



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Ingeniería Mecánica, Térmica y de Fluidos

Máquinas y Motores Térmicos

TRABAJO FIN DE GRADO

**ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO PARA
CLIMATIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE
SANITARIA EN UN HOSPITAL**

Grado en

Ingeniería de la Energía

Autor: ROCÍO LÓPEZ GIL

Tutor: JUAN MANUEL GALLARDO SALAZAR

MÁLAGA, Octubre de 2.024

Resumen

En este Trabajo Fin de Grado, se han estudiado una serie de Medidas de Ahorro Energético (MAEs) que podrían llevarse a cabo en el Hospital Universitario Hospiten Bellevue, ubicado en Santa Cruz de Tenerife, con el fin de reducir la demanda y el consumo energético del edificio, además de llevar a cabo la descarbonización de la producción térmica del hospital.

Estas Medidas de Ahorro Energético, buscan principalmente reducir el consumo de energía primaria no renovable, de emisiones de CO₂ y de los costes asociados al consumo energético de los sistemas de climatización, ventilación y agua caliente sanitaria (ACS). Siendo estos sistemas, junto con la iluminación, los que más influyen en el consumo del edificio.

A continuación, se exponen las distintas Medidas de Ahorro Energético estudiadas:

- MAE 1. Cambio de color de las fachadas y cubiertas.
- MAE 2. Sustitución de las cristalerías.
- MAE 3. Lámina de protección solar en los vidrios sur y oeste.
- MAE 4. Sustitución de climatizadoras. Recuperación de calor.
- MAE 5. Producción de frío. Sustitución de enfriadoras.
- MAE 6. Producción de ACS. Aerotermia.
- MAE 7. Autogeneración fotovoltaica.
- MAE 8. Control y automatización.

Palabras clave:

“Medidas de ahorro energético”, “Hospital”, “Eficiencia energética”, “Descarbonización”, “Medidas pasivas”, “Análisis energético”.

Abstract

In this Final Degree Project, a series of Energy Saving Measures (ESMs) have been studied that could be implemented at the Hospiten Bellevue University Hospital, located in Santa Cruz de Tenerife, with the aim of reducing the building's energy demand and consumption, as well as decarbonizing the hospital's thermal production.

These Energy Saving Measures primarily aim to reduce non-renewable primary energy consumption, CO₂ emissions, and the costs associated with the energy consumption of the air conditioning, ventilation, and domestic hot water (DHW) systems. These systems, along with lighting, are the most influential in the building's energy consumption.

The following Energy Saving Measures have been studied:

- ESM 1. Change of color of facades and roofs.
- ESM 2. Replacement of glass panes.
- ESM 3. Solar protection film on south and west-facing windows.
- ESM 4. Replacement of air conditioning units. Heat recovery.
- ESM 5. Cooling production. Replacement of the chillers.
- ESM 6. DHW production. Aerothermal system.
- ESM 7. Photovoltaic self-generation.
- ESM 8. Control and automation.

Keywords:

“Energy saving measures”, “Hospital”, “Energy efficiency”, “Decarbonization”, “Passive measures”, “Energy analysis”.

Índice de contenido

Resumen	1
Abstract.....	2
Memoria.....	14
1 Introducción	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Objetivo	16
1.3 Metodología.....	16
1.4 Programas de cálculo y simulación	17
1.5 Terminología y abreviaturas	18
2 Análisis del edificio	21
2.1 Emplazamiento.....	21
2.2 Condiciones climáticas	22
2.3 Descripción del edificio	23
2.4 Consumos actuales. Fuentes de energía	25
2.4.1 Consumos del vector energético electricidad	25
2.4.2 Consumos del vector energético combustible	27
2.4.3 Consumo de Energía primaria, final y emisiones de CO ₂	28
3 Modelo base del edificio	31
3.1 Modelo arquitectónico.....	31
3.2 Modelo energético	33
3.2.1 Elementos constructivos.....	34



3.2.2	Características de la zonificación y recintos	40
3.2.3	Sistemas de producción y climatización	42
3.2.4	Resultados de simulación del modelo energético base.....	43
4	Análisis de las medidas ahorro energético propuestas.....	46
4.1	MAE 1. Cambio de color de las fachadas y cubiertas	46
4.1.1	Situación actual	46
4.1.2	Mejora propuesta.....	47
4.1.3	Resultados energéticos	47
4.1.4	Costes y retornos de la inversión	48
4.1.5	Resumen de la MAE.....	49
4.2	MAE 2. Sustitución de las cristalerías	50
4.2.1	Situación actual	50
4.2.2	Mejora propuesta.....	51
4.2.3	Resultados energéticos	51
4.2.4	Costes y retornos de la inversión	52
4.2.5	Resumen de la MAE.....	53
4.3	MAE 3. Lámina de protección solar en los vidrios sur y oeste.....	54
4.3.1	Situación actual	54
4.3.2	Mejora propuesta.....	54
4.3.3	Resultados energéticos	55
4.3.4	Costes y retornos de la inversión	56
4.3.5	Resumen de la MAE.....	56

4.4	MAE 4. Sustitución de climatizadoras. Recuperación de calor.....	57
4.4.1	Situación actual	57
4.4.2	Mejora propuesta.....	58
4.4.3	Resultados energéticos	60
4.4.4	Costes y retornos de la inversión	61
4.4.5	Resumen de la MAE.....	62
4.5	MAE 5. Producción de frío. Sustitución de enfriadoras	63
4.5.1	Situación actual	63
4.5.2	Mejora propuesta.....	64
4.5.3	Resultados energéticos	65
4.5.4	Costes y retornos de la inversión	65
4.5.5	Resumen de la MAE.....	67
4.6	MAE 6. Producción de ACS. Aerotermia	67
4.6.1	Situación actual	67
4.6.2	Mejora propuesta.....	69
4.6.3	Resultados energéticos	70
4.6.4	Costes y retornos de la inversión	71
4.6.5	Resumen de la MAE.....	72
4.7	MAE 7. Autogeneración fotovoltaica.....	73
4.7.1	Situación actual	73
4.7.2	Mejora propuesta y Datos energéticos	73
4.7.3	Costes y retornos de la inversión	74



4.7.4	Resumen de la MAE.....	75
4.8	MAE 8. Control y automatización	75
4.8.1	Situación actual	75
4.8.2	Mejora propuesta.....	76
4.8.3	Costes y retornos de la inversión	76
4.8.4	Resumen de la MAE.....	78
5	Conclusiones y Resumen de MAEs.....	79
6	Bibliografía.....	84
	Presupuesto.....	86
	Planos.....	92
	Anexos.....	99
7	Anexos.....	100
7.1	Anexo I. Zonificación y características.....	100
7.1.1	Zonas y recintos	100
7.1.2	Perfiles de uso.....	111
7.2	Anexo II. Autogeneración fotovoltaica	120

Índice de Figuras

Figura 1. Emplazamiento del Hospital Universitario Hospiten Bellevue (fuente: Google Maps). 21

Figura 2. Valores de temperatura a lo largo del año y condiciones de temperatura para dimensionar sistemas de climatización. (fuente: IDAE [4]). 23

Figura 3. Vista del Hospital Universitario Hospiten Bellevue. Fachada norte (fuente: Google Earth).....	24
Figura 4. Consumos eléctricos mensual de 2015-2019 y 2021, en kWh del hospital (fuente: elaboración propia).....	27
Figura 5. Modelo arquitectónico en 3D del Hospital Universitario Hospiten Bellevue realizado mediante el software IFC Builder (fuente: elaboración propia).....	32
Figura 6. Modelo arquitectónico en 3D de la fachada noreste del Hospital Universitario Hospiten Bellevue realizado mediante el software IFC Builder (fuente: elaboración propia).....	33
Figura 7. Modelo arquitectónico en 3D de la fachada suroeste del Hospital Universitario Hospiten Bellevue realizado mediante el software IFC Builder (fuente: elaboración propia).....	33
Figura 8. Composición de los cerramientos exteriores implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	34
Figura 9. Composición de los muros de sótano implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	35
Figura 10. Composición de la tabiquería interior implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	36
Figura 11. Composición del suelo en contacto con el terreno implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	37
Figura 12. Composición del suelo en contacto con el terreno implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	38
Figura 13. Composición de las cubiertas del edificio implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	39
Figura 14. Composición de los vidrios del edificio implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	40

Figura 15. Zonificación de la planta 3 del hospital implementada en IFC Builder y en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	41
Figura 16. Vista del Hospital Universitario Hospiten Bellevue. Fachada sur (fuente: Google Earth).....	47
Figura 17. Esquema de principio de ACS del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).....	68
Figura 18. Esquema de funcionamiento tipo de una bomba de calor aerotérmica para producción de ACS (fuente: Mitsubishi).....	70
Figura 19. Disposición de los módulos fotovoltaicos realizado a través del software Designer – SolarEdge (fuente: elaboración propia).	73
Figura 20. Aportaciones totales e individuales de las distintas MAEs que se han estudiado (fuente: elaboración propia).....	82
Figura 21. Anexo I. Zonificación planta -2 (fuente: elaboración propia).	100
Figura 22. Anexo I. Zonificación planta -1 (fuente: elaboración propia).	101
Figura 23. Anexo I. Zonificación planta baja (fuente: elaboración propia).	104
Figura 24. Anexo I. Zonificación planta 1 (fuente: elaboración propia).	105
Figura 25. Anexo I. Zonificación planta 2 (fuente: elaboración propia).	106
Figura 26. Anexo I. Zonificación planta 3 (fuente: elaboración propia).	108
Figura 27. Anexo I. Zonificación planta 4 (fuente: elaboración propia).	109
Figura 28. Anexo I. Zonificación planta 5 (fuente: elaboración propia).	110
Figura 29. Anexo I. Perfil de uso 50 y 90% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).	111
Figura 30. Anexo I. Perfil de uso 75 y 90% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).	112

Figura 31. Anexo I. Perfil de uso Ocupación quirófanos (fuente: elaboración propia).	112
Figura 32. Anexo I. Perfil de uso 100% de 6 a 21h (fuente: elaboración propia). .	113
Figura 33. Anexo I. Perfil de uso Iluminación cocina (fuente: elaboración propia).	113
Figura 34. Anexo I. Perfil de uso 80 y 100% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).	114
Figura 35. Anexo I. Perfil de uso 100% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia). .	114
Figura 36. Anexo I. Perfil de uso 15 y 50% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).	115
Figura 37. Anexo I. Perfil de uso 100% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia). .	115
Figura 38. Anexo I. Perfil de uso Ocupación entrada (fuente: elaboración propia).	116
Figura 39. Anexo I. Perfil de uso Iluminación entrada (fuente: elaboración propia).	116
Figura 40. Anexo I. Perfil de uso Equipamiento entrada (fuente: elaboración propia).	117
Figura 41. Anexo I. Perfil de uso Ocupación cafetería (fuente: elaboración propia).	117
Figura 42. Anexo I. Perfil de uso Equipamiento cafetería (fuente: elaboración propia).....	118
Figura 43. Anexo I. Perfil de uso 75 y 100% de 7 a 22h (fuente: elaboración propia).	118
Figura 44. Anexo I. Perfil de uso Iluminación hospitalización (fuente: elaboración propia).....	119
Figura 45. Anexo I. Perfil de uso 15 y 90% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).	119

Figura 46. Anexo I. Perfil de uso Ocupación hospitalización (fuente: elaboración propia).....	120
Figura 47. Anexo I. Perfil de uso Equipamiento hospitalización (fuente: elaboración propia).....	120

Índice de Tablas

Tabla 1. Consumos eléctricos mensuales en kWh del Hospital Universitario Hospiten Bellevue (fuente: Hospiten).....	26
Tabla 2. Consumo de gasóleo durante 2021 del Hospital Universitario Hospiten Bellevue (fuente: Hospiten).....	27
Tabla 3. Factores de conversión de energía (fuente: IDAE [6]).	28
Tabla 4. Energía final, primaria, primaria no renovable y emisiones de CO ₂ equivalentes actuales del Hospital Universitario Hospital Bellevue con valores de 2021 (fuente: elaboración propia).	29
Tabla 5. Características de los recintos introducidos en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).	41
Tabla 6. Valores de la producción actual del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).....	43
Tabla 7. Datos de las UTAs actuales del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).....	43
Tabla 8. Valores de consumo real y consumo de la simulación energética en Cypetherm HE Plus del edificio objeto de estudio (fuente: elaboración propia).....	44
Tabla 9. Resultados energéticos detallados de la simulación del modelo base del edificio en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).....	45
Tabla 10. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 1 en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).	47

Tabla 11. Presupuesto estimado de la MAE 1. Cambio de color de las fachadas y cubiertas (fuente: elaboración propia).....	48
Tabla 12. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 1 (fuente: elaboración propia).....	49
Tabla 13. Superficie acristalada con la que cuenta el hospital dividida por orientación (fuente: elaboración propia).....	51
Tabla 14. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 2 en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).	52
Tabla 15. Presupuesto estimado de la MAE 2. Sustitución de las cristalerías (fuente: elaboración propia).	52
Tabla 16. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 2 (fuente: elaboración propia).....	53
Tabla 17. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 3 en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).	55
Tabla 18. Presupuesto estimado de la MAE 3. Lámina de protección solar en los vidrios sur y oeste (fuente: elaboración propia).	56
Tabla 19. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 3 (fuente: elaboración propia).....	56
Tabla 20. Resumen de climatizadoras del hospital (fuente: elaboración propia). ...	57
Tabla 21. Caudales de impulsión de las UTAs actuales del hospital y los que debería tener (fuente: elaboración propia).....	59
Tabla 22. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 4 en Python (fuente: elaboración propia).	60
Tabla 23. Presupuesto estimado de la MAE 4. Sustitución de climatizadoras. Recuperación de calor (fuente: elaboración propia).	62

Tabla 24. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 3 (fuente: elaboración propia).....	63
Tabla 25. Datos de las enfriadoras actuales del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).....	63
Tabla 26. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 5 en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).	65
Tabla 27. Presupuesto estimado de la MAE 5.2. Producción de frío. Sustitución de enfriadoras (fuente: elaboración propia).	66
Tabla 28. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 5 (fuente: elaboración propia).....	67
Tabla 29. Datos de las calderas actuales del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).....	68
Tabla 30. Análisis de la propuesta de producción de ACS (fuente: elaboración propia).....	70
Tabla 31. Presupuesto estimado de la MAE 6. Producción de ACS. Aerotermia (fuente: elaboración propia).	71
Tabla 32. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 6 (fuente: elaboración propia).....	72
Tabla 33. Presupuesto estimado de la MAE 7. Autogeneración fotovoltaica. (fuente: elaboración propia).	74
Tabla 34. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 7 (fuente: elaboración propia).....	75
Tabla 35. Presupuesto estimado de la MAE 8. Control y automatización. (fuente: elaboración propia).	77
Tabla 36. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 7 (fuente: elaboración propia).....	78

Tabla 37. Resumen de las medidas de ahorro energético implementadas en este Trabajo Fin de Grado (fuente: elaboración propia).....	81
Tabla 38. Comparativa estado inicial y final del edificio tras la implementación de las distintas MAEs (fuente: elaboración propia).....	82
Tabla 39. Presupuesto general de cada MAE (fuente: elaboración propia).....	87
Tabla 40. Anexo I. Características de las zonas de planta -2 (fuente: elaboración propia).....	100
Tabla 41. Anexo I. Características de las zonas de planta -1 (fuente: elaboración propia).....	101
Tabla 42. Anexo I. Características de las zonas de planta baja (fuente: elaboración propia).....	104
Tabla 43. Anexo I. Características de las zonas de planta 1 (fuente: elaboración propia).....	105
Tabla 44. Anexo I. Características de las zonas de planta 2 (fuente: elaboración propia).....	107
Tabla 45. Anexo I. Características de las zonas de planta 3 (fuente: elaboración propia).....	108
Tabla 46. Anexo I. Características de las zonas de planta 4 (fuente: elaboración propia).....	109
Tabla 47. Anexo I. Características de las zonas de planta 5 (fuente: elaboración propia).....	110



Memoria

1 Introducción

1.1 Antecedentes

De los problemas más relevantes a los que tiene que hacer frente la sociedad actual es el aumento de la temperatura global del planeta, conocido como calentamiento global. El calentamiento global es provocado, principalmente, por las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del uso excesivo de combustibles fósiles que emplean las diversas actividades humanas.

Los combustibles fósiles, como el gas natural, el petróleo y el carbón, son recursos no renovables que generan contaminación del aire y emisiones de gases de efecto invernadero tanto cuando se extraen como cuando se consumen.

Un sector importante en el que se consume combustibles fósiles es el de los edificios. El gas natural y el petróleo se utilizan con frecuencia como la principal fuente de energía para calefactar y producir Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Actualmente se concentran los esfuerzos en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de edificios de alto consumo, como suele ser el caso de los hospitales, que funcionan las 24 horas del día, los 7 días de la semana, reduciendo primero su demanda y luego el consumo de energía del edificio, así como el uso de combustibles fósiles, mediante la implantación de alternativas más limpias y sostenibles. Con esto, además de solucionar en parte el gran problema medioambiental que representan los hospitales, también se disminuiría el coste económico que conlleva mantener abierto y funcionando un hospital, en cuanto al edificio se refiere.

El proceso de eliminar o intentar reducir las emisiones de dióxido de carbono y demás gases de efecto invernadero, contribuyentes al cambio climático, de las fuentes de energía de los edificios se denomina descarbonización. La descarbonización contempla tres aspectos principales: eficiencia energética, electrificación e implementación de energías renovables.

1.2 Objetivo

Este Trabajo Fin de Grado, tiene como objetivo disminuir la demanda y el consumo energético del edificio, así como llevar a cabo la descarbonización del Hospital Universitario Hospiten Bellevue de Puerto de la Cruz, Santa Cruz de Tenerife (construido en 1976).

Para ello, se realizará un modelo energético del edificio con consumos reales y sobre el cual se hará un estudio de diversas Medidas de Ahorro Energético (MAEs) que reduzcan el consumo de energía primaria no renovable, de emisiones de CO₂ y de los costes asociados al consumo energético de los sistemas de climatización, ventilación y Agua Caliente Sanitaria (ACS). Siendo estos sistemas una parte importante en el consumo energético final del edificio.

1.3 Metodología

Para la descarbonización del Hospital Universitario Hospiten Bellevue, primero, se modelará arquitectónica y energéticamente el edificio en cuestión y se ajustará según los consumos actuales que tiene registrado el propio hospital para tener una visión realista de la situación.

Posteriormente, se analizarán diversas Medidas de Ahorro Energético (MAEs) que implementan mejoras pasivas, es decir, que afectan a la demanda del edificio; mejoras activas, recuperando energía y mejorando los rendimientos de los equipos de producción térmica y de climatización y autogeneración de energía, estas MAEs serán:

- MAE 1. Cambio de color de las fachadas y cubiertas.
- MAE 2. Sustitución de las cristalerías.
- MAE 3. Lámina de protección solar en los ventanas sur y oeste.
- MAE 4. Sustitución de climatizadoras. Recuperación de calor.
- MAE 5. Producción de frío. Sustitución de enfriadora.

- MAE 6. Producción de ACS. Aerotermia.
- MAE 7. Autogeneración fotovoltaica.
- MAE 8. Control y automatización.

En cada una de estas medidas, de forma individual, se identificará la situación actual, se detallarán las posibles mejoras y las propuestas finales que reducen el consumo energético del hospital en mayor porcentaje ajustándose a un presupuesto económicamente viable.

Una vez evaluadas técnicamente cada una de las medidas de forma individual, se establecerá el ahorro de energía que conllevan de forma conjunta.

1.4 Programas de cálculo y simulación

Para el estudio en detalle del edificio y de las distintas MAEs se han empleado los siguientes programas:

- IFC Builder v2023b. Se trata de una aplicación diseñada para crear modelos IFC de edificios e integrarlo en el flujo de trabajo Open BIM.
- Cypetherm HE Plus v2023a. Se trata de una aplicación integrada en el flujo de trabajo Open BIM que permite introducir elementos constructivos, cargas térmicas, horarios,... y posteriormente llevar a cabo las simulaciones energéticas del edificio con EnergyPlus como motor de cálculo.
- EnergyPlus v9.6.0. Se trata del principal motor de simulación energética de edificios de código abierto. En este caso, también se ha hecho uso de su manual de uso [1].
- Calumen – Glass Calculator. Se trata de una herramienta web diseñada para configurar y calcular los detalles técnicos de los acristalamientos.

- Python - Spyder. Se trata de un lenguaje de programación que ha sido usado a través del entorno de programación Spyder para la simulación de los ahorros energéticos que implementan los recuperadores de calor en las climatizadoras, así como el free-cooling
- SolarEdge Designer. Se trata de una plataforma web diseñada para configurar y calcular los detalles técnicos de la generación fotovoltaica.
- Microsoft Excel y Word como procesadores de datos y texto, respectivamente.

1.5 Terminología y abreviaturas

A lo largo de este documento, se hará referencia a una serie de términos técnicos y abreviaturas que se suelen emplear en el ámbito de la ingeniería. Estas son las siguientes:

Terminología

- Free-cooling o sistema de enfriamiento gratuito por aire exterior. Según [2], consiste en utilizar aire del exterior para climatizar el edificio, en vez de recircular aire del retorno (que se extrae del propio edificio a climatizar), por tener unas características energéticas que le hacen más eficiente energéticamente que el aire procedente del retorno.
- Absortividad solar: hace referencia a la fracción de radiación solar incidente que es absorbida por una superficie. Se expresa como un valor adimensional, que varía entre 0 y 1.
- Muro cortina: es un tipo de fachada, generalmente compuesto de materiales como el vidrio, que no tienen función estructural, su objetivo es proteger el interior del edificio de las inclemencias climatológicas como la lluvia y el viento, a la vez que le brinda un gran aporte de luz natural. Este tipo de fachadas suele tener peores valores de transmitancia térmica.

- Transmitancia térmica (U): Según [3] en su Anejo A, es el flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Se expresa en W/m^2K .
- Fan-coil o ventiloconvector: equipo de climatización utilizado tanto para calefactar como para refrigerar una estancia. Se compone de un ventilador (fan) y una o dos baterías o intercambiadores de calor (coil) por donde circula agua caliente o fría. Su funcionamiento se basa en impulsar aire a través de la batería, permitiendo la transferencia de energía del agua al aire.
- Energía final: es la energía que llega al punto de consumo, tras haberse transformado y distribuido. Es el resultado de haber convertido la energía primaria en formas de energía útiles.
- Energía primaria: es la energía que se encuentra disponible en la naturaleza antes de ser procesada.
- Energía primaria no renovable: es la energía primaria que proviene de fuentes no renovables, como el carbón o el gas natural.

Abreviaturas

- MAEs: Medidas de Ahorro Energético
- MAE: Medida de Ahorro Energético
- ACS: Agua Caliente Sanitaria
- ESMs: Energy Saving Measures
- ESM: Energy Saving Measure
- IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- UTA: Unidad de tratamiento de aire



- UTAs: Unidades de tratamiento de aire
- PEM: Presupuesto de Ejecución Material
- GG: Gastos Generales
- BI: Beneficio Industrial
- PEC: Presupuesto de Ejecución por Contrata.
- PRS: Período de retorno simple
- EER: Energy Efficiency Ratio (Índice de eficiencia o rendimiento energéticos).
- COP: Coefficient of performance (Coeficiente de rendimiento)
- BMS: Building Management Systems (Sistema de gestión de edificios)

2 Análisis del edificio

2.1 Emplazamiento

El edificio a estudiar en este Trabajo Fin de Grado es el Hospital Universitario Hospiten Bellevue (hospital privado). El edificio se encuentra ubicado en Calle Alemania número 6, Puerto de la Cruz, Santa Cruz de Tenerife. Sus coordenadas geográficas son: latitud $28,4074^{\circ}$ (norte) y longitud $-16,5448^{\circ}$ (oeste). Esto se puede observar en el plano sobre situación y emplazamiento.

El hospital está situado de tal forma que su acceso principal está orientado al norte, desviada 34° hacia el este. En la figura 1 se aprecia la orientación del edificio en la parcela donde se encuentra, además de señalarse el acceso principal del hospital.

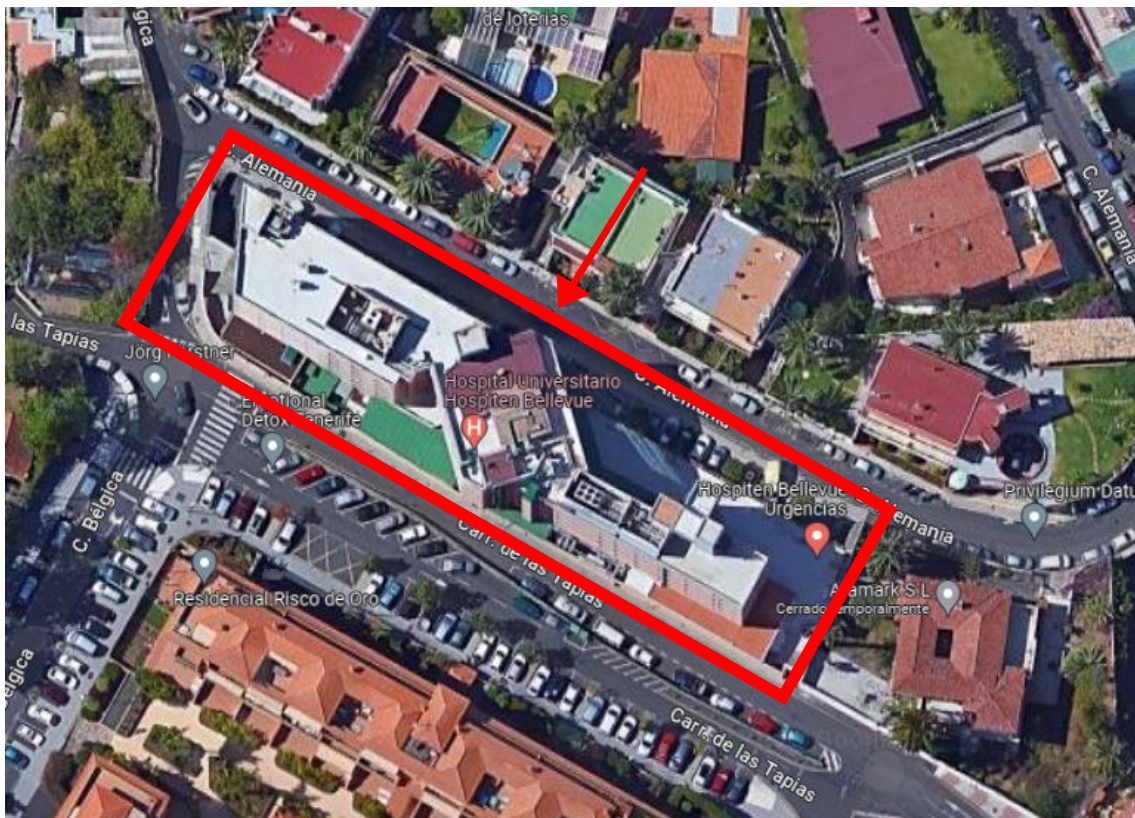


Figura 1. Emplazamiento del Hospital Universitario Hospiten Bellevue (fuente: Google Maps).

2.2 Condiciones climáticas

El terreno sobre el que se alza el edificio tiene una altitud aproximada de 120 metros con respecto al nivel del mar y debido a que su ubicación es Santa Cruz de Tenerife, pertenece a la zona climática $\alpha 3$, según el Documento Básico HE, Anejo B, en su tabla a. Zonas climáticas [3].

Debido a su ubicación geográfica de zona subtropical (el clima de las zonas costeras de las Islas Canarias en general) se caracteriza por un clima suave y estable durante todo el año. En la figura 2 puede observarse la oscilación de temperaturas de Santa Cruz de Tenerife a lo largo del año, así como las temperaturas de diseño para los sistemas de calefacción y refrigeración.

