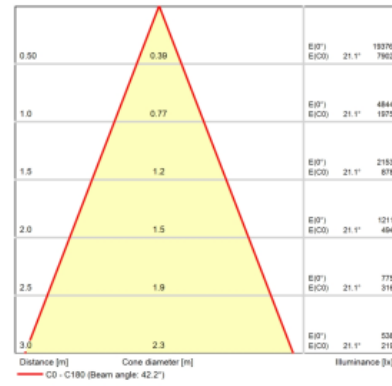
Arkosligh - ZEN TUBE SURFACE 3 23W 42° 3000K CR190



Article No.	A284-13-31
P	23.0 W
Φ_{Lamp}	3190 lm
$\Phi_{Luminaire}$	2833 lm
η	88.79 %
Luminous efficacy	123.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	90



Polar LDC



Cone diagram

gimnasio_00

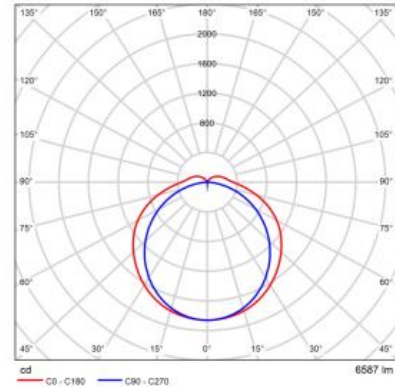
DIALux

Product data sheet

Performance in Lighting - ACRO PRO EQ258 24/29/36/42W 840 GR-RAL7035 HF SENSOR EM1h / High Flux / Mains



Article No.	3114700_HighFlux_M mainsVoltage
P	42.0 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	6587 lm
Luminous efficacy	156.8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Polar LDC

Glare evaluation according to UGR												
		70	75	80	85	90	70	75	80	85	90	
μ _c Ceiling		50	50	50	30	30	50	30	50	30	30	
μ _w Walls		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
μ _f Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Room size	Viewing direction at right angles to lamp axis	Viewing direction parallel to lamp axis										
Z	Y	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2H	2H	20.4	21.6	20.9	22.1	22.6	19.7	21.0	20.1	21.4	21.8	
	3H	22.3	23.6	22.8	24.0	24.4	21.2	22.4	21.6	22.8	23.2	
	4H	23.2	24.4	23.7	24.8	25.3	21.7	22.9	22.2	23.3	23.6	
	6H	24.0	25.0	24.5	25.5	26.0	22.1	23.2	22.6	23.6	24.1	
	8H	24.3	25.3	24.8	25.8	26.3	22.2	23.3	22.7	23.7	24.2	
4H	2H	21.1	22.2	21.5	22.6	23.1	20.5	21.6	20.9	22.1	22.5	
	3H	23.2	24.1	23.7	24.6	25.1	22.2	23.1	22.7	23.6	24.1	
	4H	24.2	25.1	24.7	25.6	26.1	22.9	23.8	23.4	24.3	24.8	
	6H	25.1	25.9	25.7	26.4	27.0	23.6	24.2	23.9	24.7	25.3	
	8H	25.6	26.3	26.1	26.8	27.4	23.9	24.3	24.1	24.8	25.4	
8H	2H	21.1	22.2	21.5	22.6	23.1	20.5	21.6	20.9	22.1	22.5	
	3H	23.2	24.1	23.7	24.6	25.1	22.2	23.1	22.7	23.6	24.1	
	4H	24.2	25.1	24.7	25.6	26.1	22.9	23.8	23.4	24.3	24.8	
	6H	25.1	25.9	25.7	26.4	27.0	23.6	24.2	23.9	24.7	25.3	
	8H	25.6	26.3	26.1	26.8	27.4	23.9	24.3	24.1	24.8	25.4	
12H	2H	21.1	22.2	21.5	22.6	23.1	20.5	21.6	20.9	22.1	22.5	
	3H	23.2	24.1	23.7	24.6	25.1	22.2	23.1	22.7	23.6	24.1	
	4H	24.2	25.1	24.7	25.6	26.1	22.9	23.8	23.4	24.3	24.8	
	6H	25.1	25.9	25.7	26.4	27.0	23.6	24.2	23.9	24.7	25.3	
	8H	25.6	26.3	26.1	26.8	27.4	23.9	24.3	24.1	24.8	25.4	
12H	2H	21.1	22.2	21.5	22.6	23.1	20.5	21.6	20.9	22.1	22.5	
	3H	23.2	24.1	23.7	24.6	25.1	22.2	23.1	22.7	23.6	24.1	
	4H	24.2	25.1	24.7	25.6	26.1	22.9	23.8	23.4	24.3	24.8	
	6H	25.1	25.9	25.7	26.4	27.0	23.6	24.2	23.9	24.7	25.3	
	8H	25.6	26.3	26.1	26.8	27.4	23.9	24.3	24.1	24.8	25.4	
Variation of the observer position for the luminaires distance S												
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H		+0.2 / -0.2					+0.2 / -0.2					
S = 2.0H		+0.3 / -0.3					+0.3 / -0.3					
Standard table		B408					B408					
Correction summand		0.0					7.3					
Corrected glare indices referring to 6587lm Total luminous flux												

UGR diagram (SHR: 0.25)

gimnasio_00

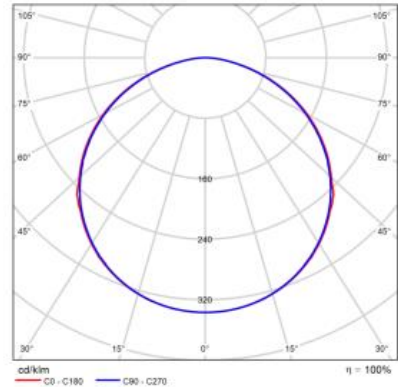
DIALux

Product data sheet

SIMON - Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20



Article No.	81025000-983
P	9.6 W
Φ_{Lamp}	1181 lm
$\Phi_{Luminaire}$	1181 lm
η	100.00 %
Luminous efficacy	123.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



Polar LDC

Glare evaluation according to UGR												
		70	75	80	85	90	70	75	80	85	90	
μ Ceiling		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
μ Walls		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
μ Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Room size	Viewing direction at right angles to lamp axis	Viewing direction parallel to lamp axis										
S	Y	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40	
2H	2H	25.7	27.1	28.0	27.3	27.6	25.7	27.1	28.0	27.3	27.5	
	3H	27.3	28.6	27.6	28.8	28.1	27.3	28.6	27.6	28.8	29.0	
	4H	27.6	28.1	28.3	29.4	28.7	27.6	28.5	28.2	29.3	29.6	
	6H	28.3	29.4	28.7	29.7	30.1	28.2	29.3	28.6	29.7	30.0	
	8H	28.4	29.5	28.8	29.8	30.1	28.4	29.4	28.7	29.7	30.1	
4H	2H	26.4	27.6	28.8	27.9	28.2	26.4	27.6	28.7	27.9	28.1	
	3H	28.2	29.2	28.6	29.5	29.9	28.1	29.1	28.5	29.5	29.9	
	4H	28.9	29.8	29.2	30.2	30.6	28.9	29.8	29.2	30.1	30.5	
	6H	29.4	30.2	29.9	30.6	31.0	29.4	30.2	29.8	30.5	30.9	
	8H	29.6	30.3	30.0	30.7	31.1	29.5	30.3	30.0	30.7	31.1	
8H	2H	29.7	30.4	30.1	30.8	31.2	29.6	30.3	30.1	30.7	31.2	
	4H	29.2	29.9	29.6	30.3	30.8	29.1	29.9	29.6	30.3	30.7	
	6H	29.8	30.4	30.3	30.9	31.3	29.8	30.4	30.2	30.8	31.3	
	8H	30.1	30.6	30.5	31.0	31.5	30.0	30.5	30.5	31.0	31.5	
	12H	30.2	30.7	30.7	31.1	31.6	30.2	30.6	30.7	31.1	31.6	
12H	4H	29.2	29.9	29.7	30.3	30.7	28.1	28.8	29.6	30.2	30.7	
	6H	29.9	30.4	30.4	30.9	31.4	29.8	30.4	30.3	30.8	31.3	
	8H	30.1	30.6	30.6	31.1	31.6	30.1	30.6	30.6	31.0	31.5	
Variation of the observer position for the luminaire distance S												
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H		+0.2 / -0.3					+0.2 / -0.3					
S = 2.0H		+0.4 / -0.6					+0.4 / -0.7					
Standard table		B406					B406					
Correction summand		13.0					12.9					
Corrected glare indices referring to 1181lm Total luminous flux												

