



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Edificació
de Barcelona



REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO H DE LA ESCUELA
TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BARCELONA
(ETSEIB)

AUTORES:
OSCAR LEONARDO VARGAS GORDILLO
ANDRES DAVID VILLA REDONDO

TUTORA:
INMACULADA RODRIGUEZ CANTALAPIEDRA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN DE BARCELONA
MÁSTER UNIVERSITARIO EN CONSTRUCCIÓN AVANZADA EN LA
EDIFICACIÓN
BARCELONA

2020

RESUMEN

El objetivo de esta tesis es proponer medidas de mejora para el Edificio H de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, enfocadas principalmente en la eficiencia energética, el impacto ambiental y los potenciales ahorros económicos en el edificio, siendo complementadas por la búsqueda de la mejora en la calidad del confort al interior de los espacios.

Las propuestas se plantean a partir del análisis del consumo actual de energía, el comportamiento térmico de la envolvente del edificio y el funcionamiento de los sistemas e instalaciones para climatización (calefacción y refrigeración) e iluminación. Así, se plantea una propuesta de rehabilitación energética mediante diferentes medidas de mejora como lo son la incorporación de un sistema de aislamiento de la envolvente, la sustitución de la ventanería, el cambio de luminarias y la incorporación de un nuevo sistema centralizado de calefacción y refrigeración. El conjunto de estas mejoras logra un ahorro energético al reducir el consumo en un 48,4%, obtenido en gran parte por el ahorro de demanda energética generado bajo la medida de mejora de la envolvente con una reducción importante de demanda para calefacción y refrigeración de 54,2%. El documento se complementa con conclusiones sobre el estado actual de la edificación, sobre las medidas de mejora y sobre la aplicación de este tipo de proyectos en Colombia.

Estas propuestas promueven un edificio de consumo energético casi nulo, conocido como NZEB (Nearly Zero Energy Building), estando dentro del marco normativo del Código Técnico de la Edificación y logrando enmarcarse en los objetivos del Plan UPC Energía 2020 al reducir la demanda energética y las emisiones de CO₂ en las edificaciones pertenecientes a la universidad.

SUMMARY

The goal of this thesis is to propose improvement measures for the H Building of the Barcelona School of Industrial Engineering, focused mainly on energy efficiency, environmental impact and potential economic savings in the building, being complemented by the search for the improvement in quality of comfort inside the spaces.

The improvement proposals are based on the analysis of current energy consumption, the thermal behavior of the building envelope and the operation of systems and installations for heating, cooling and lighting. Thus, a proposal for energy rehabilitation is proposed through different improvement measures such as the incorporation of an envelope insulation system, the replacement of glazing elements, the change of luminaires and the incorporation of a new centralized heating and cooling system. All these improvements would achieve energy savings by reducing consumption by 48.4%, largely obtained by the reduction of energy demand generated under the envelope improvement measure with a significant reduction in demand for heating and cooling of 54.2% The document is complemented by conclusions on the current state of the building, on improvement measures and on the application of this type of projects in Colombia.

These proposals promote an almost zero energy consumption building, known as NZEB (Nearly Zero Energy Building), being within the regulatory framework of the Technical Building Code and achieving the goals of the UPC Energy 2020 Plan by reducing energy demand and CO₂ emissions in the buildings belonging to the university.

Contenido

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 3 |
| SUMMARY | 4 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 2. OBJETIVOS..... | 14 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL..... | 14 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 4. CONTEXTO NORMATIVO | 18 |
| 4.1. MARCO NORMATIVO EUROPEO | 18 |
| 4.2. EVOLUCIÓN NORMATIVA | 18 |
| 4.3. NORMATIVA EN ESPAÑA..... | 21 |
| 5. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA..... | 24 |
| 6. EDIFICIO DE ESTUDIO | 29 |
| 6.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO | 29 |
| 6.2. ENVOLVENTE..... | 32 |
| 6.1. INSTALACIONES | 36 |
| 6.1.1. Iluminación..... | 36 |
| 6.1.2. Calefacción..... | 38 |
| 6.1.3. Refrigeración | 39 |
| 7. ANÁLISIS CONSUMO Y DEMANDA ENERGÉTICA | 41 |
| 8. ENSAYOS REALIZADOS | 45 |
| 8.1. ENSAYO DE ILUMINACIÓN – LUXÓMETRO..... | 45 |
| 8.2. ENSAYO DE TERMOGRAFÍA – CÁMARA TERMOGRÁFICA..... | 46 |
| 9. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE CE3X | 48 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 9.1. | MATERIALES DE ENVOLVENTE | 48 |
| 9.2. | PUENTES TÉRMICOS | 52 |
| 9.3. | PATRONES DE SOMBRA | 55 |
| 9.4. | Resultados de certificación energética | 57 |
| 10. | MEDIDAS DE MEJORA | 60 |
| 10.1. | ENVOLVENTE | 61 |
| 10.1.1. | Sistema de Aislamiento por el Exterior (SATE)..... | 61 |
| 10.1.2. | Aislamiento De Cubierta | 64 |
| 10.1.3. | Aislamiento De Solera En Contacto Con El Aire | 65 |
| 10.1.4. | Cambio De Ventanería | 65 |
| 10.1.5. | Comparativa entre el edificio actual y la mejora de envolvente | 68 |
| 10.1.6. | Presupuesto para medida de mejora en la envolvente..... | 70 |
| 10.2. | INSTALACIONES | 71 |
| 10.2.1. | Sistema centralizado VRV | 71 |
| 10.2.2. | Iluminación | 74 |
| 10.2.2.1. | Diseño de Iluminación Propuesta | 76 |
| 10.2.2.2. | Comparativa entre el edificio actual y la mejora de iluminación. | 80 |
| 10.2.2.3. | Presupuesto para media de mejora del sistema de iluminación..... | 82 |
| 10.3. | ENERGÍAS RENOVABLES | 83 |
| 10.3.1. | Paneles fotovoltaicos | 83 |
| 10.3.1.1. | Presupuesto para medida de mejora de paneles fotovoltaicos | 87 |
| 11. | AHORRO DE DEMANDA ENERGÉTICA Y AHORRO ECONÓMICO | 88 |
| 12. | CONCLUSIONES | 93 |
| 12.1. | SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA EDIFICACIÓN | 93 |
| 12.2. | SOBRE LAS MEDIDAS DE MEJORA | 94 |

| | | |
|-------|--|----|
| 12.3. | SOBRE LA APLICACIÓN DE ESTE TRABAJO EN COLOMBIA..... | 96 |
| 13. | REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA | 97 |

ANEXOS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Anexo 1. | Plantas Edificio H ETSEIB..... | 100 |
| Anexo 2. | Informe de condensaciones en muro de fachada..... | 113 |
| Anexo 3. | Especificaciones técnicas de ventanería actual..... | 115 |
| Anexo 4. | Certificación energética actual. CE3X..... | 116 |
| Anexo 5. | Especificaciones técnicas de aislamientos..... | 121 |
| Anexo 6. | Especificaciones técnicas de ventanería..... | 124 |
| Anexo 7. | Certificación energética de Medida de mejora de Envolverte. CE3X..... | 127 |
| Anexo 8. | Especificaciones técnicas de luminarias..... | 132 |
| Anexo 9. | Modelado de Iluminación. Dialux..... | 138 |
| Anexo 10. | Certificación energética de Medida de mejora de Iluminación. CE3X..... | 199 |
| Anexo 11. | Especificaciones técnicas de paneles fotovoltaicos..... | 201 |
| Anexo 12. | Certificación energética de Conjunto de medidas de mejora. CE3X..... | 203 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Plano de implantación. Fuente ETSEIB..... | 29 |
| Figura 2. Volumetría Edificio H..... | 29 |
| Figura 3. Edificio H visto desde la Av. Diagonal..... | 30 |
| Figura 4. Edificio H en construcción. Fuente: Guillermo Lusa Monforte..... | 30 |
| Figura 5. Planta Tipo. Fuente: ETSEIB..... | 31 |
| Figura 6. Fachada Norte..... | 31 |
| Figura 7. Estructura de Fachada..... | 31 |
| Figura 8. Fachada Norte. Fuente: ETSEIB..... | 32 |
| Figura 9. Fachada Sur. Fuente: ETSEIB..... | 33 |
| Figura 10. Fachada Este. Fuente: ETSEIB..... | 33 |
| Figura 11. Fachada Oeste. Fuente: ETSEIB..... | 34 |
| Figura 12. Ventana Tipo. Fuente: ETSEIB..... | 35 |
| Figura 13. Ventana tipo Basamento. Fuente: ETSEIB..... | 35 |
| Figura 14. Filtración de agua por ventanas. Planta Baja..... | 36 |
| Figura 15. Filtración de agua por ventanas. Planta 8..... | 36 |
| Figura 16. Corredor Zona Común..... | 37 |
| Figura 17. Bombas de impulsión y Placa Técnica..... | 38 |
| Figura 18. Batería de Calderas y Placa Técnica..... | 38 |
| Figura 19. Par de turbinas por planta. Una por cada ala..... | 39 |
| Figura 20. Equipos de refrigeración..... | 40 |
| Figura 21. Distribución irregular de equipos de refrigeración..... | 40 |
| Figura 22. Resultados Actuales de Consumo de Energía Primaria. CE3X..... | 43 |
| Figura 23. Resultados Actuales de Demanda de Calefacción y Refrigeración. CE3X..... | 43 |
| Figura 24. Registro fotográfico de mediciones en diferentes espacios y plantas de la escuela..... | 45 |
| Figura 25. Imagen termográfica Fachada Noreste..... | 47 |
| Figura 26. Imagen termográfica Fachada Suroeste..... | 47 |
| Figura 27. Imagen termográfica Fachada Suroeste..... | 47 |
| Figura 28. Muro revestido de Piedra..... | 48 |
| Figura 29. Muro revestido con azulejo..... | 48 |
| Figura 30. Ventanería Tipo..... | 49 |
| Figura 31. Ventanería Basamento..... | 49 |
| Figura 32. Zócalo de Piedra..... | 50 |
| Figura 33. Solera en contacto con el terreno..... | 50 |
| Figura 34. Solera en contacto con el aire..... | 51 |
| Figura 35. Cubierta en contacto con el aire..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 36. Puente térmico de encuentro de fachada con forjado | 52 |
| Figura 37. Puente térmico de pilar integrado en fachada | 53 |
| Figura 38. Puente térmico de encuentro de fachada con cubierta..... | 53 |
| Figura 39. Puente térmico de encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire | 54 |
| Figura 40. Nomenclatura de fachadas de acuerdo con su orientación | 55 |
| Figura 41. Patrón de sombras sobre fachada Noreste 1 | 56 |
| Figura 42. Patrón de sombras sobre fachada Suroeste 2 | 56 |
| Figura 43. Patrón de sombras sobre fachada Sureste 1 | 57 |
| Figura 44. Certificación energética Edificio H ETSEIB. CE3X..... | 58 |
| Figura 45. Resultados de Consumo actual. CE3X..... | 58 |
| Figura 46. Resultados de Demanda actual. CE3X..... | 58 |
| Figura 47. Sistema SATE. Detalle de planta | 62 |
| Figura 48. Detalle de corte por fachada / Detalle de encuentro de fachada con solera en contacto con el exterior. | 62 |
| Figura 49. Encuentro de SATE con remate de antepecho / Encuentro de SATE con dintel | 63 |
| Figura 50. Detalle del sistema SATE..... | 63 |
| Figura 51 Detalle de encuentro de fachada con cubierta..... | 65 |
| Figura 52. Resultados de Certificación Energética de Medida de mejora de Envolverte. CE3X..... | 68 |
| Figura 53. Resultados de Consumo de Medida de mejora de Envolverte. CE3X | 69 |
| Figura 54. Resultados de Demanda de Medida de mejora de Envolverte. CE3X | 69 |
| Figura 55. Esquema Ejemplo de sistema VRV - Fuente: (Mitsubishi Electric, 2020)..... | 72 |
| Figura 56. Ejemplo de Presupuesto Máquina Principal VRV - Fuente: (CYPE Ingenieros, S.A., 2020)..... | 73 |
| Figura 57. Reemplazo de luminarias y reactancias..... | 74 |
| Figura 58. Especificación Técnica Luminaria 1. DIALUX..... | 76 |
| Figura 59. Diseño de iluminación para Aula en planta 3. | 77 |
| Figura 60- Diseño de iluminación propuesto para Aula en planta 6. | 77 |
| Figura 61. Diseño de iluminación propuesto para despacho en Planta 6. | 78 |
| Figura 62. Diseño de iluminación propuesto para laboratorio en Planta 7. | 78 |
| Figura 63. Diseño de iluminación propuesto para corredor en la Planta 8. | 79 |
| Figura 64. Especificación Técnica Luminaria 2. DIALUX..... | 80 |
| Figura 65. Resultados de Certificación Energética de Medida de mejora de Iluminación. CE3X..... | 81 |
| Figura 66. Resultados de Consumo de Medida de Mejora de Iluminación. CE3X..... | 81 |
| Figura 67. Resultados de Demanda de Medida de mejora de Iluminación. CE3X | 81 |
| Figura 68. Localización de paneles fotovoltaicos en cubierta | 85 |
| Figura 69. Separación entre paneles fotovoltaicos | 86 |
| Figura 70. Esquema de principio Energía solar fotovoltaica..... | 86 |
| Figura 71. Resultados de Certificación Energética del total del conjunto de medidas de mejora. CE3X | 89 |

Figura 72. Resultados de Consumo del total del conjunto de medidas de mejora. CE3X..... 89
Figura 73. Resultados de Demanda del total del conjunto de medidas de mejora. CE3X..... 89

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de la superficie del Edificio H. Área útil 31
Tabla 2. Potencia Instalada de Iluminación por Espacio..... 37
Tabla 3. Consumo Eléctrico Anual Estimado. Fuente: (Barber, 2019)..... 42
Tabla 4. Transmitancia térmica de cerramientos 52
Tabla 5. Puentes térmicos en cada fachada 54
Tabla 6. Medidas de mejora 61
Tabla 7. Consumo de energía, Emisiones de CO₂ y reciclaje de los diferentes materiales. Fuente: Baldosano
J.M; Parra R; Jiménez P. 2005 67
Tabla 8. Propiedades de ventanería (CalumenLive) 67
Tabla 9. Cálculo de la transmitancia global del hueco..... 68
Tabla 10. Transmitancia de cerramientos de propuesta vs. Transmitancia máxima exigida 68
Tabla 11. Presupuesto para Medida de mejora en Envoltante 71
Tabla 12. Niveles de iluminación medios para edificios educativos. (UNE, 2012)..... 75
Tabla 13. Valores límite de eficiencia energética de la instalación. Fuente: (Sección HE 3 Eficiencia Energética
de las Instalaciones de Iluminación, 2017) 75
Tabla 14. Potencia máxima de iluminación. Fuente: (Sección HE 3 Eficiencia Energética de las Instalaciones
de Iluminación, 2017) 75
Tabla 15. Cantidad de luminarias por espacio. Potencias Instaladas Actuales y Futuras..... 80
Tabla 16. Presupuesto para intervención sobre el sistema de iluminación..... 83
Tabla 17. Cálculo instalación de paneles fotovoltaicos 84
Tabla 18. Presupuesto para Medida de mejora con Paneles fotovoltaicos 87
Tabla 19. Cálculo de Ahorro, Amortización y VAN para mejora en Envoltante - Elaboración Propia 90
Tabla 20. Cálculo de Ahorro, Amortización y VAN para mejora en Sistema de Iluminación - Elaboración Propia
..... 91
Tabla 21. Cálculo de Ahorro, Amortización y VAN para mejora en Paneles Fotovoltaicos - Elaboración Propia
..... 91