Provincia	Estación					Indicativo	
S.C. Tenerife	Santa Cruz de Tenerife					C449C	
UBICACIÓN: CENTRO CIUDAD (PUERTO)			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
36	28°27'18"	16°14'56" W	82.617	14.605			
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS _{99,6} (°C)	TS ₉₉ (°C)	OMDC (°C)	HUMcoín (%)	OMA (°C)		
10,1	14,0	14,6	6,7	70,0	17,5		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS _{0,4} (°C)	THC _{0,4} (°C)	TS ₁ (°C)	THC ₁ (°C)	TS ₂ (°C)	THC ₂ (°C)	OMDR (°C)
39,7	31,5	22,3	30,0	22,1	28,8	21,8	9,5
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH _{0,4} (°C)	TSC _{0,4} (°C)	TH ₁ (°C)	TSC ₁ (°C)	TH ₂ (°C)	TSC ₂ (°C)		
23,6	23,6	23,0	23,0	22,6	22,6		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD ₁₅ (°C)	GD ₂₀	GDR ₂₀	RADH (kWh/m ² día)	TTERR (°C)
Enero	17,9	19,2	2	71	6		
Febrero	18,0	19,4	1	64	8		
Marzo	18,7	20,0	0	52	15		
Abril	19,3	20,3	0	39	19		
Mayo	20,6	21,5	0	20	38		
Junio	22,6	23,8	0	2	77		
Julio	24,5	25,8	0	0	129		
Agosto	25,2	26,7	0	0	143		
Septiembre	24,8	26,2	0	0	131		
Octubre	23,2	24,4	0	1	87		
Noviembre	21,0	22,2	0	13	44		
Diciembre	19,0	20,5	0	36	12		

Figura 2. Valores de temperatura a lo largo del año y condiciones de temperatura para dimensionar sistemas de climatización. (fuente: IDAE [4]).

2.3 Descripción del edificio

El Hospital Universitario Hospiten Bellevue, que fue construido en 1976, es un edificio de geometría irregular, que consta de dos plantas sótano bajo rasante y seis plantas sobre rasante, cabe destacar que en la última planta se encuentran gran parte de los equipos de producción, así como algunos despachos. La superficie total construida del edificio es de aproximadamente 7.280 m².

En la figura 3 se puede apreciar las plantas sobre rasante del edificio, así como el muro cortina que está ubicado en el lado noreste del edificio, donde se encuentra el acceso principal.



Figura 3. Vista del Hospital Universitario Hospiten Bellevue. Fachada norte (fuente: Google Earth).

Respecto a los recursos físicos, el hospital cuenta con un total de 199 camas (6 de UVI y 193 de hospitalización) dos quirófanos al uso, un quirófano ambulante, un quirófano de paritorio, un paritorio con sala de dilatación, veinte locales de consultas, nueve boxes de urgencias, un TAC y una resonancia magnética (Datos correspondientes a 2023) [5].

En cuanto a la producción térmica del edificio, el hospital dispone de dos enfriadoras condensadas por aire de producción únicamente de frío para la climatización de sus instalaciones, las cuales se encuentran en la cubierta del hospital, con una potencia total de 424kW.

La producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) se realiza mediante dos calderas convencionales de gasóleo C con una potencia total de 285kW. El ACS se acumula en 3 depósitos de 1500litros cada uno. Este agua calentada también se usa para la calefacción del edificio.

La climatización y ventilación de los quirófanos, paritorios, UCI y zonas colindantes a los quirófanos (como los pasillos) se realiza mediante 10 climatizadoras. Los

demás espacios del edificio utilizan fan-coils sin aporte de aire exterior para climatizarse.

2.4 Consumos actuales. Fuentes de energía

Para analizar los consumos del edificio y poder cuantificar el ahorro energético final y de cada una de las distintas Medidas de Ahorro Energético que se van a estudiar, se disponen de los datos mensuales de consumo del Hospital Universitario Hospiten Bellevue durante 2021, tanto de electricidad como de gasóleo, además de disponer de los consumos mensuales eléctricos de los años 2015 a 2019. Estos consumos son globales, por lo que no se conoce con certeza como se divide entre los distintos usos y sistemas. Además, puesto que el hospital emplea Gasóleo C como combustible para generar el ACS y la calefacción, el consumo del que se dispone (de 2021) se refiere al llenado de los depósitos y, por tanto, no es del todo representativo del comportamiento real del edificio, aunque sí es algo aproximado.

2.4.1 Consumos del vector energético electricidad

Se dispone del consumo mensual de electricidad del hospital para 2021 y también de las facturas eléctricas desde el año 2015 al 2019. Se van a evaluar y graficar los consumos de los distintos años que se tienen para ver qué tendencia sigue estos consumos, para corroborar que los datos que se van a usar como referencia para la evaluación de las distintas MAEs, no sean valores que difieran de la realidad, ya que no se tiene ningún otro punto de referencia. El año que se va a coger como “de referencia” para crear el modelo energético del edificio es el 2021, ya que en este año también se disponen de datos de consumo de gasóleo.

Los consumos eléctricos mensuales del hospital se pueden desglosar principalmente en producción de frío, climatización y ventilación, grupos de presión, iluminación, equipamiento y fuerza. En la tabla 1 se muestran los consumos mensuales para dichos años.

Tabla 1. Consumos eléctricos mensuales en kWh del Hospital Universitario Hospiten
Bellevue (fuente: Hospiten)

	2015	2016	2017	2018	2019	2021
Enero	130.685,00	132.957,00	132.122,00	122.211,00	131.457,00	127.646,00
Febrero	117.014,00	122.330,00	117.948,00	115.972,00	120.097,00	117.364,00
Marzo	130.334,00	128.143,00	136.872,00	136.967,00	137.486,00	135.682,00
Abril	128.089,00	124.769,00	134.482,00	126.724,00	135.259,00	135.942,00
Mayo	136.196,00	131.965,00	140.845,00	131.513,00	141.155,00	141.339,00
Junio	134.773,00	139.290,00	143.780,00	143.496,00	140.004,00	144.269,00
Julio	157.110,00	149.859,00	152.955,00	154.793,00	143.097,00	152.498,00
Agosto	163.273,00	161.501,00	162.062,00	166.653,00	148.035,00	156.024,00
Septiembre	167.743,00	151.206,00	146.348,00	157.309,00	140.492,00	151.261,00
Octubre	160.278,00	147.400,00	149.201,00	151.974,00	151.727,00	146.291,00
Noviembre	140.781,00	134.696,00	129.842,00	138.962,00	135.018,00	136.518,00
Diciembre	135.863,00	134.255,00	121.653,00	132.282,00	129.600,00	140.937,00
TOTAL	1.702.139,00	1.658.371,00	1.668.110,00	1.678.856,00	1.653.427,00	1.685.771,00

Para poder visualizar gráficamente las tendencias de consumos eléctricos anuales éstos se han representado por meses en la figura 4. Se observa que la tendencia es similar para todos los años estudiados, siendo más elevado el consumo en verano, cuando se aumenta la demanda en refrigeración.

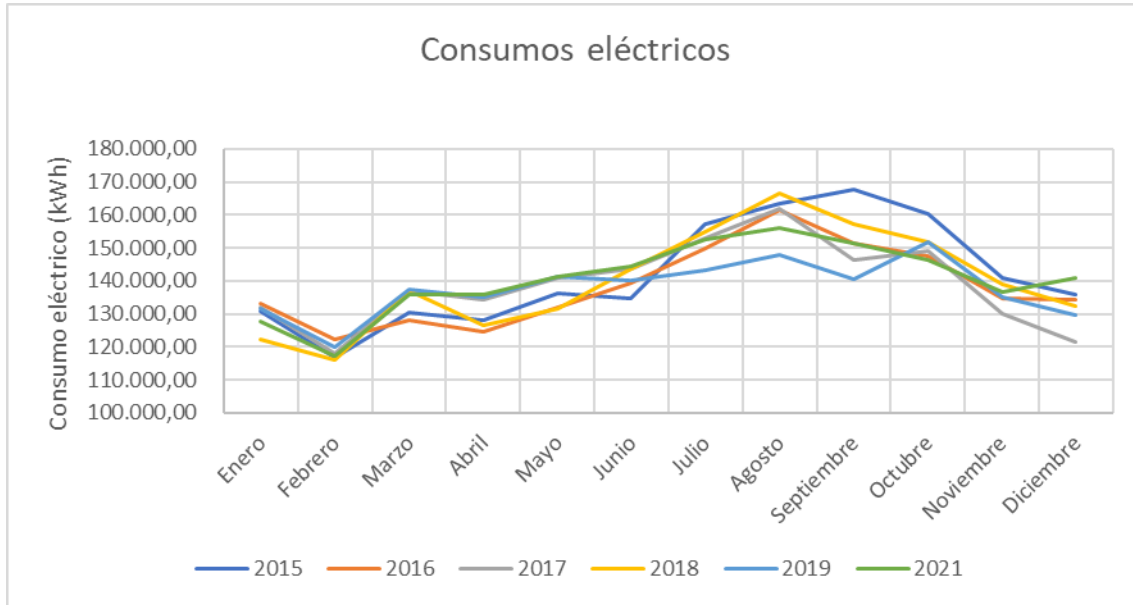


Figura 4. Consumos eléctricos mensual de 2015-2019 y 2021, en kWh del hospital (fuente: elaboración propia).

El consumo eléctrico total del Hospital Universitario Hospiten Bellevue para el año 2021 es de 1.685.771,00kWh. Este valor se tomará como referencia para el modelado energético del edificio.

2.4.2 Consumos del vector energético combustible

El consumo de Gasóleo del Hospital Universitario Hospiten Bellevue para el año 2021 es de 375.291,96kWh, éste se emplea para alimentar a las 2 calderas existentes de 140 y 145kW, ambas usadas para la generación de ACS y agua para calefacción.

En la tabla 2 se muestra el consumo estimado del hospital, ya que los datos de los que se parten son del llenado de los tanques de combustible, no representando el funcionamiento real del hospital. El valor de consumo en kWh es calculado con el Poder Calorífico Inferior del Gasóleo que es de 10,28kWh/l.

Tabla 2. Consumo de gasóleo durante 2021 del Hospital Universitario Hospiten Bellevue (fuente: Hospiten).

Mes	Consumo Gasóleo (litros)	Consumo Gasóleo (kWh)
Enero	3.501,00	35.990,28
Febrero	2.999,00	30.829,72
Marzo	3.502,00	36.000,56
Abril	3.501,00	35.990,28
Mayo	-	0
Junio	3.500,00	35.980,00
Julio	3.502,00	36.000,56
Agosto	3.500,00	35.980,00
Septiembre	3.001,00	30.850,28
Octubre	2.999,00	30.829,72
Noviembre	3.503,00	36.010,84
Diciembre	2.999,00	30.829,72
TOTAL 2021	36.507,00	375.291,96

2.4.3 Consumo de Energía primaria, final y emisiones de CO₂

Para el análisis de consumos en conjunto, se hace necesario convertir los consumos de electricidad y gasóleo a una unidad de energía que sea equiparable entre ellas. Es por ello por lo que se van a convertir estos consumos de Energía final a Energía Primaria, Energía primaria no renovable y kg de CO₂. Para ello, se han tenido en cuenta los factores de conversión a energía primaria, primaria no renovable y emisiones de CO₂ que se establecen por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) para las Islas Canarias [6], y que se pueden ver en la tabla 3.

Tabla 3. Factores de conversión de energía (fuente: IDAE [6]).

Factores de conversión de la Energía	Energía Primaria / Energía Final	Energía Primaria No Renovable / Energía Final	Kg CO ₂ / kWh Energía Final
Electricidad	2,994	2,924	0,776

Gasóleo	1,182	1,179	0,311
----------------	-------	-------	-------

Es importante destacar que la electricidad está tendiendo a ser más renovable, teniendo potencial para ser casi completamente renovable a futuro. El factor de conversión empleado es del año 2016, ya que no hay una versión más actualizada aprobada.

Es de destacar que en la actualidad más del 50,3% de la generación eléctrica en España es renovable y, en concreto, en las Islas Canarias, la generación renovable supone el 19,4% del total (dato correspondiente al 2023) [7]. Las Islas Canarias está apostando por la implantación de energías renovables para la producción eléctrica, lo que supondrá un aumento de este porcentaje de renovables en un corto plazo. Debido a esto, próximamente deberán cambiar estos factores favoreciendo de forma importante el consumo de electricidad en edificios frente a combustibles.

En la tabla 4 se muestra el consumo de energía primaria, primaria no renovable y las emisiones de CO₂ equivalentes del petróleo calculado para el hospital objeto de estudio aplicando los factores de conversión de la tabla 3, para los vectores energéticos de electricidad y gasóleo.

Tabla 4. Energía final, primaria, primaria no renovable y emisiones de CO₂ equivalentes actuales del Hospital Universitario Hospital Bellevue con valores de 2021 (fuente: elaboración propia).

Año 2021	Electricidad	Gasóleo	Total
Energía final (kWh/año)	1.685.771,00	375.291,96	
Energía primaria (kWh/año)	5.047.198,37	443.595,10	5.490.793,47
% aportado de energía primaria	91,92	8,08	100
Energía primaria no renovable (kWh/año)	4.929.194,40	442.469,22	5.371.663,62
% aportado de energía primaria no renovable	91,76	8,24	100

Emisiones CO₂ equivalentes (ton_CO₂/año)	1.308.158,30	124.221,64	1.432.379,93
---	--------------	------------	---------------------

El consumo total de energía primaria no renovable del hospital (energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no han sufrido ningún proceso de conversión o transformación) es de 5.371.663,62 kWh al año. Esto significa que, del consumo total de no renovables, el 91,76% corresponde a electricidad y el 8,24% a Gasóleo.

Las emisiones anuales totales de dióxido de carbono en toneladas de CO₂ equivalente de petróleo son de 1.432.379,93 ton CO₂.

Estos valores obtenidos, son los necesarios para cuantificar el ahorro energético que se llevará a cabo implementando las distintas medidas de ahorro energético.

3 Modelo base del edificio

Para poder evaluar las distintas medidas de ahorro y eficiencia energética, que es el fin de este Trabajo Fin de Grado, se realizará un modelo energético del edificio en cuestión y se ajustará según los consumos actuales del hospital para tener una visión realista de la situación.

Para obtener este modelo energético del edificio, primero se realizará un modelo arquitectónico mediante el programa IFC Builder y, posteriormente se realizarán las distintas simulaciones energéticas mediante el software Cypetherm HE Plus y programación propia de Python.

3.1 Modelo arquitectónico

Para poder llevar a cabo las distintas simulaciones energéticas del edificio objeto de estudio, primeramente, mediante el software IFC Builder, se modela el edificio en 3D a partir de planos en 2D cedidos por el Hospital Universitario Hospiten Bellevue (estos planos en 2D se adjuntan en el apartado de planos de este documento de Trabajo Fin de Grado).

Este modelo en 3D es un modelo simplificado del edificio en el que se han agrupado las estancias por usos y orientaciones, no es un gemelo digital al uso de cada una de las habitaciones, esto hace más ágiles las distintas simulaciones energéticas posteriores en el programa Cypetherm HE Plus cuando se tiene un edificio de tales dimensiones.

Para facilitar la implementación de las distintas medidas de ahorro energético pasivo, principalmente, se han separado los elementos constructivos como sigue:

- Fachadas: Se han separado por orientación y color. Además, también se ha diferenciado entre muro o fachada exterior y muro de sótano.
- Forjados: Se han clasificado en solera, para los suelos que están en contacto con el terreno, forjado entrepisos para la separación de las distintas plantas y cubiertas. Las cubiertas a su vez se han dividido según el color.

- Huecos acristalados: Se han clasificado por orientación y tamaño

En la figura 5 se puede apreciar la vista en 3D del modelo simplificado del edificio, mostrando solo las plantas sobre rasante. Con esta vista de la figura 5, se puede ver la similitud entre el modelo de simulación y el edificio real comparándolo con la figura 3.

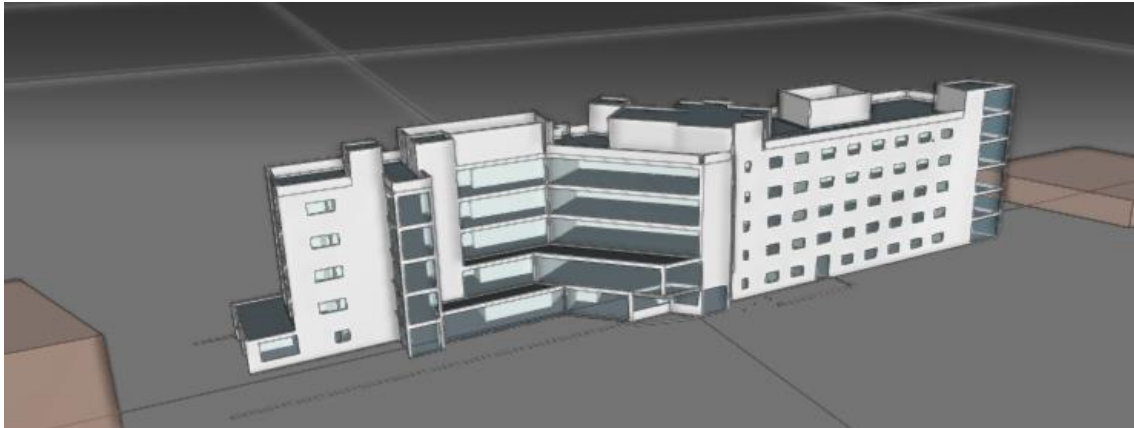


Figura 5. Modelo arquitectónico en 3D del Hospital Universitario Hospiten Bellevue realizado mediante el software IFC Builder (fuente: elaboración propia).

Cabe destacar que además de el modelado en 3D del hospital, se han añadido los edificios cercanos que afectan en mayor medida al sombreadamiento del edificio.

En las figuras 6 y 7, se puede ver las principales caras del edificio modelado en el software IFC Builder, mostrando todas sus plantas, incluso las plantas de sótano.

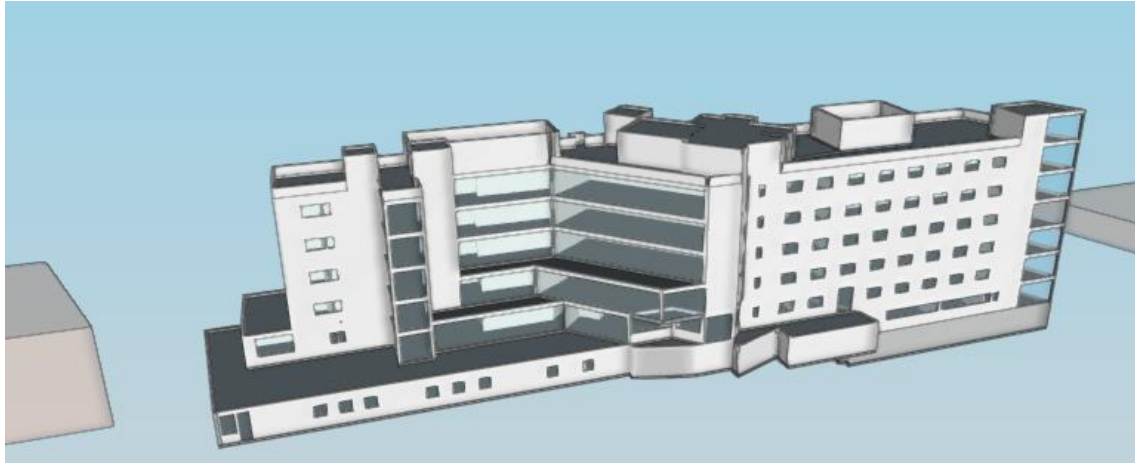


Figura 6. Modelo arquitectónico en 3D de la fachada noreste del Hospital Universitario Hospiten Bellevue realizado mediante el software IFC Builder (fuente: elaboración propia).

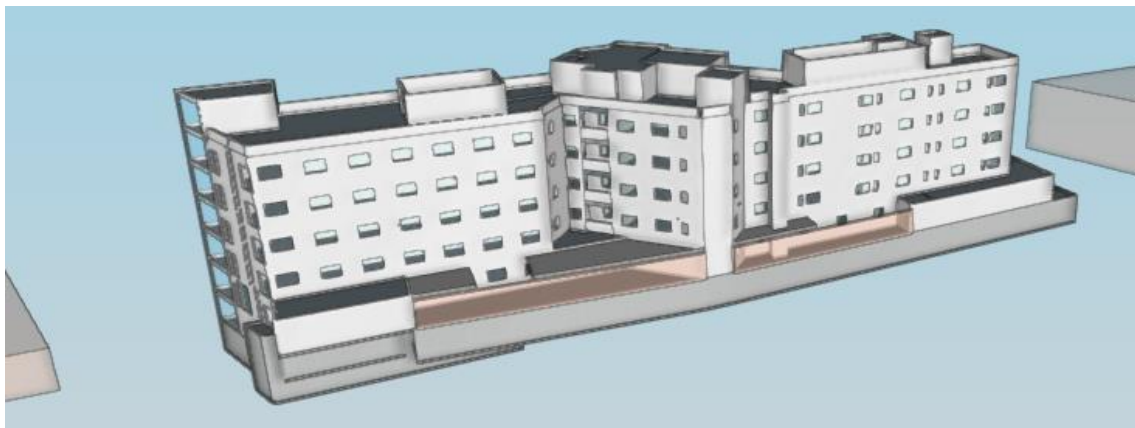


Figura 7. Modelo arquitectónico en 3D de la fachada suroeste del Hospital Universitario Hospiten Bellevue realizado mediante el software IFC Builder (fuente: elaboración propia).

3.2 Modelo energético

Para realizar las simulaciones energéticas del modelo arquitectónico realizado en 3D en el programa IFC Builder del Hospital Universitario Hospiten Bellevue, se emplea el programa Cypetherm HE Plus. Al cual hay que implementarle las distintas características del edificio en cuestión, como los tipos de cerramientos, sistemas de ventilación, ocupación, iluminación, equipamiento, horarios de uso de los distintos espacios,... así como los distintos sistemas de producción térmica y climatización. A continuación, se describen los parámetros introducidos.

3.2.1 Elementos constructivos

En las figuras 8 a 14 se muestran los materiales y características que componen los elementos constructivos seleccionados para el modelado energético del hospital, las figuras son obtenidas de la introducción de materiales de cada elemento constructivo en el programa Cypetherm HE Plus. Estos materiales y características de los elementos constructivos del hospital no han sido proporcionados, así que se han supuesto relativamente buenos (es decir, un bajo valor de transmitancia térmica en la mayoría de los elementos constructivos) según el año de construcción del edificio. Esto se ha hecho así para ser conservadores con el ahorro de energía final que supondrá la implantación de las distintas MAEs.

- Cerramientos

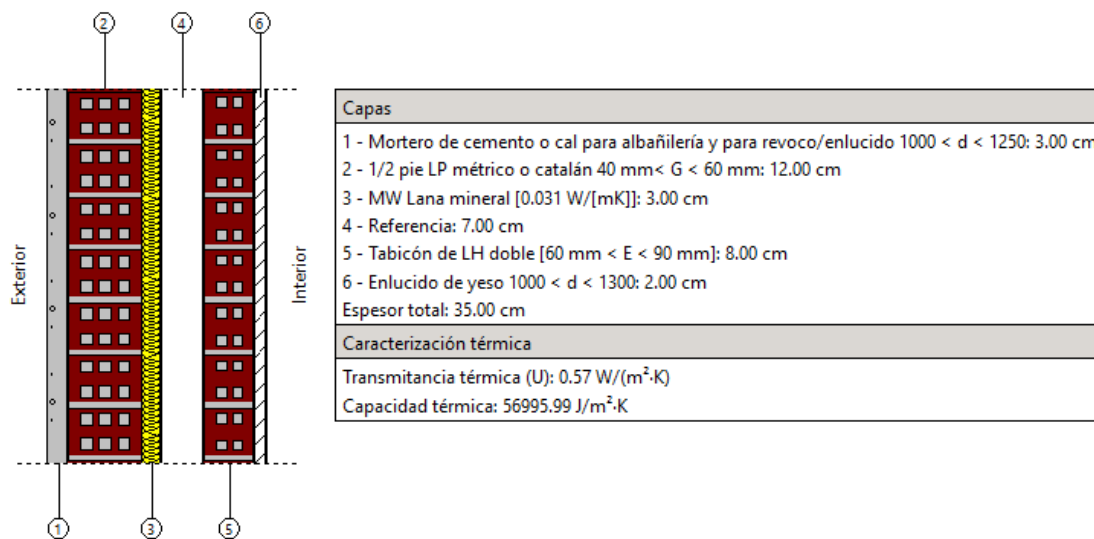


Figura 8. Composición de los cerramientos exteriores implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

Cabe destacar que, aunque se hayan dividido los distintos muros de fachada por orientación y color, esto no afecta a la transmitancia térmica ni a la capacidad térmica del muro, ya que estos parámetros solo dependen de los materiales empleados en su composición.

Sin embargo, el color sí afecta al coeficiente de absorción de la cara exterior de cada muro. Se ha designado un coeficiente de absorción de 0,4 para los muros de color “claro” (que es la fachada de color naranja y crema, la mayor parte de la fachada del edificio), 0,6 para los muros de color intermedio y 0,8 para los muros de color oscuro.

- Muros en contacto con el terreno

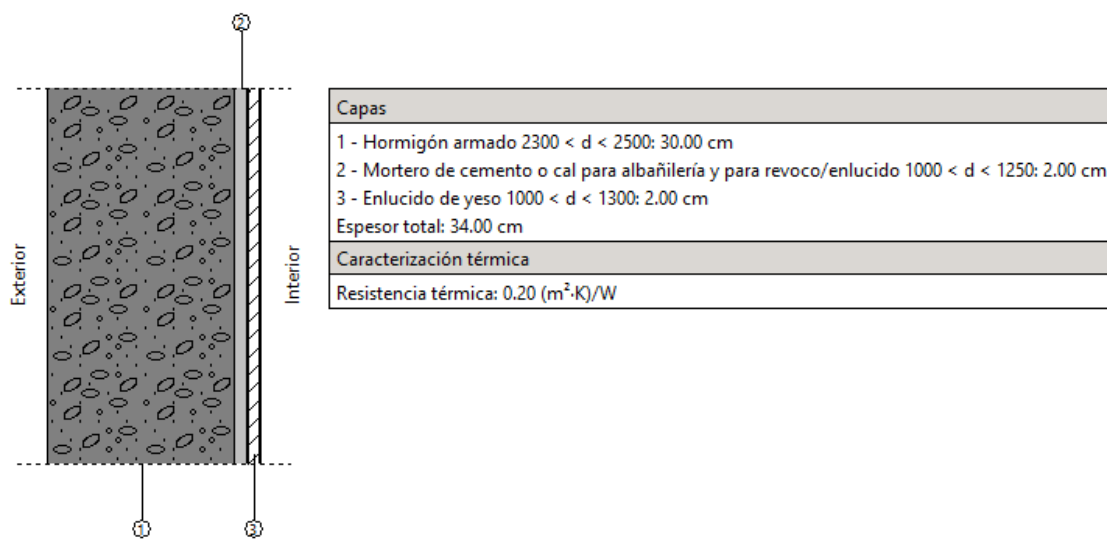


Figura 9. Composición de los muros de sótano implementada en Cypetherm HE Plus
(fuente: elaboración propia).