UGR diagram (SHR: 0.25)

gimnasio_00

DIALux

Building 1

Luminaire list

Φ_{total} 1006503 lm	P_{total} 8954.3 W	Luminous efficacy 112.4 lm/W
------------------------------	-------------------------	---------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
47	Arkoslight	A070-01-30-N	LEX ECO 3 2700K CRI90	24.0 W	1619 lm	67.5 lm/W
191	Arkoslight	A284-13-31	ZEN TUBE SURFACE 3 23W 42° 3000K CRI90	23.0 W	2833 lm	123.2 lm/W
55	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm	66.2 lm/W
2	Performance in Lighting	3114700_HighFlux_MainsVoltage	ACRO PRO EQ258 24/29/36/42W 840 GR-RAL7035 HF SENSOR EM1h/ High Flux / Mains	42.0 W	6587 lm	156.8 lm/W
283	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,8W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm	123.0 lm/W

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Room List

Cuarto Técnico

P _{total}	A _{Room}	Lighting power density		E _{perpendicular (Working plane)}	
84.0 W	21.49 m ²	3.91 W/m ² = 1.13 W/m ² /100 lx (Room)		346 lx	
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
2	Performance in Lighting	3114700_HighFlux_MainsVoltage	ACRO PRO EQ258 24/29/36/42W 840 GR-RAL7035 HF SENSOR EM1h / High Flux / Mains	42.0 W	6587 lm

Cursos Colectivos

P _{total}	A _{Room}	Lighting power density		E _{perpendicular (Working plane)}	
902.4 W	114.09 m ²	7.91 W/m ² = 1.22 W/m ² /100 lx (Room)		650 lx	
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
94	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

Cycling Park

P _{total}	A _{Room}	Lighting power density		E _{perpendicular (Working plane)}	
768.0 W	106.40 m ²	7.22 W/m ² = 1.17 W/m ² /100 lx (Room)		618 lx	
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
80	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Room List

D. Hombres

P _{total}	A _{room}	Lighting power density	E _{perpendicular (Working plane)}
126.5 W	19.13 m ²	6.61 W/m ² = 2.22 W/m ² /100 lx (Room)	298 lx

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
11	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm

D. Mujeres

P _{total}	A _{room}	Lighting power density	E _{perpendicular (Working plane)}
126.5 W	17.64 m ²	7.17 W/m ² = 2.25 W/m ² /100 lx (Room)	319 lx

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
11	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm

Fighting Park

P _{total}	A _{room}	Lighting power density	E _{perpendicular (Working plane)}
460.8 W	133.07 m ²	3.46 W/m ² = 1.08 W/m ² /100 lx (Room)	321 lx

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
48	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Room List

FQ

P_{total} 57.6 W	A_{Room} 3.71 m ²	Lighting power density 15.54 W/m ² = 2.93 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 530 lx
------------------------------------	------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
6	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

Gimnasio

P_{total} 4508.2 W	A_{Room} 1161.67 m ²	Lighting power density 3.88 W/m ² = 0.96 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 405 lx
--------------------------------------	---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
191	Arkoslight	A284-13-31	ZEN TUBE SURFACE 3 23W 42° 3000K CRI90	23.0 W	2833 lm
12	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

Hidromasaje

P_{total} 115.2 W	A_{Room} 9.23 m ²	Lighting power density 12.48 W/m ² = 2.23 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 559 lx
-------------------------------------	------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
12	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Room List

In. Hombres

P _{total}		A _{Room}		Lighting power density		E _{perpendicular (Working plane)}	
80.5 W		10.57 m ²		7.61 W/m ² = 2.39 W/m ² /100 lx (Room)		319 lx	
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}		
7	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm		

In. Mujeres

P _{total}		A _{Room}		Lighting power density		E _{perpendicular (Working plane)}	
115.0 W		18.19 m ²		6.32 W/m ² = 2.25 W/m ² /100 lx (Room)		281 lx	
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}		
10	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm		

1 Wall

P _{total}		A _{Room}		Lighting power density		E _{perpendicular (Working plane)}	
105.6 W		10.99 m ²		9.61 W/m ² = 1.97 W/m ² /100 lx (Room)		487 lx	
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}		
11	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm		

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Room List

Oficina

P_{total} 144.0 W	A_{room} 8.87 m ²	Lighting power density 16.23 W/m ² = 2.57 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 632 lx
-------------------------------------	------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
6	Arkoslight	A070-01-30-N	LEX ECO 3 2700K CRI90	24.0 W	1619 lm

Pasillo

P_{total} 115.2 W	A_{room} 9.41 m ²	Lighting power density 12.24 W/m ² = 1.97 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 621 lx
-------------------------------------	------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
12	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

Pasillo

P_{total} 76.8 W	A_{room} 12.50 m ²	Lighting power density 6.14 W/m ² = 4.13 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 149 lx
------------------------------------	-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
8	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,6W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Room List

V. Empleados 01

P_{total} 69.0 W	A_{Room} 8.84 m ²	Lighting power density 7.81 W/m ² = 2.46 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 318 lx
------------------------------------	------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
6	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm

V. Empleados 02

P_{total} 69.0 W	A_{Room} 8.98 m ²	Lighting power density 7.68 W/m ² = 2.44 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 315 lx
------------------------------------	------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
6	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm

V. Hombres

P_{total} 504.0 W	A_{Room} 78.53 m ²	Lighting power density 6.42 W/m ² = 1.93 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 333 lx
-------------------------------------	-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
21	Arkoslight	A070-01-30-N	LEX ECO 3 2700K CRI90	24.0 W	1619 lm

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Room List

V. Minus

P_{total} 46.0 W	A_{Room} 5.32 m ²	Lighting power density 8.64 W/m ² = 2.70 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 320 lx
------------------------------------	------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
4	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm

V. Mujeres

P_{total} 480.0 W	A_{Room} 60.00 m ²	Lighting power density 8.00 W/m ² = 2.02 W/m ² /100 lx (Room)	E_{perpendicular (Working plane)} 396 lx
-------------------------------------	-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ _{Luminaire}
20	Arkoslight	A070-01-30-N	LEX ECO 3 2700K CRI90	24.0 W	1619 lm

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park

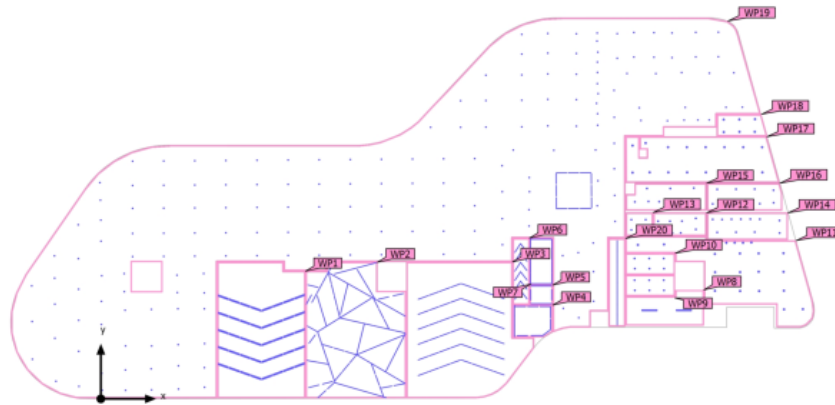
Luminaire list

Φ_{total} 1006503 lm		P_{total} 8954.3 W		Luminous efficacy 112.4 lm/W		
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
47	Arkoslight	A070-01-30-N	LEX ECO 3 2700K CRI90	24.0 W	1619 lm	67.5 lm/W
191	Arkoslight	A284-13-31	ZEN TUBE SURFACE 3 23W 42° 3000K CRI90	23.0 W	2833 lm	123.2 lm/W
55	Arkoslight	A378-00-29	LEX ECO MINI DIM TO WARM N CRI90	11.5 W	762 lm	66.2 lm/W
2	Performance in Lighting	3114700_HighFlux_MainsVoltage	ACRO PRO EQ258 24/29/36/42W 840 GR-RAL7035 HF SENSOR EM1h/ High Flux / Mains	42.0 W	6587 lm	156.8 lm/W
283	SIMON	81025000-983	Tira LED Essential 9,8W/m 3000K IP20	9.6 W	1181 lm	123.0 lm/W

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)
Calculation objects



gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Calculation objects

Working planes

Properties	E (Target)	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Working plane (Cycling Park) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	618 lx (≥ 300 lx) ✓	155 lx	983 lx	0.25	0.16	WP1
Working plane (Cursos Colectivos) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	650 lx (≥ 300 lx) ✓	305 lx	839 lx	0.47	0.36	WP2
Working plane (Fighting Park) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	321 lx (≥ 300 lx) ✓	88.4 lx	544 lx	0.28	0.16	WP3
Working plane (F Wall) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	487 lx (≥ 300 lx) ✓	428 lx	530 lx	0.88	0.81	WP4
Working plane (FQ) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	530 lx (≥ 300 lx) ✓	452 lx	588 lx	0.85	0.77	WP5
Working plane (Pasillo) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	621 lx (≥ 100 lx) ✓	366 lx	791 lx	0.59	0.46	WP6
Working plane (Hidromasaje) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	559 lx (≥ 300 lx) ✓	498 lx	602 lx	0.89	0.83	WP7
Working plane (Cuarto Técnico) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	346 lx (≥ 100 lx) ✓	121 lx	600 lx	0.35	0.20	WP8
Working plane (V. Empleados 01) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	318 lx (≥ 200 lx) ✓	124 lx	447 lx	0.39	0.28	WP9
Working plane (V. Empleados 02) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	315 lx (≥ 200 lx) ✓	120 lx	446 lx	0.38	0.27	WP10
Working plane (V. Hombres) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	333 lx (≥ 200 lx) ✓	33.7 lx	1132 lx	0.10	0.030	WP11