Índice de Gráficas

| | |
|--|----|
| Gráfica 1. Comparación de Consumos Eléctricos - Elaboración de Autor. Fuente: Sirena UPC | 17 |
| Gráfica 2. Presión de saturación frente a Presión de vapor en muros. Enero. | 35 |
| Gráfica 3 Distribución de espacios en superficie..... | 37 |
| Gráfica 4. Comparativa de consumo eléctrico en edificaciones de la UPC..... | 41 |
| Gráfica 5. Consumo eléctrico ETSEIB 2017 (kWh/m ²). Fuente: (UPC, 2019) | 42 |
| Gráfica 6. Temperatura operativa y temperatura exterior a lo largo del año. Design Builder | 44 |
| Gráfica 7. Impacto ambiental de aislamientos. Realizado con datos obtenidos del ITEC..... | 64 |
| Gráfica 8 Emisiones de CO ₂ asociadas al ciclo de vida. Fuente: Baldosano J.M, Vargas V. 2017 | 66 |
| Gráfica 9. Consumo actual vs. Consumo medida de mejora de envolvente | 69 |
| Gráfica 10. Emisiones de CO ₂ . Estado actual vs. Medida de mejora de envolvente..... | 69 |
| Gráfica 11 Comparación de consumo y demanda de calefacción..... | 70 |
| Gráfica 12 Comparación de consumo y demanda de refrigeración | 70 |
| Gráfica 13. Comparación de consumo actual vs. Medida de mejora de iluminación..... | 82 |
| Gráfica 14. Energía eléctrica generada por paneles fotovoltaicos mes a mes..... | 87 |
| Gráfica 15. Consumo energético de estado actual vs. Consumo energético de medidas de mejora | 88 |
| Gráfica 16. Demanda energética actual vs. Demanda energética de medida de mejora de envolvente..... | 88 |

1. INTRODUCCIÓN

La Unión Europea ha establecido estrategias para la reducción del consumo energético de los edificios con el fin de regular la eficiencia energética de la región, las cuales se encuentran enmarcadas dentro de los objetivos del protocolo de Kioto. De acuerdo con el Informe de estado global de las Naciones Unidas de 2017, los edificios y la construcción representan el 36% del consumo de la energía y el 39% de las emisiones de dióxido de carbono (UN Environment and International Energy Agency, 2017.).

En España la construcción presenta un panorama similar en comparación con la media europea, teniendo así impactos en la sociedad de un 32% en cuanto al consumo de energía no renovable, 30% de generación de emisiones de CO₂, generación de entre 30 y 40% de residuos sólidos y el consumo de 41% de recursos naturales (Wadel, Avellaneda, & Cuchí, 2010).

Sumado al consumo de energía, los edificios pueden presentar considerables problemas para la salud y el confort de los usuarios. En 2017 “Healty homes barometer” (Rasmussen, y otros, 2017), que es el primer informe realizado en Europa para este conjunto de deficiencias, incluye datos estadísticos que demuestran la correlación entre la salud de las personas y los edificios que habitamos. La falta de adecuados sistemas de ventilación y renovación de aire son los principales causantes de enfermedades respiratorias como el asma, alergias e incluso otro tipo de enfermedades no respiratorias también asociadas a una prolongada exposición a una mala calidad del aire interior. Este impacto se traduce a la vez en repercusiones económicas para los países. De acuerdo con el informe, se estima que el coste para la sociedad europea de enfermedades como el asma o el EPOC (enfermedad obstructiva crónica pulmonar) es de 82 mil millones de euros al año, de los cuales 50% se destinan a medicinas y cuidados, mientras que el otro 50 % se atribuye a costos indirectos como, por ejemplo, la pérdida de actividad laboral.

Frente a esto, en España se han implementado instrumentos de control bajo la normativa dada por la Directiva Europea 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética mediante la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012, y el Código Técnico de la Edificación (CTE)

con el fin de lograr edificios de consumo de energía casi nulo, conocidos como NZEB (Nearly Zero Energy Building) y mejores condiciones de confort al interior de los espacios. Para cumplir estos objetivos la rehabilitación energética de los edificios surge ahora como una solución capaz de reducir las emisiones de CO₂ mejorando su eficiencia energética y a su vez la calidad de vida de los usuarios.

En Barcelona, el edificio H de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB) que finalizó su construcción en 1964 es un edificio que por su envergadura y tiempo de uso requiere de una rehabilitación energética. Así se propone un estudio del comportamiento energético del edificio, analizando la actualidad de las condiciones climáticas, los materiales y las instalaciones; en función de los resultados obtenidos y las soluciones disponibles en el mercado, se plantearán medidas de mejora para obtener una óptima certificación energética del edificio.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer una propuesta de intervención conformada por las medidas de mejora definidas como respuesta a los resultados de la investigación, con el fin de alcanzar una mejora en el comportamiento energético y el confort de los usuarios en el edificio H de la ETSEIB.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar materiales, instalaciones y factores climáticos influyentes sobre el comportamiento energético de la edificación.
2. Analizar el comportamiento interior de la edificación a través de métodos que permitan conocer factores como la temperatura, transmitancia térmica e iluminación.
3. Analizar los comportamientos de demanda y consumo de la edificación.
4. Establecer las deficiencias en el funcionamiento y operación de la edificación, con el fin de definir las medidas de mejora más adecuadas.
5. Proponer medidas de mejora enfocadas tanto en la eficiencia energética como en el ahorro económico, enfocadas a optimizar el funcionamiento de la edificación.
6. Desarrollar una comparativa entre el estado actual de la edificación y el propuesto por las medidas de mejora buscando conocer los potenciales beneficios energéticos y económicos en caso de implementarse la intervención.

3. JUSTIFICACIÓN

Dado que el sector de las edificaciones es considerado como uno de los sectores de mayor consumo de energía y generación de emisiones contaminantes sobre el ambiente, es imprescindible buscar la forma en que se puedan mejorar el comportamiento de los edificios, bien sea a través de las metodologías y procedimientos que se puedan implementar para nuevas edificaciones, como para las acciones que se pueden tomar sobre las edificaciones existentes, no solo en su operación y mantenimiento sino también en las renovaciones e intervenciones que sean factibles en función de las posibilidades de cada edificación.

Como parte de respuesta a una de las dos ramas de posibilidades, la rehabilitación energética comprende de forma holística el conjunto de posibles intervenciones sobre el parque edificado para optimizar su comportamiento y aportar a contrarrestar la actual crisis climática-ambiental.

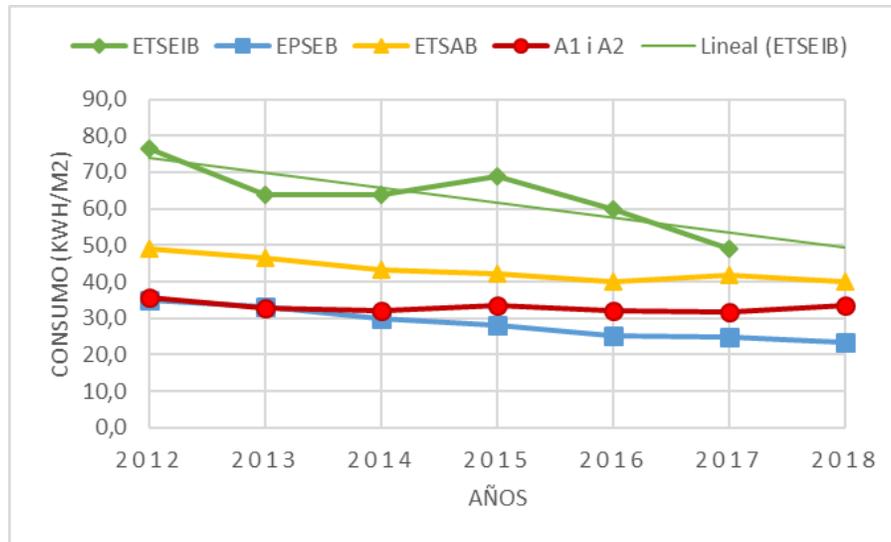
La Unión Europea, expresándose a través del protocolo de Kioto, se propone una reducción urgente de consumo energético en edificaciones a lo largo de los países conformantes de la organización. España se encuentra bastante rezagada en cuanto a los resultados esperados y también sobre la aplicación de acciones para disminuir significativamente el gasto energético y la producción de CO₂; países como Dinamarca y Suecia (que encabezan la lista de eficiencia energética en Europa) se encuentran con una agenda clara y procedimientos descriptivos con cronogramas clave para lograr las metas propuestas e inclusive excederlas. Por ejemplo, Dinamarca, destina un presupuesto exclusivo con recursos de operación individuales para la rehabilitación energética en edificios públicos y privados, demostrando la integralidad de la iniciativa nórdica.

Así mismo, países como Croacia, que no es puntualmente una de las naciones líderes en el mundo, cuenta desde 2014 con un programa de renovación de energía en edificios no residenciales, el cual atiende esta problemática actualizándose año tras año y cuyo objetivo es la renovación de esta tipología de edificios aplicando medidas de eficiencia energética; este objetivo se enlaza con el propósito de permitir desarrollar nuevas actividades empresariales, emplear un a administración continua y estratégica de la energía y un manejo sostenible de los recursos energéticos y naturales a nivel local, regional y nacional. El

programa de Croacia se enfoca principalmente en edificios que se hayan construido antes de 1987 y consuman más de 300kWh/m² de energía para calefacción (aun cuando el promedio es alrededor de 250 kWh/m²), para que se pueda estimular una concepción de que la construcción de nuevas edificaciones debe partir de una línea base que determine estándares de bajo consumo de energía.

En España, se concibe hacer el frente a la temática desde diferentes frentes y organizaciones estatales, con el fin de empezar desde el sector normativo y legal el desarrollo de las estrategias de sostenibilidad y eficiencia. Por ejemplo, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), define que *la eficiencia energética es una estrategia válida para solucionar el problema de la escasez de fondos públicos y puede contribuir a disminuir los graves problemas de la energía y el clima. En este sentido, el sector público debe predicar con el ejemplo en lo que se refiere a inversiones, mantenimiento y gestión energética de sus edificios, instalaciones y equipamiento.* (IDAE, 2020) . Es importante resaltar que, en el sector de edificios públicos, hay mucho potencial de ahorro energético, que a su vez es difícil de llevar a cabo por barreras administrativas y legales; por ejemplo, en el presupuesto del sector público, la partida destinada a inversión en tecnologías consumidoras de energía es diferente a la destinada al mantenimiento y suministro energético de estos mismos equipos. Esta división, en dos áreas incomunicadas, plantea dificultades a la hora de seleccionar nuevos equipos con criterios de eficiencia energética, ya que sólo se considera la inversión económica sin ligarla a la factura energética y de mantenimiento a lo largo de toda la vida útil de la instalación.

De esta forma, buscando realizar un trabajo que sea aplicable y con el fin de aplicar la rehabilitación energética a un caso que sea funcional, se elabora una propuesta de intervención sobre uno de los edificios más antiguos de la Universidad Politécnica de Catalunya, el edificio H de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB), que, además, presenta unas condiciones energéticas deficientes en comparación a otros edificios pertenecientes a la institución, como se muestra a continuación en la gráfica comparativa:



Gráfica 1. Comparación de Consumos Eléctricos - Elaboración de Autor. Fuente: Sirena UPC

Como se evidencia, a pesar de que siga la tendencia de reducir el consumo eléctrico anual, la edificación de estudio se encuentra muy por encima de lo que promedian los otros edificios, que año tras año también decrecen en el consumo debido a intervenciones realizadas sobre cada edificación. Dichas intervenciones se han caracterizado por mejorar la envolvente, las instalaciones y la operación propia de cada edificio para poder optimizar los desempeños.

Por tanto, la rehabilitación energética de las edificaciones es primordial para alcanzar una mejoría notable, pues en función de este procedimiento se puede reducir el consumo de la energía requerida para satisfacer las necesidades del confort en usuarios de cualquier edificación (calefacción/refrigeración, iluminación, calidad del aire interior).

Adicionalmente, el hecho de que las intervenciones sobre la eficiencia energética permitan optimizar el comportamiento de edificaciones que estén en pie desde hace más de medio siglo, es un componente fundamental para afrontar los retos que transversalmente se plantean en toda Europa.

De este modo, haciendo frente a la problemática descrita y haciendo parte de la solución, se concibe desarrollar una propuesta de intervención sobre este edificio que es de gran escala, permitiendo no solo elaborar una propuesta aplicable al edificio de estudio sino también, sugerir un conjunto de mejoras que se pueda explorar y desarrollar en otros edificios pertenecientes a la universidad que se contemplen bajo un contexto igual o similar.

4. CONTEXTO NORMATIVO

4.1. MARCO NORMATIVO EUROPEO

De acuerdo con la aprobación a final del año 2002 de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al rendimiento energético de los edificios se obliga a los estados miembros a poner en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a los siguientes requisitos (Bosh, Ruíz, López, & Rodríguez, 2006):

- Aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética para edificios nuevos y grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
- Certificación energética de edificios.
- Inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado.

El caso de España la implementación de estos acuerdos se realiza mediante la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012 y el Código Técnico de la Edificación (CTE). De acuerdo con Joana Capote (2010) “el CTE presume un ahorro importante derivado de los requerimientos de aislamiento térmico y de equipamientos de energía solar que introduce, pero sólo en las nuevas edificaciones o en las grandes rehabilitaciones. Se estima que las exigencias energéticas que se derivan de la aplicación de este código producen ahorros de energía entre el 30 y el 40% y una consecuente reducción de emisiones de CO₂ de entre un 30 y un 55%” (Capote, 2010).

4.2. EVOLUCIÓN NORMATIVA

La presente Directiva Europea 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios pone como principal objetivo la eficiencia energética dentro una nueva estrategia de la Unión Europea para el empleo y el crecimiento inteligente, sostenible e integrador (Estrategia Europa 2020). Dentro de esta nueva estrategia se señala la eficiencia energética como un elemento fundamental para asegurar la sostenibilidad del consumo de recursos energéticos.

Con el propósito de establecer directrices de estudio dentro del marco normativo actual es necesario comprender como esta normativa ha cambiado a través de los años desde las primeras directrices de Bruselas de 1993:

- Directiva 93/76/CEE:

Directiva europea referente a la limitación de emisiones de dióxido de carbono mediante un mejoramiento en de la eficiencia energética (SAVE) relativa a los edificios residenciales. En esta directiva se reconoce la importancia de las edificaciones en la reducción de emisiones y la necesidad de una certificación energética para los mismos. A pesar de que las exigencias de la directiva no confieren poderes para su legislación e implementación, en ella se habla por primera vez de certificación energética de los edificios, facturación de gastos de calefacción, ACS y refrigeración en función del consumo real, aislamiento térmico de edificios nuevos, inspección periódica de calderas y las auditorías energéticas en empresas de elevado consumo de energía.