- Tabiquería

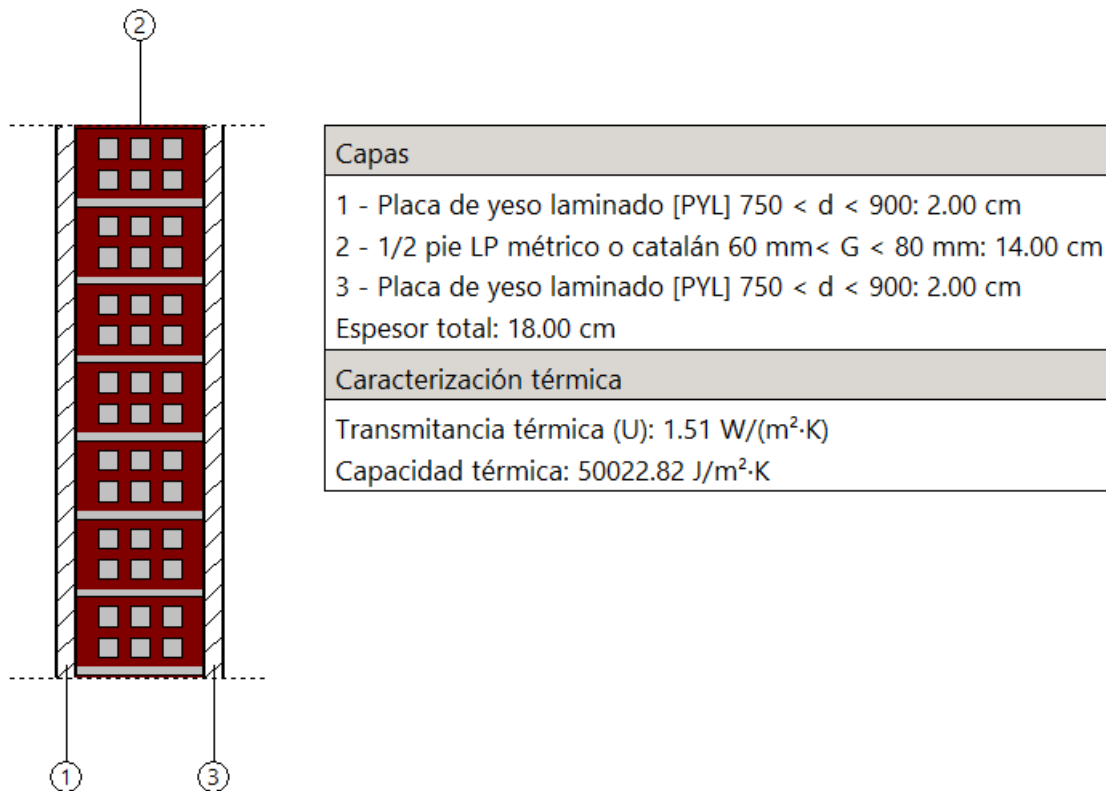
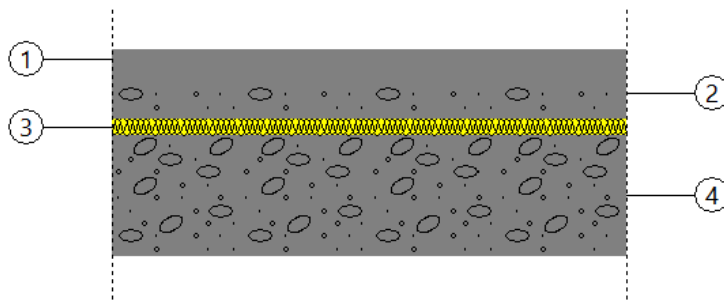


Figura 10. Composición de la tabiquería interior implementada en Cypetherm HE Plus
(fuente: elaboración propia).

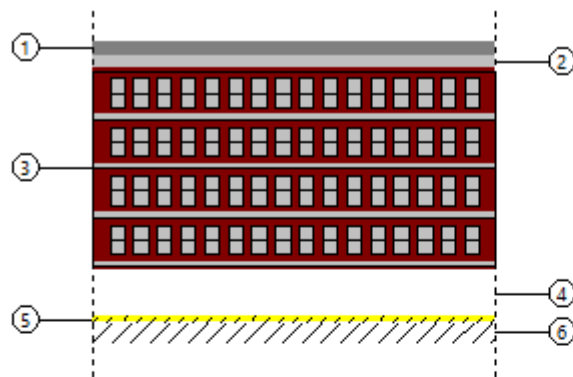
- Suelos en contacto con el terreno



Capas
1 - Gres cuarzoso $2600 < d < 2800$: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$: 6.00 cm
3 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.034 W/[mK]]: 2.00 cm
4 - Hormigón armado $2300 < d < 2500$: 14.00 cm
Espesor total: 24.00 cm
Caracterización térmica
Resistencia térmica: 0.70 (m ² ·K)/W

Figura 11. Composición del suelo en contacto con el terreno implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

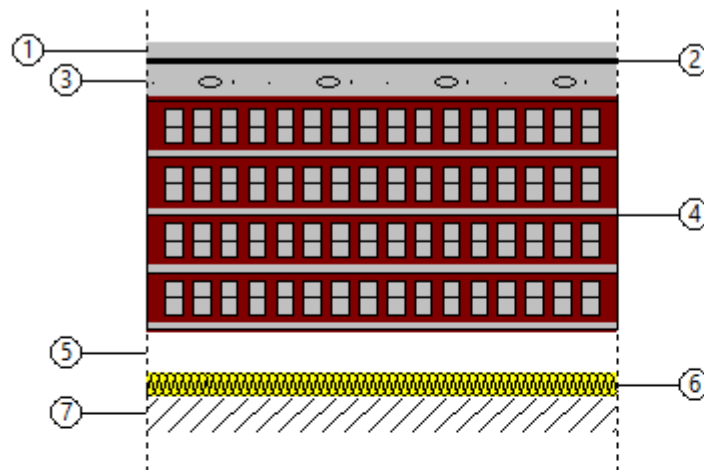
- Forjado entrepisos



Capas
1 - Gres cuarzoso 2600 < d < 2800: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450: 2.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm: 30.00 cm
4 - Cámara aire: 7.00 cm
5 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.034 W/[mK]]: 0.85 cm
6 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 3.00 cm
Espesor total: 44.85 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.94 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.08 W/(m ² ·K)
Forjado inferior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.08 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.94 W/(m ² ·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.15 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.07 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 130339.32 J/m ² ·K

Figura 12. Composición del suelo en contacto con el terreno implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

- Cubiertas



Capas
1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 2.00 cm
2 - Asfalto: 1.00 cm
3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 4.00 cm
4 - FU Entrecigado de hormigón -Canto 300 mm: 30.00 cm
5 - Cámara de aire: 5.00 cm
6 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]: 3.05 cm
7 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$: 4.50 cm
Espesor total: 49.55 cm
Caracterización térmica
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): $0.53 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): $0.55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Capacidad térmica: $96191.28 \text{ J}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

Figura 13. Composición de las cubiertas del edificio implementada en Cypetherm HE Plus
(fuente: elaboración propia).

Al igual que ocurre con los cerramientos exteriores, se ha designado un coeficiente de absorción de 0,4 para las cubiertas de color claro, 0,6 para las cubiertas de color intermedio y 0,8 para las cubiertas de color oscuro.

- Cristalería

La cristalería del Hospital Universitario Hospiten Bellevue son del tipo Climalit Stadip 5+5 con cámara de aire de 16mm, sin ningún tipo de lámina de control solar y siendo iguales para todas las orientaciones del edificio.

Las características de estos vidrios se han implementado en la aplicación web Calumen – Glass Calculator para obtener los valores de transmitancia térmica y factor solar. Estos valores se pueden observar en la figura 14.

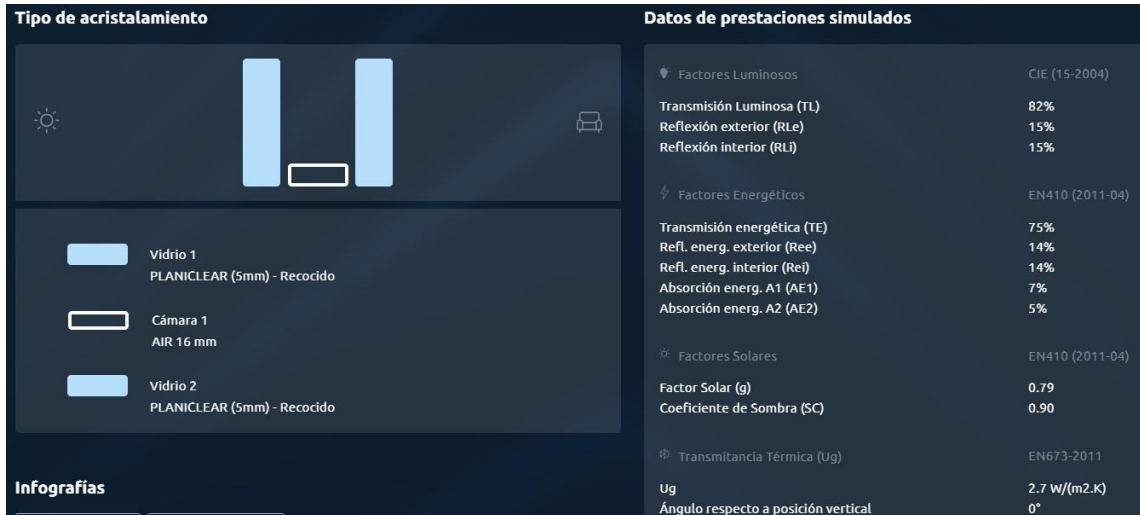


Figura 14. Composición de los vidrios del edificio implementada en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

Los marcos de estas ventanas cuentan con rotura de puente térmico y son de un color verde oscuro, teniendo un coeficiente de absorción solar de 0,8.

3.2.2 Características de la zonificación y recintos

Realizar la simulación energética habitación por habitación de un edificio de estas características, resultaría en una simulación con un tiempo de cálculo excesivo, que haría casi inviable el estudio de las posteriores mejoras energéticas. Para simplificarlo, se ha dividido el edificio por planta y orientación, agrupando únicamente las estancias que tengan el mismo uso (como, por ejemplo, habitaciones de hospitalización o despachos), esto ha dado lugar a un modelo energético que contempla 52 zonas, esta subdivisión hace posible ver cómo influye cada MAE en las distintas estancias del edificio. En la figura 15 se puede ver un ejemplo de la zonificación de la planta 3 del Hospital Universitario Hospiten Bellevue.

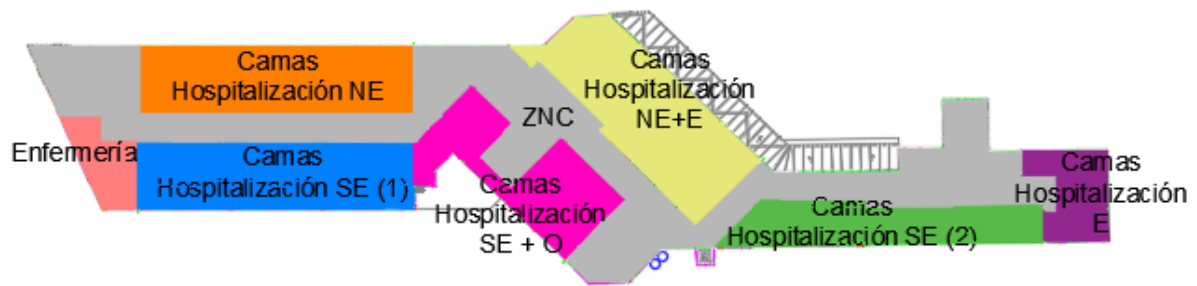


Figura 15. Zonificación de la planta 3 del hospital implementada en IFC Builder y en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

En el Anexo I se muestra la zonificación que se ha llevado a cabo en cada una de las plantas del edificio.

Estas zonas, a su vez, se han agrupado según su uso en 19 recintos para poder asignar características de ventilación, ocupación, y cargas internas comunes entre las distintas zonas. Estos valores se han introducido según las normas UNE-EN 16798-1:2020 [8] y UNE-EN100713:2005 [9].

Las características de los distintos recintos se han resumido en la tabla 6.

Tabla 5. Características de los recintos introducidos en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC (zona no climatizada)	2	-	8	-
Camas Hospitalización	6	10	8	10
Salas Exploración	10	20	8	300
Enfermería	6	8	8	15
Almacén farmacia	6	15	8	800 (W)
Cocina	6	15	8	4500 (W)

				80 (W/m ²)
Cuarto Basuras	6	20	8	-
Cafetería	2	8	8	3500 (W)
Consultas externas	6	10	8	20
Despachos	6	10	8	27
Entrada	2	15	8	15
Mortuario	3	8	8	600 (W) 12 (W/m ²)
Laboratorio	10	15	8	60
Paritorio	17	10	10	70
UCI	12	15	8	40
Urgencias	6	10	8	20
Quirófanos	30	10	10	90
Pasillos quirófanos	5	20	8	-
Áreas de quirófanos	10	15	8	5

En el Anexo I, también se recoge estas características de los recintos, aunque con mayor nivel de detalle, ya que se visualiza también los perfiles de uso de cada recinto. No se ha adjuntado en este apartado ya que no hay unos perfiles genéricos, cada perfil es característico del recinto al que está asignado y varía en función de la hora. Además, también viene reflejado en el Anexo I qué recinto pertenece a cada una de las zonas.

3.2.3 Sistemas de producción y climatización

En cuanto a la producción del hospital, dentro del modelo energético, se ha introducido los valores de las enfriadoras que tiene actualmente el hospital, los

cuales han sido proporcionados por el equipo de mantenimiento del hospital, estos valores se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Valores de la producción actual del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).

Equipo	Marca	Modelo	Potencia (kW)	Rendimiento
Enfriadora 1	Carrier	x	267	1,50
Enfriadora 2	Carrier	30 RA 0160	157	1,41
Caldera 1	WOLF	R31 STAY	140	0,75
Caldera 2	YGNIS	PVRONETTE 145	145	0,75

Para la climatización del hospital, este cuenta con 10 UTAs (Unidades de Tratamiento de aire) o climatizadoras de aire primario con los caudales y zonas a las que dan servicio que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Datos de las UTAs actuales del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).

Unidad Climatizadora	Fabricante	Caudal actual (m3/h)
UTA-1. Quirófano 1	Airlan/Aermec	2800
UTA-2. Quirófano 2	Airlan/Aermec	2800
UTA-3. Quirófano 3 (paritorio)	Airlan/Aermec	3478
UTA-4. Quirófano 4 (ambulante)	Airlan/Aermec	2800
UTA-5. Paritorio 1 + Sala de dilatación	Airlan/Aermec	2800
UTA-6. UCI	Airlan/Aermec	3200
UTA-7. Pasillo limpio	Trox Technik	780
UTA-8. Pasillo sucio	Trox Technik	600
UTA-9. Área esterilización	Trox Technik	600
UTA-10. Área de lavado	Trox Technik	600

3.2.4 Resultados de simulación del modelo energético base

Para poder ajustar los consumos del modelo energético realizado, con los consumos reales del hospital, se ha ido ajustando los distintos perfiles horarios de

uso de cada recinto, estos a su vez son bastante aproximados a los perfiles de uso reales de edificio. Los perfiles de uso de cada uno de los tipos de consumo de los recintos se pueden ver en el Anexo I.

La comparación entre los consumos reales del edificio y los simulados en el modelo energético, se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Valores de consumo real y consumo de la simulación energética en Cypetherm HE Plus del edificio objeto de estudio (fuente: elaboración propia).

	Real (2021)	Modelo base (simulaciones)
Consumo energía final electricidad (kWh/año)	1.685.771,00	1.709.200,44
Consumo energía final electricidad – refrigeración (kWh/año)	421.442,75	465.610,86
Consumo energía final gasóleo (kWh/año)	375.291,96	375.878,25
Consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	5.371.663,62	5.440.862,54
Emisiones de CO2 (ton_CO2/año)	1.432,38	1.450,76

Se puede observar que la diferencia entre los consumos reales del edificio para el año 2021 y los consumos que se han obtenido de la simulación energética en el software Cypetherm HE Plus es ínfima, por lo que se puede suponer que el modelo energético base de simulación simula de forma correcta el edificio objeto de estudio. Este modelo será el que se emplee como base para el estudio de las distintas medidas de mejora y ahorro energético que se estudiarán en los apartados siguientes.

Para poder entender mejor los resultados obtenidos de la simulación energética y poder comparar la mejora de los consumos energéticos más en detalle de las distintas MAEs que se van a exponer en el siguiente apartado 4, se ha desglosado el consumo en los distintos sistemas del edificio: Agua Caliente Sanitaria (ACS),

Iluminación, Refrigeración, Calefacción y Equipamiento del hospital, estos valores son obtenidos del programa de cálculo Cypetherm HE Plus. Estos consumos son de gasoil en el caso del ACS y de la calefacción y de Electricidad en los casos de iluminación, refrigeración y equipamiento del hospital. Se han agrupado de esta manera ya que son los datos de los que se parte de las mediciones reales del edificio. Todo lo expuesto se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados energéticos detallados de la simulación del modelo base del edificio en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

Desglose energético	Modelo base
ACS (kWh/año)	375.877,40
Iluminación (kWh/año)	327.454,98
Refrigeración (kWh/año)	465.610,86
Calefacción (kWh/año)	0,85
Equipamiento (kWh/año)	916.134,60
Electricidad (kWh/año)	1.709.200,44
Gasoil (kWh/año)	375.878,25

En la tabla 9 se puede observar como el consumo de calefacción del edificio es irrelevante con respecto al consumo del resto de sistemas del edificio, esto es debido al clima subtropical, característico de las costas de las Islas Canarias.

4 Análisis de las medidas ahorro energético propuestas

En las distintas medidas de ahorro energético (MAEs) que se van a exponer a continuación, se detallan las opciones de mejora de cada una de ellas, resultados energéticos, la descripción de las actuaciones necesarias para llevar a cabo la mejor opción de mejora, los costes y retornos de la inversión, ya que el hospital debe evaluar posteriormente que medida le supone un ahorro económico significativo y como conclusión se hace un resumen energético y monetario de la medida de ahorro en cuestión.

El orden de estudio de las distintas medidas de ahorro energético es el siguiente:

- MAEs que reducen la demanda energética del edificio (medidas pasivas)
- MAEs que reducen el consumo energético del edificio
- MAEs de autogeneración eléctrica

4.1 MAE 1. Cambio de color de las fachadas y cubiertas

Esta medida de ahorro energético se considera una medida pasiva, es decir, el cambio de color de las fachadas y cubiertas del edificio no está relacionado directamente con los sistemas de producción del edificio, pero sí influye en la demanda energética del edificio, lo que, de forma colateral, repercute en el consumo de energía final del edificio. Esta situación se da en todas las medidas pasivas, es decir, en las MAEs 1, 2 y 3 que se van a exponer en los siguientes apartados.

4.1.1 Situación actual

El color de fachada actual del hospital es a franjas crema y naranja principalmente, lo que implica una absorptividad solar media de 0,4. La absorptividad solar hace referencia a la fracción de radiación incidente que es absorbida por una superficie.

En el caso de las cubiertas, como se puede observar en la figura 16, hay una amplia variedad de tonalidades, teniendo superficies muy oscuras, con una absorptividad solar de 0,8 y otras completamente blancas siendo su absorptividad solar de 0,2.



Figura 16. Vista del Hospital Universitario Hospiten Bellevue. Fachada sur (fuente: Google Earth).

4.1.2 Mejora propuesta

En el modelo energético, se ha modificado la absorptividad inicial de las fachadas pasando de 0,40 a la correspondiente al color blanco (0,2), aunque para ser conservadores, la simulación se ha realizado con una absorptividad solar de 0,25. Se ha hecho también lo correspondiente con la absorptividad de las cubiertas, pasando todas sus absorptividades a 0,25.

4.1.3 Resultados energéticos

En la tabla 10 se muestra la mejora energética que conlleva la aplicación de esta MAE 1.

Tabla 10. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 1 en Cyptherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

Desglose energético	Modelo base	MAE 1
ACS (kWh/año)	375.877,40	375.877,40
Iluminación (kWh/año)	327.454,98	327.454,98
Refrigeración (kWh/año)	465.610,86	462.427,25
Calefacción (kWh/año)	0,85	0,90
Equipamiento (kWh/año)	916.134,60	916.134,60
Electricidad (kWh/año)	1.709.200,44	1.706.016,83
Gasoil (kWh/año)	375.878,25	375.878,30
% de mejora	-	0,186%

El efecto de la MAE 1, se puede apreciar en la tabla 10, en concreto en el apartado de refrigeración y calefacción, viendo que la demanda de refrigeración se reduce significativamente (3.183,61kWh/año) solo con el cambio de color de las fachadas y cubiertas, y, sin embargo, sube levemente la calefacción (0,05kWh/año), ya que las fachadas y cubiertas se calientan menos al tener menor porcentaje de radiación absorbida por el edificio al ser sus cerramientos blancos. Esto repercute en una reducción del 0,186% de la demanda total del edificio, es un valor bajo de porcentaje de mejora, aunque es debido a que el consumo total del edificio (y sobre todo del equipamiento del hospital) es bastante significativo.

4.1.4 Costes y retornos de la inversión

En esta MAE, la única actuación necesaria para esta mejora es el pintado de las fachadas y las cubiertas en color blanco.

Se incluyen a continuación, en la tabla 11, los costes totales aproximados del pintado de las fachadas.

Tabla 11. Presupuesto estimado de la MAE 1. Cambio de color de las fachadas y cubiertas (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Pintado de la fachada	m ²	6.411,87	9	57.706,83

Pintado de las cubiertas	m ²	371	9	3.339,00
Total PEM				61.045,83
GG + BI (13% + 6%)				11.598,71
Total PEC sin IVA				72.644,54

Donde PEM significa Presupuesto de Ejecución Material, GG significa gastos generales, BI significa beneficio industrial (este 19% sobre el total de GG y BI son gastos que debe asumir el hospital al contratar una constructora para realizar los trabajos) y PEC significa presupuesto de ejecución por contrata.

4.1.5 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 12, se resumen los resultados de la medida en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo base y la MAE 1, así como los costes económicos de aplicar la MAE 1.

Tabla 12. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 1 (fuente: elaboración propia).

Ahorro energía final electricidad (kWh/año)	3.183,61
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	9.308,82
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	0,17
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	2,47
Ahorro económico (€/año)	302,34
Inversión (€)	72.644,54
PRS (años)	240,27

Se ha considerado el precio de la electricidad de 0,09497 €/kWh, obteniendo un Período de Retorno Simple (PRS) de 240,27 años. Este valor del precio de la electricidad es bastante conservador, ya que el valor real medio del precio de la electricidad en las Islas Canarias para el año 2023, es de 0,132€/kWh (según [7]). Se ha tomado el valor de 0,09497 €/kWh, ya que se considera el año 2023 como un

año excepcional en cuanto a los costes de la electricidad y para mantener un margen de seguridad en cuanto a los resultados finales de PRS.

Esta medida, que tiene un PRS muy elevado, también supone una modificación estética. No se considerará esta medida en el resumen final de MAEs del edificio, debido a su alto PRS, pero se podría tener en cuenta posteriormente por el propio hospital en el momento del pintado periódico del edificio.

4.2 MAE 2. Sustitución de las cristalerías

Esta medida de ahorro energético se trata de una medida pasiva, es decir, repercute en la demanda energética del edificio, lo que, de forma colateral, repercute en el consumo de energía final del edificio.

4.2.1 Situación actual

Los cristales del Hospital Universitario Hospiten Bellevue son CLIMALIT STADIP 5+5 con cámara de aire de 16mm, ya comentado en el apartado “3.2.1 Elementos constructivos – Cristalería”. Las características térmicas de un vidrio se pueden definir con los siguientes dos parámetros:

- Transmitancia térmica (U_g): que hace referencia al flujo de energía que atraviesa el vidrio desde el lado caliente al frío.
- Factor solar: este valor indica la relación entre la cantidad de radiación que atraviesa el vidrio frente a la total que incide sobre este.

Mediante la herramienta web Calumen – Glass Calculator se ha configurado el cristal actual, obteniendo una transmitancia térmica de $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ y factor solar 0,70. Pese a que los valores actuales son medianamente adecuados, se ha estudiado como influiría la sustitución de los cristales teniendo en cuenta la orientación.

La superficie de ventanas repartida en el edificio por orientaciones, y teniendo en cuenta las puertas acristaladas, es la que se muestra en la tabla 13:

Tabla 13. Superficie acristalada con la que cuenta el hospital dividida por orientación
(fuente: elaboración propia).

Superficie orientada principalmente al norte	490,53	m ²
Superficie orientada principalmente al este	289,17	m ²
Superficie orientada principalmente al sur	159,00	m ²
Superficie orientada principalmente al oeste	226,18	m ²
Total de superficie acristalada	1.164,88	m ²
Superficie media ventana	4,53	m ²
Número de ventanas	257	uds

4.2.2 Mejora propuesta

Mediante la herramienta web Calumen -Glass Calculator se han configurado distintos cristales tratando de conseguir la combinación de transmitancia térmica baja en los acristalamientos norte y factor solar bajo en los orientados al sur, todo ello sin que disminuya en exceso la transmisión luminosa.

La configuración que cumple estas premisas es la siguiente:

- Orientación sur, este y oeste: cristal doble (6-16Ar-6) con protección solar en capa dos, esta configuración de unos valores de: $U_g = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ y factor solar de 0,33.
- Orientación norte: cristal doble (6-16Aire-6) con protección selectiva en capa tres, esta configuración de unos valores de: $U_g = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ y factor solar de 0,59.

Para poder evaluar la influencia del cambio de carpinterías, se ha realizado la correspondiente simulación energética en Cypetherm HE Plus.

4.2.3 Resultados energéticos

En la tabla 14 se muestra la mejora energética que conlleva la aplicación de esta MAE 2.

Tabla 14. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 2 en Cypetherm HE Plus
(fuente: elaboración propia).

Desglose energético	Modelo base	MAE 2
ACS (kWh/año)	375.877,40	375.877,40
Iluminación (kWh/año)	327.454,98	327.454,98
Refrigeración (kWh/año)	465.610,86	441.134,21
Calefacción (kWh/año)	0,85	0,90
Equipamiento (kWh/año)	916.134,60	916.134,60
Electricidad (kWh/año)	1.709.200,44	1.684.723,79
Gasoil (kWh/año)	375.878,25	375.878,30
% de mejora	-	1,432%

El efecto de la MAE 2, se puede apreciar en la tabla 14, en concreto en el apartado de refrigeración y calefacción, viendo que la demanda de refrigeración se reduce significativamente (24.476,65kWh/año), mientras sube levemente el consumo de calefacción. Esto repercute en una reducción del 1,432% de la demanda total del edificio.

4.2.4 Costes y retornos de la inversión

La propuesta de esta MAE 2 consiste en la sustitución de carpinterías, en los mismos huecos que los actuales cierres, con lo que las actuaciones de obra civil serán mínimas y encaminadas a la reparación de fachada y desperfectos interiores generados durante el proceso.

Se incluyen a continuación, en la tabla 15, los costes totales aproximados para llevar a cabo esta MAE 2.

Tabla 15. Presupuesto estimado de la MAE 2. Sustitución de las cristalerías (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
----------	--------	----------	---------------------	-----------

Demolición selectiva de la ventana	m ²	1.164,87	7,6	8.853,01
Medios de protección de contaminación del área de trabajo	uds	17	650	11.050,00
Ventana doble oscilo-basculante con marco de aluminio	m ²	1.164,87	310	361.109,70
Reparaciones del mortero exterior	uds	257,00	45	11.565,00
Pintura y reparaciones interiores	uds	257,00	46	11.822,00
Gestión de residuos generados	uds	257,00	8	2.056,00
Total PEM				406.455,71
GG + BI (13% + 6%)				77.226,59
Total PEC sin IVA				483.682,30

4.2.5 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 16, se resumen los resultados de la medida en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo base y la MAE 2, así como los costes económicos de aplicar la MAE 2.

Tabla 16. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 2 (fuente: elaboración propia).

Ahorro energía final electricidad (kWh/año)	24.476,65
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	71.569,67
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	1,32
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	18,99
Ahorro económico (€/año)	2.324,54
Inversión (€)	483.682,30
PRS (años)	208,08

Considerando el precio de la electricidad de 0,09497 €/kWh, se obtiene un Período de Retorno Simple (PRS) de 208,08 años. Este valor de PRS es tan alto debido a que las cristalerías son unos de los elementos más costosos de toda la envolvente del edificio.

Dado que la cristalería actual es adecuada, se ha cambiado recientemente, y tiene unas características aceptables (pese a no haber tenido en cuenta las orientaciones del edificio en la implantación de estas recientes cristaleras) y el PRS es muy elevado, no se considerará esta medida en el resumen de MAEs final del edificio.

4.3 MAE 3. Lámina de protección solar en los vidrios sur y oeste

Esta medida de ahorro energético también se trata de una medida pasiva.

4.3.1 Situación actual

Los cristales del Hospital Universitario Hospiten Bellevue, como se han expresado en la MAE 2, son CLIMALIT STADIP 5+5 con cámara de aire de 16mm.