27

gimnasio_00



Building 1 · Cycling Park (Light scene 1)

Calculation objects

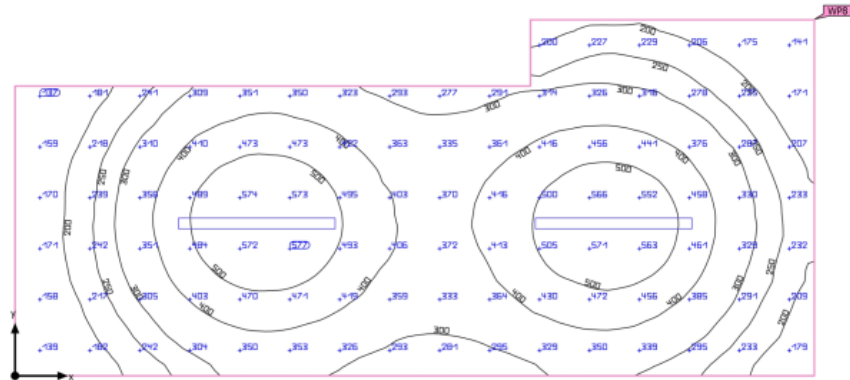
Working plane (fn. Hombres) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	319 lx (≥ 200 lx) ✓	86.8 lx	513 lx	0.27	0.17	WP12
Working plane (V. Minus) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	320 lx (≥ 200 lx) ✓	167 lx	449 lx	0.52	0.37	WP13
Working plane (D. Hombres) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	298 lx (≥ 200 lx) ✓	111 lx	462 lx	0.37	0.24	WP14
Working plane (fn. Mujeres) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	281 lx (≥ 200 lx) ✓	102 lx	419 lx	0.36	0.24	WP15
Working plane (D. Mujeres) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	319 lx (≥ 200 lx) ✓	126 lx	447 lx	0.39	0.28	WP16
Working plane (V. Mujeres) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	396 lx (≥ 200 lx) ✓	67.4 lx	1229 lx	0.17	0.055	WP17
Working plane (Oficina) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	632 lx (≥ 500 lx) ✓	228 lx	791 lx	0.36	0.29	WP18
Working plane (Gimnasio) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	405 lx (≥ 300 lx) ✓	30.3 lx	1312 lx	0.075	0.023	WP19
Working plane (Pasillo) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.000 m, Wall zone: 0.000 m	149 lx (≥ 100 lx) ✓	112 lx	172 lx	0.75	0.65	WP20

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Cuarto Técnico (Light scene 1)

Summary



Ground area: 21.49 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

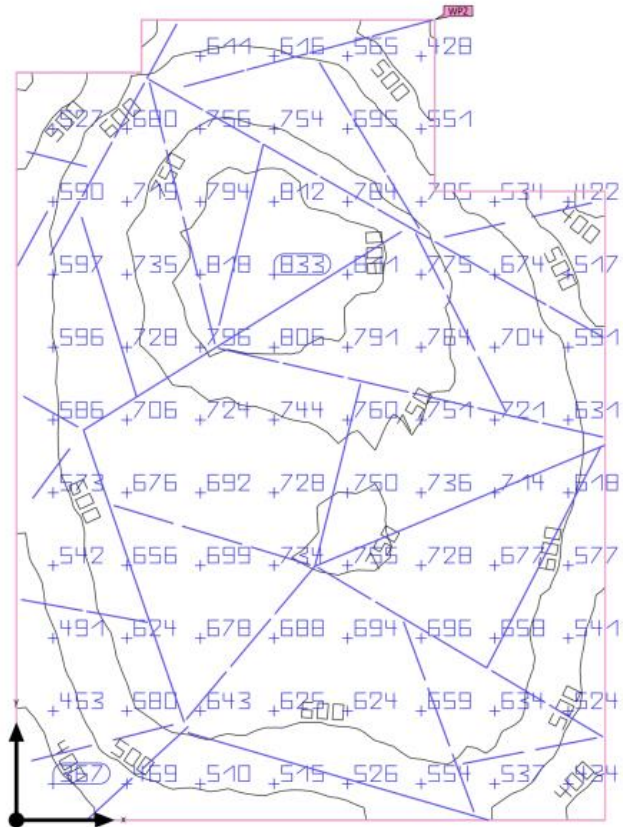
29

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Cursos Colectivos (Light scene 1)

Summary



Ground area: 114.09 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) |
Clearance height: 3.500 m | Mounting height: 3.500 m

37

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Cursos Colectivos (Light scene 1)
Working plane (Cursos Colectivos)



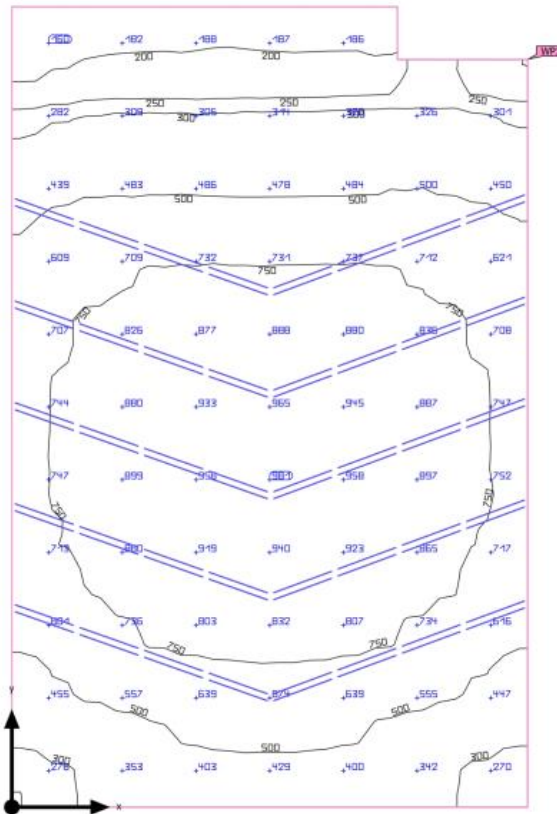
Properties	E (Target)	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Working plane (Cursos Colectivos) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	650 lx (≥ 300 lx) ✓	305 lx	839 lx	0.47	0.36	WP2

Utilisation profile: Places of public assembly - Theatres, concert halls, cinemas, entertainment venues, Practice rooms

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Cycling Park (Light scene 1)
Summary



Ground area: 106.40 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) |
Clearance height: 3.500 m | Mounting height: 3.500 m

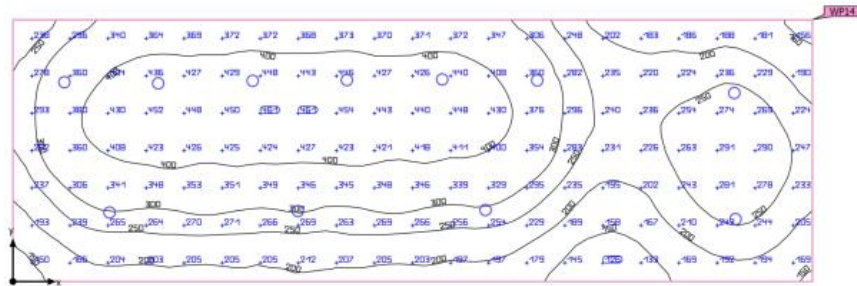
53

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · D. Hombres (Light scene 1)

Summary



Ground area: 19.13 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

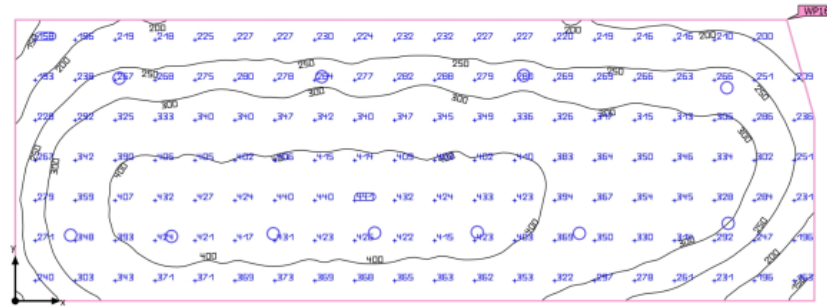
67

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · D. Mujeres (Light scene 1)