- Directiva 2002/91/CE:

Esta directiva establece la obligación de poner a disposición a los compradores y usuarios un certificado de eficiencia energética con el fin de fomentar las inversiones en ahorro de energía y potenciar la demanda de la calidad energética entre los compradores o arrendatarios de vivienda. Se establece una metodología a seguir para la obtención de estas certificaciones mediante el cálculo del rendimiento energético integrado de los edificios bajo unas normas mínimas de rendimiento energético para edificios nuevos y existentes.

De acuerdo con esta directiva se establece que la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios deberá integrar al menos los siguientes aspectos: características térmicas del edificio (cerramientos exteriores e interiores), instalaciones de calefacción, agua caliente y aire acondicionado, ventilación natural, iluminación, la localización y orientación del edificio, entre otras.

- Directiva 2010/31/UE:

La Directiva 2002/91/CE fue derogada el 19 de mayo de 2010 por la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en la cual se introduce el concepto de *Edificios de consumo energético casi nulo* como aquel “edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, en el cual la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida deberá estar cubierta, en muy amplia medida por energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”. De esta manera se estipula que a partir de 2021 todo edificio nuevo debe ser de consumo de energía casi nulo y a partir de 2019 para edificios públicos ocupados.

Esa directiva estipula que la metodología de cálculo de la eficiencia energética debe basarse no solo en las temporadas en que es necesario el uso de calefacción, sino que este debe realizarse a lo largo de todo el año. De igual manera, los países miembros deben establecer unos requisitos mínimos de eficiencia energética, debiendo existir un mínimo de 15 % de diferencia superior entre los niveles calculados de eficiencia energética y dichos requisitos mínimos. Además, se determina que los certificados de eficiencia energética deben incluir consejos prácticos y medidas de mejora para alcanzar estos niveles óptimos.

- Directiva 2012/27/UE:

La actual directiva se enmarca dentro del objetivo del fomento de la eficiencia energética a fin de asegurar un ahorro del 20% de ahorro de energía para 2020 en la nueva estrategia de la Unión para el empleo y el crecimiento inteligente, sostenible e integrador (Estrategia Europa 2020)

Así se establecen los siguientes requisitos:

- Renovación del parque inmobiliario, ya que los edificios son cruciales para alcanzar el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 80% y 90% para 2050 respecto a 1990.
- Los edificios públicos y en concreto los de las administraciones centrales deben renovarse con el fin de mejorar su rendimiento energético y de esta manera proporcionar ejemplo dentro del parque edificado.

- Se deben desarrollar programas para fomentar las auditorías energéticas en las pequeñas y medianas empresas. De igual manera, para las grandes empresas las auditorías tienen que ser obligatorias y periódicas ya que el ahorro energético obtenido puede ser significativo.

4.3. NORMATIVA EN ESPAÑA

En España hasta antes de 1979 no existe una normativa energética para los edificios hasta la creación del Real Decreto 2.429/79 por el cual se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 sobre las condiciones térmicas de los edificios, en la cual los edificios quedan definidos térmicamente mediante el coeficiente de transmisión térmica global del edificio KG, estableciendo un KG máximo. En dicha normativa se tienen en cuenta los tipos de cerramientos y los métodos constructivos con el fin de evitar condensaciones interiores y superficiales, pero no se toman en cuenta sus instalaciones térmicas.

A partir de 1980, con el Real Decreto 1618/1980 se pone en vigor el Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, con el fin de reducir el consumo energético y es hasta 1998 que se genera una actualización con el establecimiento del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) por el Real Decreto 1751/1998.

A partir de las obligaciones estipuladas por la Directiva de la Unión Europea y sus distintas actualizaciones, en España estos objetivos se puntualizan mediante la implementación del Código Técnico de la Edificación (CTE). A través de esta normativa se fomentan las medidas de ahorro y eficiencia energéticas a través de las certificaciones energéticas, la utilización de la energía solar y la publicación de diferentes ordenanzas municipales.

- Código Técnico de la Edificación (CTE) – Real Decreto 214/2006:

Aprobado en marzo de 2006, el Código Técnico de la Edificación fija los requisitos mínimos que deben cumplir los edificios en cuanto a condiciones acústicas, térmicas, estructurales,

entre otras, tanto en materiales como en instalaciones, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus ocupantes.

Los principales objetivos del CTE son:

- Facilitar la adaptación del sector de la construcción a la estrategia de sostenibilidad económica, energética y medioambiental.
- Garantizar la existencia de edificios más seguros, más estables, de mayor calidad y más sostenibles.

- Certificación Energética de Edificios (CEE) – Real Decreto 47/2007:

Mediante el Real Decreto 47/2007 se aprueba el Procedimiento Básico para la Certificación Energética aplicable para edificios de nueva construcción y modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con área superior a 1000 m². Mediante esta certificación se pretende reducir la demanda energética de los edificios en un 25%, reducir su consumo energético y las emisiones de CO₂, además de potenciar el uso de energías renovables.

El Real Decreto 47/2007 incorpora en el CTE las exigencias de requisitos mínimos de eficiencia energética mediante el Documento Básico HE – Ahorro de Energía que posee las siguientes secciones:

HE-1 Limitación de la demanda energética

HE-2 Rendimiento de las instalaciones térmicas

HE-3 Eficiencia energéticas de las instalaciones de iluminación

HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

HE-5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

- Certificación Energética de Edificios (CEE) – Real Decreto 235/2013:

Mediante el Real Decreto 235/2013 se transponen las obligaciones estipuladas por la Directiva 2010/31/UE con la incorporación del Procedimiento Básico para la Certificación de eficiencia energética de edificios. En este decreto se establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de edificios el certificado de eficiencia energética en el cual se debe incluir información objetiva sobre la eficiencia energética del edificio. Los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios no se incluyen en este real decreto ya que se establecen en el Código Técnico de la Edificación.

Como resultado del certificado de eficiencia energética se deben contener:

- Identificación del edificio
 - Indicación del procedimiento reconocido utilizado
 - Descripción de las características energéticas del edificio
 - Resultado: Etiqueta energética
 - Documento de medias de mejora (para edificios existentes)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) – Real Decreto 1027/2007:

El nuevo RITE establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía. De esta manera las exigencias que establece el Real Decreto se basan en un mayor rendimiento energético de los equipos de calefacción y refrigeración y un mejor aislamiento de los mismos. Se establece también la incorporación de subsistemas de recuperación de energía y la utilización de energías renovables, en especial energía solar y biomasa.

En Cataluña existe además el Decreto de Ecoeficiencia de Cataluña aprobado por el gobierno catalán como el Decreto 21/2016 que obliga a que los edificios implementen medidas de mejora en términos ambientales. De igual manera cabe la pena mencionar las diferentes ordenanzas municipales como es el caso de la Ordenanza solar térmica de Barcelona que regula la incorporación de sistemas de captación y utilización de energía solar para producir agua caliente sanitaria en edificios, independientemente de ser públicos o privados.

5. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA

La Rehabilitación Energética de Edificios (REE) podría definirse como el conjunto de medidas constructivas destinadas a mejorar el ahorro y la eficiencia energética de un edificio, consiguiendo los mismos niveles de productividad y las mismas condiciones de confort, mediante una combinación de tecnologías, procesos y comportamiento de las personas, con el fin de proteger el medio ambiente, reforzar la seguridad del abastecimiento y crear una política energética sostenible. (Espada N., Casas Abajo, & López Fernández, 2012). La reducción de emisiones de CO₂ es uno de los principales argumentos medioambientales que favorecen el debate sobre la inversión en rehabilitación energética en España, mostrándose como un camino a seguir para el cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kioto. Adicionalmente, se encuentran motivos económicos en cuanto a la reducción del consumo energético en el parque edificado el cual disminuiría la dependencia energética del país, especialmente cuando la fuente no es renovable, generando en el sistema menor vulnerabilidad frente a las alzas repentinas en los precios relacionados al consumo.

Bajo la visual de los objetivos europeos y globales, España ha tenido que desplegar una serie de actualizaciones sobre decretos y su código técnico de edificaciones, con el fin de unir esfuerzos y acercar a su parque edificado a los Nearly Zero Energy Buildings (NZEB). Este parque edificado, aunque es relativamente joven, en comparación con otros países europeos, tiene la debilidad de haber sido construido en gran porcentaje sin atender a las obligaciones o requisitos de aislamiento térmico, lo que, al multiplicarse por millones de edificios, evidencia la crisis energética que se debe atender prontamente.

La necesidad de hacer una gestión eficiente de la energía en las edificaciones encuentra como primera herramienta a la rehabilitación energética, la cual debe adaptarse a las necesidades de las comunidades y los usuarios además de ser una intervención integral, que abarque todos los factores que se involucran en la sostenibilidad: Sociedad, Economía y Ambiente. Esta visión puede ser alcanzada a través de los siguientes pasos, propuestos por el programa MARES de Madrid (Mares Madrid, 2020):

1. Sistemas que reduzcan la demanda de calefacción en invierno, como la mejora del aislamiento de toda la envolvente del edificio, o la mejora de la estanqueidad de las ventanas.
2. Sistemas que reduzcan la demanda de energía en verano y eviten recurrir al aire acondicionado, que repercute negativamente en la economía familiar y en el medio, como por ejemplo el control del soleamiento, una buena utilización de la inercia térmica, sistemas pasivos de ventilación y refrescamiento del aire, o utilización de vegetación.
3. Materiales cuyo balance energético completo sea lo mejor posible, para ahorrar energía no sólo durante el uso del edificio sino en todo el ciclo de vida del mismo.
4. Una minimización de los impactos de los materiales utilizados en la salud de los habitantes y en el medio ambiente.
5. Sistemas que garanticen la accesibilidad universal al edificio.
6. Renovación de equipos por otros de mayor rendimiento que utilicen energía renovable.
7. La posibilidad de ampliar espacios habitables, tanto privados como comunitarios y mejorar distribuciones.
8. La utilización de sistemas y materiales susceptibles de poder suministrarse e instalarse desde la economía local, por medio de Pymes y autónomos de los propios barrios como manera de combatir el desempleo en los mismos.
9. La posibilidad de que las comunidades participen en todas las decisiones que les afectan de una manera democrática en todas las fases de la intervención, con un asesoramiento y mediación cualificada.
10. En las intervenciones que lo permitan, tratar los espacios inter-bloques como espacios sombreados y verdes que refresquen el entorno, y permitan la socialización vecinal.

Como intención de promover y llevar un control de la eficiencia energética, en España como en la mayoría de Europa se hace uso de una línea base para medir el desempeño de las edificaciones y a través de este cuantificar y analizar las deficiencias y potenciales de actuación frente a la crisis ambiental y de energía. La certificación energética es un procedimiento de inspección de los sistemas y de la demanda energética de una edificación

que permite establecer una calificación en base a parámetros de funcionamiento y eficiencia en general. Así pues, un certificado energético será un documento que presente la información relacionada a la calificación energética del inmueble en base a las emisiones de dióxido de carbono, conteniendo, detalles sobre las instalaciones y equipos especificando los valores de consumo eléctrico y demanda energética de dicha edificación. De este modo, cada edificio obtendrá una etiqueta que indica la calificación del inmueble en función de lo eficiente que es en cuanto al consumo de energía, expresado en kWh/m² año, y las emisiones de CO₂, expresadas en kgCO₂/m² año. Dicha calificación se expresa siguiendo un código de color y una escala alfabética que categoriza de la “A” (más eficiente) a la “G” (menos eficiente). La etiqueta energética contiene los datos generales del inmueble en su parte superior, también debe mostrar la normativa de construcción vigente en el momento de la construcción del edificio y la referencia Catastral. Para la caracterización general del edificio, se debe especificar el tipo de edificio, es decir, si se trata de un edificio de uso terciario, un edificio de viviendas, vivienda unifamiliar o local; del mismo modo, se debe mostrar la ubicación donde se detalle la dirección, municipio y comunidad autónoma del inmueble.

En la parte baja de la etiqueta se indica el número de registro y la fecha de validez de la etiqueta energética. El número de registro lo emite el registro competente de cada Comunidad Autónoma, y es imprescindible para que la etiqueta tenga validez. La fecha de validez de la etiqueta es diez años desde la fecha de emisión del certificado de eficiencia energética,

El proceso de certificación, hasta el momento, es obligatorio para todas las edificaciones que quisieran venderse o alquilarse, al igual que para todas las edificaciones de nueva construcción y para los edificios o partes de edificios existentes en los que una entidad pública ocupe una superficie útil total superior a 500 m² y que sean frecuentados habitualmente para el público y desde el 9 de julio del 2015 cuando su superficie útil total sea superior a 250 m² y desde el 31 de diciembre del 2015, cuando la superficie útil total sea superior a 250 m² y esté en régimen de arrendamiento (Catalunya, 2020). A pesar de que no todas las edificaciones que encajan en estas clasificaciones están certificadas, es objetivo del estado que se apeguen a la normativa con el fin de parametrizar eficiencias energéticas y establecer líneas base de cumplimiento para el objetivo global del 2020.

Para obtener el certificado energético, el técnico certificador debe realizar obligatoriamente una visita al inmueble. Una vez allí, se realiza una medición y recoge los datos constructivos y de instalaciones (calefacción, agua caliente y aire acondicionado) necesarios para elaborar el certificado de eficiencia energética. Los datos necesarios para obtener el certificado se dividen en dos grupos: La envolvente, que concibe cómo está construido el edificio, es decir, composición de muros y huecos (puertas, ventanas, entre otros). Y por otro lado están las instalaciones: calefacción, refrigeración, agua caliente y las instalaciones de iluminación.

Posteriormente, la persona encargada de la certificación introduce los datos recogidos en la visita en el programa informático habilitado por el Ministerio de Industria para obtener el certificado energético, como lo son CE3 y CE3x, quedando a criterio del técnico la elección de un programa u otro para obtener el certificado energético. De forma complementaria, es obligatorio presentar el certificado energético ante el registro habilitado de cada comunidad autónoma; este trámite puede realizarlo el técnico certificador como representante del propietario, entregando un justificante donde se registra el certificado energético. Para completar el proceso, el lugar donde se tramita el certificado de eficiencia energética entrega un justificante con el número de registro de certificado.

En Cataluña, la validación de la certificación energética la realiza el ICAEN, que, como en órgano competente en materia de certificación energética, gestiona las solicitudes de inscripción al registro de certificados de Cataluña, y hace la revisión administrativa y técnica de cada expediente por verificar la correcta aplicación de la metodología. La obtención del certificado da derecho a la utilización de la etiqueta energética en formato digital que el ICAEN pone a disposición del técnico certificador, del promotor o propietario a través del buscador de certificados. Por último, en cuando a la visibilidad de la etiqueta, es mandatorio para todos los edificios o unidades de edificios ocupados para las autoridades públicas y que sean frecuentados habitualmente por el público, con una superficie útil total superior a 250m². (Catalunya, 2020)

El objetivo fundamental de la rehabilitación energética no es la obtención de la calificación energética o su etiqueta, sino el planteamiento de las medidas de mejora para generar un ahorro energético. Estas generalmente son un anexo de recomendaciones, elaboradas por el equipo que se encarga de la certificación, que se enfatizan en generar mejores prácticas o

proponer una serie de intervenciones que optimicen el funcionamiento energético de la edificación. Es importante resaltar que actualmente no existe legislación que obligue a aplicar las medidas de mejora, aunque por supuesto es altamente recomendable la ejecución y adopción de estas para que se genere un menor impacto medioambiental al mismo tiempo que se mejora el confort de los usuarios.