Mediante la herramienta web Calumen – Glass Calculator se ha configurado el cristal actual, obteniendo una transmitancia térmica de 2,7 W/(m²·K) y factor solar 0,70.

Pese a que los valores actuales son medianamente adecuados, se ha estudiado como influiría la implementación de láminas adhesivas de control solar, para reducir la demanda energética y, por consiguiente, el consumo de refrigeración del edificio.

La superficie de ventanas repartida en el edificio por orientaciones, y teniendo en cuenta las puertas acristaladas, es la que se muestra en la tabla 12, referente a la MAE 2 de sustitución de cristalerías.

4.3.2 Mejora propuesta

Se ha estudiado el uso de láminas adhesivas de control solar que reduzcan el factor solar de los acristalamientos de las orientaciones sur y oeste. El uso de estas láminas reduce el factor solar sin modificar la transmitancia térmica del vidrio.

Se ha estudiado únicamente en las ventanas sur y oeste, ya que son las que mayor nivel de radiación reciben, reduciendo su factor solar a 0,29. También se ha estudiado la influencia de implementar un factor solar de 0,39, pero los resultados han sido peores que los obtenidos con un factor solar de 0,29.

El estudio de esta medida se ha realizado implementando estos nuevos factores solares en el modelo energético en Cypetherm HE Plus.

4.3.3 Resultados energéticos

En la tabla 17 se muestra la mejora energética que conlleva la aplicación de esta MAE 3.

Tabla 17. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 3 en Cypetherm HE Plus (fuente: elaboración propia).

Desglose energético	Modelo base	MAE 3
ACS (kWh/año)	375.877,40	375.877,40
Iluminación (kWh/año)	327.454,98	327.454,98
Refrigeración (kWh/año)	465.610,86	455.429,11
Calefacción (kWh/año)	0,85	1,13
Equipamiento (kWh/año)	916.134,60	916.134,60
Electricidad (kWh/año)	1.709.200,44	1.699.018,69
Gasoil (kWh/año)	375.878,25	375.878,53
% de mejora	-	0,596%

El efecto de la MAE 3, se puede apreciar en la tabla 17, en concreto en el apartado de refrigeración y calefacción, viendo que la demanda de refrigeración se reduce significativamente (10.181,75kWh/año), mientras sube levemente el consumo de

calefacción (0,28kWh/año). Esto repercute en una reducción del 0,596% de la demanda total del edificio.

4.3.4 Costes y retornos de la inversión

La propuesta de esta MAE 3 consiste en la instalación de una lámina de protección solar en la cara exterior de las ventanas orientadas al sur y oeste del edificio.

Se incluyen a continuación, en la tabla 18, los costes totales aproximados para llevar a cabo esta MAE 3.

Tabla 18. Presupuesto estimado de la MAE 3. Lámina de protección solar en los vidrios sur y oeste (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Lámina adhesiva de protección solar	m ²	385,18	40	15.407,20
Total PEM				15.407,20
GG + BI (13% + 6%)				2.927,37
Total PEC sin IVA				18.334,57

4.3.5 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 19, se resumen los resultados de la medida en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo base y la MAE 3, así como los costes económicos de aplicar la MAE 3.

Tabla 19. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 3 (fuente: elaboración propia).

Ahorro energía final electricidad (kWh/año)	10.181,75
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	29.771,11
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	0,55

Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	7,90
Ahorro económico (€/año)	966,94
Inversión (€)	18.334,57
PRS (años)	18,96

Considerando el precio de la electricidad de 0,09497 €/kWh, se obtiene un Período de Retorno Simple (PRS) de 18,96 años.

La implementación de esta MAE 3, tiene una reducción de consumo de energía final de 10.182,60kWh/año y dado que el PRS es aceptable, se considerará esta medida en el resumen final de MAEs del edificio.

4.4 MAE 4. Sustitución de climatizadoras. Recuperación de calor

4.4.1 Situación actual

El Hospital Universitario Hospiten Bellevue dispone de diez climatizadoras de aire primario con los caudales y zonas a las que da servicio que se muestran en la tabla 20:

Tabla 20. Resumen de climatizadoras del hospital (fuente: elaboración propia).

Unidad Climatizadora	Fabricante	Caudal actual (m ³ /h)
UTA-1. Quirófano 1	Airlan/Aermec	2800
UTA-2. Quirófano 2	Airlan/Aermec	2800
UTA-3. Quirófano 3 (paritorio)	Airlan/Aermec	3478
UTA-4. Quirófano 4 (ambulante)	Airlan/Aermec	2800
UTA-5. Paritorio 1 + Sala de dilatación	Airlan/Aermec	2800
UTA-6. UCI	Airlan/Aermec	3200
UTA-7. Pasillo limpio	Trox Technik	780
UTA-8. Pasillo sucio	Trox Technik	600
UTA-9. Área esterilización	Trox Technik	600
UTA-10. Área de lavado	Trox Technik	600

Los caudales actuales son similares y en algunos casos, levemente superiores a los necesarios para asegurar las renovaciones de aire de los recintos a los que corresponden. En la actualidad, los climatizadores son todos de aire exterior, sin control centralizado por lo que su funcionamiento es 24 horas/365 días al año.

Los demás recintos climatizados del edificio emplean unidades tipo fan-coil sin aporte de aire exterior.

4.4.2 Mejora propuesta

Como mejora, se plantea la sustitución de todas las climatizadoras, esto conllevaría la mejora energética de las unidades de tratamiento de aire.

Esta mejora se fundamenta principalmente en el uso de recuperadores de calor, la regulación del caudal de aire según el volumen, uso y necesidades de cada recinto en cada momento y el free-cooling, además de mejoras en el control de la climatizadora y sus componentes. El cambio de climatizadores también supone una reducción del consumo eléctrico por el uso de ventiladores tipo plugfan con motores tipo EC, más eficientes y la mejora del aislamiento térmico y de la tasa de fuga de las unidades de tratamiento de aire.

La recuperación de calor en las unidades de tratamiento de aire consiste en el trasvaso de energía térmica (como incremento de temperatura, humedad o ambos) desde un aire que se expulsa hacia un aire que se introduce en el recinto. Debido a que el edificio es de ámbito hospitalario, el trasvaso de energía térmica solo conllevará un incremento o decremento de la temperatura del aire exterior de entrada y no de humedad del aire, por motivos de seguridad sanitaria, ya que el sistema que permite un incremento de humedad además de la temperatura sería un intercambiador rotativo, el cual tiene un porcentaje de aire de extracción, posiblemente contaminado, que vuelve al interior del recinto.

El free-cooling o enfriamiento gratuito consiste en la reducción del consumo energético del sistema y mejora de la calidad de aire interior mediante el by-pass del recuperador de calor, permitiendo la entrada de aire exterior sin pretratar térmicamente, cuando las condiciones térmicas sean favorables. Las climatizadoras actuales del hospital son 100% aire exterior, por lo que el free-cooling no se considerará como parte del ahorro, ya que actualmente disponen de ello.

En la tabla 21 se muestran la diferencia de caudales entre el valor actual y el que debería tener, por el volumen y uso del recinto. Estos valores son los que se tomarán para el estudio energético de esta MAE 4.

Tabla 21. Caudales de impulsión de las UTAs actuales del hospital y los que debería tener (fuente: elaboración propia).

Unidad Climatizadora	Caudal actual (m3/h)	Caudal seleccionado (m3/h)
UTA-1. Quirófano 1	2800	2800
UTA-2. Quirófano 2	2800	2800
UTA-3. Quirófano 3 (paritorio)	3478	2200
UTA-4. Quirófano 4 (ambulante)	2800	2000
UTA-5. Paritorio 1 + Sala de dilatación	2800	3200
UTA-6. UCI	3200	3200
UTA-7. Pasillo limpio	780	2200
UTA-8. Pasillo sucio	600	600
UTA-9. Área esterilización	600	600
UTA-10. Área de lavado	600	600
TOTAL	20458	20200

Siguiendo la Norma UNE-100713 [8]. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. Fuera de las horas de servicio se debe asegurar el funcionamiento de la instalación de acondicionamiento de aire en los locales de clase I, para evitar su contaminación con aire procedente de otras zonas.

Es decir, mientras los quirófanos, por ejemplo, no estén en horario de servicio, como puede ser el horario nocturno, es posible reducir la ventilación de los recintos a la mitad, reduciendo por tanto el consumo en refrigeración al disminuir la cantidad de aire a enfriar, pero nunca se disminuirá a 0 para mantener esa sobrepresión en los locales de clase I.

4.4.3 Resultados energéticos

La siguiente reducción del consumo de la MAE 4 de sustitución de climatizadoras, se debe principalmente a la incorporación de recuperadores de calor de placas paralelas de flujo cruzado.

Aunque este tipo de recuperadores actuales tienen una eficiencia sensible mínima del 70%, para ser conservadores y tener en cuenta la disminución del rendimiento por suciedad, se ha reducido al 60%.

Los cálculos de esta medida se han realizado mediante una programación propia en Python y teniendo en cuenta la reducción de caudal de aire durante las noches.

Esta programación de Python toma el fichero climático de Tenerife, en este caso, obtenido de la plataforma de documentos climáticos de EnergyPlus [10] y se introduce el horario de funcionamiento del climatizador, caudal de impulsión, caudal de retorno, tipo de recuperador de calor y eficiencia de este. Devolviendo el ahorro de energía térmica en verano e invierno debido al motivo de haber implantado el recuperador de calor.

Debido a que el consumo de calefacción del edificio es casi nulo, el ahorro de energía en invierno no es relevante para el estudio de esta medida de ahorro energético.

Los resultados obtenidos del fichero Python son los que se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 4 en Python (fuente: elaboración propia).

Rendimiento cálculos recuperador	50%	60%	70%
----------------------------------	-----	-----	-----

E, Recuperada verano (kWh/año)	25.335,14	30.401,84	35.469,19
E, Recuperada invierno (kWh/año)	35.664,25	42.797,09	49.929,95
Ahorro electricidad con EER medio enfriadoras actuales (kWh/año)	16.971,72	20.365,84	23.760,40
Horas free-cooling	1.496,00	1.496,00	1.496,00

Esta energía recuperada en verano para una eficiencia del recuperador del 60%, pasada a consumo en electricidad según el EER promedio de entre las 2 enfriadoras que actualmente tiene el hospital, supone un ahorro de 20.365,84kWh/año, lo que se traduce en un ahorro del 1,09% del consumo total del edificio.

4.4.4 Costes y retornos de la inversión

La medida consiste en la sustitución de las actuales climatizadoras por nuevas con mejores características y la incorporación principal de recuperadores de calor, junto a la optimización de su funcionamiento mediante el sistema de control.

Para ello, es necesario desmontar los climatizadores actuales y colocar los nuevos sobre los espacios vacíos que deja el desmantelado de las actuales climatizadoras. Para realizar el correcto conexionado de los nuevos equipos a implantar, será necesario modificar la red de tuberías que aportan el agua fría, para adaptarse a los nuevos caudales de agua de las UTAs y crear una nueva red de tuberías de agua caliente que utilice el circuito de agua caliente de la recuperación de la nueva enfriadora para el post-calentamiento del proceso de deshumectación, esta sustitución se explicará en detalle en la MAE 5. La modificación incluye, además:

- Conexión hidráulica de las baterías de calor y frío, incluyendo válvulas de control y equilibrado dinámico independiente de la presión para poder realizar un caudal variable en los dos circuitos (el circuito de frío actual dispone de bombas con variadores de frecuencia).
- Incorporación de los nuevos cuadros eléctricos de las climatizadoras.

- Las UTAs traerán incorporado el cuadro de control, incluyendo controlador libremente programable y diversas sondas de temperatura y humedad y presión diferencial necesarias para el correcto funcionamiento de la UTA.
- Reforma de las redes de conductos para poder realizar recuperación.

Se incluyen a continuación, en la tabla 23, los costes totales aproximados para llevar a cabo esta MAE 4.

Tabla 23. Presupuesto estimado de la MAE 4. Sustitución de climatizadoras. Recuperación de calor (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
UTA quirófano 3200 m ³ /h	uds	2	35.200,00	70.400,00
UTA quirófano 2800 m ³ /h	uds	2	35.200,00	70.400,00
UTA quirófano 2200 m ³ /h	uds	2	32.800,00	65.600,00
UTA quirófano 2000 m ³ /h	uds	1	32.800,00	32.800,00
UTA quirófano 600 m ³ /h	uds	3	15.000,00	45.000,00
Desmontaje UTAs actuales	uds	10	1.300,00	13.000,00
Instalación eléctrica UTAs (conexionado eléctrico y sistema de control)	uds	10	3.000,00	30.000,00
Limpieza de conductos	uds	10	2.500,00	25.000,00
Total PEM				352.200,00
GG + BI (13% + 6%)				66.918,00
Total PEC sin IVA				419.118,00

4.4.5 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 24, se resumen los resultados de la MAE en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo de la MAE 3, que es la primera en tenerse en cuenta en el estudio final del edificio y la MAE 4, así como los costes económicos de aplicar la MAE 4.

Tabla 24. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 3 (fuente: elaboración propia).

Ahorro energía final electricidad (kWh/año)	20.365,84
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	59.549,72
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	1,09
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	15,80
Ahorro económico (€/año)	1.934,14
Inversión (€)	419.118,00
PRS (años)	216,70

Considerado el precio de la electricidad de 0,09497 €/kWh, se obtiene un Período de Retorno Simple (PRS) de 216,70 años.

La implementación de esta MAE 4, puede realizarse de diversas formas para reducir la inversión inicial, como incluir solo los recuperadores de calor y el control a cada una de las UTAs ya existentes en el edificio. Esto daría lugar a un valor de PRS mucho menor al que aparece en la tabla 24 y sería muy aconsejable implantarlo, ya que actualmente se está desperdiciando grandes cantidades de energía a través del aire.

Debido a todo lo expuesto, se considerará esta medida en el resumen final de MAEs del edificio.

4.5 MAE 5. Producción de frío. Sustitución de enfriadoras

4.5.1 Situación actual

El hospital cuenta con dos enfriadoras que aportan únicamente refrigeración para todo el edificio (fan-coils y UTAs), como se puede ver en la tabla 25.

Tabla 25. Datos de las enfriadoras actuales del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).

Refrigeración	Marca	Modelo	Potencia (kW)
---------------	-------	--------	---------------

Enfriadora 1	Carrier	x	267
Enfriadora 2	Carrier	30 RA 0160	157

Se ha medido el rendimiento de la enfriadora 2, obteniendo un EER de 1,41, y, de la enfriadora 1 no se han podido obtener datos, debido a su mal estado.

Ambas enfriadoras no cuentan con circuito de recuperación de calor.

4.5.2 Mejora propuesta

En esta medida se estudiará el cambio de la enfriadora 1 por otra del mismo tipo y potencia, pero con mejor rendimiento (MAE 5.1). Por otro lado, también se propone la sustitución de la enfriadora 2 (MAE 5.2) por una enfriadora con recuperación de calor, de este modo, se podría aprovechar ese calor “gratuitamente” para calentar el aire de las climatizadoras con control de humedad, que de otro modo sería vertido al aire exterior.

Las climatizadoras con control de humedad se hacen necesarias en zonas costeras debido a la gran cantidad de agua en el aire.

El funcionamiento básico de estas climatizadoras es: llevar a cabo una disminución de la temperatura por debajo del punto de rocío del aire para que el agua condense y eliminar esta agua del aire y posteriormente, calentar el aire subenfriado hasta que alcance la temperatura de confort adecuada según la estancia. Además, este calentamiento posterior del aire también se realiza para evitar impulsar un aire con un elevado porcentaje de humedad relativa, el cual puede condensar en las superficies del local que se desea climatizar, lo que provocaría grandes problemas de humedades.

Actualmente, este calor que es necesario aportar al aire de impulsión de las climatizadoras, se realiza mediante resistencias eléctricas. Con esta recuperación de calor de la enfriadora, se realizaría el mismo proceso que actualmente están

realizando las resistencias, pero sin consumir la energía eléctrica de las resistencias y aprovechando una energía térmica casi gratuita.

4.5.3 Resultados energéticos

En la tabla 26 se muestra la mejora energética que conlleva la aplicación de esta MAE 5, donde la MAE 5.1 se refiere a la sustitución de la enfriadora 1 por otra de la misma potencia pero con un EER de 3,05 y la MAE 5.2 contempla a la MAE 5.1 (sustitución de la enfriadora 1) y a la sustitución de la enfriadora 2 por una enfriadora con recuperación de calor, de EER de 4,11.

*Tabla 26. Resultados energéticos de la simulación de la MAE 5 en Cypetherm HE Plus
(fuente: elaboración propia).*

Desglose energético	MAE 4	MAE 5.1	MAE 5.2
ACS (kWh/año)	375.877,40	375.877,40	375.877,40
Iluminación (kWh/año)	327.454,98	325.114,49	325.114,49
Refrigeración (kWh/año)	435.063,27	326.097,32	313.878,40
Calefacción (kWh/año)	1,13	1.13	0,87
Equipamiento (kWh/año)	916.134,60	891.619,41	891.619,41
Electricidad (kWh/año)	1.678.652,85	1.542.831,22	1.530.612,30
Gasoil (kWh/año)	375.878,53	375.878,53	375.878,27
% de mejora	-	8,091%	8,819%

El efecto de la MAE 5, se puede apreciar en la tabla 26, sobre todo en el apartado de refrigeración y calefacción, viendo que la demanda de refrigeración se reduce significativamente, respecto a la MAE 4, mientras en la MAE 5.2, también desciende levemente el consumo de calefacción. Esto repercute en una reducción del 8,091% para la MAE 5.1 y del 8,819% para la MAE 5.2 del consumo total del edificio con respecto a la MAE 4.

4.5.4 Costes y retornos de la inversión

Para la implementación de la MAE 5.2, se deben llevar a cabo las siguientes actuaciones:

- Desmontaje de las enfriadora 2 actual.
- Instalación en cubierta de la nueva enfriadora.
- Conexión hidráulico del circuito de frío.
- Nuevas conexiones hidráulicas del circuito de calor.
- Modificación del cuadro eléctrico.
- Integración de la nueva enfriadora en el sistema de control.

Cabe destacar que solo se ha descrito el montaje de la enfriadora con recuperación de calor (la que sustituiría a la enfriadora 2), ya que la nueva enfriadora que sustituirá a la enfriadora 1 está ya comprada por el hospital, aunque no se encuentra aún en funcionamiento. Esto también se tendrá en cuenta en la tabla de costes.

Se incluyen a continuación, en la tabla 27, los costes totales aproximados para llevar a cabo esta MAE 5.2.

Tabla 27. Presupuesto estimado de la MAE 5.2. Producción de frío. Sustitución de enfriadoras (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Enfriadora 344 kW frío/404 kW calor	uds	1	69.320	69.320,00
Reforma del circuito hidráulico	uds	1	3.000	3.000,00
Reforma del circuito eléctrico	uds	1	5.000	5.000,00
Integración en el sistema de control	uds	1	800	800,00
Obra civil	uds	1	1.500	1.500,00
Total PEM				79.620,00

GG + BI (13% + 6%)				15.127,80
Total PEC sin IVA				94.747,80

4.5.5 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 28, se resumen los resultados de la medida en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo de la MAE 4 y la MAE 5, así como los costes económicos de aplicar la MAE 5.

Tabla 28. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 5 (fuente: elaboración propia).

Ahorro energía final electricidad (kWh/año)	148.040,55
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	432.870,89
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	7,96
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	114,88
Ahorro económico (€/año)	14.059,41
Inversión (€)	94.747,80
PRS (años)	6,74

Se obtiene un Período de Retorno Simple (PRS) de 6,74 años. Debido a los grandes beneficios que implementa esta medida, se considerará en el resumen final de MAEs del edificio.

4.6 MAE 6. Producción de ACS. Aerotermia

4.6.1 Situación actual

El hospital cuenta con dos calderas convencionales de Gasóleo C que realizan el incremento de temperatura del ACS y mantienen la temperatura de los tanques de almacenamiento a 62°C. A continuación, en la tabla 29 se muestran la tipología de calderas actuales:

Tabla 29. Datos de las calderas actuales del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).

ACS	Marca	Modelo	Potencia (kW)
Caldera 1	WOLF	R31 STAY	140
Caldera 2	YGNIS	PVRONETTE 145	145

Estas calderas tienen un rendimiento medio de 0,75, por tanto, cualquier paso a consumo eléctrico implica ya una mejora.

Para no tener unos picos de consumo de ACS los cuales no se puedan suplir con la producción actual del edificio, el ACS que sale de las calderas, se almacena en 3 acumuladores de calor de 1500 litros. Siendo el consumo actual medio de ACS del hospital de 12,6 m³/día (dato aportado por el hospital).

A continuación, en la figura 17, se muestra el esquema de principio de la instalación de ACS del Hospiten Bellevue para tener una visión más clara de la instalación actual:

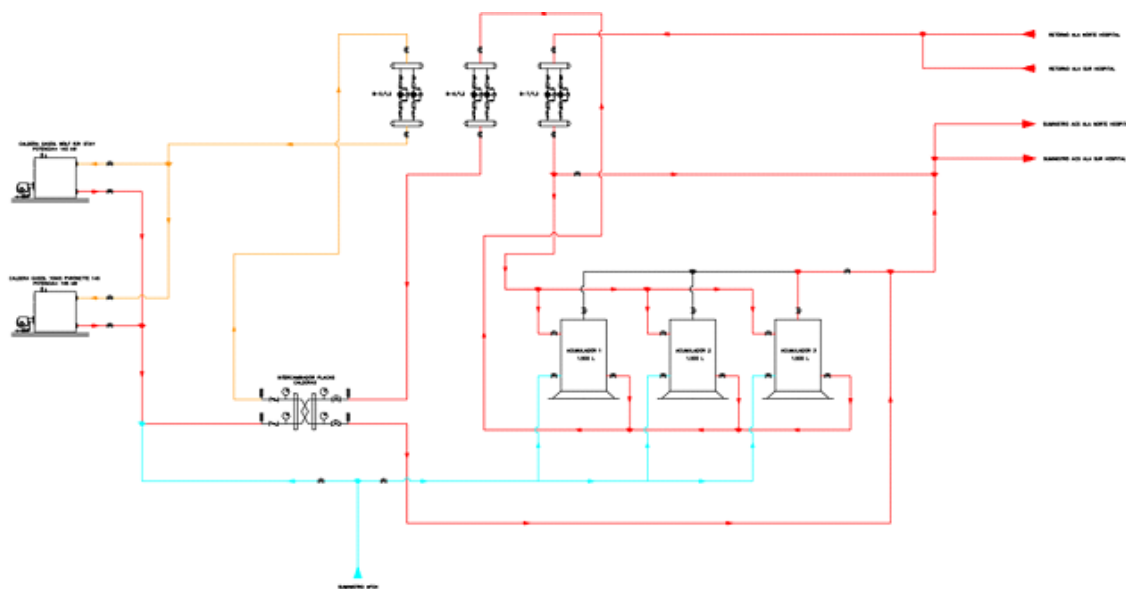


Figura 17. Esquema de principio de ACS del hospital (fuente: Hospital Universitario Hospiten Bellevue).

4.6.2 Mejora propuesta

Para la sustitución de la producción de ACS actual mediante calderas, se propone la implementación de la tecnología denominada aerotermia, dejando las calderas en reserva para tener un segundo vector energético en caso de emergencia.

Se propone la instalación de un sistema de aerotermia de alta temperatura con refrigerante natural (CO_2), que es capaz de producir agua caliente a 65°C . El rendimiento habitual de estos equipos se encuentra entorno a un valor de COP de 4, pero para los cálculos se utilizará un valor de COP de 3 para ser más conservadores, lo que significa que este sistema mejoraría en al menos 4 veces el rendimiento de las actuales calderas de producción de ACS.

Estos equipos de aerotermia calentarán el agua procedente de la red (a 15°C , en el caso más desfavorable de los meses de invierno), o el agua más fría del depósito estratificado (este depósito es necesario para su correcto funcionamiento) hasta alcanzar los 62°C de consigna (para evitar la proliferación de la legionela), según indica [11]. Y este agua caliente producida, pasaría a ser almacenada en los depósitos de ACS del hospital para su posterior consumo.

Un esquema ejemplo de cómo funcionaría esta nueva producción de ACS con equipos de aerotermia se muestra en la figura 18. Además de los equipos de aerotermia, como se puede ver en la figura 18, se hace necesario la instalación de una pequeña bomba de calor para suplir las pérdidas de calor que se puedan producir en el circuito de recirculación del ACS del hospital.

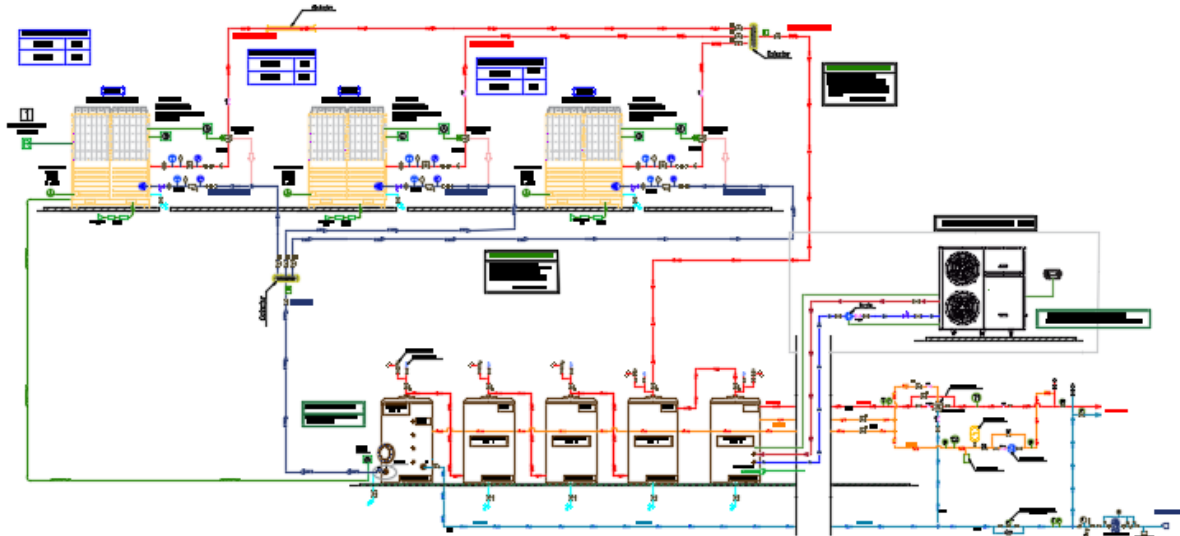


Figura 18. Esquema de funcionamiento tipo de una bomba de calor aerotérmica para producción de ACS (fuente: Mitsubishi).

4.6.3 Resultados energéticos

En la tabla 30 se analiza la propuesta y los resultados energéticos que arroja:

Tabla 30. Análisis de la propuesta de producción de ACS (fuente: elaboración propia).

Demanda de ACS	12.545,00	l/día
Temperatura acumulación ACS	62	°C
Temperatura aljibes	18	°C
Demanda térmica de ACS	234.156,05	kWh/año
Aporte solar	0	kWh/año
Consumo de Combustible para ACS	375.291,96	kWh/año
Rendimiento estacional de las calderas (Según auditoría)	0,75	
Pérdidas por rendimiento de calderas	93.822,99	kWh/año
Pérdidas por distribución-retorno	47.312,92	kWh/año
Demanda pérdidas por distribución-retorno (teórico)	35.484,69	kWh/año
Demanda pérdidas por distribución-retorno (caudal de pérdidas: 2,5 m ³ /h)	127.263,33	kWh/año
Demanda energía térmica para consumo de ACS (teórico)	269.640,74	kWh/año
Demanda energía térmica para consumo de ACS (caudal de pérdidas: 2,5 m ³ /h)	361.419,38	kWh/año

Consumo eléctrico Aerotermia (62-18°C)	57.111,23	kWh/año
Consumo eléctrico Bomba de Calor recirculación	50.905,33	kWh/año

4.6.4 Costes y retornos de la inversión

Para la implementación de la MAE 6, se deben llevar a cabo las siguientes actuaciones:

- Montaje de la Aerotermia.
- Montaje de la Bomba de Calor para suplir las pérdidas por recirculación.
- Incorporación del acumulador de ACS estratificado.
- Conexión hidráulico del nuevo circuito.
- Modificación del cuadro eléctrico.
- Integración del nuevo sistema de ACS en el sistema de control.