Summary



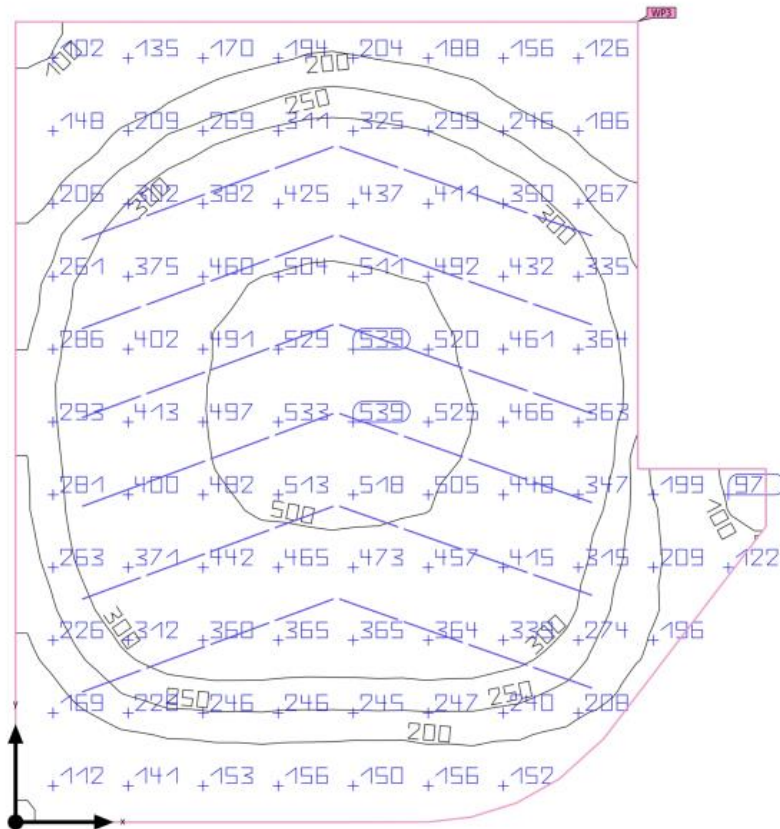
Ground area: 17.64 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

75

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Fighting Park (Light scene 1)
Summary



Ground area: 133.07 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) |
 Clearance height: 3.500 m | Mounting height: 3.500 m

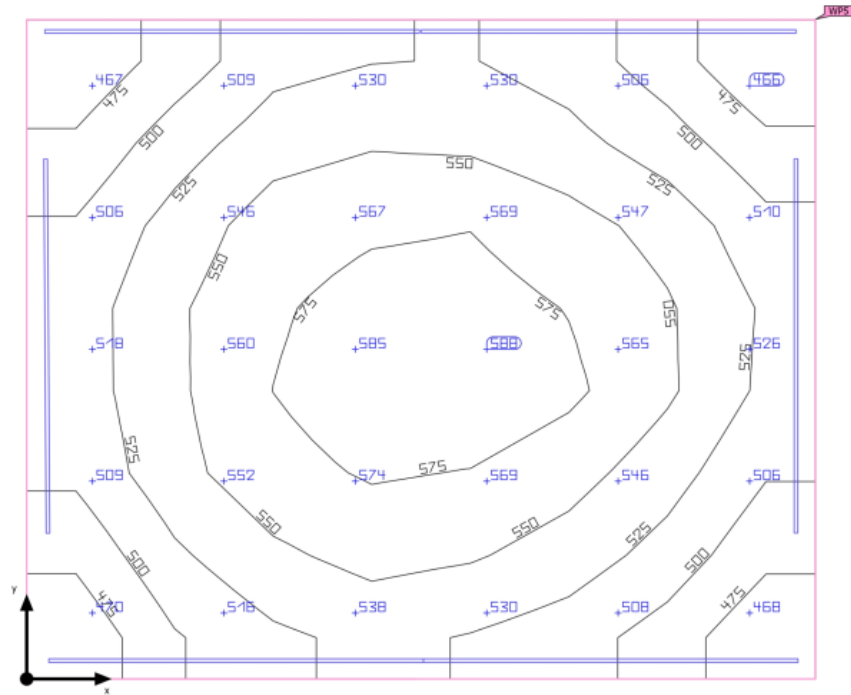
83

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · FQ (Light scene 1)

Summary



Ground area: 3.71 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0 % | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

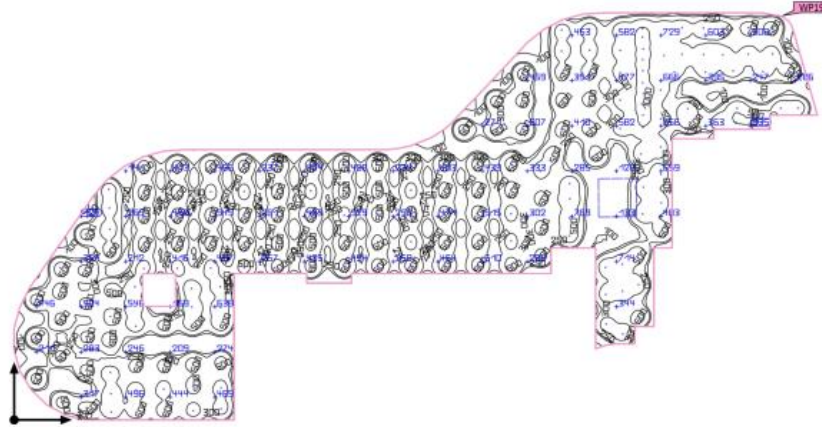
94

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Gimnasio (Light scene 1)

Summary



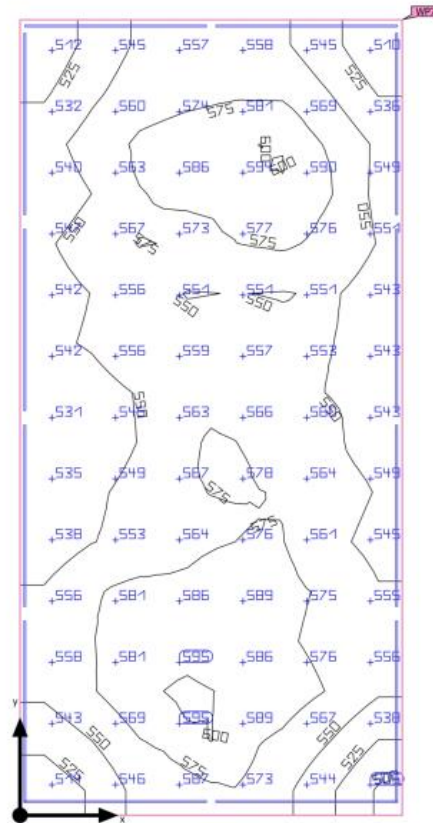
Ground area: 1161.67 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0 %, Walls: 50.0 %, Floor: 20.0 % | Maintenance factor: 0.80 (fixed) |
Clearance height: 6.200 m | Mounting height: 3.500 m - 6.300 m

103

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Hidromasaje (Light scene 1)
Summary



Ground area: 9.23 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0 % | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

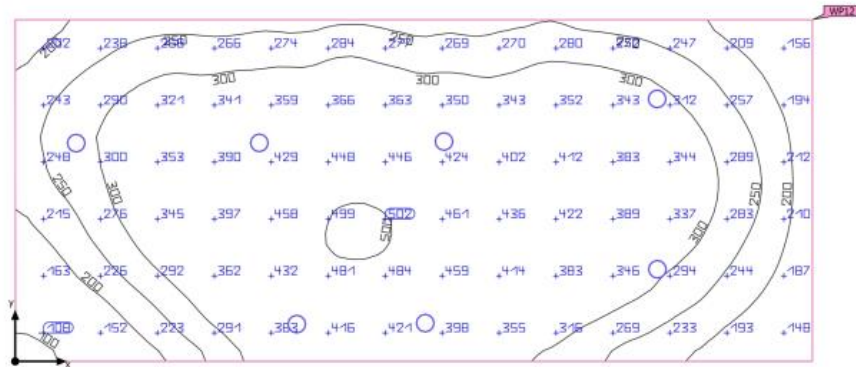
122

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · In. Hombres (Light scene 1)

Summary



Ground area: 10.57 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

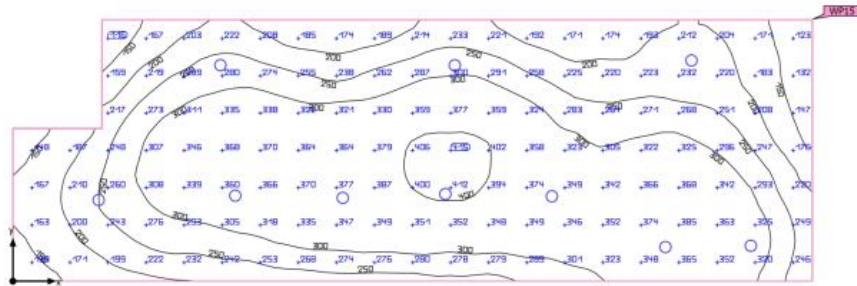
131

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · In. Mujeres (Light scene 1)