6. EDIFICIO DE ESTUDIO

6.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB) se localiza en el distrito de Les Corts al oeste de la ciudad, al costado sur de la Avenida Diagonal. Este campus está conformado por seis pabellones (PI, PB, PC, PD, PE, PF, PG) constituidos cada uno por 3 plantas, y el Edificio H que, se conforma por doce plantas y dos sótanos, para una área construida total de 48.000 m². El edificio H, objeto de este estudio, tiene un área construida de 23.980 m² y una superficie útil de 21.135 m² representando el 49% de la escuela. Debido a su localización, el edificio presenta una geometría con dirección suroeste con una rotación de 18° respecto al sur.

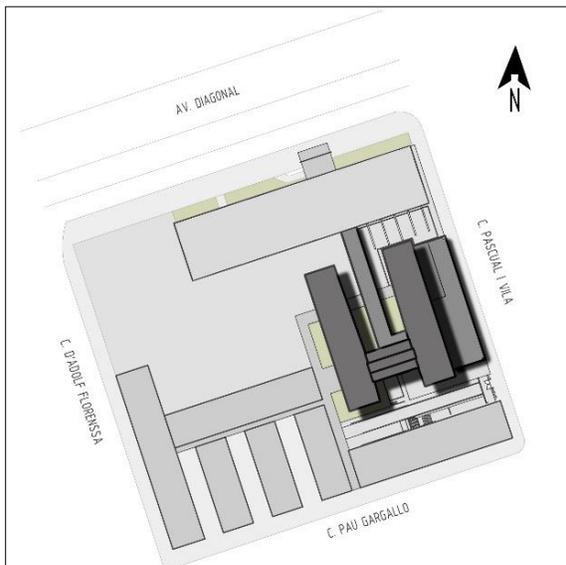


Figura 1. Plano de implantación. Fuente ETSEIB

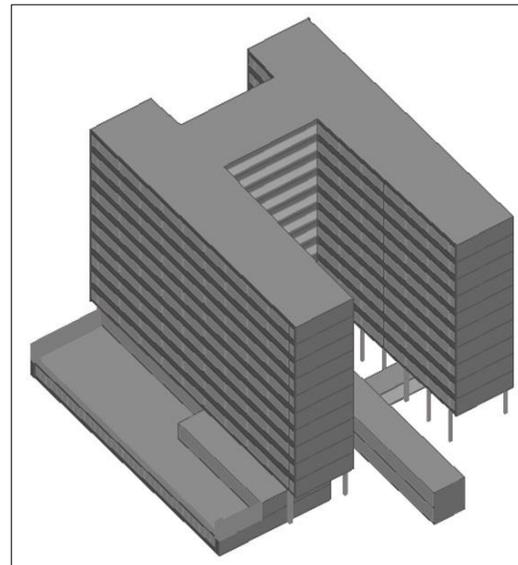


Figura 2. Volumetría Edificio H.



Figura 3. Edificio H visto desde la Av. Diagonal

La escuela, anteriormente llamada Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona (EIIB) toma su nueva sede luego de trasladarse del centro de la ciudad en el año 1964, fecha de inauguración de este nuevo campus luego de 4 años de construcción (Lusa, 2016). El arquitecto encargado fue Roberto Terradas Via quien diseñó un edificio, dispuesto en dos alas paralelas en las cuales se desarrolla el programa arquitectónico para laboratorios, aulas, despachos y salas de reuniones, que se unen por un tercer cuerpo en el que se localiza la circulación vertical en una agrupación de ascensores y escaleras, además de localizarse allí los baños de cada planta (Ver Anexo 1). El sistema constructivo se compone de una estructura metálica de columnas y vigas que soportan los forjados de cada una de las plantas (Figura #)



Figura 4. Edificio H en construcción. Fuente: Guillermo Lusa Monforte.

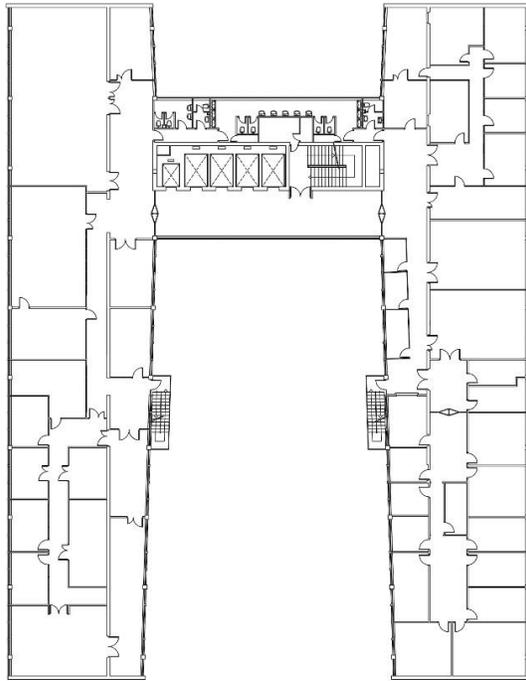


Figura 5. Planta Tipo. Fuente: ETSEIB



Figura 6. Fachada Norte



Figura 7. Estructura de Fachada

La planta baja del edificio se encuentra elevada media planta con respecto a la cota de la Avenida Diagonal, generándose allí los pasillos de distribución a los diferentes edificios, bajo esta se localiza el sótano 1 el cual queda en la misma cota de la calle Pascual i Vila debido al desnivel de la calle desde la Avenida Diagonal. La distribución de la superficie de acuerdo a cada uno de los usos se puede observar en la Tabla 1

| Espacio | Area (m ²) | % |
|--------------|------------------------|---------------|
| Aula | 3828.60 | 18.11 |
| Baño | 738.15 | 3.49 |
| Armario | 173.80 | 0.82 |
| Escaleras | 37.31 | 0.18 |
| Laboratorio | 2688.56 | 12.72 |
| Despacho | 4978.20 | 23.55 |
| Sala | 693.00 | 3.28 |
| Ascensores | 810.18 | 3.83 |
| Zona Común | 4226.48 | 20.00 |
| Biblioteca | 217.10 | 1.03 |
| Bar | 426.60 | 2.02 |
| Cocina | 128.00 | 0.61 |
| Terraza | 602.50 | 2.85 |
| Tecnico | 1506.67 | 7.13 |
| Copistería | 80.50 | 0.38 |
| Total | 21135.65 | 100.00 |

Tabla 1. Distribución de la superficie del Edificio H. Área útil

Del área total del edificio predominan los usos de aulas (18,1%), laboratorios (12,7%), despachos (23,5%), y zonas comunes (26,86), las cuales representan la mayor área del edificio debido al diseño arquitectónico y las circulaciones verticales del edificio. Se destina un porcentaje restante a usos de servicios (18,8%) como baños, armarios, cuartos técnicos, salas y bar.

6.2. ENVOLVENTE

El sistema de la envolvente del edificio está definido de acuerdo con la orientación de cada una de las fachadas, teniendo de esta manera mayor cerramiento de las fachadas orientadas hacia el norte y el sur, mientras que las fachadas orientadas a este y oeste presentan cerramientos más traslucidos.

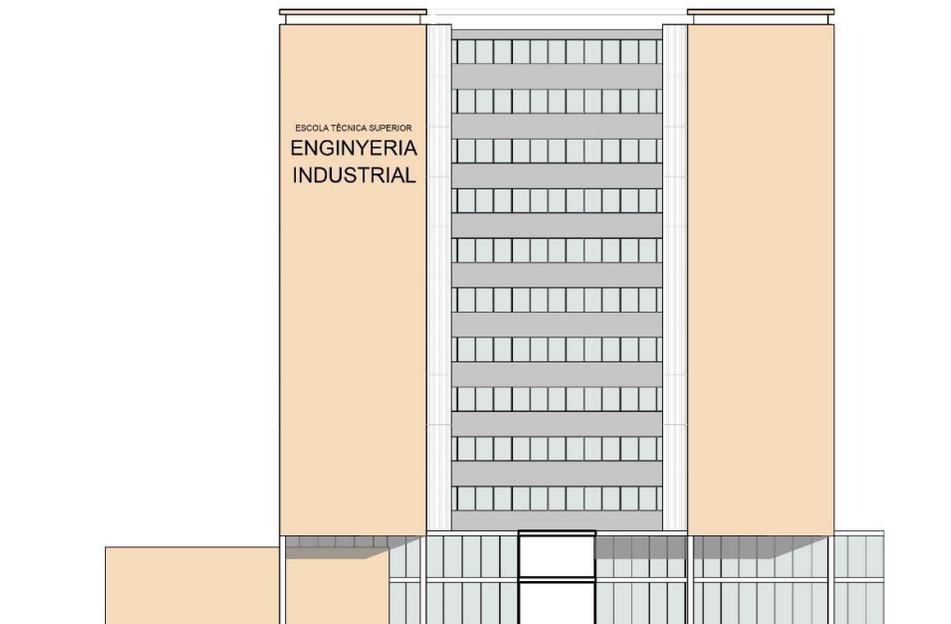


Figura 8. Fachada Norte. Fuente: ETSEIB

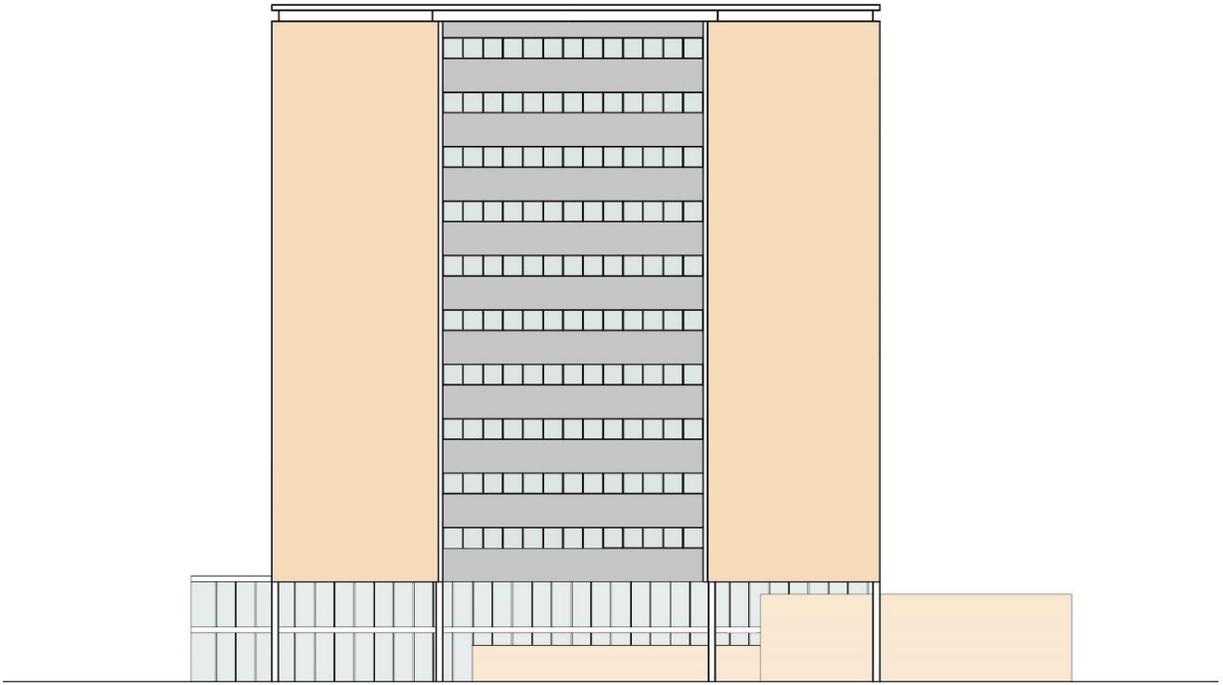


Figura 9. Fachada Sur. Fuente: ETSEIB

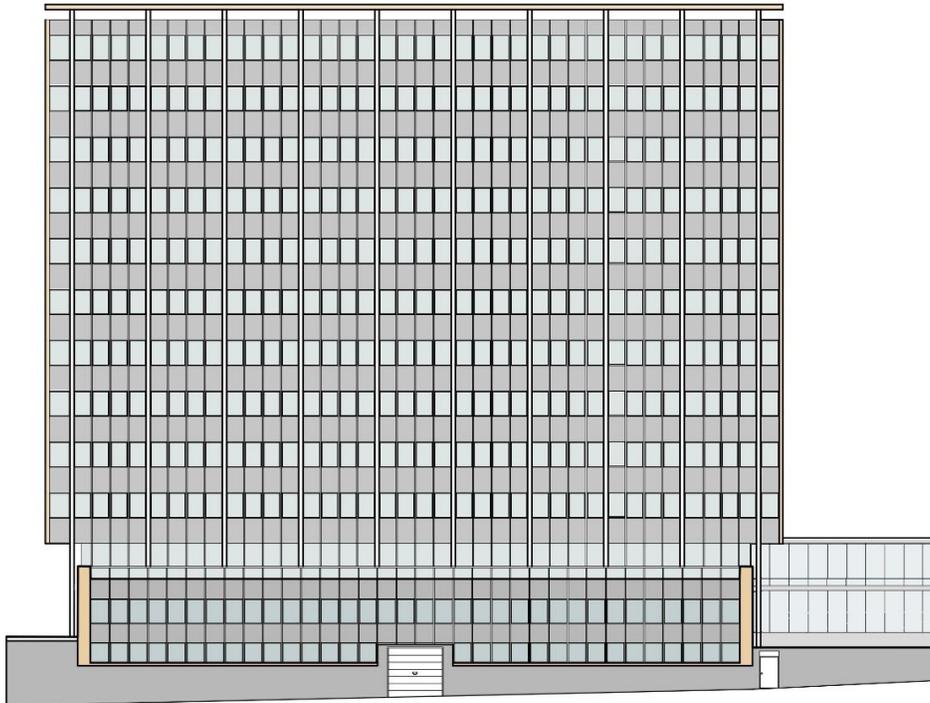


Figura 10. Fachada Este. Fuente: ETSEIB

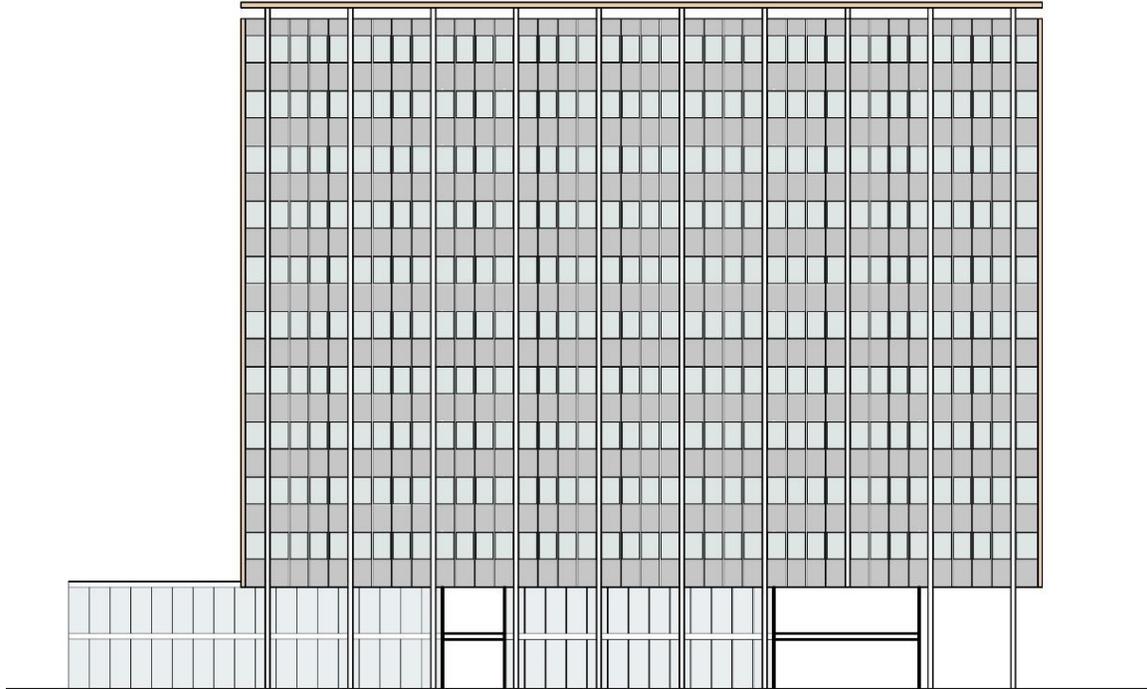


Figura 11. Fachada Oeste. Fuente: ETSEIB.