Se incluyen a continuación, en la tabla 31, los costes totales aproximados para llevar a cabo esta MAE 6.

Tabla 31. Presupuesto estimado de la MAE 6. Producción de ACS. Aerotermia (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Sistema de Aerotermia con refrigerante natural	uds	2	25.500,00	51.000,00
Bomba de Calor de recirculación	uds	2	7.500,00	15.000,00
Acumulador estratificado (2,500 litros)	uds	1	7.200,00	7.200,00
Reforma del circuito hidráulico	uds	1	4.500,00	4.500,00
Reforma del circuito eléctrico	uds	1	5.000,00	5.000,00
Integración en el sistema de	uds	1	2.600,00	2.600,00

control				
Obra civil	uds	1	1.500,00	1.500,00
Total PEM				86.800,00
GG + BI (13% + 6%)				16.492,00
Total PEC sin IVA				103.292,00

4.6.5 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 32, se resumen los resultados de la medida en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo de la MAE 5 y la MAE 6, así como los costes económicos de aplicar la MAE 6.

Tabla 32. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 6 (fuente: elaboración propia).

Ahorro energía final electricidad (kWh/año)	-108.016,56
Ahorro energía final gasóleo (kWh/año)	375.878,25
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	127.320,02
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	2,34
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	40,59
Ahorro económico (€/año)	14.623,49
Inversión (€)	103.292,00
PRS (años)	7,06

Se obtiene un Período de Retorno Simple (PRS) de 7,06 años. Debido a los grandes beneficios que tiene esta medida, se considerará en el resumen final de MAEs del edificio.

Cabe destacar que el ahorro de energía final eléctrica es negativo debido a que se pasa de consumir Gasóleo C para el ACS a consumir únicamente energía eléctrica, por tanto, el ahorro es el haber dejado a 0 el consumo de energía final de Gasóleo. Esto se ve reflejado de forma clara en el ahorro de consumo de energía primaria no renovable.

4.7 MAE 7. Autogeneración fotovoltaica

4.7.1 Situación actual

En la actualidad el Hospiten Bellevue no dispone de ningún tipo de generación solar fotovoltaica pese a contar con una considerable superficie libre en cubierta.

4.7.2 Mejora propuesta y Datos energéticos

Esta medida está dentro de las denominadas de diversificación energética, esto significa que no supone un ahorro en la demanda de energía final del edificio, sino que es una fuente renovable de generación eléctrica.

En función de las superficies libres de las cubiertas que tiene el Hospital Universitario Hospiten Bellevue, se ha establecido la disposición de paneles que se muestra en la figura 19.



Figura 19. Disposición de los módulos fotovoltaicos realizado a través del software Designer – SolarEdge (fuente: elaboración propia).

Para el dimensionado y cálculo de la instalación, se ha empleado la herramienta web Designer de SolarEdge.

La instalación solar fotovoltaica estará compuesta por 102 paneles de 665Wp cada uno, resultando una instalación de 67.830Wp. Debido a que el Hospital Universitario Hospiten Bellevue tiene mayores consumos en la época estival, los módulos fotovoltaicos se han dispuesto de manera horizontal para favorecer su producción en estos meses. Los datos obtenidos de la herramienta web Designer de SolarEdge para la simulación energética de la producción fotovoltaica futura del hospital se adjuntan en el Anexo II.

4.7.3 Costes y retornos de la inversión

Las actuaciones necesarias son:

- Montaje de la estructura de suportación de los paneles
- Instalación y conexionado de paneles fotovoltaicos.
- Instalación y conexionado al Cuadro General de Baja Tensión de los inversores.

Se incluyen a continuación, en la tabla 33, los costes totales aproximados para llevar a cabo esta MAE 7.

Tabla 33. Presupuesto estimado de la MAE 7. Autogeneración fotovoltaica. (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Panel fotovoltaico 665 Wp	uds	102	280	28.560,00
Estructura suportación	uds	102	50	5.100,00
Inversor 25 kWp	uds	2	3.000	6.000,00
Inversor 17 kWp	uds	1	2.500	2.500,00
Cableado	uds	1	8.000	8.000,00
Integración en el sistema de control	uds	1	2.000	2.000,00
Obra civil	uds	1	5.000	5.000,00

Total PEM				57.160,00
GG + BI (13% + 6%)				10.860,40
Total PEC sin IVA				68.020,40

4.7.4 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 34, se resumen los resultados de la medida en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo de la MAE 6 y la MAE 7, así como los costes económicos de aplicar la MAE 7.

Tabla 34. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 7 (fuente: elaboración propia).

Diversificación (kWh/año)	89.451,00
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	261.554,72
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	4,81
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	69,41
Ahorro económico (€/año)	8.495,16
Inversión (€)	68.020,40
PRS (años)	8,01

Se obtiene un Período de Retorno Simple (PRS) de 8,01 años. Debido a los grandes beneficios que tiene esta medida, se considerará en el resumen final de MAEs del edificio.

4.8 MAE 8. Control y automatización

4.8.1 Situación actual

En la actualidad no existe ningún sistema de control y automatización en el edificio. El encendido o apagado de equipos de climatización, iluminación y unidades terminales se realiza de forma manual por los operarios de mantenimiento y demás personal del propio hospital.

4.8.2 Mejora propuesta

En esta MAE se propone la instalación, programación y análisis de los sistemas de producción y distribución de energía mediante la instalación de un nuevo sistema BMS que integre los distintos dispositivos, equipos y sistemas del edificio.

Los Building Management Systems (BMS) están compuestos por un conjunto de sensores, consolas de control... y un software que permite visualizar y actuar sobre los sistemas de climatización e iluminación o cualquier elemento mecánico o eléctrico de interés, que se haya integrado y programado previamente.

A partir de estos sistemas es posible realizar el Commissioning, que es el proceso planificado que tiene como objetivo verificar y documentar que las instalaciones del edificio están montadas, probadas, operadas y mantenidas adecuadamente, satisfaciendo los requerimientos de la Propiedad y los criterios de diseño.

Es complicado estimar el ahorro que supondría la instalación del BMS y el commissioning posterior de todas las instalaciones, en el consumo de energía final del edificio. Se han considerado los siguientes valores optando por la vertiente más conservadora siguiendo las recomendaciones de ASHRAE [12]. Estos porcentajes son:

- 3% en el consumo de energía eléctrica para refrigeración, tanto por el encendido o apagado de los equipos como por la regulación del circuito de climatización.
- 2% en el consumo de energía eléctrica para ACS, tanto por el encendido o apagado de los equipos como por la regulación del circuito de distribución.

4.8.3 Costes y retornos de la inversión

Para la implementación de la medida se deben llevar a cabo las siguientes actuaciones:

- Integración de los nuevos controladores de las climatizadoras.
- Instalación de controladores para fan-coils con termostato.
- Conexión de los elementos de campo de fan-coils y UTAs.
- Programación de los fan-coils en el sistema central de BMS.
- Sistema central del BMS incluyendo servidor central de control, pantallas y rack de comunicaciones.
- Integración y monitorización de los sistemas de producción térmica.
- Integración de sistemas adicionales de la producción, como analizadores de redes y de energía térmica, así como contadores de agua fría, agua caliente, etc.
- Programación completa del sistema.
- Commissioning de las instalaciones en su puesta en marcha y posterior análisis vía remota y presencial por equipo especializado.

Se incluyen a continuación, en la tabla 35, los costes totales aproximados para llevar a cabo esta MAE 8.

Tabla 35. Presupuesto estimado de la MAE 8. Control y automatización. (fuente: elaboración propia).

Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Servidor central y puesto de trabajo del sistema BMS	uds	1	13.000,00	13.000,00
Controladores fan-coils	uds	181	300,00	54.300,00
Integración de enfriadoras, bombas de calor, calderas,...	uds	15	950,00	14.250,00
Programación de elementos de campo e integraciones de equipos	uds	1	4.200,00	4.200,00

Integración en BMS del sistema de control	uds	1	4.200,00	4.200,00
Commissioning de puesta en marcha y 1 año de seguimiento	uds	1	10.300,00	10.300,00
Obra de instalación	uds	1	27.000,00	27.000,00
Total PEM				127.250,00
GG + BI (13% + 6%)				24.177,50
Total PEC sin IVA				151.427,50

4.8.4 Resumen de la MAE

A continuación, en la tabla 36, se resumen los resultados de la medida en energía final, primaria no renovable y toneladas de CO₂ equivalente de petróleo ahorradas, comparando los resultados de la simulación energética del modelo de la MAE 7 y la MAE 8, así como los costes económicos de aplicar la MAE 8.

Tabla 36. Resumen de resultados de la aplicación de la MAE 7 (fuente: elaboración propia).

Ahorro energía final electricidad (kWh/año)	11.576,68
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	33.850,22
Aportación individual reducción consumo energía primaria no renovable (%)	0,62
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)	8,98
Ahorro económico (€/año)	1.099,44
Inversión (€)	151.427,50
PRS (años)	137,73

Se obtiene un Período de Retorno Simple (PRS) de 137,73 años. Debido a los grandes beneficios que tiene esta medida, en cuanto a la simplificación de procesos y facilidad de supervisión de consumos, se hace necesaria la implementación de esta MAE en el resumen final de MAEs del edificio, pese a tener un elevado PRS.

5 Conclusiones y Resumen de MAEs

De las medidas estudiadas en el presente informe se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Cambio de color de las fachadas y cubiertas. El cambio de color del actual naranja-crema en el caso de las fachadas y de las cubiertas oscuras a color blanco, además de suponer un cambio estético disminuiría en parte la demanda de refrigeración del edificio. Dado que la mejora no sería significativa y el retorno económico de la medida es muy elevado, se ha descartado esta medida.
- Sustitución de las cristalerías. Se ha estudiado como influiría el cambio de los vidrios actuales teniendo en cuenta la orientación de estos. Dado que los cristales actuales poseen buenas cualidades térmicas la mejora no sería significativa y el retorno económico de la medida es muy elevado, por lo que se ha descartado esta medida como inviable.
- Lámina de protección solar en los vidrios sur y oeste. Se ha estudiado como afectaría la mejora del factor solar de las ventanas orientadas al sur y al oeste añadiendo una lámina adhesiva de protección solar. Esta medida disminuye la demanda de refrigeración y, por consiguiente, el consumo eléctrico, con una inversión reducida.
- Sustitución de climatizadoras. La sustitución de las actuales unidades de tratamiento de aire por equipos actuales con recuperación de calor y ventiladores más eficiente, junto con un adecuado control que permita adaptar el caudal de aire en función del uso de los recintos asociados supone una importante reducción del consumo.
- Producción de frío. El cambio de las enfriadoras actuales por otras de mayor rendimiento y una de ellas con recuperación de calor gratuito permitiría reducir el consumo eléctrico de refrigeración debido al mayor rendimiento, además de eliminar el consumo de las resistencias eléctricas de las baterías

de calor de las climatizadoras gracias a la recuperación de calor de la nueva enfriadora.

- Producción de ACS. El cambio de las calderas de gasóleo por la aerotermia, además de dejar de emplear gasóleo para la producción de ACS (contribuyendo a la descarbonización del edificio), tienen un mayor rendimiento (llegando a tener hasta un COP de 4). Lo que se traduce en una gran reducción del consumo.
- Autogeneración fotovoltaica. Se propone la instalación de un generador solar fotovoltaico en las cubiertas del edificio. Lo que implementará una reducción considerable del consumo eléctrico a través de la red en las horas diurnas, que es cuando mayor consumo tiene el hospital. Esta MAE es bastante empleada en edificios colindantes al hospital, debido a las condiciones climatológicas favorables para la producción solar que tiene las Islas Canarias.
- Control y automatización. Dado que el hospital no cuenta con sistema de control y automatización de las instalaciones, se propone la instalación de un sistema BMS y posterior Commissioning para la optimización del funcionamiento de las distintas instalaciones y el monitoreo real del consumo de cada uno de los sistemas del hospital.

En la siguiente tabla 37, se resumen los ahorros de las medidas de ahorro energético estudiadas.

Cabe destacar que las MAEs 1 y 2, solo han sido estudiadas, pero no se han tenido en cuenta para el ahorro acumulativo que sí presentan el resto de MAEs. Esto se traduce en que la última MAE 8, referente al control del edificio, tiene en cuenta los ahorros energéticos que implementan las MAEs 4 hasta la 8.

Tabla 37. Resumen de las medidas de ahorro energético implementadas en este Trabajo Fin de Grado (fuente: elaboración propia).

	Modelo base	MAE 1. Color fachadas y cubiertas	MAE 2. Cristalerías	MAE 3. Lámina solar sur y oeste	MAE 4. Recuperación de calor	MAE 5. Mejoras enfriadoras	MAE 6. Mejora ACS	MAE 7. Fotovoltaica	MAE 8. Control y automatización
Consumo energía final electricidad (kWh/año)	1.709.200,44	1.706.016,83	1.684.723,79	1.699.018,69	1.678.652,85	1.530.612,30	1.638.628,86	1.638.628,86	1.627.052,18
Consumo energía final electricidad para refrigeración (kWh/año)	465.610,86	462.427,25	441.134,21	455.429,11	435.063,27	313.878,40	313.878,40	313.878,40	304.462,05
Consumo energía final gasóleo C (kWh/año)	375.878,25	375.878,25	375.878,30	375.878,53	375.878,53	375.878,25			
Consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	5.440.862,54	5.431.553,73	5.369.292,88	5.411.091,44	5.351.541,71	4.918.670,82	4.791.350,80	4.529.796,08	4.495.945,85
Emisiones CO ₂ (ton CO ₂ /año)	1.432,38	1.448,28	1.431,76	1.442,85	1.427,05	1.312,17	1.271,58	1.202,16	1.193,18
Ahorro energía final electricidad (kWh/año)		3.183,61	24.476,65	10.181,75	20.365,84	148.040,55	-108.016,56		11.576,68
Ahorro energía final gasóleo C (kWh/año)		-0,05	-0,05	-0,28	-0,28	-	375.878,25		
Diversificación (kWh/año)								89.451,00	89.451,00
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)		9.308,82	71.569,67	29.771,11	59.549,72	432.870,89	127.320,02	261.554,72	33.850,22
Aportación total reducción consumo energía primaria no renovable (%)		0,17	1,32	0,55	1,64	9,60	11,94	16,74	17,37
Aportación individual (%)		0,17	1,32	0,55	1,09	7,96	2,34	4,81	0,62
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)		2,47	18,99	7,90	15,80	114,88	40,59	69,41	8,98
Ahorro económico (€/año)		302,34	2.324,54	966,94	1.934,13	14.059,41	14.623,49	8.495,16	1.099,44
Inversión (€)		72.644,54	483.682,30	18.334,57	419.118,00	94.747,80	103.292,00	68.020,40	151.427,50
PRS (años)		240,27	208,08	18,96	216,70	6,74	7,06	8,01	137,73

Para visualizar más claramente la influencia de cada medida de ahorro energético y el ahorro acumulativo que presentan a partir de la MAE 3, se han representado las aportaciones totales e individuales de cada una de ellas a la reducción del consumo de energía primaria no renovable en la figura 20.

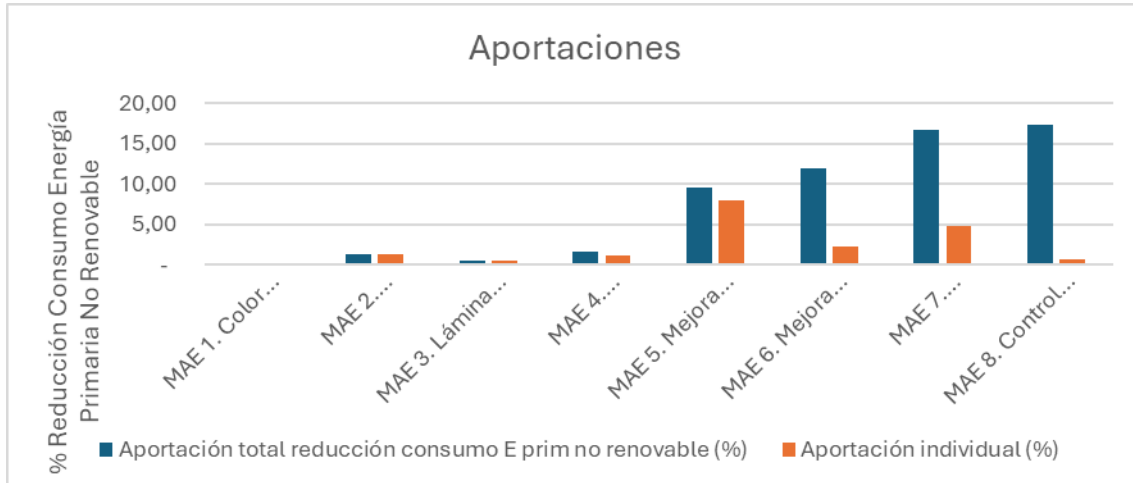


Figura 20. Aportaciones totales e individuales de las distintas MAEs que se han estudiado (fuente: elaboración propia).

Con el conjunto de MAEs propuestas (lámina solar, recuperación de calor, mejora de enfriadoras, mejora de la producción de ACS, autogeneración fotovoltaica y control) se consigue el estado final del edificio que se muestra a continuación, en la tabla 38.

Tabla 38. Comparativa estado inicial y final del edificio tras la implementación de las distintas MAEs (fuente: elaboración propia).

	Estado Inicial	Estado final
Consumo energía final electricidad (kWh/año)	1.709.200,44	1.627.052,18
Consumo energía final electricidad para refrigeración (kWh/año)	465.610,86	304.462,05
Consumo energía final gasóleo C (kWh/año)	375.878,25	0
Consumo energía primaria no renovable (kWh/año)	5.440.862,54	4.495.945,85
Emisiones CO ₂ (ton CO ₂ /año)	1.450,76	1.193,18
Ahorro energía final electricidad (kWh/año)		82.148,26
Ahorro energía final gasóleo C (kWh/año)		375.291,96

Diversificación (kWh/año)		89.451,00
Ahorro consumo energía primaria no renovable (kWh/año)		944.916,69
Aportación total reducción consumo energía primaria no renovable (%)		17,37
Aportación individual (%)		17,37
Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂)		257,58
Ahorro económico (€/año)		32.644,63
Inversión (€)		854.940,27
PRS (años)		26,19

Como conclusión global, se puede indicar que el informe, en el que se han estudiado un conjunto de medidas de ahorro energético de forma realista y conservadora para el Hospital Universitario Hospiten Bellevue, justifica que el ahorro de energía primaria no renovable que provocaría las medidas de ahorro energético propuestas y validadas en este informe alcanza el valor de 944.918,17 kWh (17,37%), suponiendo un ahorro económico anual de energía final de 32.644,71 € con una inversión inicial aproximada de 878.940,27€, lo que supone un PRS global de 26,19 años.

6 Bibliografía

- [1] EnergyPlus, “Engineering Reference - EnergyPlus™ Version 9.6.0 Documentation”. Versión 9.6.0. Disponible en: https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.6.0/EngineeringReference.pdf [Accedido: 3 de diciembre de 2023].
- [2] IDAE. “Guía técnica - Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización.” [En línea]. Disponible en: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_09_guia_tecnica_ahorro_y_recuperacion_de_energia_en_instalaciones_de_climatizacion_dd65072a.pdf [Accedido: 2 de septiembre de 2024].
- [3] Código Técnico de la Edificación, “Documento Básico HE - Ahorro de Energía”. Versión: 20 de diciembre de 2019 [En línea] Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf> [Accedido: 2 de septiembre de 2024].
- [4] IDAE. “Guía técnica - Condiciones climáticas exteriores de proyecto.” [En línea]. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf [Accedido: 2 de septiembre de 2024].
- [5] Hospiten. “Hospital Universitario Hospiten Bellevue”. [En línea]. Disponible en: <https://hospiten.com/centros-y-hospitales/hospital-universitario-hospiten-bellevue> [Accedido: 3 de diciembre de 2023].
- [6] IDAE. “Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España”. Versión: 20/07/2014. [En línea]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/Eficiencia/RITE/documentosreconocidosrite/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf [Accedido: 2 de septiembre de 2024].

- [7] Red eléctrica. “Informe de Energías Renovables 2023”. [En línea]. Disponible en: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables> [Accedido: 2 de septiembre de 2024].
- [8] UNE-EN 16798-1:2020. “Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 1: Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido. Módulo 1-6.
- [9] UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales
- [10] EnergyPlus, “Weather Data by Location”. Disponible en: https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/ESP/ESP_Tenerife.600200_SWEC [Accedido: 3 de diciembre de 2023].
- [11] Boletín oficial del Estado de España n.º 148, Ministerio de Sanidad. “Real Decreto n.º 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y control de la legionelosis”. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-10297> [Accedido: 3 de septiembre de 2024].
- [12] ASHRAE. “Guideline 0-2019 – The commissioning process” [En línea]. Disponible en: https://store.accuristech.com/ashrae/standards/guideline-0-2019-the-commissioning-process?product_id=2076120 [Accedido: 3 de septiembre de 2024].



Presupuesto

Uno de los criterios más importantes para llevar a cabo una MAE u otra, es el coste económico que presenta cada una de estas frente al ahorro que conllevan. Por tanto, uno de los objetivos de este Trabajo Fin de Grado es valorar económicamente cada MAE, a continuación, en la tabla 39 se hace un resumen global de esto.

Tabla 39. Presupuesto general de cada MAE (fuente: elaboración propia).

MAE 1. Cambio de color de las fachadas y cubiertas				72.644,54€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Pintado de la fachada	m2	6.411,87	9	57.706,83
Pintado de las cubiertas	m2	371	9	3.339,00
Total PEM				61.045,83
GG + BI (13% + 6%)				11.598,71
Total PEC sin IVA				72.644,54
MAE 2. Sustitución de las cristalerías				483.682,30€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Demolición selectiva de la ventana	m2	1.164,87	7,6	8.853,01
Medios de protección de contaminación del área de trabajo	uds	17	650	11.050,00
Ventana doble oscilo-basculante con marco de aluminio	m2	1.164,87	310	361.109,70
Reparaciones del mortero exterior	uds	257,00	45	11.565,00
Pintura y reparaciones interiores	uds	257,00	46	11.822,00
Gestión de residuos generados	uds	257,00	8	2.056,00
Total PEM				406.455,71

GG + BI (13% + 6%)				77.226,59
Total PEC sin IVA				483.682,30
MAE 3. Lámina de protección solar en los vidrios sur y oeste				18.334,57€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Lámina adhesiva de protección solar	m2	385,18	40	15.407,20
Total PEM				15.407,20
GG + BI (13% + 6%)				2.927,37
Total PEC sin IVA				18.334,57
MAE 4. Sustitución de climatizadoras. Recuperación de calor				419.118,00€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
UTA quirófano 3200 m3/h	uds	2	35.200,00	70.400,00
UTA quirófano 2800 m3/h	uds	2	35.200,00	70.400,00
UTA quirófano 2200 m3/h	uds	2	32.800,00	65.600,00
UTA quirófano 2000 m3/h	uds	1	32.800,00	32.800,00
UTA quirófano 600 m3/h	uds	3	15.000,00	45.000,00
Desmontaje UTAs actuales	uds	10	1.300,00	13.000,00
Instalación eléctrica UTAs (conexión eléctrico y sistema de control)	uds	10	3.000,00	30.000,00
Limpieza de conductos	uds	10	2.500,00	25.000,00
Total PEM				352.200,00
GG + BI (13% + 6%)				66.918,00
Total PEC sin IVA				419.118,00
MAE 5. Producción de frío. Sustitución de enfriadoras				94.747,80€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio	Total (€)

			unitario (€)	
Enfriadora 344 kW frío/404 kW calor	uds	1	69.320	69.320,00
Reforma del circuito hidráulico	uds	1	3.000	3.000,00
Reforma del circuito eléctrico	uds	1	5.000	5.000,00
Integración en el sistema de control	uds	1	800	800,00
Obra civil	uds	1	1.500	1.500,00
Total PEM				79.620,00
GG + BI (13% + 6%)				15.127,80
Total PEC sin IVA				94.747,80
MAE 6. Producción de ACS. Aerotermia				103.292,00€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Sistema de Aerotermia con refrigerante natural	uds	2	25.500,00	51.000,00
Bomba de Calor de recirculación	uds	2	7.500,00	15.000,00
Acumulador estratificado (2,500 litros)	uds	1	7.200,00	7.200,00
Reforma del circuito hidráulico	uds	1	4.500,00	4.500,00
Reforma del circuito eléctrico	uds	1	5.000,00	5.000,00
Integración en el sistema de control	uds	1	2.600,00	2.600,00
Obra civil	uds	1	1.500,00	1.500,00
Total PEM				86.800,00
GG + BI (13% + 6%)				16.492,00
Total PEC sin IVA				103.292,00
MAE 7. Autogeneración fotovoltaica				68.020,40€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio	Total (€)

			unitario (€)	
Panel fotovoltaico 665 Wp	uds	102	280	28.560,00
Estructura suportación	uds	102	50	5.100,00
Inversor 25 kWp	uds	2	3.000	6.000,00
Inversor 17 kWp	uds	1	2.500	2.500,00
Cableado	uds	1	8.000	8.000,00
Integración en el sistema de control	uds	1	2.000	2.000,00
Obra civil	uds	1	5.000	5.000,00
Total PEM				57.160,00
GG + BI (13% + 6%)				10.860,40
Total PEC sin IVA				68.020,40
MAE 8. Control y automatización				151.427,50€
Concepto	Unidad	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Servidor central y puesto de trabajo del sistema BMS	uds	1	13.000,00	13.000,00
Controladores fan-coils	uds	181	300,00	54.300,00
Integración de enfriadoras, bombas de calor, calderas,...	uds	15	950,00	14.250,00
Programación de elementos de campo e integraciones de equipos	uds	1	4.200,00	4.200,00
Integración en BMS del sistema de control	uds	1	4.200,00	4.200,00
Commissioning de puesta en marcha y 1 año de seguimiento	uds	1	10.300,00	10.300,00
Obra de instalación	uds	1	27.000,00	27.000,00
Total PEM				127.250,00
GG + BI (13% + 6%)				24.177,50