Summary



Ground area: 13.19 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.30 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

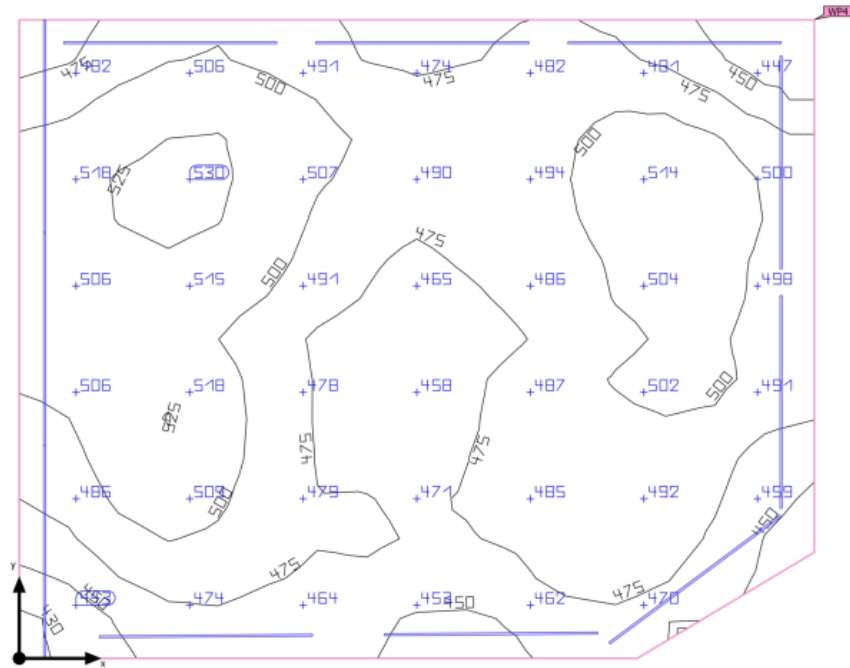
139

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · 1 Wall (Light scene 1)

Summary



Ground area: 10.99 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

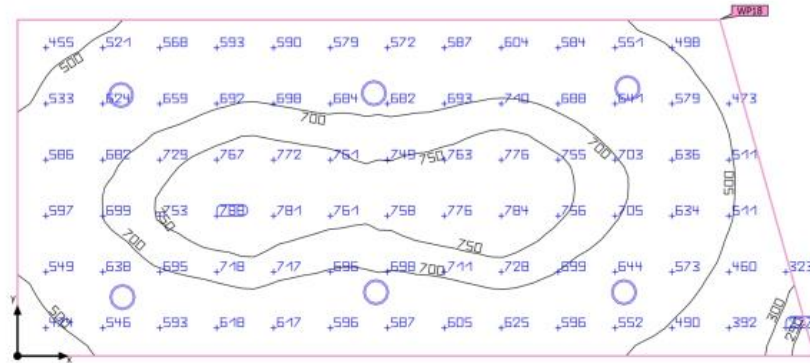
147

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Oficina (Light scene 1)

Summary



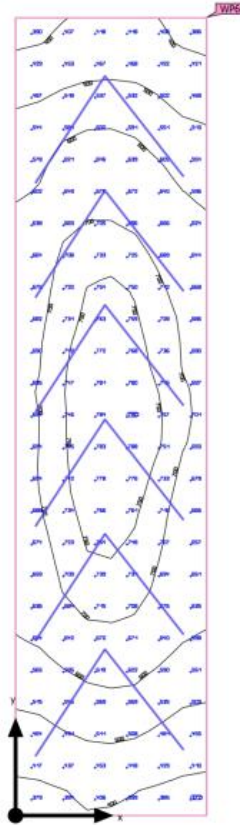
Ground area: 3.37 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0 % | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

156

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · Pasillo (Light scene 1)
Summary



Ground area: 941 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0 % | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

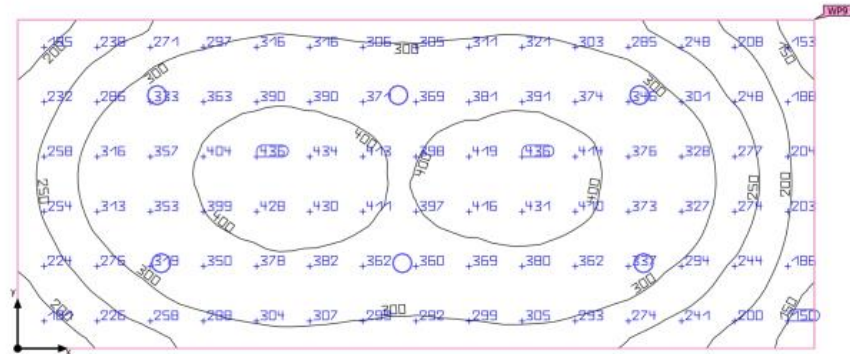
164

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · V. Empleados 01 (Light scene 1)

Summary



Ground area: 3.24 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0 % | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

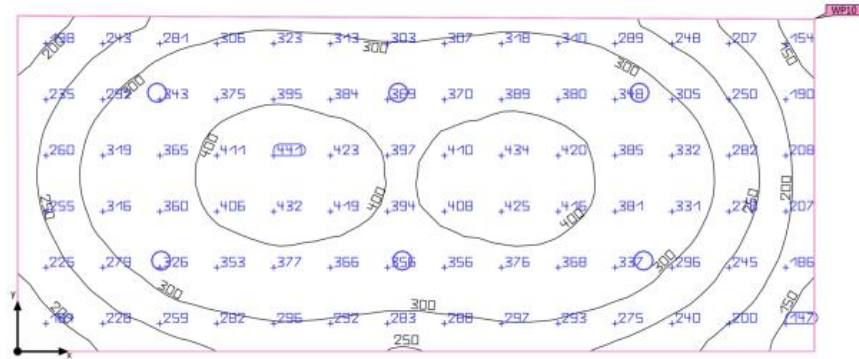
183

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · V. Empleados 02 (Light scene 1)

Summary



Ground area: 3.93 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0 % | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

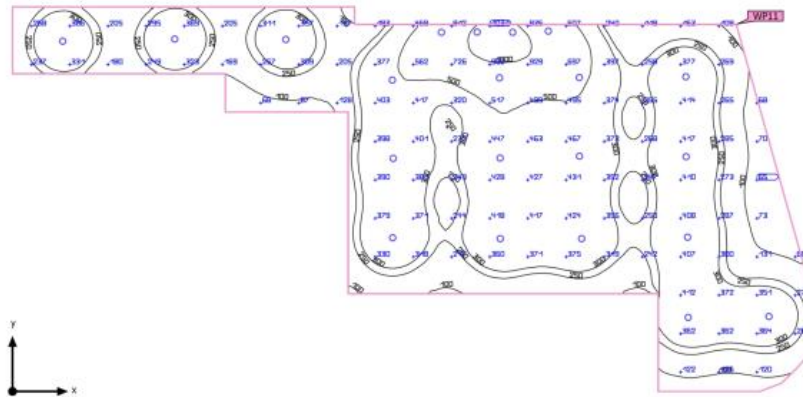
191

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · V. Hombres (Light scene 1)

Summary



Ground area: 73.53 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

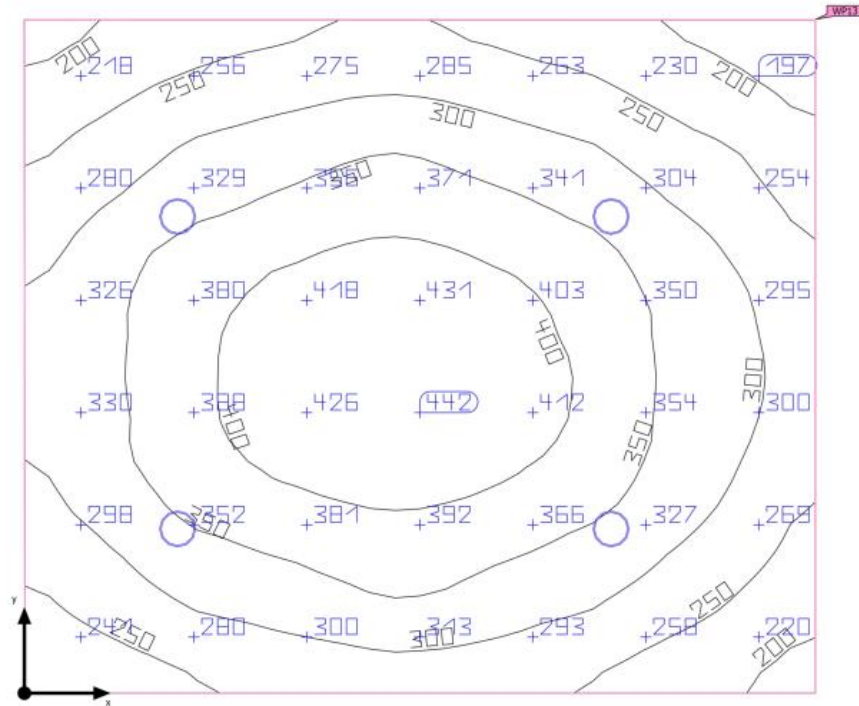
199

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · V. Minus (Light scene 1)