Las fachadas norte y sur de los dos cuerpos del edificio presentan un cerramiento en piedra natural color crema siendo este su material predominante y no se presentan aperturas de vanos. Por el contrario, las fachadas este y oeste presentan cuerpos horizontales de antepechos conformados por un muro doble revestido por el exterior con azulejo cerámico. La ventanería está conformada por un mismo tipo de ventana de vidrio simple y carpintería metálica sin ruptura de puente térmico (Figura 12). En estas fachadas la estructura vertical del edificio se deja vista mediante la estructura de columnas metálicas, mientras que las vigas perimetrales de los forjados son revestidas con el enchape de los antepechos.

El basamento del edificio conformado por la planta 0 y la planta 1 presenta igualmente una estructura metálica a la vista. Su cerramiento completamente traslucido está conformado por ventanas de suelo a techo de vidrio doble y carpintería metálica sin ruptura de puente térmico. (Figura 13).

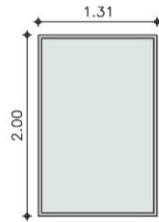


Figura 12. Ventana Tipo. Fuente: ETSEIB

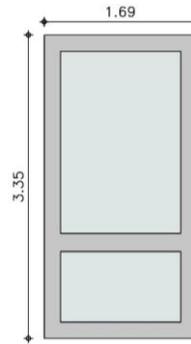
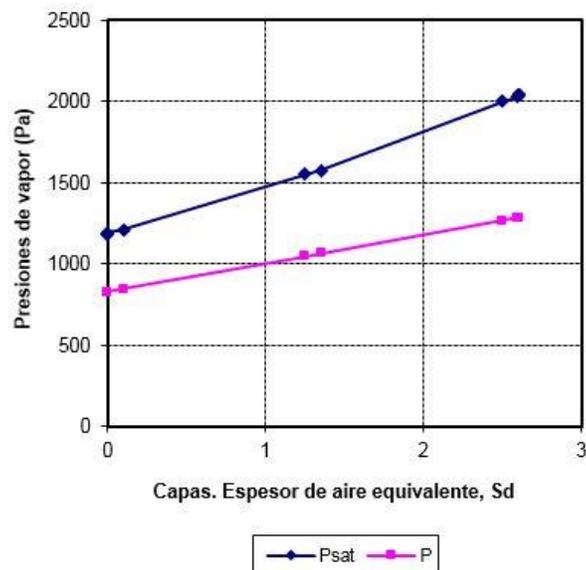


Figura 13. Ventana tipo Basamento. Fuente: ETSEIB

Esta disposición de materiales de la envolvente y los métodos de unión entre los mismos presenta al día de hoy problemas de filtraciones de agua que se hacen evidentes en las uniones entre los antepechos y la ventanería, la cual al ser metálica es propensa a dilataciones produciendo vacíos en las uniones. Al realizar el cálculo de condensaciones conforme al CTE (Anexo 2) se observa que los muros de envolvente cumplen con la normativa a nivel teórico, pero las filtraciones de agua en las uniones son evidentes por los problemas anteriormente mencionados.



Gráfica 2. Presión de saturación frente a Presión de vapor en muros. Enero.



Figura 14. Filtración de agua por ventanas. Planta Baja



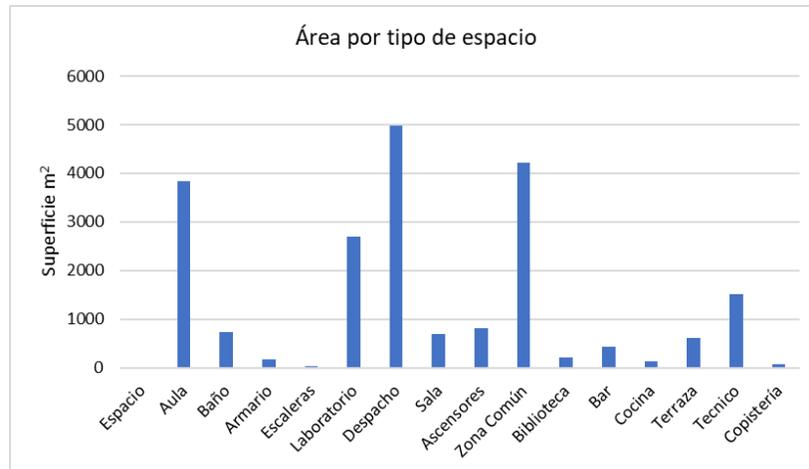
Figura 15. Filtración de agua por ventanas. Planta 8

Debido al diseño del edificio se presentan áreas en las cuales la solera queda en contacto con el aire a través de los forjados de la planta 2 sostenidos por las columnas metálicas. De acuerdo al año de construcción, se puede estimar que estos forjados son construidos de manera bidireccional y no presentan aislamiento alguno. Por otro lado, la cubierta se desarrolla igualmente mediante un forjado bidireccional con una subestructura superior creando así espacio ventilado entre la última planta y la cubierta en sí.

6.1. INSTALACIONES

6.1.1. Iluminación

El sistema de iluminación de la edificación está definido por la tipología de los espacios presentes, variando la distribución, la cantidad y las potencias instaladas en función de las necesidades. Los principales espacios de consumo energético son Aulas, Despachos, Laboratorios y Zonas Comunes como se detalló en el capítulo 6 de este documento.



Gráfica 3 Distribución de espacios en superficie.

El robusto sistema, a pesar de contar con una gran cantidad de luminarias presenta niveles de iluminación en su mayoría deficientes para los estándares correspondientes a cada tipología, además de presentar una gran magnitud de potencia instalada como se muestra en la siguiente tabla; esto se debe a la antigüedad y tecnología que caracteriza a las lámparas que se encuentran actualmente instaladas. Para estimar las cantidades de luminarias y potencias instaladas se partió del Trabajo de Final de Grado titulado “Planificació energètica per la implantació de la norma ISO 50001 a l’ETSEIB” (Seguí, 2016), de la cual uno de sus anexos detalla una lista completa de los componentes del sistema de iluminación a lo largo de la edificación. Destaca como complemento, el empleo de sensores de presencia en algunas zonas de la edificación, aunque no sean suficientes y en algunos casos se encuentren sin calibrar.

| Espacios | P Instalada (W) | M2 | P Instalada (W/m2) |
|-------------|-----------------|---------|--------------------|
| Aula | 55998 | 4219,41 | 13,27 |
| Baño | 6481 | 660,07 | 9,82 |
| Almacenamie | 3694 | 331,50 | 11,14 |
| Escalera | 2862 | 778,06 | 3,68 |
| Laboratorio | 37192 | 3181,86 | 11,69 |
| Despacho | 60512 | 4613,99 | 13,11 |
| Sala | 6012 | 448,69 | 13,40 |
| Zona Común | 38170 | 5028,19 | 7,59 |
| Biblioteca | 3664 | 278,80 | 13,14 |
| Bar | 8400 | 482,06 | 17,43 |
| Cocina | 492 | 72,95 | 6,74 |
| Técnico | 7750 | 756,84 | 10,24 |

Tabla 2. Potencia Instalada de Iluminación por Espacio



Figura 16. Corredor Zona Común

6.1.2. Calefacción

El sistema de calefacción es uno de los mayores problemas de eficiencia que se encuentran en la edificación, pues es demasiado robusto y sin regulaciones. Su funcionamiento parte de un almacenador general de agua fría que pasa el fluido a una batería de tres calderas, las cuales generan el agua caliente que, a través de un conjunto de bombas, impulsará el agua caliente a todas las edificaciones de la ETSEIB, principalmente el edificio H y el gimnasio del pabellón I. El transporte del agua se realiza a por tuberías hacia turbinas ubicadas en cada planta; cada planta posee dos turbinas, una por cada ala, que, haciendo uso del agua recibida, impulsan aire caliente por ductos distribuidos a diferentes espacios, para que el calor generado sea entregado en las rejillas colocadas en el diseño inicial. Es importante destacar que en la edificación no se posicionan radiadores ni alguna otra forma de calefacción; el sistema descrito es el único operativo en las épocas que es requerido.

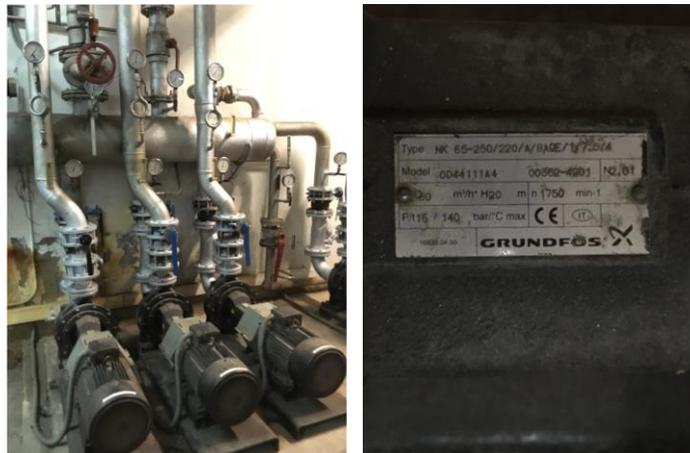


Figura 17. Bombas de impulsión y Placa Técnica



Figura 18. Batería de Calderas y Placa Técnica



Figura 19. Par de turbinas por planta. Una por cada ala

La dificultad que debe ser atendida para poder generar eficiencia en el sistema es la regulación de la entrega de calor, pues es un sistema “todo o nada” coloquialmente nombrado, en el que solo se tiene posibilidad de encendido a máxima potencia o apagado completamente, haciendo que se genere mayor calor del necesario, inclusive generando que las personas en el interior de la edificación tengan que abrir las ventanas en pleno invierno mientras la calefacción se encuentra encendida. Así mismo, tampoco hay una programación eficiente de uso ni alguna forma de modificar la apertura de rejillas ni la potencia de las turbinas.

Este sistema hace que sea imposible saber el volumen que se mueve entre ductos, el volumen que es entregado a cada espacio y las cantidades de calor generadas a lo largo de los procesos desarrollados.

6.1.3. Refrigeración

El sistema de refrigeración es inexistente como tal, puesto que no hay un equipo central ni una regulación integral o una parametrización de equipos. En la edificación se encuentran irregularmente instaladas diversas cajas de ventilación que han sido puestas paulatinamente principalmente en despachos y alguno que otro laboratorio u aula; desde su inicio, la edificación fue diseñada sin estas prestaciones, por lo que conforme fue siendo requerido (y aprobado por presupuestos individualizados dependiendo del deseo de cada quién), cada usuario de despacho fue instalando un equipo para ese espacio individual.



Figura 20. Equipos de refrigeración.



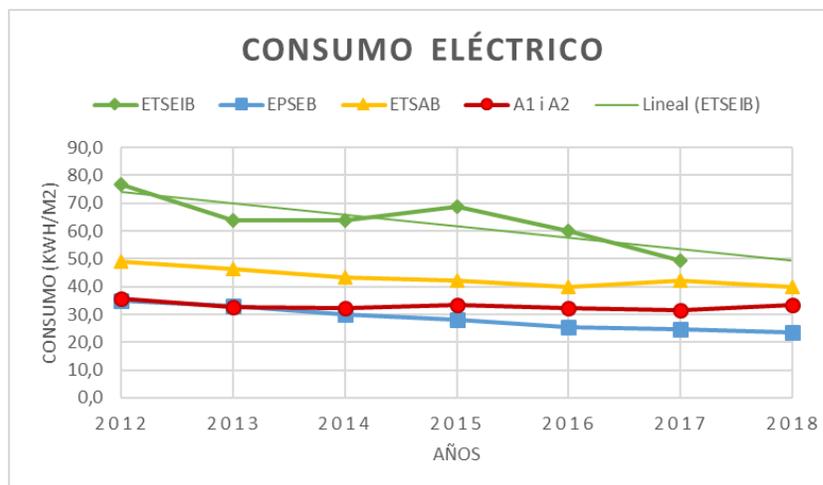
Figura 21. Distribución irregular de equipos de refrigeración.

Por tanto, la mayoría de los espacios, especialmente los más importantes como aulas y zonas comunes, no cuentan con este tipo de instalaciones, de modo que el consumo energético de este sistema es mucho menor al que debería demandar una edificación de esta tipología y magnitud. Adicionalmente, muchas de los equipos de refrigeración son demasiado antiguos, afectando la eficiencia y el confort de los usuarios.

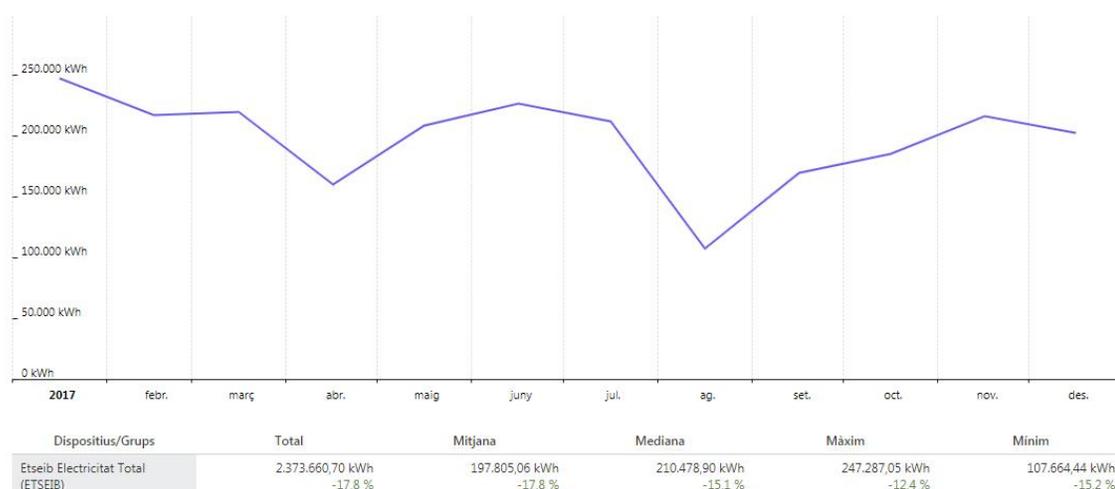
7. ANÁLISIS CONSUMO Y DEMANDA ENERGÉTICA

Para poder definir si la intervención es propicia y justificada es necesario establecer una comparación entre la demanda esperada para el uso y características del edificio y los consumos reales de la edificación en un periodo de tiempo reciente. Para conocer la demanda energética de la edificación, se hizo una recopilación y estimación de datos a partir de softwares de modelado energético como CE3X y Design Builder, los cuales reciben la caracterización de uso, materiales en la edificación, especificaciones de instalaciones y factores adicionales en la operación; de esta forma, los softwares hacen una estimación diferenciada de la demanda energética para las instalaciones correspondientes a su funcionamiento.