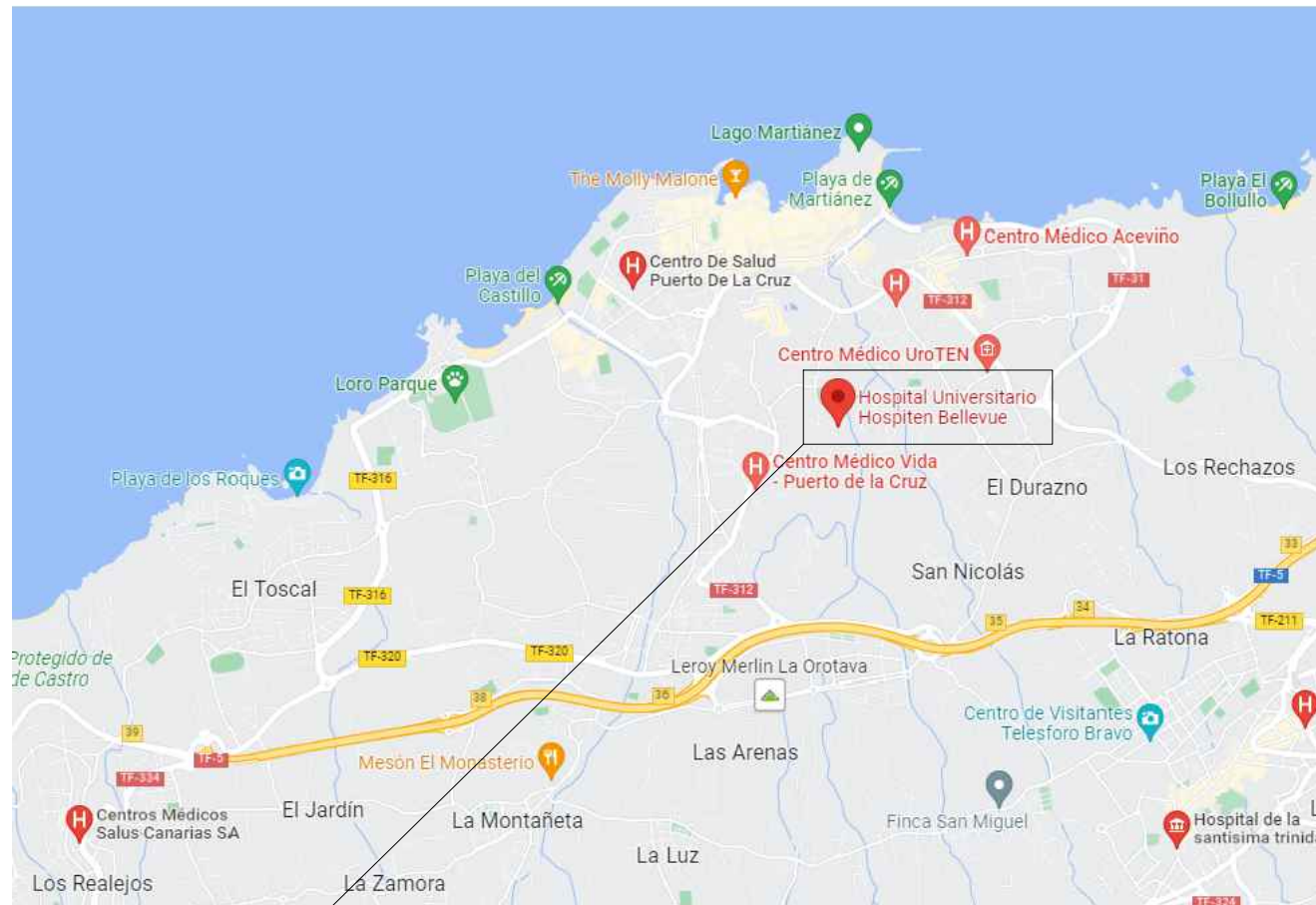


Total PEC sin IVA				151.427,50
-------------------	--	--	--	------------

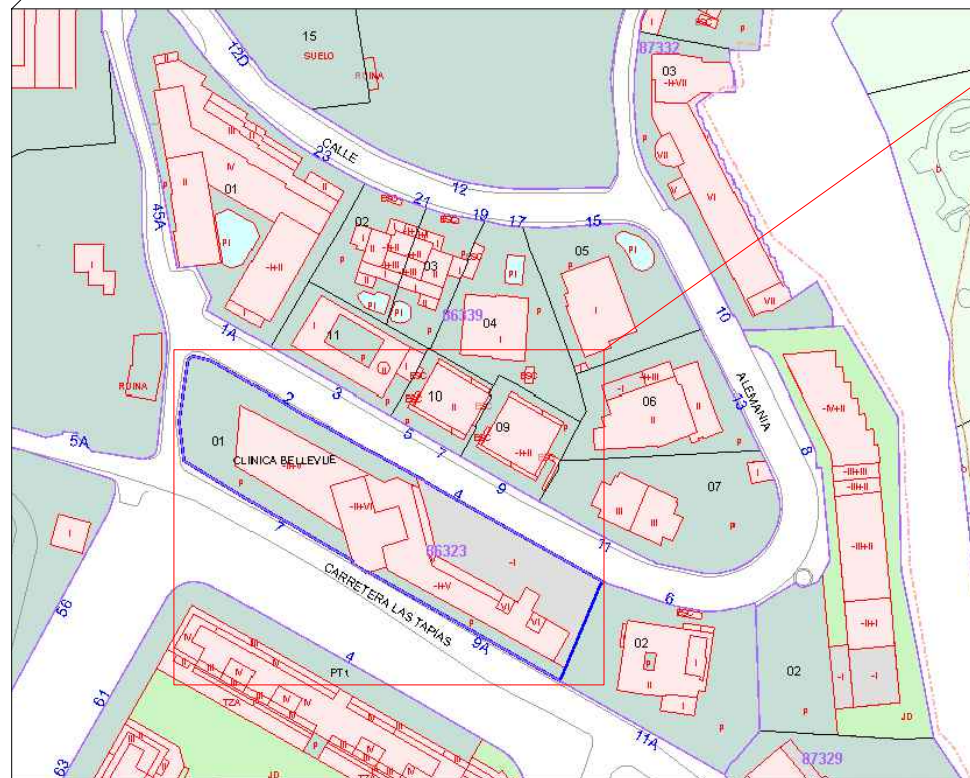


Planos

PUERTO DE LA CRUZ



VISTA SATÉLITE (I) - EMPLAZAMIENTO

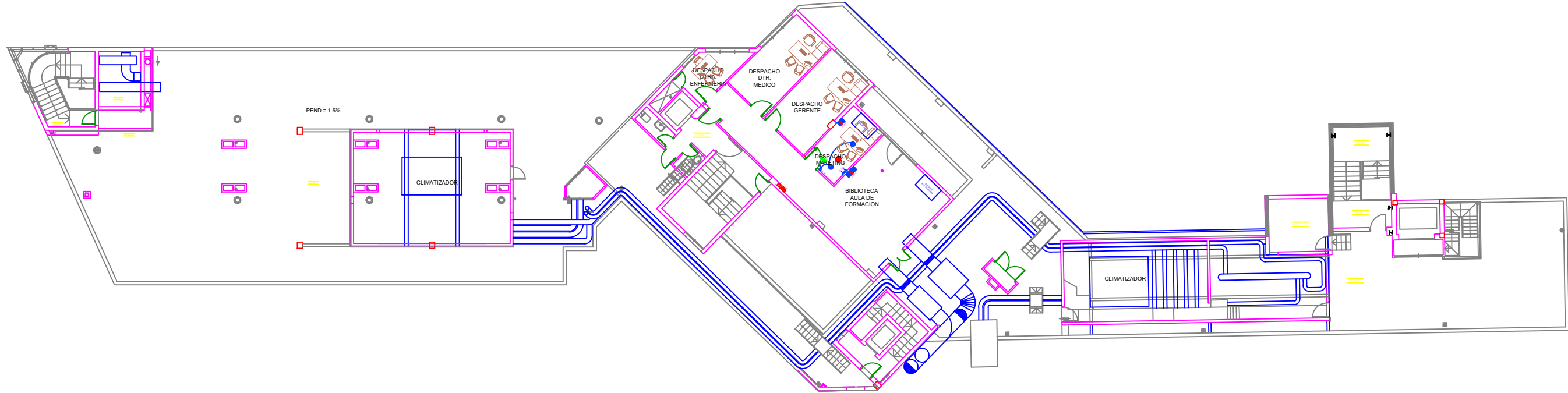


VISTA PLANO CATASTRAL - CALLE ALEMANIA

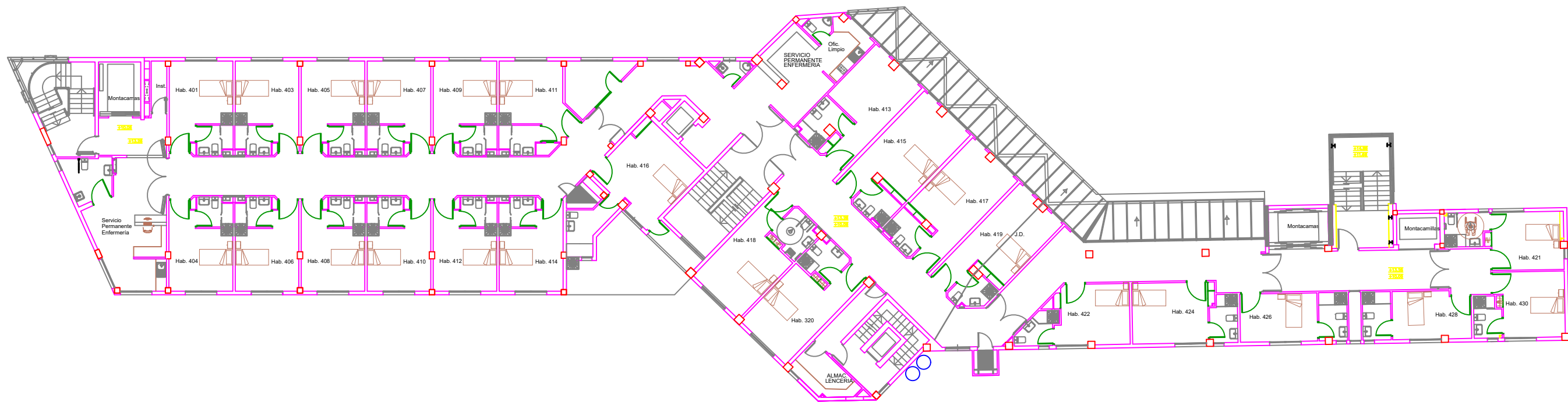


VISTA SATÉLITE (II) - EMPLAZAMIENTO

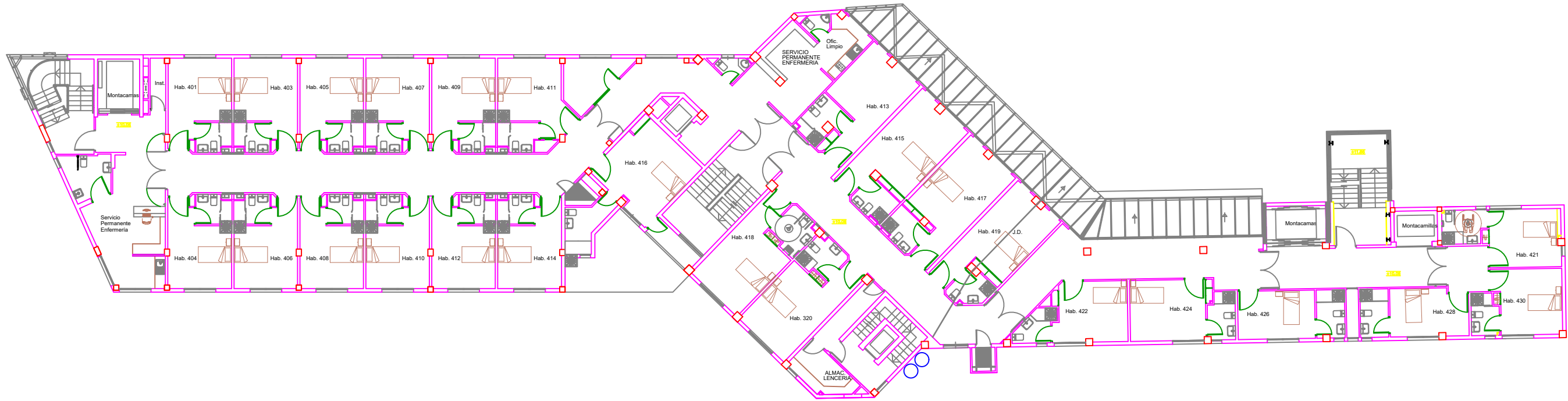
Planta 5



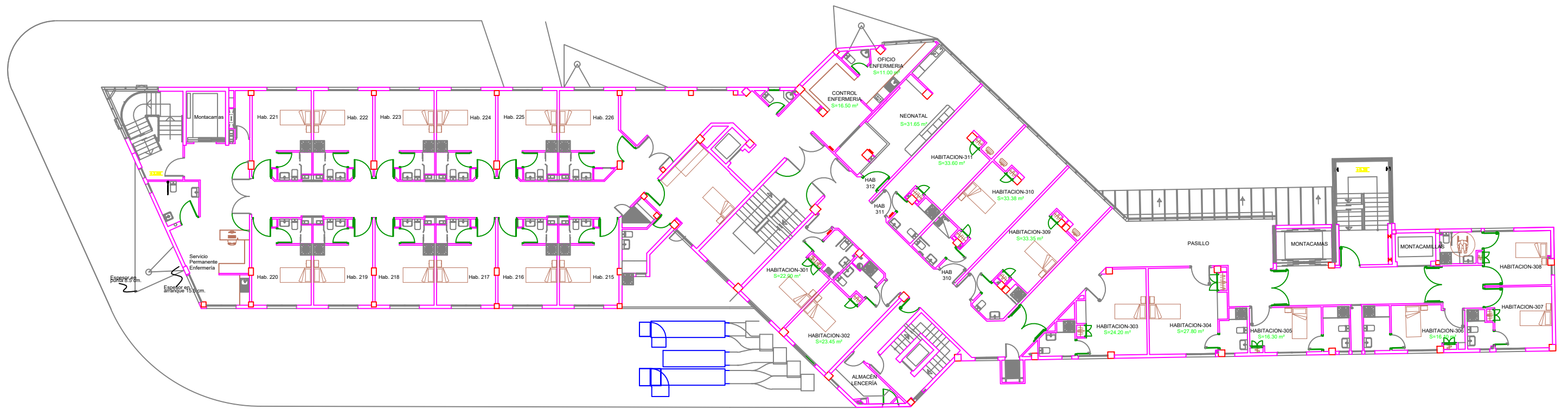
Planta 4



Planta 3



Planta 1



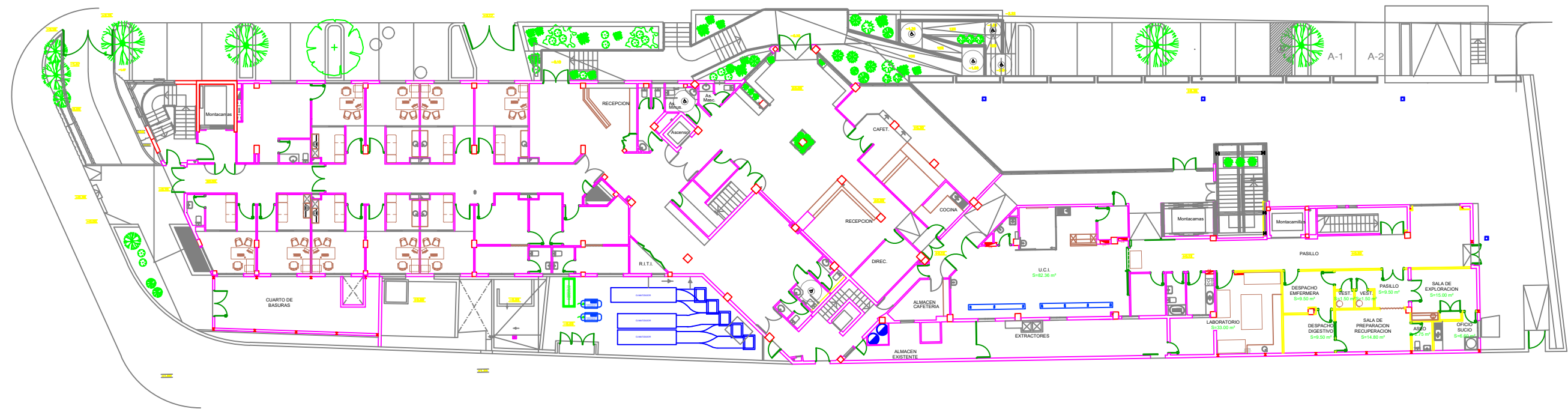
TITULO: TFG - Análisis de medidas de ahorro energético para climatización y producción de agua caliente sanitaria en un hospital

PLANO: PLANOS DE PLANTA DEL EDIFICIO (PLANTA 1ª)



ESCALA: 1:500 FECHA: SEPTIEMBRE 2024

Planta baja



TITULO: TFG - Análisis de medidas de ahorro energético para climatización y producción de agua caliente sanitaria en un hospital

PLANO: PLANOS DE PLANTA DEL EDIFICIO (PLANTA BAJA)



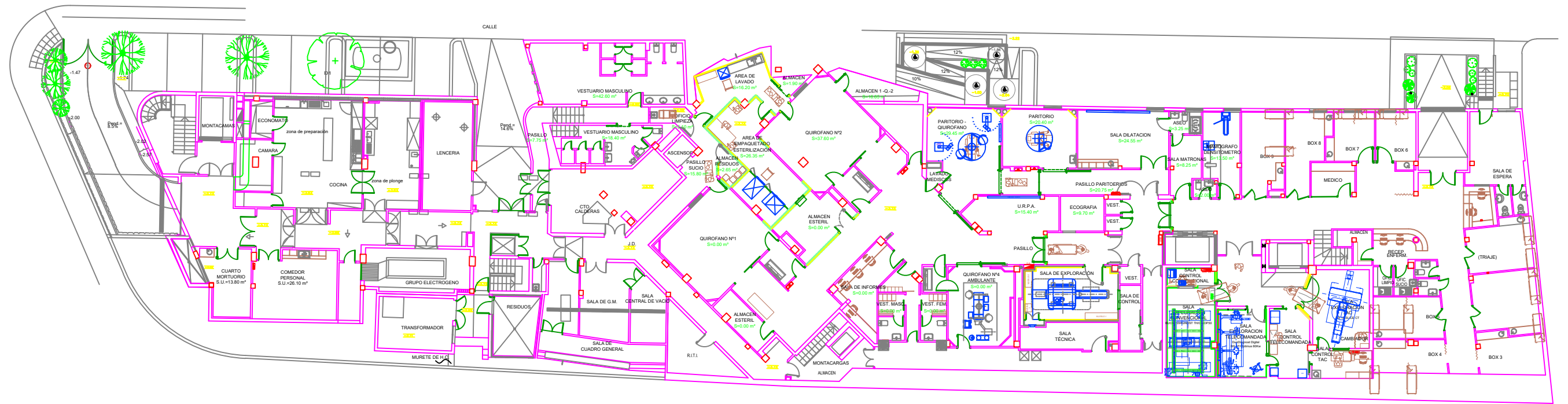
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



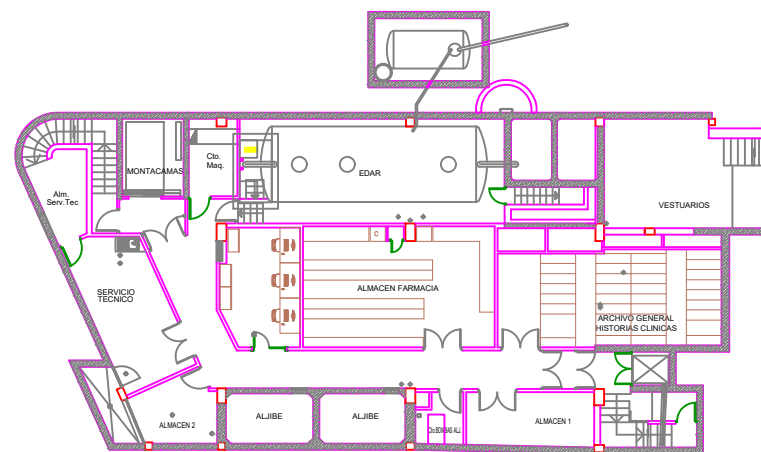
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

ESCALA: 1:600 FECHA: SEPTIEMBRE 2024

Planta -1



Planta -2





Anexos

7 Anexos

7.1 Anexo I. Zonificación y características

En este anexo se muestra la zonificación y sus respectivos recintos de cada zona y planta del Hospital Universitario Hospiten Bellevue necesarios para llevar a cabo el modelado energético del edificio. Además, en el apartado 7.1.2, se mostrará los perfiles horarios asignados a cada carga de los recintos.

7.1.1 Zonas y recintos

- Planta -2



Figura 21. Anexo I. Zonificación planta -2 (fuente: elaboración propia).

Tabla 40. Anexo I. Características de las zonas de planta -2 (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC		2	-	8	-

Almacén farmacia	6	15	8	800(W)
	Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 75 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 24h – 100%

Como aclaración, ZNC se refiere a Zona No Climatizada, que está compuesta principalmente por pasillos, escaleras, ascensores, almacenes, ...

Los perfiles de uso referentes a cada recinto se expondrán en el siguiente apartado 7.1.2.

- Planta -1

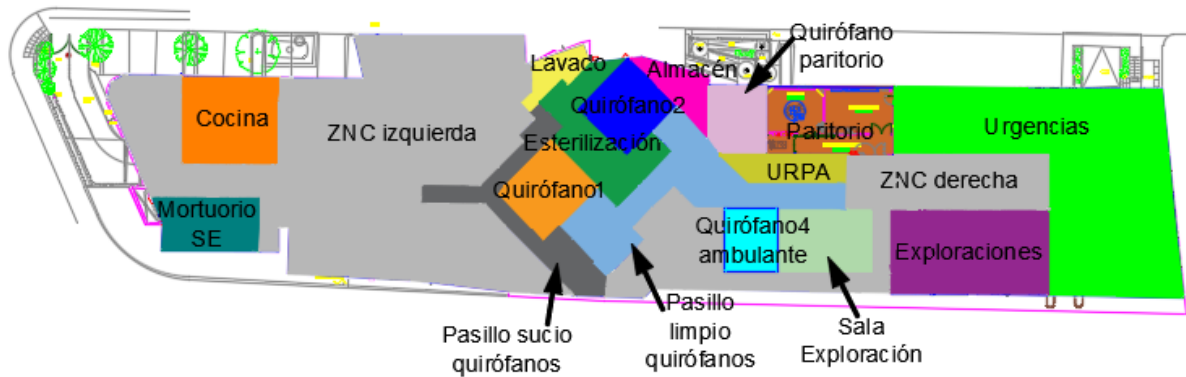


Figura 22. Anexo I. Zonificación planta -1 (fuente: elaboración propia).

Tabla 41. Anexo I. Características de las zonas de planta -1 (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC izquierda	ZNC	2	-	8	-
ZNC derecha	ZNC	2	-	8	-
Mortuorio SE	Mortuorio	3	8	8	600(W) 12(W/m ²)
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: 24h – 100%
Cocina		6	15	8	4500(W) 80(W/m ²)

		Perfil uso: 100% de 6 a 21h	Perfil uso: 100% de 6 a 21h	Perfil uso: Iluminación cocina	Perfil uso: 24h – 100% + iluminación cocina
Pasillo sucio quirófanos	Pasillos quirófanos	5	20	8	-
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	-
Quirófano1	Quirófanos	30	10	10	90
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos
Esterilización	Áreas de quirófanos	10	15	8	5
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos
Lavado	Áreas de quirófanos	10	15	8	5
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos
Quirófano2	Quirófanos	30	10	10	90
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos
Almacén	ZNC	2	-	8	-
Pasillo limpio quirófanos	Pasillos quirófanos	5	20	8	-
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	-
Quirófano paritorio	Quirófanos	30	10	10	90
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos
Paritorio		17	10	10	70
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos

URPA	Salas exploración	10	20	8	50
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h
Quirófano4 ambulante	Quirófanos	30	10	10	90
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos	Perfil uso: Ocupación quirófanos
Sala exploración		10	20	8	300
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h
Exploraciones	Salas exploración	10	20	8	300
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h
Urgencias		6	10	8	20
		Perfil uso: 80 y 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 80 y 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 80 y 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 75 y 90% de 7 a 19h

Cabe destacar de la tabla 40 que la ventilación de los quirófanos y sus pasillos está activa las 24h, debido a que estas zonas se deben mantener en sobrepresión constante para evitar la entrada de contaminantes

- Planta baja



Figura 23. Anexo I. Zonificación planta baja (fuente: elaboración propia).

Tabla 42. Anexo I. Características de las zonas de planta baja (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC		2	-	8	-
Consultas externas NE	Consultas externas	6	10	8	20
		Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h
Consultas externas SE	Consultas externas	6	10	8	20
		Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h
Basuras	Cuarto basuras	6	20	8	-
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: 75 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 15 y 50% de 7 a 19h	-
Entrada		2	15	8	15
		Perfil uso: 100% de 7 a 21h	Perfil uso: Ocupación entrada	Perfil uso: Iluminación entrada	Perfil uso: Equipamiento entrada
Cafetería		2	8	8	3500(W)
		Perfil uso: 100% de 7 a 21h	Perfil uso: Ocupación cafetería	Perfil uso: 100% de 7 a 21h	Perfil uso: Equipamiento cafetería
UCI		12	15	8	40
		Perfil uso:	Perfil uso: 75 y	Perfil uso:	Perfil uso: 75 y

		24h – 100%	100 de 7 a 22h	Iluminación hospitalización	100 de 7 a 22h
Laboratorio		10	15	8	60
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h
Despachos		6	10	8	27
		Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 15 y 90% de 7 a 19h
Exploraciones	Salas exploración	10	20	8	300
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h	Perfil uso: 50 y 90% de 7 a 19h

- Planta 1

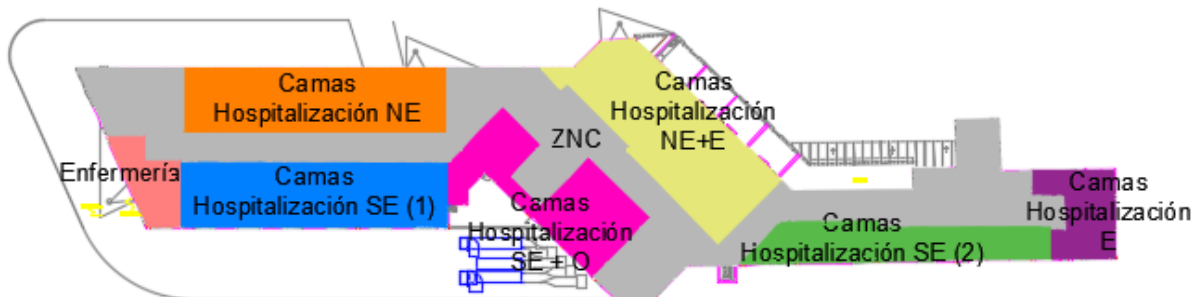


Figura 24. Anexo I. Zonificación planta 1 (fuente: elaboración propia).

Tabla 43. Anexo I. Características de las zonas de planta 1 (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC		2	-	8	-
Enfermería		6	8	8	15
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización

Camas hospitalización NE	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (1)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE + O	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización NE + E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (2)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización

- Planta 2

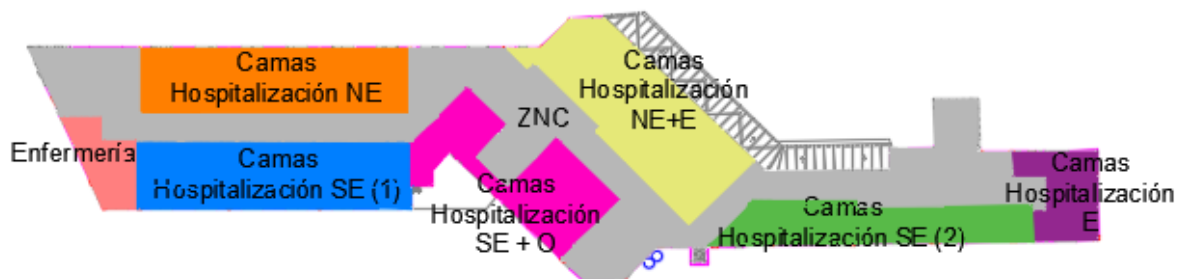


Figura 25. Anexo I. Zonificación planta 2 (fuente: elaboración propia).

Tabla 44. Anexo I. Características de las zonas de planta 2 (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC		2	-	8	-
Enfermería		6	8	8	15
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización NE	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (1)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE + O	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización NE + E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (2)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización

- Planta 3

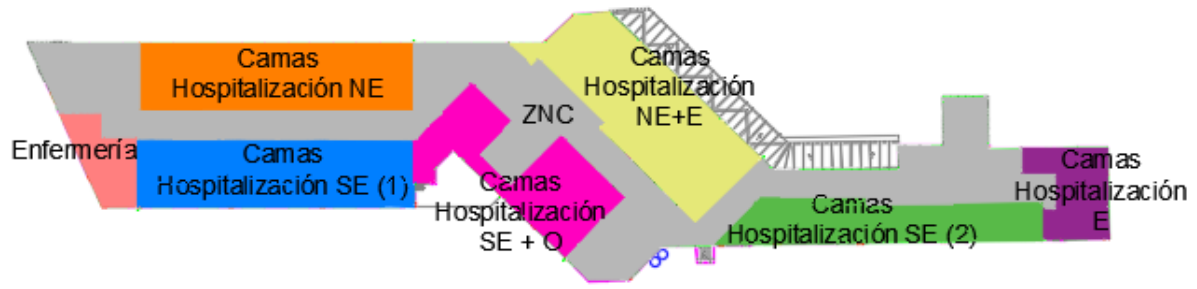


Figura 26. Anexo I. Zonificación planta 3 (fuente: elaboración propia).