Summary



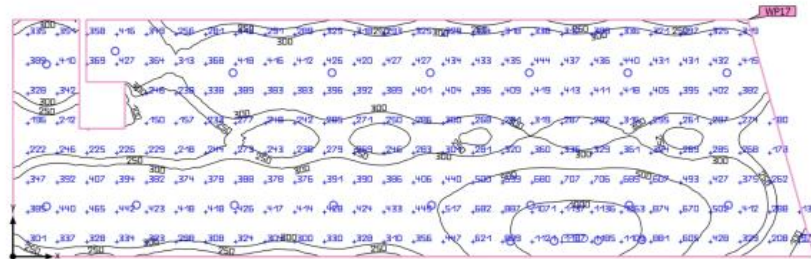
Ground area: 5.32 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

206

gimnasio_00

DIALux

Building 1 · Cycling Park · V. Mujeres (Light scene 1)
Summary



Ground area: 60.00 m² | Reflection factors: Ceiling: 70.0%, Walls: 50.0%, Floor: 20.0% | Maintenance factor: 0.80 (fixed) | Clearance height: 2.500 m | Mounting height: 2.500 m

216

ANEXO 3.- FICHAS TECNICAS MÁQUINAS DE CLIMATIZACIÓN

- Unidades exteriores

PURY-P750~1100YSNW • 2 Módulos

MODELO		PURY-P750YSNW-A	PURY-P800YSNW-A	PURY-P850YSNW-A	PURY-P900YSNW-A	PURY-P950YSNW-A	PURY-P1000YSNW-A	PURY-P1050YSNW-A	PURY-P1100YSNW-A	
Capacidad Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 85 / 95		90 / 100	96 / 108	101 / 113	108 / 119,5	113 / 127	118 / 132	124 / 140
Consumo Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 22,3 / 24,86		23,93 / 28,16	24,99 / 28,49	25,76 / 28,03	26,4 / 29,79	26,45 / 31,74	29,2 / 34,1	32,54 / 37,52
Eficiencia Energética	EER / COP / COP*1	3,81/3,82/4,31		3,76/3,55/4,24	3,84/3,79/4,34	3,92/4,03/4,44	4,09/4,01/4,47	4,27/4,00/4,49	4,04/3,87/4,36	3,81/3,73/4,23
	SEER / SCOP (EN14825)	7,24 / 3,75		7,05 / 3,67	7,16 / 3,59	7,22 / 3,55	7,08 / 3,56	6,93 / 3,55	6,76 / 3,51	6,61 / 3,50
Interiores Conectables	Capacidad Total de la unidad exterior	50 ~ 150%		50 ~ 150%	50 ~ 150%	50 ~ 150%	50 ~ 150%	50 ~ 150%	50 ~ 150%	50 ~ 150%
	Modelo / Cantidad	P15-P250 / 2-50		P15-P250 / 2-50	P15-P250 / 2-50	P15-P250 / 2-50	P15-P250 / 2-50	P15-P250 / 2-50	P15-P250 / 3-50	P15-P250 / 3-50
Alimentación	Fases, V/Hz	3,380-415V/50-60Hz		3,380-415V/50-60Hz	3,380-415V/50-60Hz	3,380-415V/50-60Hz	3,380-415V/50-60Hz	3,380-415V/50-60Hz	3,380-415V/50-60Hz	3,380-415V/50-60Hz
Intensidad Máxima	A	62,70		70,20	72,20	74,20	80,30	86,40	90,70	95,00
Diam. Tuberías líquido/gas	mm	28,58 / 34,93		28,58 / 34,93	28,58 / 41,28	28,58 / 41,28	28,58 / 41,28	28,58 / 41,28	34,93 / 41,28	34,93 / 41,28
Nivel Sonoro (refrigeración/calefacción)	dB(A)	67,0/70,5		68,0/72,0	68,5/72,5	68,5/73,0	68,0/71,5	66,5/67,5	68,0/73,0	69,0/73,0
Potencia sonora (refrigeración/calefacción)	dB(A)	85,5/89,5		86,0/91,0	86,0/91,5	86,0/92,0	85,5/90,5	85,0/87,0	86,0/92,0	86,5/92,0
Módulos	PURY-PHYNW-A	400 + 350		400 + 400	450 + 400	450 + 450	500 + 450	500 + 500	550 + 500	550 + 550
Kit de conexión incluido en el set		CMY-R200VBK4		CMY-R200VBK4	CMY-R200VBK4	CMY-R200VBK4	CMY-R200VBK4	CMY-R200VBK4	CMY-R200VBK4	CMY-R200VBK4
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)	mm	2.480 x 1.858 x 740		2.480 x 1.858 x 740	2.480 x 1.858 x 740	2.480 x 1.858 x 740	2.900 x 1.858 x 740	3.500 x 1.858 x 740	3.500 x 1.858 x 740	3.500 x 1.858 x 740
Refrigerante R410A	Pre-carga Kg / PCA / TCO ₂ eq	16,0 / 2,088 / 33,41		16,0 / 2,088 / 33,41	18,8 / 2,088 / 39,25	21,6 / 2,088 / 45,10	21,6 / 2,088 / 45,10	21,6 / 2,088 / 45,10	21,6 / 2,088 / 45,10	21,6 / 2,088 / 45,10

- Unidades interiores de conductos

Serie 4 vías de 600x600 PLFY-P15-50VFM

MODELO		PLFY-P15VFM-E	PLFY-P20VFM-E	PLFY-P25VFM-E	PLFY-P32VFM-E	PLFY-P40VFM-E	PLFY-P50VFM-E	
Capacidad Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 1,7 / 1,9		2,2 / 2,5	2,8 / 3,2	3,6 / 4	4,5 / 5	5,6 / 6,3
Consumo Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 0,02 / 0,02		0,02 / 0,02	0,02 / 0,02	0,02 / 0,02	0,03 / 0,03	0,04 / 0,04
Alimentación	Fases, V/Hz	1, 220-240V/50-60Hz						
Intensidad	Refrigeración / Calefacción	A 0,19/0,14		0,21/0,16	0,22/0,17	0,23/0,18	0,28/0,23	0,40/0,35
Diam. Tuberías líquido/gas	mm	6,35/12,7		6,35/12,7	6,35/12,7	6,35/12,7	6,35/12,7	6,35/12,7
Nivel Sonoro	dB(A)	26 / 28 / 30		26 / 29 / 31	26 / 30 / 33	26 / 30 / 34	28 / 33 / 39	33 / 39 / 43
Ventilador	Caudal de aire (B/M/A)	m³/min 6,5 / 7,5 / 8		6,5 / 7,5 / 8,5	6,5 / 8 / 9	7 / 8 / 9,5	7,5 / 9 / 11	9 / 11 / 13
	Potencia	kW 0,050		0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	mm	245 x 570 x 570						
Dimensiones panel estándar	mm	10 x 625 x 625						
Peso (unidad/panel)	kg	14/3		14/3	14/3	15/3	15/3	15/3

- Unidades interiores Cassette

MODELO		PEFY-P100VMHS-E	PEFY-P125VMHS-E	PEFY-P140VMHS-E	PEFY-P200VMHS-E	PEFY-P250VMHS-E	
Capacidad Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 11,2 / 12,5		14 / 16	16 / 18	22,4 / 25	28 / 31,5
Consumo Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 0,160 / 0,160		0,160 / 0,160	0,190 / 0,190	0,63 / 0,63	0,82 / 0,82
Alimentación	Fases, V/Hz	1, 220-240V/50-60Hz					
Intensidad	Refrigeración / Calefacción	A 1,05 / 1,05		1,05 / 1,05	1,24 / 1,24	3,47/3,47	4,72/4,72
Diam. Tuberías líquido/gas	mm	9,52/15,88		9,52/15,88	9,52/15,88	9,52/19,05	9,52/22,2
Nivel Sonoro (B/M/A)	dB(A)	27/31/34		27/31/34	27/32/36	36/39/43	39/42/46
Ventilador	Caudal de aire (B/M/A)	m³/min 26,5/32/38		26,5/32/38	28/34/40	50/61/72	58/71/84
	Presión estática*	Pa			50/100/150/200/250		
	Potencia	kW 0,375		0,375	0,375	0,87	0,87
Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo) (-E2)	mm	380 x 1.195 x 900		470 x 1.250 x 1.120			
Peso	kg	51		51	53	97	100