Para conocer el consumo, se hizo uso de la página de la plataforma de seguimiento histórico de consumos de los edificios pertenecientes a la universidad: SIRENA (UPC, 2019) y un trabajo de fin de máster sobre el comportamiento eléctrico del edificio H de la ETSEIB titulado “Anàlisi del consum elèctric a l’edifici H de l’ETSEIB” el cual fue publicado en 2019. El comportamiento histórico no se puede reconstruir por completo debido a dificultades presentadas en la plataforma de Sirena para mantener el registro del consumo en los últimos años, por lo que el seguimiento se hizo a partir del año 2012 hasta el 2017, con el fin de generar una línea de tendencia y poder comparar con otros edificios de la universidad como se presentó en el capítulo de Justificación.



Gráfica 4. Comparativa de consumo eléctrico en edificaciones de la UPC.



Gràfica 5. Consumo eléctrico ETSEIB 2017 (kWh/m²). Fuente: (UPC, 2019)

| Planta | Consum elèctric anual estimat [kWh] | | | | | | Total mesurat [kWh] |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| | Aules | A. informàtica | Despatxos | Espai comú | Laboratoris | Serveis | |
| -1 | 2409 | 1621 | 5881 | 1058 | 16400 | 0 | 27369 |
| 0 | 24557 | 0 | 9022 | 11285 | 0 | 50803 | 95667 |
| 1 | 0 | 16635 | 9514 | 727 | 0 | 14124 | 41000 |
| 2 | 6679 | 0 | 33391 | 3317 | 22791 | 0 | 66178 |
| 3 | 29925 | 0 | 42546 | 5480 | 15426 | 0 | 93376 |
| 4 | 7441 | 0 | 6167 | 1159 | 4959 | 0 | 19725 |
| 5 | 3298 | 43264 | 28213 | 3109 | 0 | 1096 | 78981 |
| 6 | 4971 | 0 | 24169 | 1912 | 15373 | 2403 | 48829 |
| 7 | 4229 | 2304 | 22301 | 2117 | 6822 | 0 | 37773 |
| 8 | 1943 | 4966 | 47419 | 3322 | 21722 | 46545 | 125916 |
| 9 | 7477 | 0 | 26185 | 3594 | 29750 | 0 | 67006 |
| 10 | 6011 | 1372 | 25995 | 2055 | 3683 | 5611 | 44725 |
| 11 | 4033 | 0 | 55884 | 3321 | 34194 | 0 | 97433 |
| Total | 102974 (12%) | 70162 (9%) | 336687 (40%) | 42456 (5%) | 171120 (20%) | 120582 (14%) | 843980 |

Tabla 3. Consumo Eléctrico Anual Estimado. Fuente: (Barber, 2019)

Esta tabla, perteneciente al trabajo de Lluís Marias Barber debe ser entendida como una estimación entre registros reales sobre la edificación y regresiones estadísticas para poder tener un total de consumo eléctrico, el cual debe ser dividido en el área total de la edificación para poder tener unidades comparativas con el resto de las fuentes que hacen parte de la comparativa. De modo tal que, el consumo de 843980 kWh se distribuye en 21135 m² de área útil, resultando en un total de 39,93 kWh/m² para toda la edificación aproximadamente.

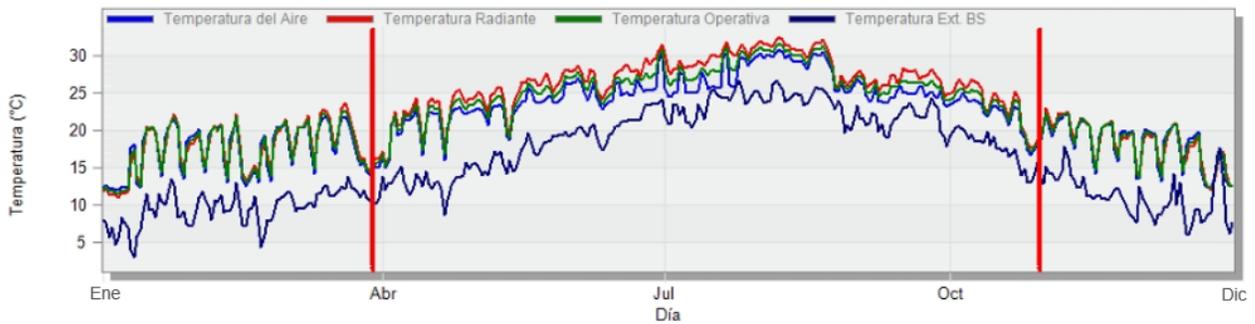
| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|--|---------|---|---|---|---|
| | 223.3 E | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Energía primaria calefacción [kWh/m ² año] | G | Energía primaria ACS [kWh/m ² año] | - |
| | | 118.41 | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año] | | Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año] | C | Energía primaria iluminación [kWh/m ² año] | E |
| | | 28.19 | | 76.49 | |

Figura 22. Resultados Actuales de Consumo de Energía Primaria. CE3X

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | |
|------------------------|--------|--------------------------|--------|
| | 80.3 G | | 26.6 C |
| | | | |

Figura 23. Resultados Actuales de Demanda de Calefacción y Refrigeración. CE3X

A partir de los resultados, se podría determinar que el consumo de la edificación está muy por debajo de los consumos y demandas estimadas bajo los parámetros energéticos de los programas. Esto podría verse como que el edificio está operando eficientemente, reduciendo el consumo energético desde la línea esperada; sin embargo, es importante tener en cuenta que en realidad los sistemas de climatización son casi inexistentes, por lo que naturalmente el consumo será mucho menor, pero sin satisfacer los requerimientos de confort esperados para los usuarios. La grafica 6 muestra la temperatura operativa al interior del edificio en comparación de la temperatura exterior a lo largo de un año, aquí se puede observar que la temperatura operativa no cumple con los estándares de confort para los usuarios especialmente en los meses de invierno presentando una temperatura promedio de 18°C.



Gráfica 6. Temperatura operativa y temperatura exterior a lo largo del año. Design Builder

La demanda expresada se muestra con altas magnitudes debido a las carencias presentadas en la envolvente, demostrando que el requerimiento de climatización está muy lejos de ser cumplido. Así mismo sucede con el sistema de iluminación, el cual opera con la mitad de los circuitos en una intención de reducir consumos, pero que resulta ineficiente a la hora de cumplir con los requerimientos de iluminación media.

Por tanto, la intervención sería más que necesaria, puesto que se deben atender dos problemáticas al tiempo: principalmente, reducir la brecha entre la funcionalidad esperada y la actual en la edificación y complementariamente, reducir los consumos para estar en la línea de las otras edificaciones de la UPC que se consideran de la misma tipología.

8. ENSAYOS REALIZADOS

8.1. ENSAYO DE ILUMINACIÓN – LUXÓMETRO

Con el fin de comprobar el estado actual del sistema de iluminación y el cumplimiento de los niveles medios de iluminancia, se tomaron una serie de medidas en espacios determinados en la edificación. Las mediciones se hacen a partir del uso de un luxómetro, en el que se muestran los niveles de iluminación percibidos en una posición y altura específica; para todas las mediciones realizadas, se ubicó el aparato en un rango que se encuentre la altura del plano de trabajo generalizada por la norma: 0,85cm desde el suelo.

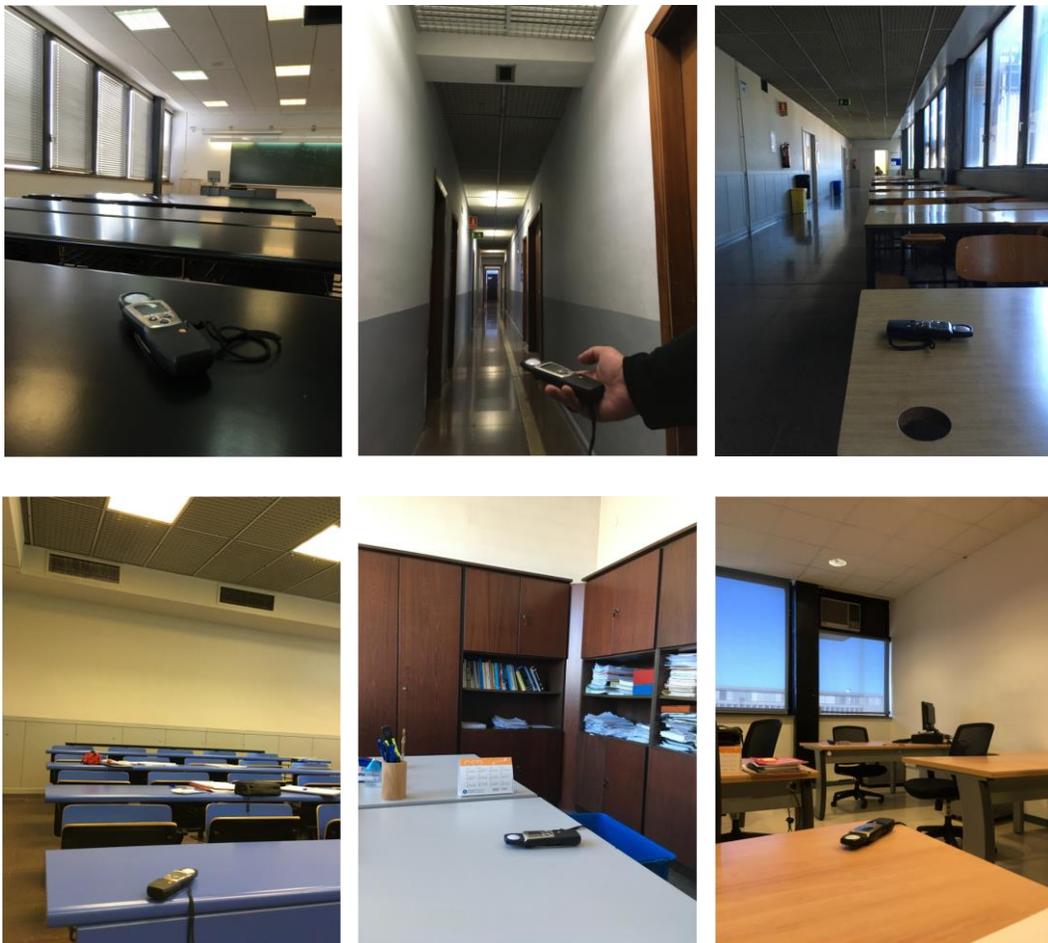


Figura 24. Registro fotográfico de mediciones en diferentes espacios y plantas de la escuela.

La toma de medidas fue hecha siempre durante el mismo espacio de día durante los diferentes días con el fin de establecer una línea base. Se escogió la hora de 14:00 a 15:00, puesto que es un momento del día en que la iluminación no se encuentra en su máximo punto y se desarrollan casi todas las actividades que diario toman lugar en la escuela: clases, reuniones, actividad en laboratorios, aulas, salas de estudio, etc. Se midieron los espacios tipo de las áreas consideradas para incluirse en la propuesta de rehabilitación energética, es decir, Aulas, Despachos, Laboratorios, Zonas Comunes, entre otros. Para casi todas las mediciones se obtuvieron niveles de iluminancia media por debajo de 300 lx, solo superándose en un par de aulas; esto representa que todas las zonas de la edificación se encuentran por debajo del peor valor aceptable para encontrarse en las zonas que se alimentan de iluminación natural; el promedio general de las mediciones realizadas en la edificación es de 238.4lx, sin embargo el estudio de “Planificació energètica per la implantació de la norma ISO 50001 a l’ETSEIB”, detalla un promedio general de 422,3 lx (Seguí, 2016) pero al momento de comparar medidas en puntos específicos se encontró que las medidas no coincidían en la mayoría, siendo menores los valores encontrados en la realización de este trabajo.

8.2. ENSAYO DE TERMOGRAFÍA – CÁMARA TERMOGRÁFICA

Mediante el ensayo no destructivo con cámara termográfica se realiza la toma de imágenes a distancia del edificio objeto con el fin de analizar los posibles puentes térmicos. Así, es posible observar la aparición de estos especialmente los producidos por la presencia de columnas en las fachadas (Figuras 25 y 26). De igual manera se manifiestan los puentes térmicos producidos por los encuentros entre muros de fachada y ventanería (Figura 27).

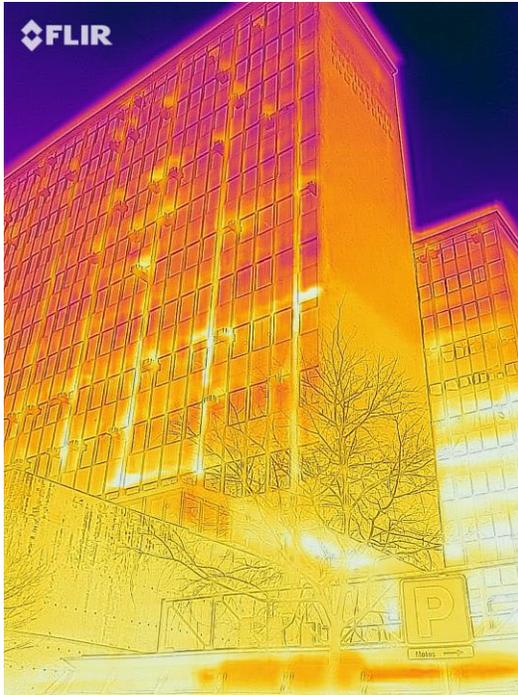


Figura 25. Imagen termográfica Fachada Noreste



Figura 26. Imagen termográfica Fachada Suroeste

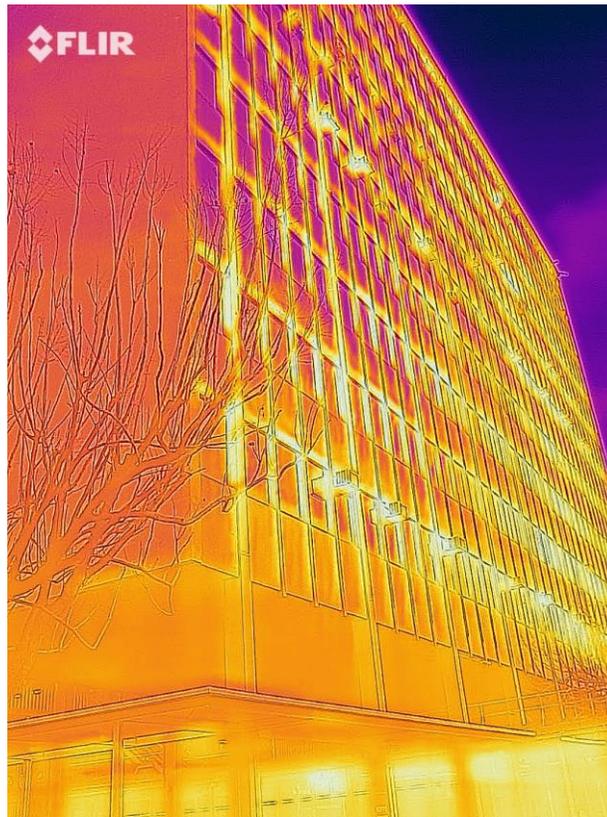


Figura 27. Imagen termográfica Fachada Suroeste

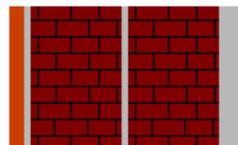
9. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE CE3X