Tabla 45. Anexo I. Características de las zonas de planta 3 (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC		2	-	8	-
Enfermería		6	8	8	15
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización NE	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (1)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE + O	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización NE + E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (2)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso:	Perfil uso:	Perfil uso:	Perfil uso:

		24h – 100%	Ocupación hospitalización	Iluminación hospitalización	Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización

• Planta 4

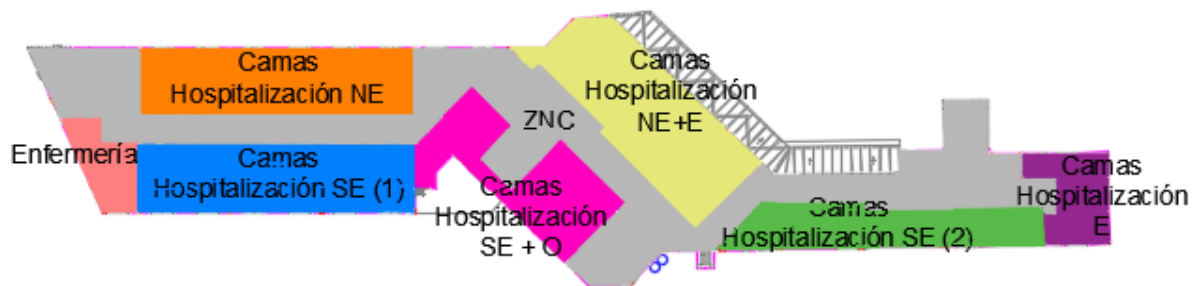


Figura 27. Anexo I. Zonificación planta 4 (fuente: elaboración propia).

Tabla 46. Anexo I. Características de las zonas de planta 4 (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC		2	-	8	-
Enfermería		6	8	8	15
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización NE	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (1)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas	Camas	6	10	8	10

hospitalización SE + O	hospitalización	Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización NE + E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización SE (2)	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización
Camas hospitalización E	Camas hospitalización	6	10	8	10
		Perfil uso: 24h – 100%	Perfil uso: Ocupación hospitalización	Perfil uso: Iluminación hospitalización	Perfil uso: Equipamiento hospitalización

- Planta 5

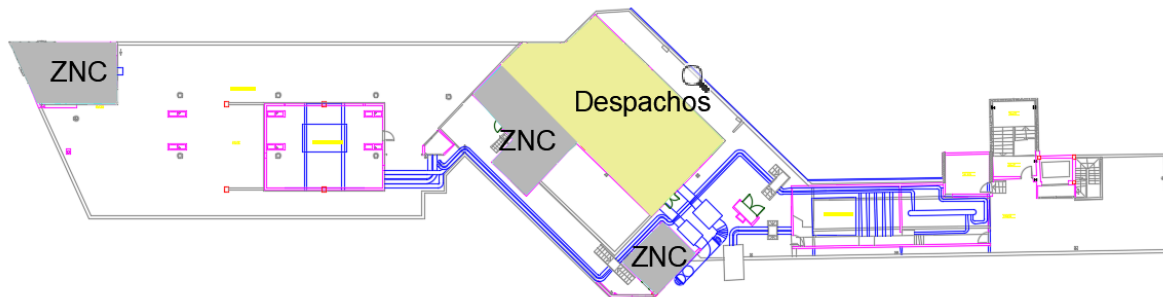


Figura 28. Anexo I. Zonificación planta 5 (fuente: elaboración propia).

Tabla 47. Anexo I. Características de las zonas de planta 5 (fuente: elaboración propia).

Zona	Tipo de recinto	Ventilación (ren/h)	Ocupación (m ² /persona)	Iluminación (W/m ²)	Equipamiento (W/m ²)
ZNC	ZNC	2	-	8	-
Despachos		6	10	8	27
		Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 100% de 7 a 19h	Perfil uso: 15 y 90% de 7 a 19h

7.1.2 Perfiles de uso

A continuación, se expondrán las características de los distintos perfiles de uso utilizados en cada recinto, estos se ordenan por orden de aparición según el apartado 7.1.1.

- 24h - 100%: Este perfil de uso está activo todo el año al 100%.
- 50 y 90% de 7 a 19h:

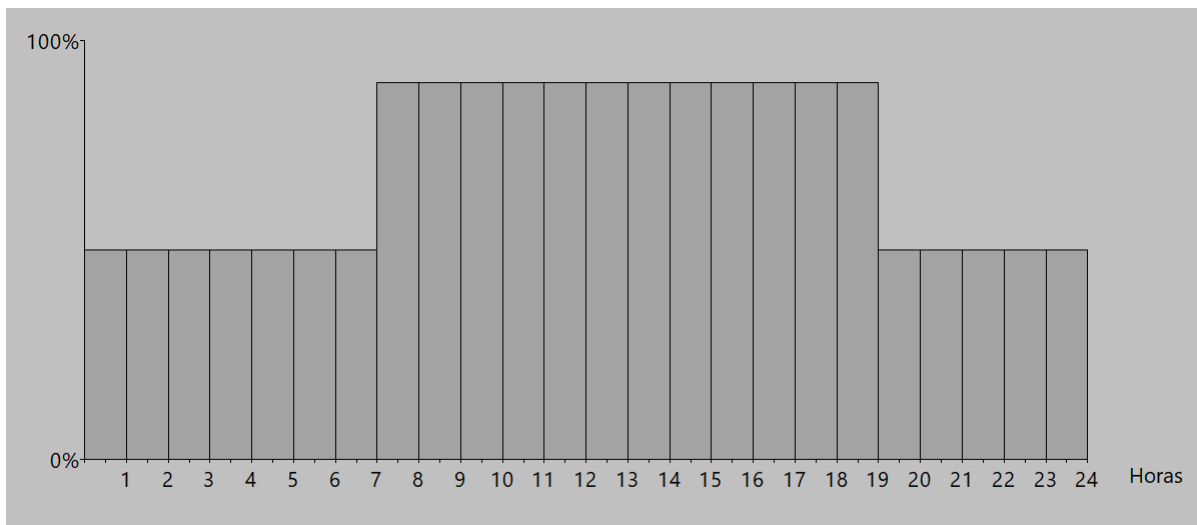


Figura 29. Anexo I. Perfil de uso 50 y 90% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).

- 75 y 90% de 7 a 19h:

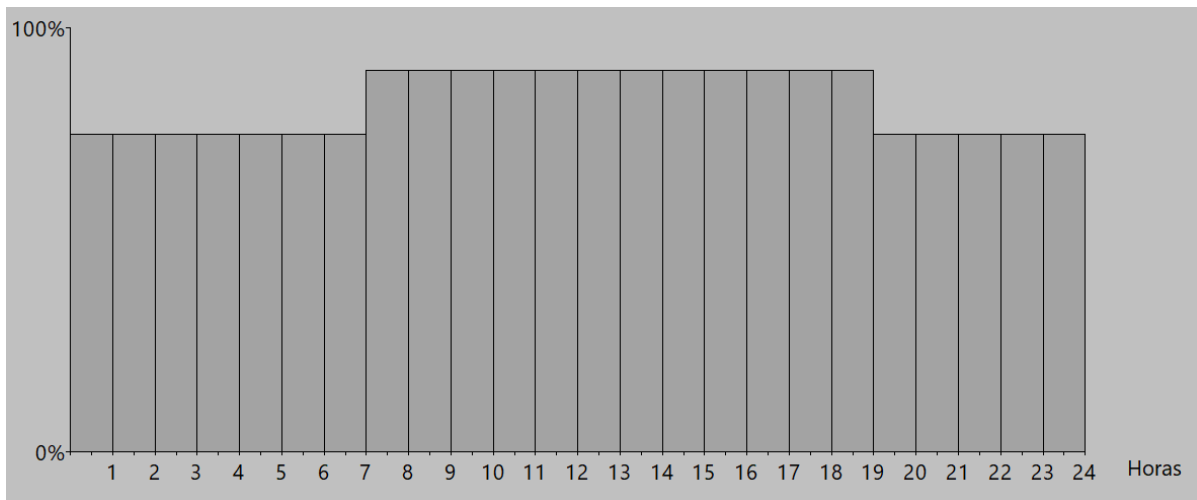


Figura 30. Anexo I. Perfil de uso 75 y 90% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).

- Ocupación quirófanos:

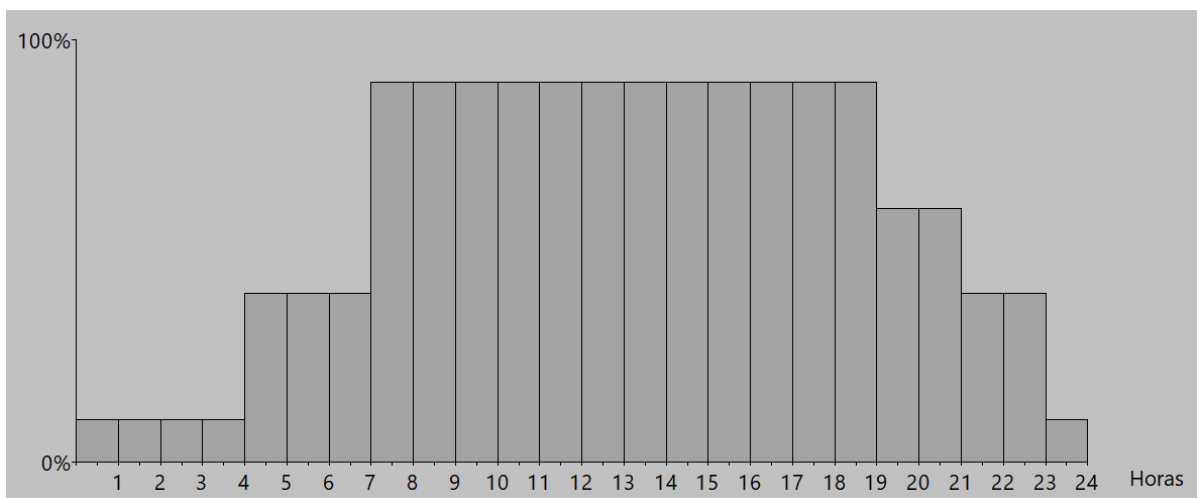


Figura 31. Anexo I. Perfil de uso Ocupación quirófanos (fuente: elaboración propia).

- 100% de 6 a 21h:

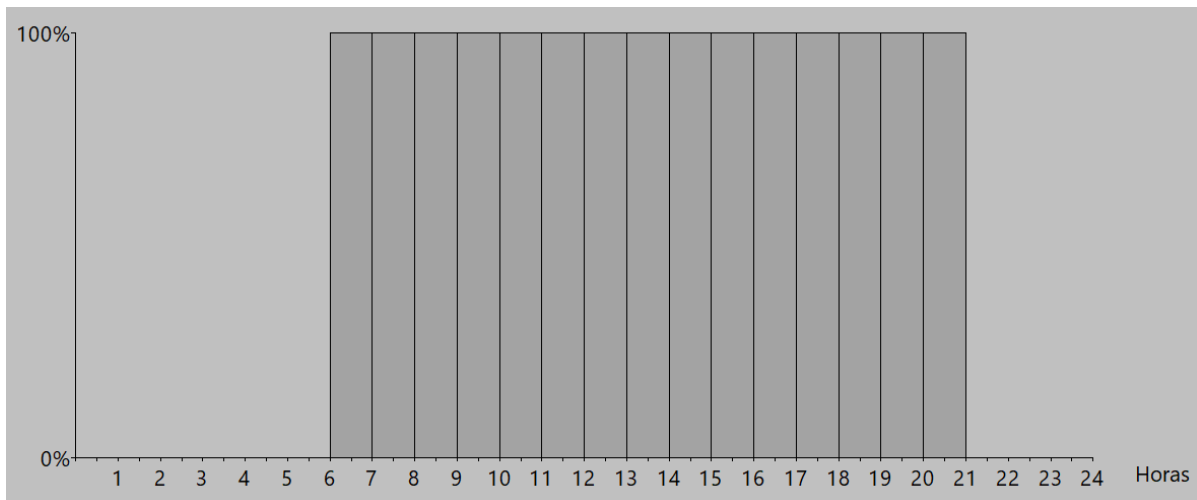


Figura 32. Anexo I. Perfil de uso 100% de 6 a 21h (fuente: elaboración propia).

- Iluminación cocina:

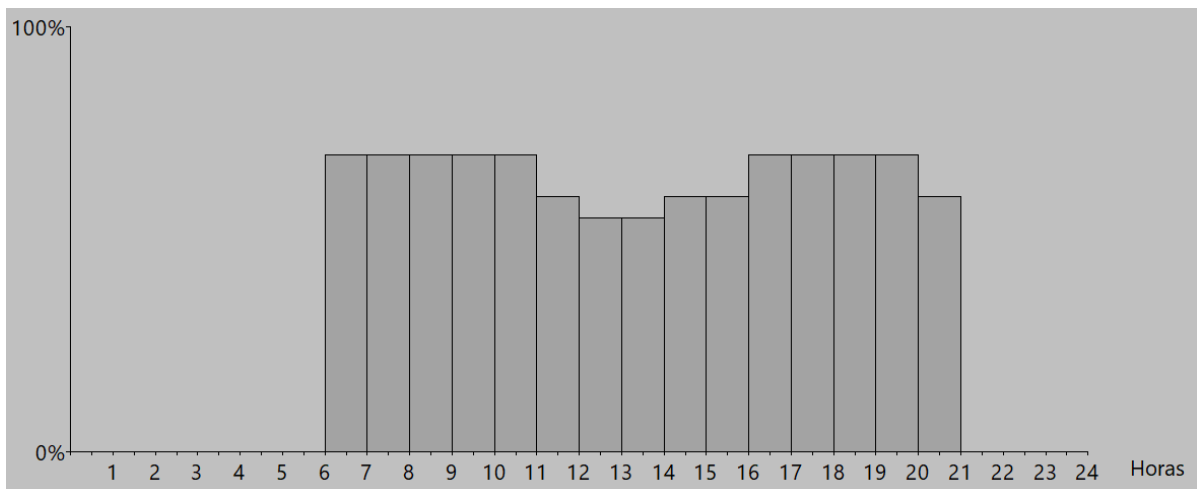


Figura 33. Anexo I. Perfil de uso Iluminación cocina (fuente: elaboración propia).

- 80 y 100% de 7 a 19h:

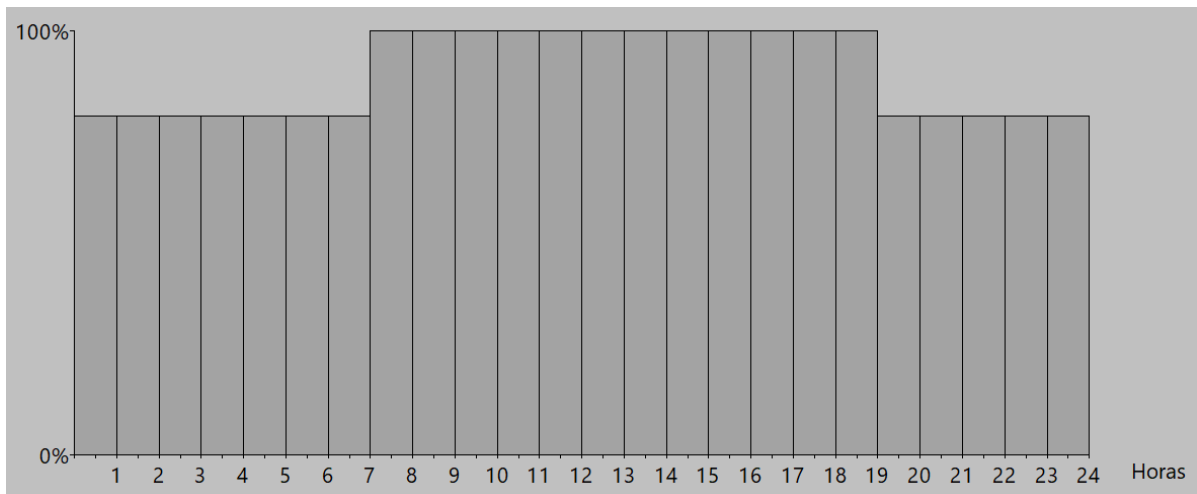


Figura 34. Anexo I. Perfil de uso 80 y 100% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).

- 100% de 7 a 19h:

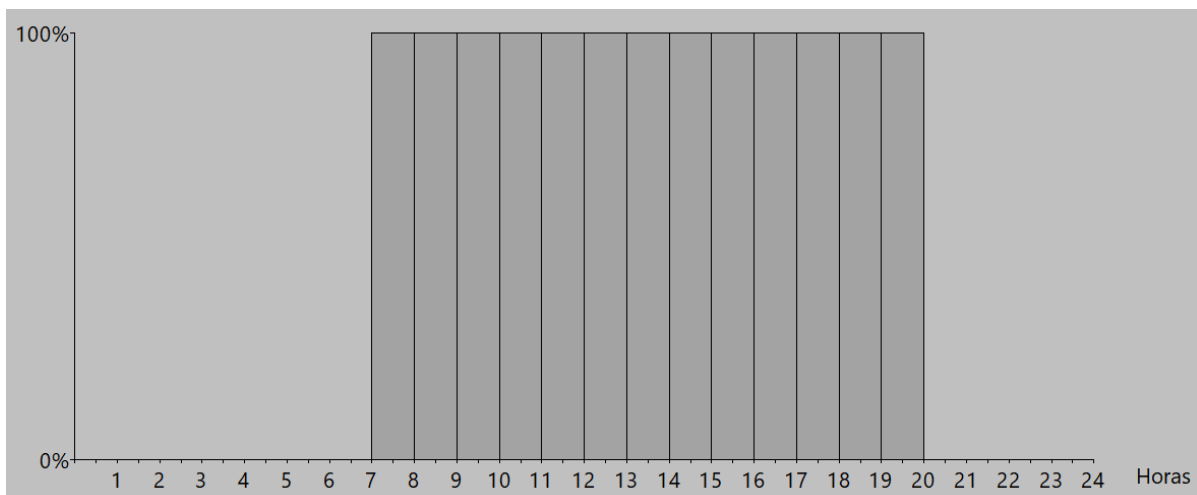


Figura 35. Anexo I. Perfil de uso 100% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).

- 15 y 50% de 7 a 19h:

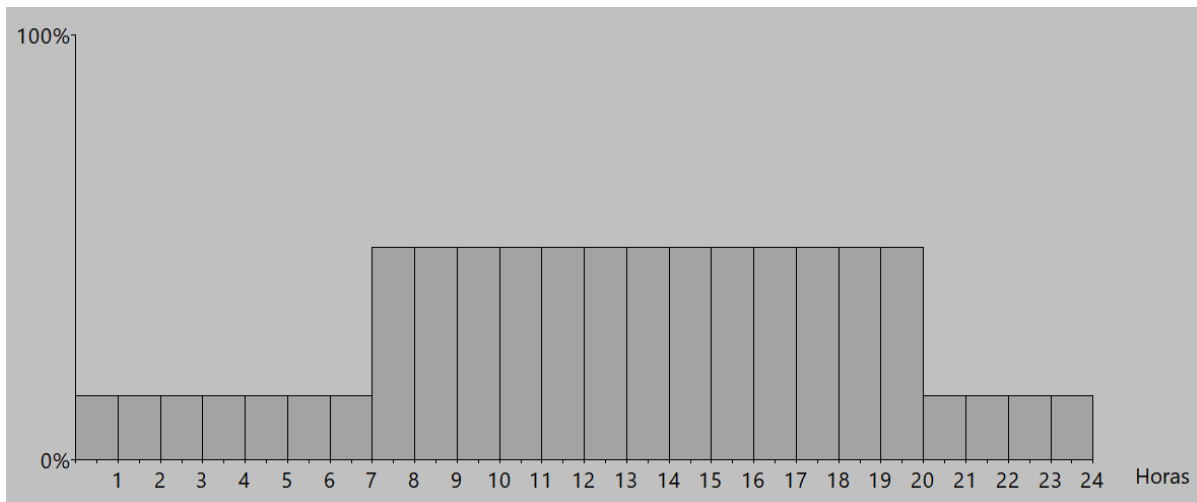


Figura 36. Anexo I. Perfil de uso 15 y 50% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).

- 100% de 7 a 21h:

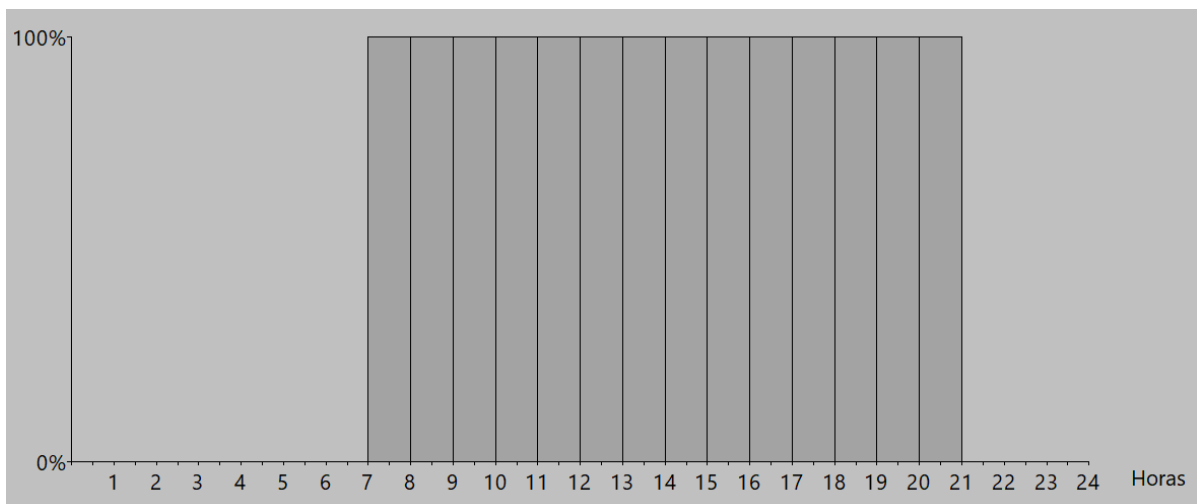


Figura 37. Anexo I. Perfil de uso 100% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).

- Ocupación entrada:

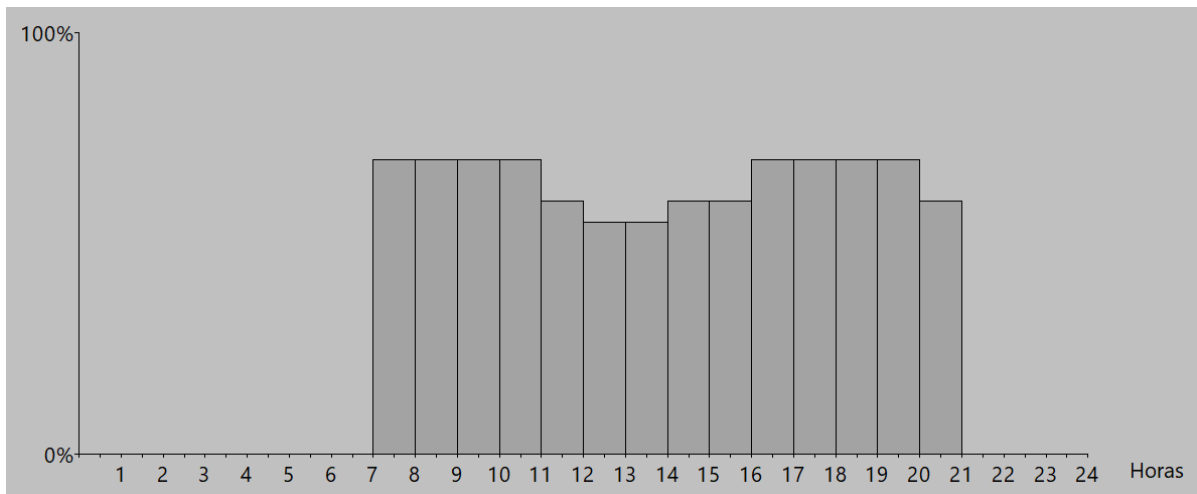


Figura 38. Anexo I. Perfil de uso Ocupación entrada (fuente: elaboración propia).

- Iluminación entrada:

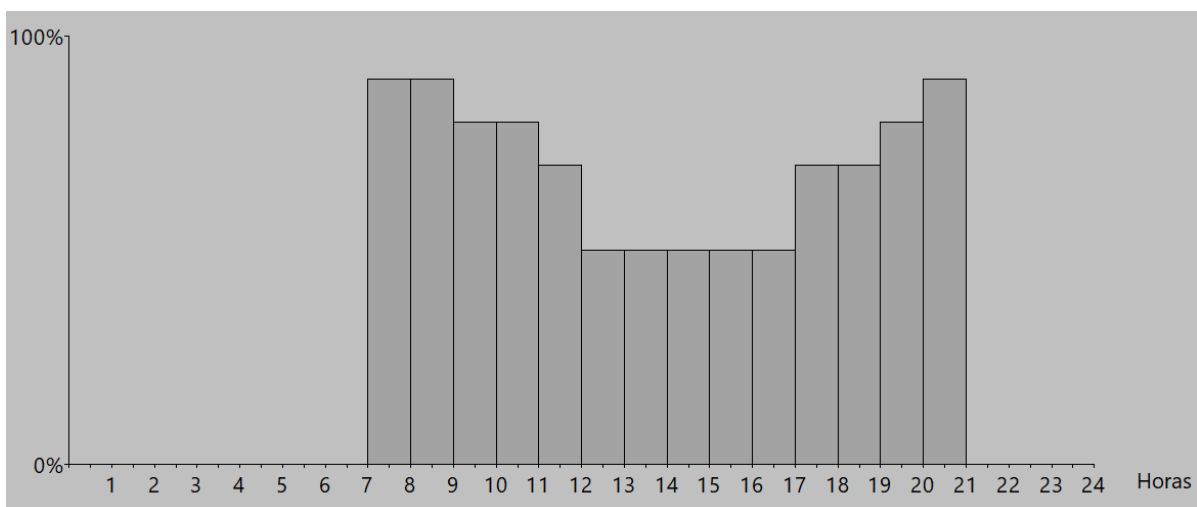


Figura 39. Anexo I. Perfil de uso Iluminación entrada (fuente: elaboración propia).

- Equipamiento entrada:

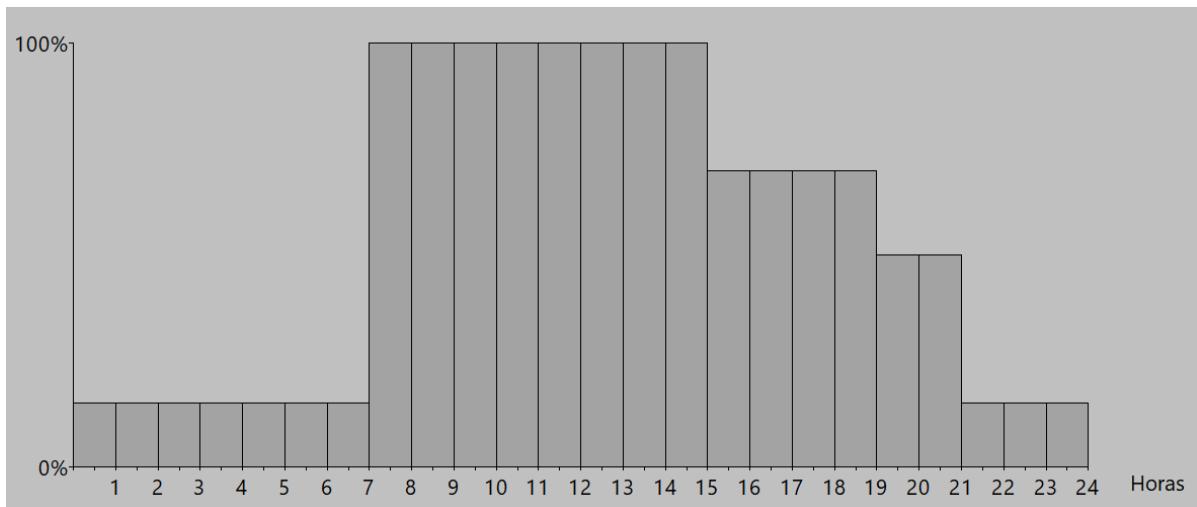


Figura 40. Anexo I. Perfil de uso Equipamiento entrada (fuente: elaboración propia).