ANEXO 4.- FICHAS TÉCNICAS MÁQUINAS DE VENTILACIÓN

- Recuperador de calor



RECUPERADOR TÉRMICO

Serie MURECO EC

CATÁLOGO
TÉCNICO

MUNDCLIMA

CARACTERÍSTICAS:

- Recuperador de calor según Erp 2018.
- Intercambiador de flujos cruzados de alta eficiencia certificado por Eurovent.
- Caudales de aire de entre 500 m³/h y 10.000 m³/h.
- Envoltorio de estructura formada por perfiles cerrados de aluminio extrusionado con esquinas de poliamicida que le confieren gran resistencia y una elevada estanqueidad.
- Paneles tipo sándwich con aislamiento de lana de roca de densidad 40 kg/m³ Clase M1 espesor medio 25mm.
- Todos los equipos para instalación en interior se suministran con orejeras para colgar (no montadas), los modelos del 4000 hasta el 10.000 tienen pies de apoyo al suelo.
- Todos los equipos para instalación en exterior (con tejado intemperie) se suministran con pies de apoyo al suelo.
- Modelos 500 a 3500 monofásicos y modelos 4000 y 10.000 trifásicos.
- Bandeja de condensados en acero inoxidable.
- Motores electrónicos brushless con tecnología EC para un bajo consumo eléctrico.
- Control automático de ventiladores.
- By-pass con sensores de temperatura integrado de serie.
- Filtros de serie fácilmente extraíbles.
- Alarma de filtros sucios.
- Control básico o de CO₂ mediante regulador Eliwel FREE SMART SMD4500 de serie cableado y configurado.

OPCIONALES:

- Control remoto de pared SWK22.
- Transductor de presión (PID) para control de caudal constante (sólo para control básico).
- Tejado intemperie para instalación en exterior.



Regulador
Eliwel FREE SMART
SMD4500

ELEMENTOS DEL CONTROL

Control	Básico	CO ₂
Sonda temp. relama	✓	✓
Sonda temp. aire exterior	✓	✓
Presostatos	✓	✓
Comunicación Modbus	✓	✓
Programación horaria	✓	✓
Campuerta BT-PASS motorizada	✓	✓
Selección manual velocidad variable	✓	✓
Regulador CO ₂ + Sonda calidad CO ₂	✓	✓
Alarma filtros sucios	✓	✓
Control remoto SWK22	■	■
Transductor de presión PID	■	■

✓ Incluido
 ■ Opcional



Tejado intemperie



Control SWK22
Cód. RC 11 035



Transductor presión
(caudal constante)
Cód. RC 11 036

RECUPERADOR TÉRMICO

MUNDCLIMA

Serie MURECO 6000 EC

F7/F7 7300m³/h F6-F8/F6 6900m³/h F7-F9/F7 6700m³/h



CONTROL BÁSICO:

Código	Modelo	Caudal máximo m³/h
HORIZONTAL + FILTROS		
RC 10 017	MURECO 6000 EC-H (F7/F7)	7300
RC 10 024	MURECO 6000 EC-H (F6-F8/F6)	6900
RC 10 031	MURECO 6000 EC-H (F7-F9/F7)	6700
VERTICAL + FILTROS		
RC 10 059	MURECO 6000 EC-V (F7/F7)	7300
RC 10 066	MURECO 6000 EC-V (F6-F8/F6)	6900
RC 10 073	MURECO 6000 EC-V (F7-F9/F7)	6700



CONTROL CO2 + SONDA CO2

Código	Modelo	Caudal máximo m³/h
HORIZONTAL + FILTROS		
RC 10 038	MURECO 6000 EC-HCO2 (F7/F7)	7300
RC 10 045	MURECO 6000 EC-HCO2 (F6-F8/F6)	6900
RC 10 052	MURECO 6000 EC-HCO2 (F7-F9/F7)	6700
VERTICAL + FILTROS		
RC 10 080	MURECO 6000 EC-VCO2 (F7/F7)	7300
RC 10 087	MURECO 6000 EC-VCO2 (F6-F8/F6)	6900
RC 10 094	MURECO 6000 EC-VCO2 (F7-F9/F7)	6700



ACCESORIOS OPCIONALES

Código	Modelo
RC 11 027	Tejado intemperie MURECO 6000 EC horizontal
RC 11 034	Tejado intemperie MURECO 6000 EC vertical
RC 11 035	Control remata pared SWK22
RC 11 036	Conjunto transductores presión (PID)



Tejado intemperie



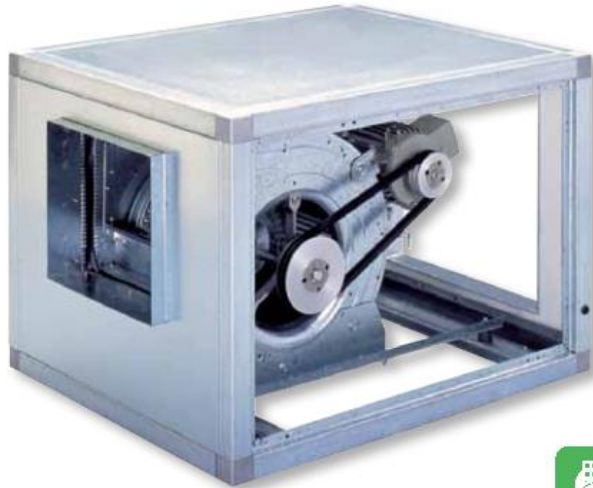
SWK22



PID

• Caja de ventilación

CAJAS DE VENTILACIÓN A TRANSMISIÓN
Serie CVTT



Cajas de ventilación fabricadas en chapa de acero galvanizado, aislamiento acústico (M1) de espuma de melamina de 7 mm de espesor, ventilador centrífugo de álabes hacia adelante montado sobre soportes antivibratorios y junta flexible en la descarga, accionado por motor a transmisión, trifásico, IP55, Clase F.

Motores

Pueden equipar motores de 0,37 a 15 kW. Montados sobre voluta, hasta 2,2 kW. El resto, sobre bancada.

Tensión de alimentación

Trifásicos 230/400V-50Hz, hasta 3 kW
400V-50Hz, para potencias superiores

[Ver cuadro de características]

Motores monofásicos, hasta 2,2 kW

(modelos CVTBI, bajo demanda.

De 2 velocidades (4/8 polos), bajo demanda.

Modelos trifásicos, regulables por variación de frecuencia.

Otros datos

Modelos de descarga horizontal (versiones HI) y modelos de descarga vertical (versiones VI).

Suministro estándar con transmisión a la derecha visto desde la boca de impulsión. Transmisión a la izquierda (versión TII), bajo demanda.

Modelos de descarga vertical y/o con brida de aspiración circular, bajo demanda.

Bajo demanda, modelos con paneles de doble pared, tipo sandwich, y aislamiento acústico ininflamable (M0) de fibra de vidrio de 17 mm de espesor.

CVTT versiones ATEX

Bajo pedido, versiones antiexplosivas según la Directiva ATEX para modelos trifásicos hasta 11 kW:

- ATEX Antideflagrantes - Gas

⊕ II 2G Ex d IIB T4

⊕ II 2G Ex d IIB+H2 T4 (con

motor Ex d IIC T4)

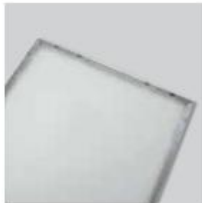
- ATEX Seguridad aumentada - Gas

⊕ II 2G Ex e II T3

Para seleccionar modelos CVTT ATEX, ver las curvas características, o bien el programa de selección de producto EASYVENT.

Los datos eléctricos de los modelos ATEX pueden variar respecto a los datos indicados en las tablas características. Las versiones CVTT ATEX se suministran sin aislamiento acústico de espuma de melamina.

Consulte la disponibilidad de otras versiones de motores ATEX.



Bajo nivel sonoro
Aislamiento acústico (M1) de espuma de melamina de 7 mm de espesor que reduce sensiblemente el nivel de ruido.



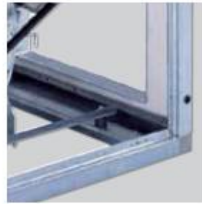
Junta flexible de descarga
Absorbe las vibraciones.



Robustez
Acabados de calidad, con cantoneras de aluminio, que proporcionan gran robustez.



Boca de descarga versátil
Modelos de descarga vertical, bajo demanda.



Soportes antivibratorios
El ventilador se apoya sobre soportes con silent-blocks para reducir el nivel de ruido.