9.1. MATERIALES DE ENVOLVENTE

- Muro revestido de piedra:

Muro de cerramiento continuo localizado en las fachadas norte y sur, formado por un doble muro de fábrica cerámica revestido por un aplacado de piedra natural. Espesor: 0.30 m

| Material | Grupo | R (m ² K...) | Espesor... | λ (W/mK) | ρ (kg/m ³) | Cp (J/kgK) |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------------------|------------|
| Caliza dura [2000 < d... | Pétreos y suelos | 0.012 | 0.02 | 1.7 | 2095 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.012 | 0.01 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| 1/2 pie LP métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.225 | 0.115 | 0.512 | 900 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.012 | 0.01 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| 1/2 pie LP métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.225 | 0.115 | 0.512 | 900 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.025 | 0.02 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| Yeso, dureza media 6... | Yesos | 0.007 | 0.002 | 0.3 | 750 | 1000 |



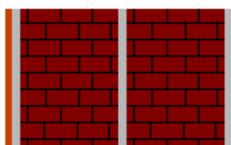
$R1+...+Rn$
0.52 m²K/W

Figura 28. Muro revestido de Piedra

- Muro revestido con azulejo:

Muro de antepechos formado por un doble muro de fábrica cerámica revestido por alicatado de fachada de azulejos cerámicos. Espesor: 0.26 m

| Material | Grupo | R (m ² K...) | Espesor... | λ (W/mK) | ρ (kg/m ³) | Cp (J/kgK) |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------------------|------------|
| Azulejo cerámico | Cerámicos | 0.006 | 0.008 | 1.3 | 2300 | 840 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.012 | 0.01 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| 1/2 pie LP métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.225 | 0.115 | 0.512 | 900 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.012 | 0.01 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| 1/2 pie LP métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.225 | 0.115 | 0.512 | 900 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.012 | 0.01 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| Yeso, dureza media 6... | Yesos | 0.007 | 0.002 | 0.3 | 750 | 1000 |



$R1+...+Rn$
0.5 m²K/W

Figura 29. Muro revestido con azulejo

- Ventanería tipo:

Cerramiento traslucido conformado por vidrio monolítico de 6 mm con apariencia exterior plateada, incluye lámina de control solar que refleja el calor y la radiación con un factor solar de 0.22 (Ver anexo 3). La carpintería simple está constituida por marcos metálicos sin ruptura de puente térmico.

Parámetros característicos del hueco

| | | |
|-----------------------------|-----------|-------|
| Propiedades térmicas | Conocidas | |
| U vidrio | 5.7 | W/m2K |
| g vidrio | 0.22 | |
| U marco | 5.7 | W/m2K |

Marco seleccionado: VER_Normal sin rotura de puente térmic

Figura 30. Ventanería Tipo.

- Ventanería basamento:

Cerramiento traslucido localizado en la planta 0 y planta 1 conformado por vidrio doble y carpintería metálica sin ruptura de puente térmico.

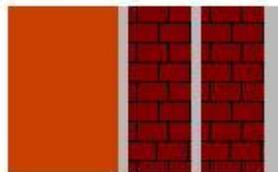
Parámetros característicos del hueco

| | | |
|-----------------------------|-----------|-------|
| Propiedades térmicas | Conocidas | |
| U vidrio | 3.3 | W/m2K |
| g vidrio | 0.22 | |
| U marco | 5.7 | W/m2K |

Figura 31. Ventanería Basamento

- Zócalo de piedra:

| Material | Grupo | R (m2 K...) | Espesor... | λ (W/mK) | ρ (kg/m3) | C_p (J/kgK) |
|---------------------------|----------------------|-------------|------------|------------------|----------------|---------------|
| Caliza muy dura [220... | Pétreos y suelos | 0.087 | 0.20 | 2.3 | 2395 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.025 | 0.02 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| 1/2 pie LP métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.225 | 0.115 | 0.512 | 900 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.025 | 0.02 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| 1/2 pie LP métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.225 | 0.115 | 0.512 | 900 | 1000 |
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.025 | 0.02 | 0.8 | 1525 | 1000 |
| Yeso, dureza media 6... | Yesos | 0.007 | 0.002 | 0.3 | 750 | 1000 |



$R1 + \dots + Rn$
0.62 m2K/W

Figura 32. Zócalo de Piedra

Muro de piedra para cerramiento de planta sótano localizado en fachada noreste hacia Carrer Pascual i Vila, constituido por un doble muro de fábrica cerámica revestido al exterior con piedra caliza. Espesor: 0.8m

- Solera en contacto con el terreno:

| | | | |
|--|----------------|------------------------------|--|
| Nombre | Solera Terreno | Zona | Edificio Objeto |
| Dimensiones | | Características | |
| Superficie | 2224.15 m2 | Profundidad | <input checked="" type="radio"/> Menor o igual que 0.5 m |
| Longitud | m | | <input type="radio"/> Mayor que 0.5 m m |
| Anchura | m | | |
| Parámetros característicos del cerramiento | | Transmitancia térmica | |
| Propiedades térmicas | Estimadas | 0.48 W/m2K | |
| Perímetro | 405.42 m | | |
| <input type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico | | | |

Figura 33. Solera en contacto con el terreno

- Solera en contacto con el aire:

| | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Nombre | Solera Aire | Zona | Edificio Objeto |
| <i>Dimensiones</i> | | | |
| Superficie | 805.99 m ² | | |
| Longitud | m | | |
| Anchura | m | | |
| <i>Parámetros característicos del cerramiento</i> | | | |
| Propiedades térmicas | Estimadas | Transmitancia térmica | 2.78 W/m ² K |
| Tipo de forjado | Reticular | | |
| Piezas de entrevigado | De Hormigón | | |
| <input type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico | | | |

Figura 34. Solera en contacto con el aire

- Cubierta:

| | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Nombre | Cubierta en contacto con el aire | Zona | Edificio Objeto |
| <i>Dimensiones</i> | | | |
| Superficie | 1689.96 m ² | | |
| Longitud | m | | |
| Anchura | m | | |
| <i>Características</i> | | | |
| Patrón de sombras | Sin patrón | | |
| <i>Parámetros característicos del cerramiento</i> | | | |
| Propiedades térmicas | Estimadas | Transmitancia térmica | 2.08 W/m ² K |
| Clase de cubierta | Cubierta plana ventilada | | |
| Tipo de forjado | Reticular | Cámara de aire | Ventilada |
| <input type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico | | | |

Figura 35. Cubierta en contacto con el aire

De acuerdo la exigencia del CTE mediante el Documento Básico HE Ahorro de Energía de 2017 se realiza una comparativa de la transmitancia térmica actual de los cerramientos con los valores máximos de transmitancia exigidos para edificios nuevos e intervenciones en edificios existentes. En la Tabla 5 se observa que excepción de la solera en contacto con el terreno todos los valores sobrepasan la transmitancia máxima exigida y que los cerramientos con mayor transmitancia son los de ventanería.

| | Transmitancia actual | Transmitancia máxima CTE |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| U Muro de piedra | 1.45 W/m ² K | 0.75 W/m ² K |
| U Muro revestido con azulejo | 1.49 W/m ² K | 0.75 W/m ² K |
| U Zócalo de piedra | 1.09 W/m ² K | 0.75 W/m ² K |
| U Solera en contacto con el terreno | 0.48 W/m ² K | 0.75 W/m ² K |
| U Solera en contacto con el aire | 2.78 W/m ² K | 0.50 W/m ² K |
| U Cubierta | 2.08 W/m ² K | 0.50 W/m ² K |
| U Ventanería tipo | 5.70 W/m ² K | 3.10 W/m ² K |
| U Ventanería basamento | 3.30 W/m ² K | 3.10 W/m ² K |

Tabla 4. Transmitancia térmica de cerramientos

9.2. PUENTES TÉRMICOS

Debido al sistema constructivo de estructura metálica y la envolvente del edificio se presentan varios fenómenos de puentes térmicos por los cuales el flujo de calor se transmite más fácilmente. Puntualmente las columnas y las vigas metálicas de forjado son las áreas en las cuales se presenta con mayor magnitud este comportamiento.

- Encuentro de fachada con forjado:

Los forjados de las fachadas este y oeste se encuentran revestidos por el acabado del doble muro de los antepechos, en los cuales no se presenta ningún tipo de aislamiento. De esta manera se establece una transmitancia térmica lineal φ de 1.1 W/mK.

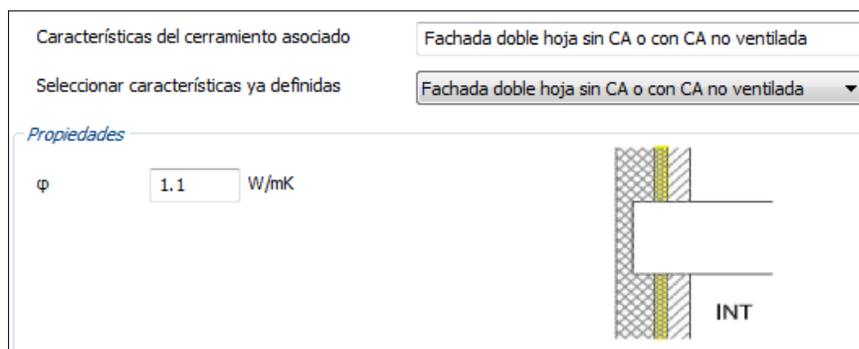


Figura 36. Puente térmico de encuentro de fachada con forjado

- Pilar integrado en fachada:

En las fachadas este y oeste los pilares metálicos quedan vistos integrándose con el cerramiento, a diferencia de los forjados estos pilares no presentan ningún tipo de revestimiento con una transmitancia térmica lineal φ de 1.15 W/mK.

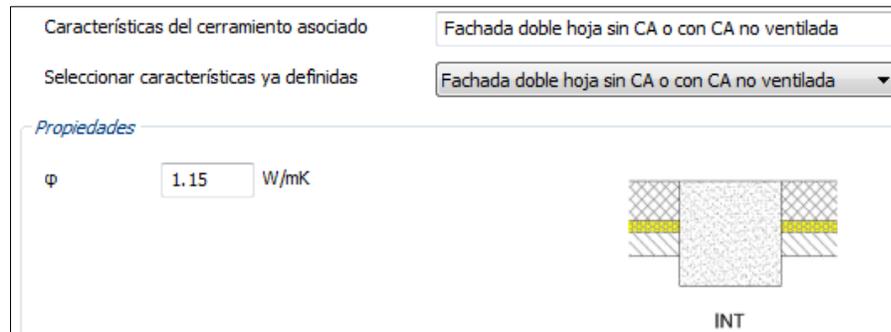


Figura 37. Puente térmico de pilar integrado en fachada

- Encuentro de fachada con cubierta:

Debido al sistema constructivo de la cubierta se puede estimar esta como una cubierta ventilada, en la cual igualmente el frente de forjado queda revestido por la hoja exterior de los muros de fachada. Se presenta en este encuentro una transmitancia térmica lineal φ de 0.91 W/mK.

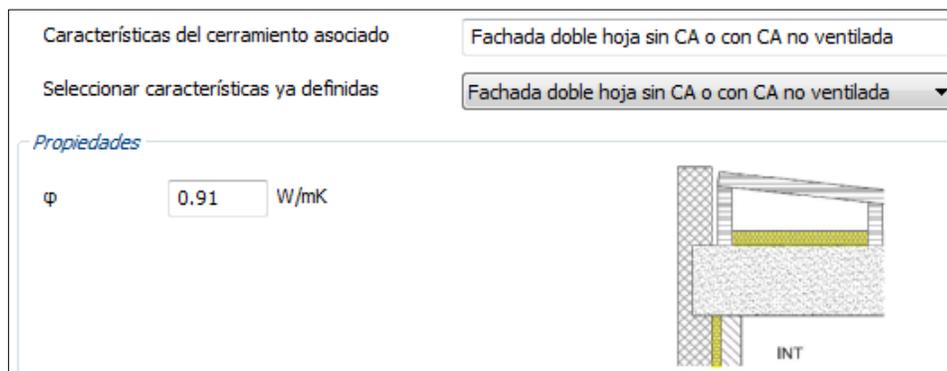


Figura 38. Puente térmico de encuentro de fachada con cubierta

- Fachada con suelo en contacto con el aire:

Los forjados de la planta 2 del edificio actúan como solera en contacto con el aire por lo cual este encuentro de la fachada representa un puente térmico con una transmitancia térmica lineal φ de 0.73 W/mK.

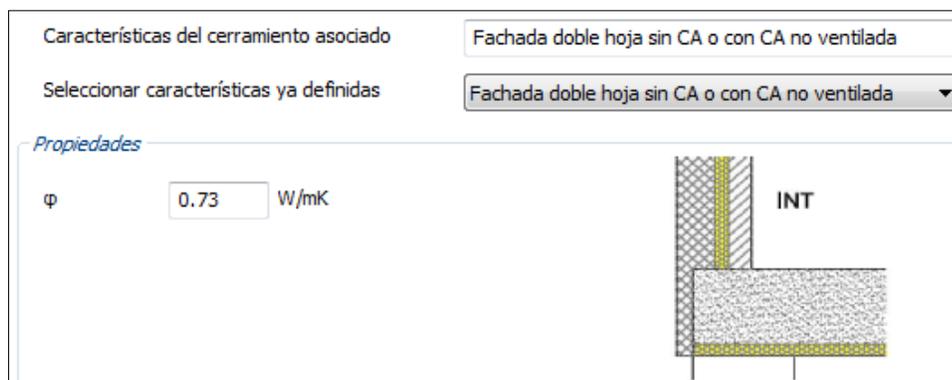


Figura 39. Puente térmico de encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire

| Fachada | Puente térmico | Longitud (m) | Transmitancia térmica (estimada) |
|------------|--|--------------------|----------------------------------|
| Noroeste 1 | Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire | 11.8 x 2 | 0.73 W/mK |
| Noroeste 2 | Encuentro de fachada con forjado | 19.1 x 10 | 1.10 W/mK |
| | Encuentro de fachada con cubierta | 19.1 | 0.91 W/mK |
| Noreste 1 | Encuentro de fachada con forjado | 40.5 x 10 | 1.10 W/mK |
| | Encuentro de fachada con cubierta | 45.06 | 0.91 W/mK |
| | Pilar integrado en fachada | 42 x 9 | 1.15 W/mK |
| | Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire | 45.06 | 0.73 W/mK |
| Noreste 2 | Encuentro de fachada con forjado | (56.9 x 10) + 47.1 | 1.10 W/mK |
| | Encuentro de fachada con cubierta | 57.4 + 51.09 | 0.91 W/mK |
| | Pilar integrado en fachada | 44.6 x 10 | 1.15 W/mK |
| | Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire | 4.77 | 0.73 W/mK |
| Sureste 1 | Encuentro de fachada con forjado | 19.1 x 9 | 1.10 W/mK |
| | Encuentro de fachada con cubierta | 19.1 | 0.91 W/mK |
| | Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire | (12.63 x 2) + 19.1 | 0.73 W/mK |
| Suroeste 1 | Encuentro de fachada con forjado | 56.9 x 10 | 1.10 W/mK |
| | Encuentro de fachada con cubierta | 57.4 | 0.91 W/mK |
| | Pilar integrado en fachada | 42 x 10 | 1.15 W/mK |
| | Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire | 57.4 | 0.73 W/mK |
| Suroeste 2 | Encuentro de fachada con forjado | 40.5 x 10 | 1.10 W/mK |
| | Encuentro de fachada con cubierta | 45.06 | 0.91 W/mK |
| | Pilar integrado en fachada | 42 x 9 | 1.15 W/mK |
| | Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire | 45.06 | 0.73 W/mK |

Tabla 5. Puentes térmicos en cada fachada

9.3. PATRONES DE SOMBRA

De acuerdo con la implantación del edificio no se presentan sombras arrojadas por construcciones vecinas pero debido a la disposición arquitectónica y la altura de este se producen sombras propias entre el ala este y la oeste. Estas sombras producidas por el mismo edificio presentan cambios en la incidencia del asoleamiento por lo cual han de ser tenidas en cuenta para el estudio energético. Se han nombrado cada una de las fachadas correspondiendo a su orientación para poder realizar el análisis de sombras, obteniendo de esta manera que las fachadas Noreste 1, Suroeste 2 y Sureste 1 reciben sombras proyectadas (Figura 40). Así mismo, teniendo en cuenta la distancia entre el objeto obstáculo y las distancias hacia este desde la proyección perpendicular de cada una de las fachadas estudiadas, se obtienen los ángulos y las elevaciones de las sombras proyectadas.