- Ocupación cafetería:

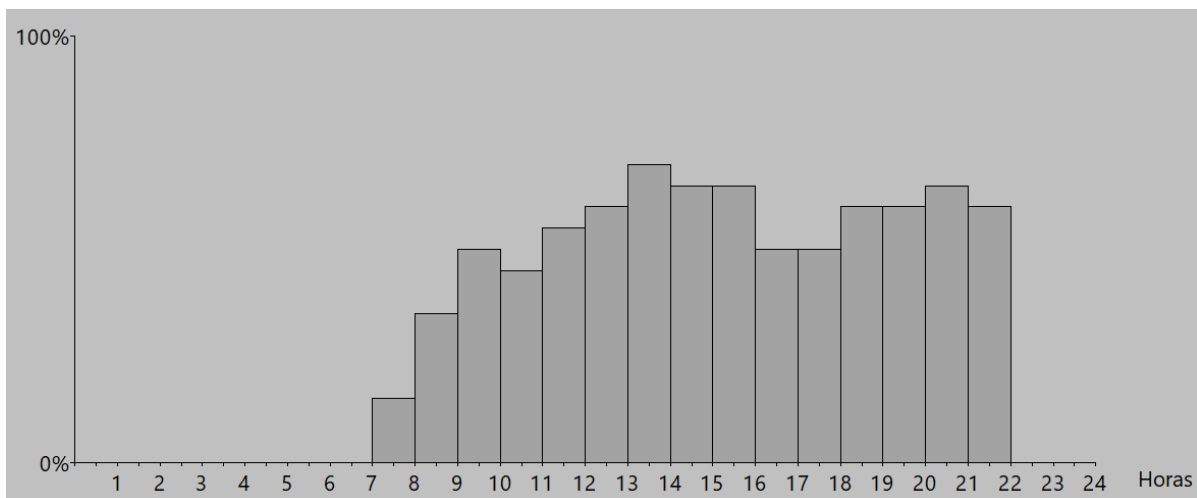


Figura 41. Anexo I. Perfil de uso Ocupación cafetería (fuente: elaboración propia).

- Equipamiento cafetería:

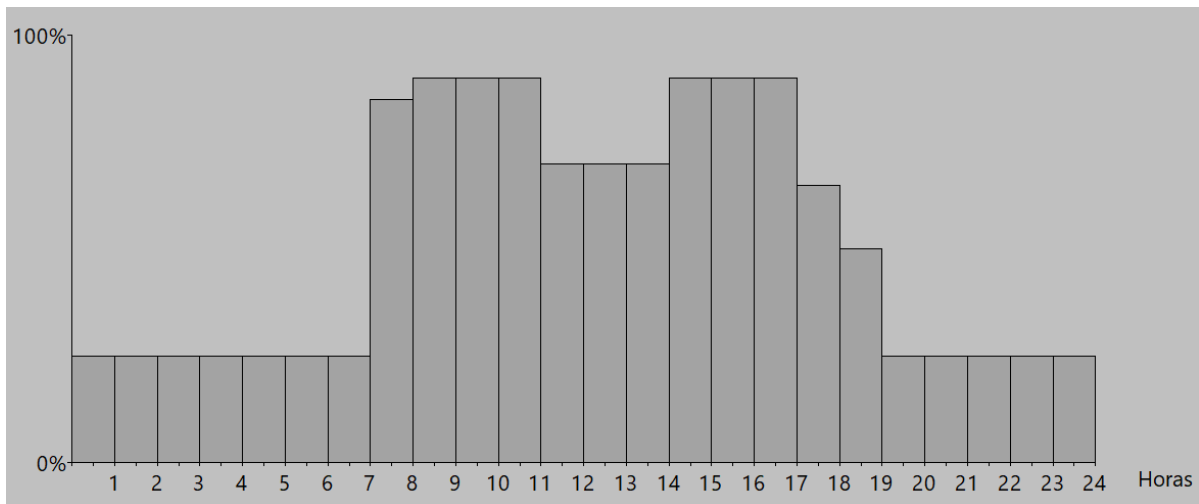


Figura 42. Anexo I. Perfil de uso Equipamiento cafetería (fuente: elaboración propia).

- 75 y 100% de 7 a 22h:

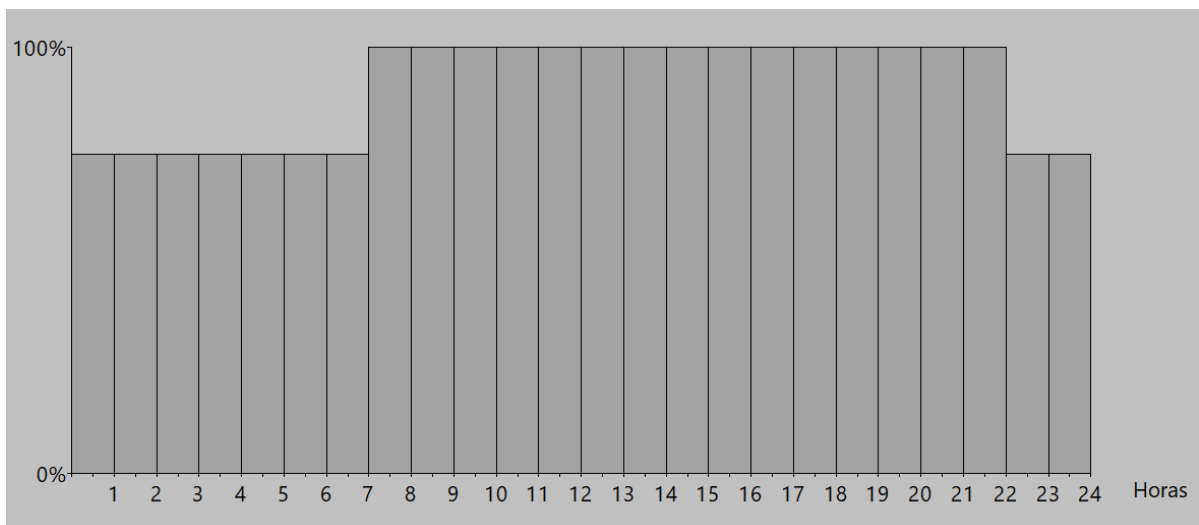


Figura 43. Anexo I. Perfil de uso 75 y 100% de 7 a 22h (fuente: elaboración propia).

- Iluminación hospitalización:

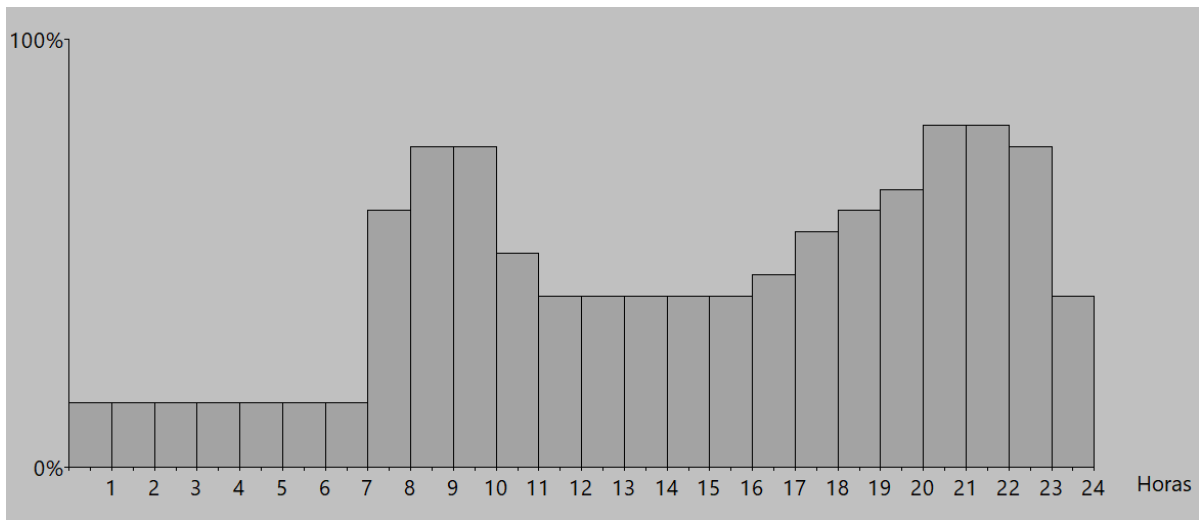


Figura 44. Anexo I. Perfil de uso Iluminación hospitalización (fuente: elaboración propia).

- 15 y 90% de 7 a 19h:

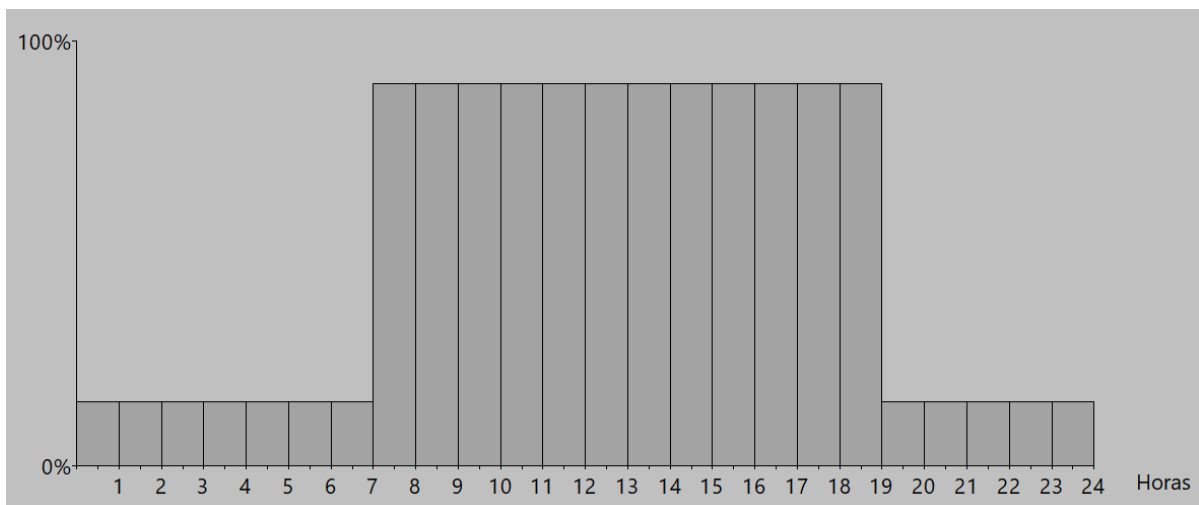


Figura 45. Anexo I. Perfil de uso 15 y 90% de 7 a 19h (fuente: elaboración propia).

- Ocupación hospitalización:

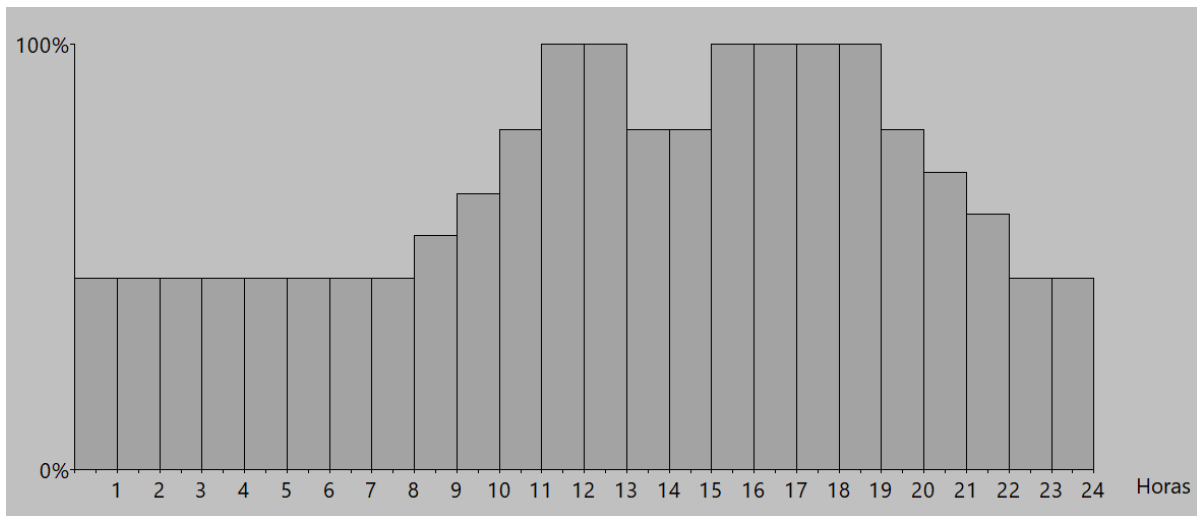


Figura 46. Anexo I. Perfil de uso Ocupación hospitalización (fuente: elaboración propia).

- Equipamiento hospitalización:

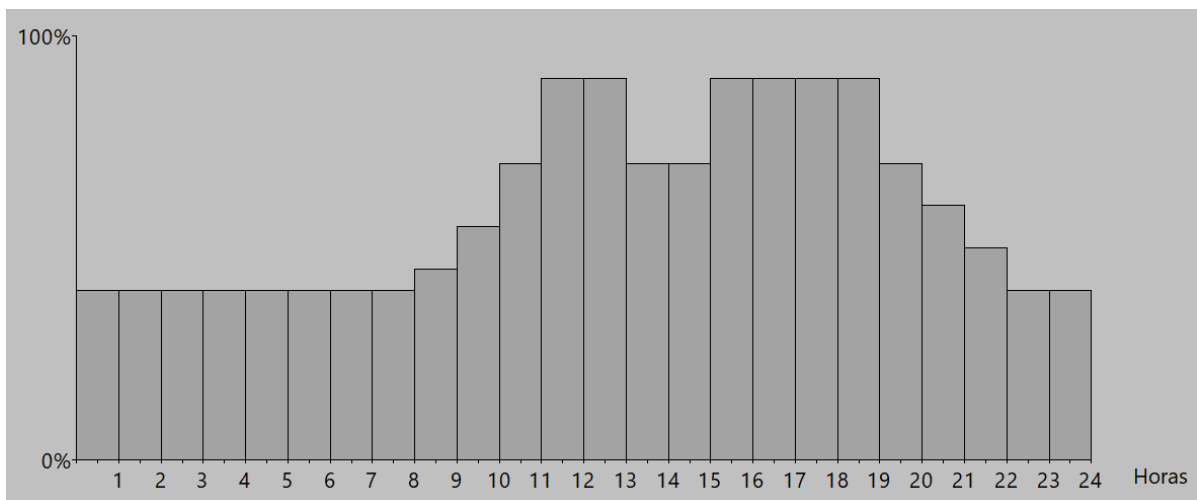


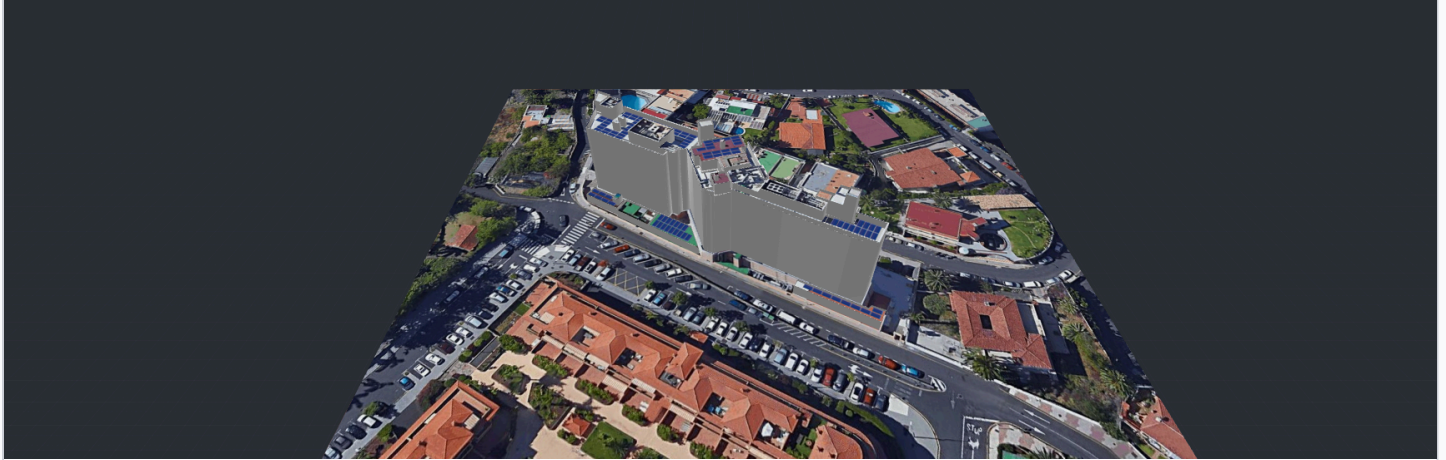
Figura 47. Anexo I. Perfil de uso Equipamiento hospitalización (fuente: elaboración propia).

7.2 Anexo II. Autogeneración fotovoltaica

En este anexo se muestran los resultados energéticos de la simulación realizada a través de la herramienta web Designer de SolarEdge para la producción fotovoltaica que se plantea en la MAE 7 – Autogeneración fotovoltaica.

HOSPITEN BELLEVUE

Calle Alemania 6, Puerto de la Cruz, 38400, Spain | 4 oct 2024

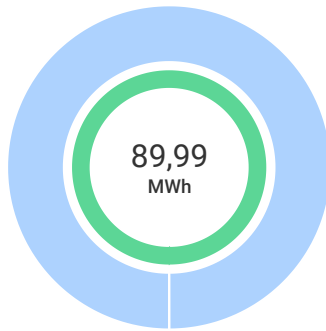


PRODUCCIÓN DEL SISTEMA

Producción Total - 100 %
89,99 MWh

Autoconsumo - 100 %
89,99 MWh

Exportación - 0 %
0,00 Wh

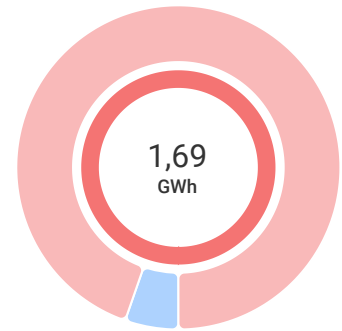


CONSUMO

Consumo Total - 100 %
1,69 GWh

Autoconsumo - 5 %
89,99 MWh

Importación - 95 %
1,60 GWh



RESUMEN DEL SISTEMA

102 Módulos FV

3 Inversores

102 Optimizadores

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN



Potencia CC Instalada
67,83 kWp



Máx. Pca Alcanzada
63,30 kW



Energía Producida Anual
89,99 MWh



Emisiones De CO2 Ahorradas (Anualmente)
23,85 t



Arboles Equivalentes Plantados
1095



Máx. Pcc Calculada
67,83 kW



Ratio CC/CA
101 %



Pca Activa Nominal
67,00 kW



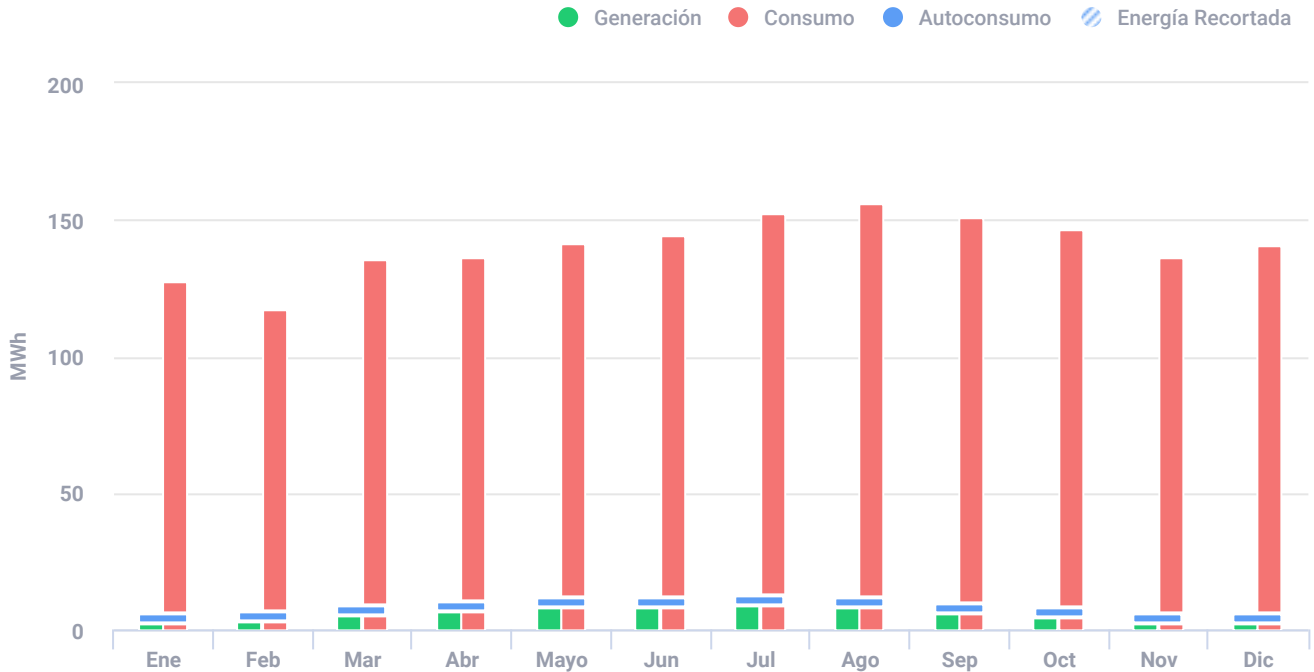
Índice De Rendimiento
68 %



Índice De Rendimiento
1327 kWh/kWp

HOSPITEN BELLEVUE

Calle Alemania 6, Puerto de la Cruz, 38400, Spain | 4 oct 2024

ENERGÍA MENSUAL ESTIMADA

Total de energía recortada: 0,01%

Mes	Generación (kWh)	Consumo (kWh)	Autoconsumo (kWh)	Energía Recortada (kWh)
Ene	4540	127.646	4540	-
Feb	5255	117.364	5255	-
Mar	7378	135.682	7378	-
Abr	8626	135.942	8626	-
May	10.126	141.339	10.126	11
Jun	10.241	144.269	10.241	1
Jul	10.971	152.498	10.971	1
Ago	9937	156.024	9937	-
Sep	7795	151.261	7795	-
Oct	6324	146.291	6324	-
Nov	4743	136.518	4743	-
Dic	4056	140.937	4056	-

HOSPITEN BELLEVUE

Calle Alemania 6, Puerto de la Cruz, 38400, Spain | 4 oct 2024

MÓDULOS FV

Nº Módulo	Modelo	Potencia pico	Tipo de estructura	Orientación	Azimut	Inclinación
12	Trina Solar Energy, TSM-DE21 (definido por el usuario)	8 kWp			180°	0°
74	Trina Solar Energy, TSM-DE21 (definido por el usuario)	49,2 kWp			180°	0°
16	Trina Solar Energy, TSM-DE21 (definido por el usuario)	10,6 kWp			210°	6°
Total: 102		67,8 kWp				

LISTA DE MATERIALES (BOM)

Equipos	Código de Producto	Cantidad	Precio (€)	
SE25K		2		
SE17K		1		
P750		102	70,00	7140,00
TSM-DE21		102	230,00	23.460,00
			Precio total: 30.600,00 €	

DISEÑO ELÉCTRICO

Inversores y Almacenamiento	Strings por Inversor	Optimizadores por String	Módulos FV por string
1 x SE25K 27.93kW 112% Sobredimensionado	2 x strings	21 x P750	21

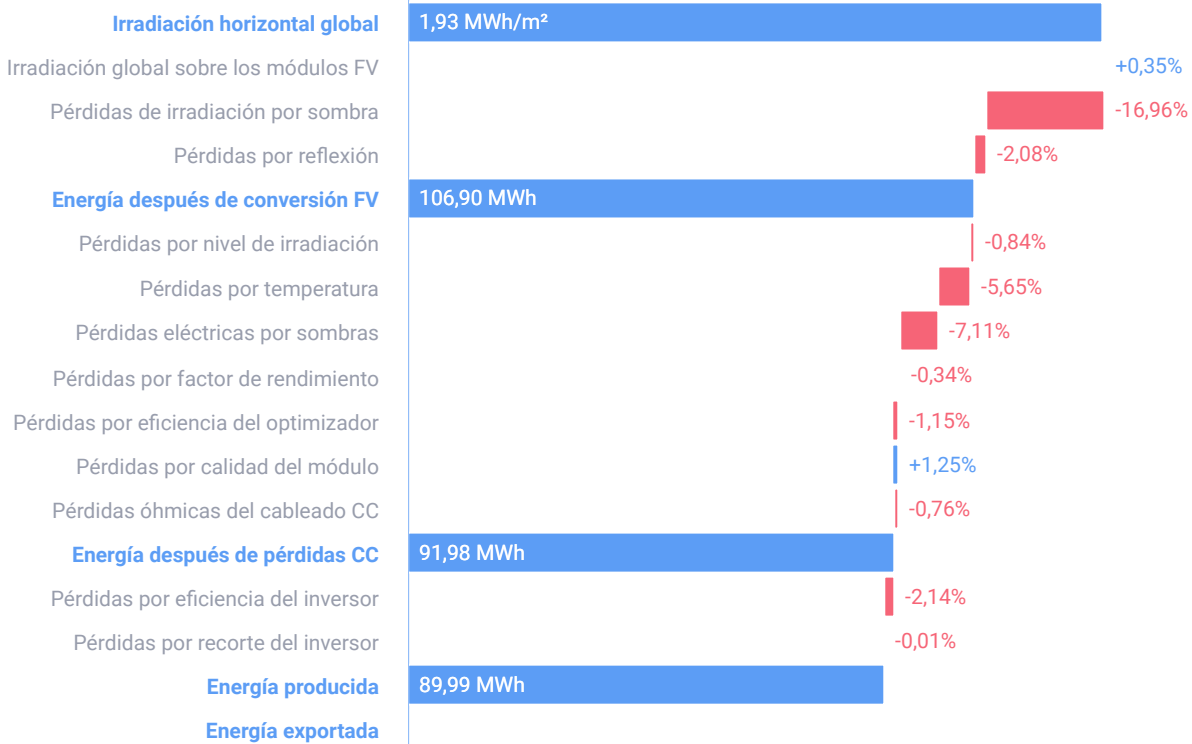
HOSPITEN BELLEVUE

Calle Alemania 6, Puerto de la Cruz, 38400, Spain | 4 oct 2024

DISEÑO ELÉCTRICO (CONTINÚA)

Inversores y Almacenamiento	Strings por Inversor	Optimizadores por String	Módulos FV por string
 1 xSE25K 26.6kW 106% Sobredimensionado	Ω 2 x strings	 20 x P750	 20
 1 xSE17K 13.3kW 78% Sobredimensionado	Ω 1 x string	 20 x P750	 20

DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA



HOSPITEN BELLEVUE

Calle Alemania 6, Puerto de la Cruz, 38400, Spain | 4 oct 2024

PARÁMETROS DE SIMULACIÓN**UBICACIÓN Y RED**

Zona horaria	WEST (Canary)
Estación meteorológica	San Cristóbal de La Laguna (distancia 23,27 km)
Altitud estación	524 m
Fuente de datos estación	Meteonorm 7.1
Red	400V L-L, 230V L-N

**FACTORES DE PERDIDAS**

	Habilitado
Sombra cercana	
Albedo	0,20
Albedo bifacial	0,30
Suciedad y Nieve	0%
Modificador de ángulo de incidencia, param. ASHRAE b0	0,05
Coefficiente de pérdidas térmicas U_c (const) Coplanar	20
Coefficiente de pérdidas térmicas U_c (const) Inclinado	29
Factor de pérdidas por LID	0%
Indisponibilidad del sistema	0%