Aplicaciones específicas



Versiones

CAJAS DE VENTILACIÓN A TRANSMISIÓN
Serie CVTT



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Es imprescindible comprobar que las características eléctricas (voltaje, intensidad, frecuencia, etc.) del motor que aparecen en la placa del mismo son compatibles con las de la instalación.

Modelo	Potencia motor		Revoluciones ventilador		Caudales a revolución		Temperatura de trabajo [°C]	Peso con motor mayor [kg]
	Mínima [kW]	Máxima [kW]	Mínima [r.p.m.]	Máxima [r.p.m.]	Mínima [m³/h]	Máxima [m³/h]		
CVTT-9/9	0,18	1,1	700	1500	950	4.800	-20/+40	52
CVTT-10/10	0,37	1,5	600	1300	980	5.100	-20/+40	66
CVTT-12/12	0,37	3,0	600	1200	1.500	11.350	-20/+40	88
CVTT-15/15	0,75	4,0	500	1100	1.500	12.800	-20/+40	108
CVTT-18/18	1,1	7,5	400	900	3.050	20.270	-20/+40	147
CVTT-20/20	1,5	7,5	400	800	3.240	22.700	-20/+40	270
CVTT-22/22	2,2	11	400	800	4.750	30.700	-20/+40	309
CVTT-25/25	2,2	11	300	650	5.650	40.000	-20/+40	350
CVTT-30/28	3,0	15	300	550	8.800	52.000	-20/+40	472

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

Espectros de presión sonora: Para obtener el espectro de presión [dB(A)] por banda de frecuencia, restar del nivel de presión sonora dado en las curvas características los valores de las tablas siguientes:

Modelo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
CVTT-9/9	17	15	11	12	4	5	14	19	27
CVTT-10/10	17	15	11	11	4	5	14	20	27
CVTT-12/12	16	14	11	10	4	5	15	21	27
CVTT-15/15	13	13	10	10	5	5	15	22	27
CVTT-18/18	11	12	9	9	5	6	15	22	27
CVTT-20/20	10	11	8	8	6	7	16	23	27
CVTT-22/22	9	11	7	8	6	8	17	24	27
CVTT-25/25	9	11	7	8	6	8	17	25	27
CVTT-30/28	9	11	7	8	6	8	18	25	27

RELACIÓN DE POTENCIAS DE MOTORES [kW] PARA LA SERIE CVTT

1 VELOCIDAD	4 POLOS	0,25	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15
2 VELOCIDADES	4/6 POLOS	0,25/0,09	-	-	0,7/0,2	0,85/0,25	1,4/0,5	2,4/0,75	3,4/1,1	4/1,2	6,3/1,9	9/3	11/3,7	15/5
	4/8 POLOS	0,25/0,06	0,37/0,07	0,55/0,09	0,75/0,12	1,1/0,18	1,5/0,25	2,2/0,37	3/0,55	4/0,75	5,5/1,1	7,5/1,5	11/2,8	15/3,8

- Ventilador tubular

VENTILADORES HELICOCENTRÍFUGOS IN-LINE ULTRASILENCIOSOS
Serie TD-SILENT



TD-SILENT - MODELOS 160 A 1000



Ventiladores helicocentrífugos in-line de bajo perfil, extremadamente silenciosos, certificados (modelos 350, 500, 800 y 1000) por la Noise Abatement Society (Asociación para la reducción del ruido), fabricados en material plástico, con elementos acústicos (estructura interna perforada que direcciona las ondas sonoras, y aislamiento interior fonoabsorbente que amortigua el ruido radiado) [1], cuerpo-motor desmontable sin necesidad de tocar los conductos, juntas de goma en impulsión y descarga para absorber las vibraciones, caja de bornes externa orientable 360°, IP44, motor 230V-50Hz, de 2 ó 3 velocidades, según modelo, regulables por variación de tensión, Clase B, rodamientos a bolas de engrase permanente, condensador [2] y protector térmico.

[1] Excepto TD-160/1000 SILENT, que incorpora sistema de motor flotante, montado sobre silent-blocks elásticos, patentado por S&P.
[2] Excepto modelo TD-160/1000 SILENT.

Otros datos

Especialmente indicados en aquellos lugares donde trabajan personas y el bajo nivel sonoro se convierte en un elemento esencial para el confort.



Modelos TD-SILENT-T

Incorporan temporizador regulable entre 1 y 30 minutos.

Disponen de motor de 1 ó 3 velocidades, según modelo, no regulable.

TD-SILENT - MODELOS 1300 Y 2000



Ventiladores helicocentrífugos in-line de bajo perfil, extremadamente silenciosos, certificados (modelo 2000) por la Noise Abatement Society (Asociación para la reducción del ruido), fabricados en chapa de acero protegida por pintura epoxi poliéster, con elementos acústicos (aislamiento interior fonoabsorbente (M0) de fibra de vidrio, carcasa exterior tipo sandwich y embocadura aerodinámica), cuerpo-motor desmontable sin necesidad de tocar los conductos, IP44, caja de bornes externa IP55, motor 230V-50/60Hz, de 3 velocidades, regulables por variación de tensión, Clase F, con rotor exterior de inyección de aluminio, rodamientos a bolas de engrase permanente, condensador y protector térmico incorporado.

Otros datos

Especialmente indicados en aquellos lugares donde trabajan personas y el bajo nivel sonoro se convierte en un elemento esencial para el confort.



VENTILADORES HELICOCENTRÍFUGOS IN-LINE ULTRASILENCIOSOS
Serie TD-SILENT



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

TD-SILENT	Velocidad (r.p.m.)	Potencia absorbida máxima (W)	Intensidad absorbida máxima (A)	Caudal en descarga libre (m³/h)	Nivel de presión sonora* (dB(A))	Temperatura de trabajo (°C)	Peso (kg)	Ø Conducto (mm)	Interruptor de 3 velocidades opcional	Regulador de tensión opcional
TD-160/100 N SILENT	2400	29	0,17	180	24	-20/+40	1,4	100	COM-2 RECU-2	RMB-1,5 REB-1
	2200	18	0,11	150	22					
TD-250/100 SILENT	2210	27	0,12	250	25	-20/+40	5,4	100	COM-2 RECU-2	RMB-1,5 REB-1
	1880	21	0,1	200	20					
TD-350/125 SILENT	2100	27	0,12	330	23	-20/+40	5	125	COM-2 RECU-2	RMB-1,5 REB-1
	1650	21	0,1	260	18					
TD-500/150-160 SILENT 3V	2680	59	0,26	550	27	-20/+60	6	150/160	COM-3 INTER 4P	RMB-1,5 REB-1
	2060	50	0,22	450	22					
	1610	45	0,2	350	17					
TD-800/200 SILENT 3V	2170	102	0,5	910	28	-20/+60	8,7	200	COM-3 INTER 4P	RMB-1,5 REB-1
	1870	92	0,47	780	24					
	1660	90	0,46	690	22					
TD-1000/200 SILENT 3V	2450	130	0,55	1.040	29	-20/+60	8,7	200	COM-3 INTER 4P	RMB-1,5 REB-1
	2210	127	0,55	910	27					
	1920	122	0,53	790	24					
TD-1300/250 SILENT 3V	2530	204	0,85	1.320	36	-20/+60	20	250	COM-3 INTER 4P	RMB-1,5 REB-1
	2230	163	0,68	1.160	33					
	2030	144	0,6	1.040	31					
TD-2000/315 SILENT 3V	2670	293	1,25	1.770	39	-40/+60	25	315	COM-3 INTER 4P	RMB-1,5 REB-2,5
	2490	232	0,97	1.610	38					
	2240	190	0,78	1.480	36					

* Nivel de presión sonora, radiado a 3 metros en campo libre, con tubos rígidos en aspiración y descarga

TD-SILENT T	Velocidad (r.p.m.)	Potencia absorbida máxima (W)	Intensidad absorbida máxima (A)	Caudal en descarga libre (m³/h)	Nivel de presión sonora* (dB(A))	Temperatura de trabajo (°C)	Peso (kg)	Ø Conducto (mm)
TD-160/100 NT SILENT	2400	29	0,17	180	24	-20/+40	1,4	100
TD-250/100 SILENT T	2140	28	0,12	250	25	-20/+40	5,4	100
TD-350/125 SILENT T	2050	26	0,11	330	23	-20/+40	5	125
	2590	53	0,21	560	27			
TD-500/150-160 SILENT T 3V	2150	44	0,19	470	22	-20/+60	6	150
	1920	41	0,18	390	17			
	2170	102	0,5	910	28			
TD-800/200 SILENT T 3V	1870	92	0,47	780	24	-20/+60	8,7	200
	1660	90	0,46	690	22			
	2450	130	0,55	1.040	29			
TD-1000/200 SILENT T 3V	2210	127	0,55	910	27	-20/+60	8,7	200
	1920	122	0,53	790	24			

* Nivel de presión sonora, radiado a 3 metros en campo libre, con tubos rígidos en aspiración y descarga