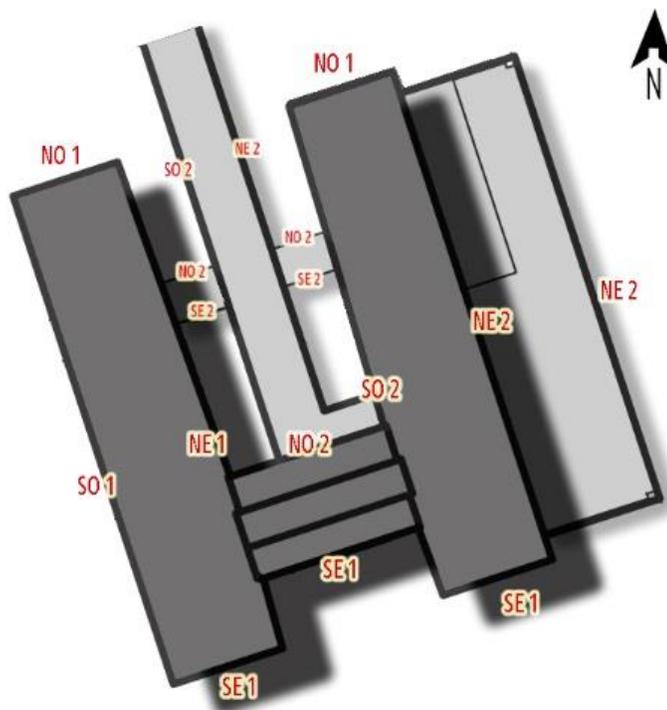


Figura 40. Nomenclatura de fachadas de acuerdo con su orientación

- Patrón de sombras sobre fachada Noreste 1:

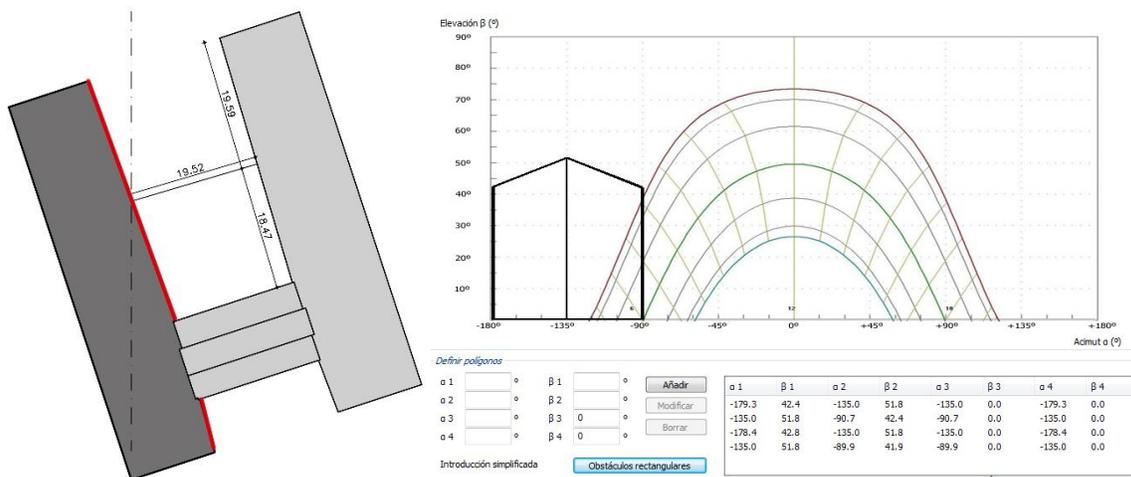


Figura 41. Patrón de sombras sobre fachada Noreste 1

- Patrón de sombras sobre fachada Suroeste 2:

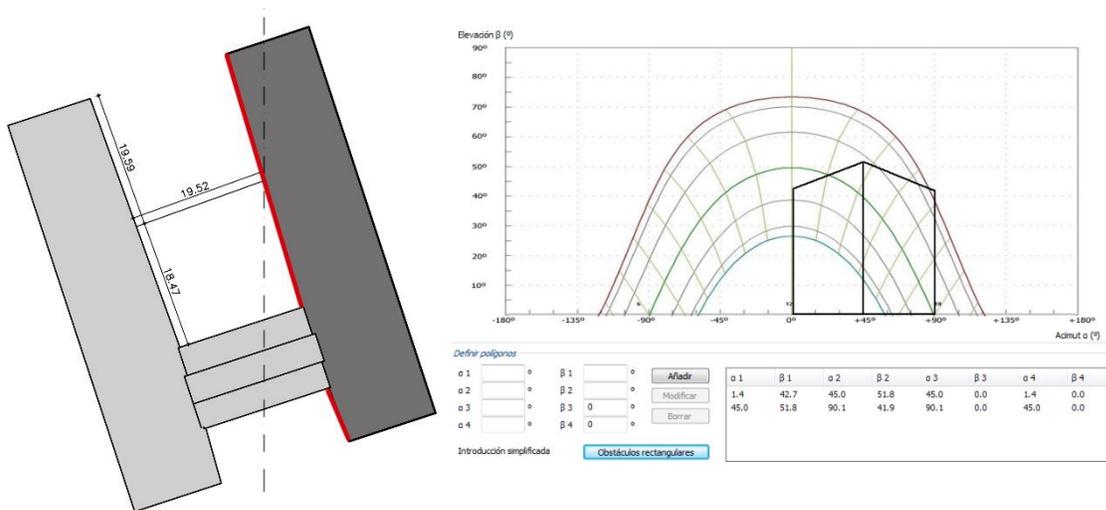


Figura 42. Patrón de sombras sobre fachada Suroeste 2

- Patrón de sombras sobre fachada Sureste 1:

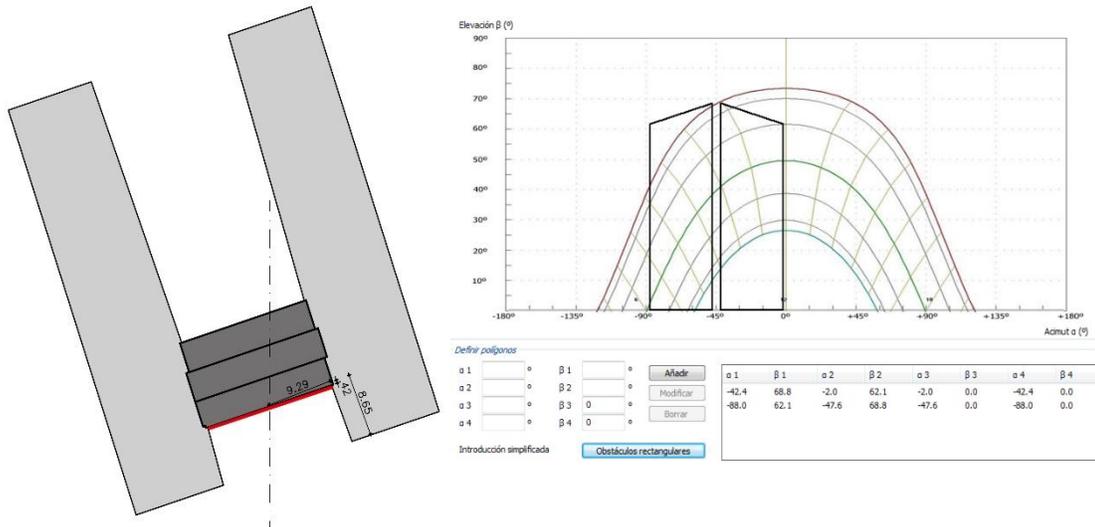


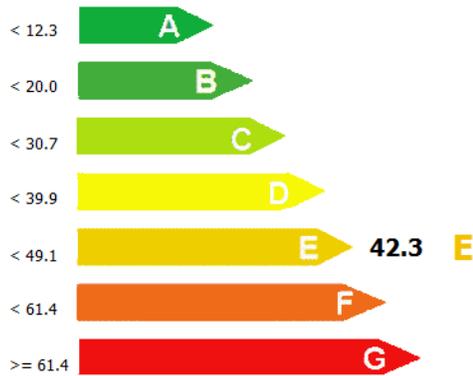
Figura 43. Patrón de sombras sobre fachada Sureste 1

9.4. RESULTADOS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

A través del software CE3X, programa informático reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para la certificación de edificios, se realiza la certificación del Edificio H de la ETSEIB. Con los datos obtenidos de las áreas de cada uno de los materiales presentes en las fachadas, su transmitancia y espesores, y las potencias instaladas de las instalaciones de iluminación, calefacción y refrigeración, se logran obtener las demandas y las emisiones de CO₂ asociadas. Así el edificio de estudio presenta una etiqueta E con unas emisiones de 38.4 kg CO₂/m².

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO2/m2



Edificio objeto

| | | |
|---|----------------|---|
| Demanda de calefacción (kWh/m2) | 80.3 | G |
| Demanda de refrigeración (kWh/m2) | 26.6 | C |
| Emisiones de calefacción (kg CO2/m2) | 24.5 | F |
| Emisiones de refrigeración (kg CO2/m2) | 4.8 | C |
| Emisiones de ACS (kg CO2/m2) | No calificable | |
| Emisiones de iluminación (kg CO2/m2) | 13.0 | E |

Figura 44. Certificación energética Edificio H ETSEIB. CE3X

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|--|---------|---|---|---|---|
| | 223.3 E | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Energía primaria calefacción [kWh/m² año] | G | Energía primaria ACS [kWh/m² año] | - |
| | | 118.41 | | 0.00 | |
| Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año] | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | Energía primaria refrigeración [kWh/m² año] | C | Energía primaria iluminación [kWh/m² año] | E |
| | | 28.19 | | 76.49 | |

Figura 45. Resultados de Consumo actual. CE3X

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | |
|-------------------------------------|--------|---------------------------------------|--------|
| | 80.3 G | | 26.6 C |
| | | | |
| Demanda de calefacción [kWh/m² año] | | Demanda de refrigeración [kWh/m² año] | |

Figura 46. Resultados de Demanda actual. CE3X

Mediante esta certificación se obtienen además los valores relativos a las calificaciones parciales de los sistemas de calefacción, refrigeración e iluminación y las emisiones de CO₂ asociadas. Así, se observa que la refrigeración presenta valores significativamente bajos en comparación a la calefacción, lo cual se explica por la baja potencia instalada de refrigeración que cubre solo el 46 % del edificio. Con los datos obtenidos es posible determinar las mejores soluciones a las cargas térmicas del edificio actuando principalmente en su envolvente e instalaciones.

10. MEDIDAS DE MEJORA

Teniendo en cuenta la demanda y los cerramientos del edificio se proponen dos grupos de medidas de mejora. El primer conjunto, de un carácter más pasivo, se trata de todas aquellas acciones que deben tomar siempre para el buen funcionamiento del edificio y que actualmente no están tomando lugar en la cotidianidad. Principalmente, hay que establecer un esquema de actividades de mantenimiento preventivo de equipos, instalaciones y de la infraestructura como tal, con el fin de optimizar la vida útil de cada componente de la edificación; de la mano de esta recomendación, se encuentra la necesidad de adquirir una plataforma descolgada para el trabajo en altura sobre las fachadas de la edificación, pues esto siempre facilitaría el mantenimiento, limpieza e intervención (cuando sea necesaria) en la envolvente. Complementariamente, se debería implementar la programación y centralización de los sensores de presencia presentes en diferentes espacios de la edificación, pues no todos están funcionales y/o calibrados para prestar el servicio para el que han sido instalados. Así mismo, se debe contemplar adquirir un grupo de sensores de iluminación para las aulas y despachos, con el fin de que, si los niveles de iluminación por zonas cumplen los parámetros requeridos para tener un buen confort visual, los circuitos de iluminación del espacio puedan prenderse o apagarse automáticamente según sea requerido. En general, las medidas de gestión y buenas prácticas harán que la operación diaria de la edificación sea óptima, reflejándose en mayor eficiencia y mayores ahorros tanto energéticos como económicos.

El otro grupo de medidas se encuentran agrupadas en tres actuaciones: medidas de mejora para envolvente, instalaciones y energías renovables, teniendo en cuenta el ahorro energético y económico que cada una puede llegar a generar y el impacto ambiental final reduciendo las emisiones de CO₂ por metro cuadrado.

| Medidas de mejora | |
|---------------------|---|
| Envolvente | Sistema de aislamiento por el exterior SATE Aislamiento de cubierta Aislamiento de solera en contacto con el aire Cambio de ventanería |
| Instalaciones | Cambio de luminarias Sistema centralizado de calefacción y refrigeración |
| Energías renovables | Captadores fotovoltaicos |

Tabla 6. Medidas de mejora

10.1. ENVOLVENTE

10.1.1. Sistema de Aislamiento por el Exterior (SATE)

De acuerdo con el sistema constructivo del edificio y los puentes térmicos que presenta, se plantea un sistema SATE mediante el revestimiento de los muros de fachada con aislamiento de lana de vidrio de 8 cm y una conductividad térmica λ de 0.034 W/mK. A través de este sistema se logran revestir igualmente los pilares y las vigas en fachada, eliminando los puentes térmicos. Para su implementación es necesaria la demolición del revestimiento actual de azulejos con el fin de asegurar el correcto agarre del aislamiento a la fachada que se refuerza mediante anclajes metálicos. Sobre esta capa se da un acabado exterior mediante un mortero de cal con malla de fibra de vidrio obteniendo una transmitancia térmica de 0.31 W/m²K. Los componentes del sistema planteado se muestran en la figura 48.

Se plantea además el recubrimiento de los encuentros de fachada con la ventanería, recubriendo los frentes de los marcos de la carpintería con este aislamiento el cual genera las pendientes necesarias para la incorporación del vierteaguas (Figura 49).

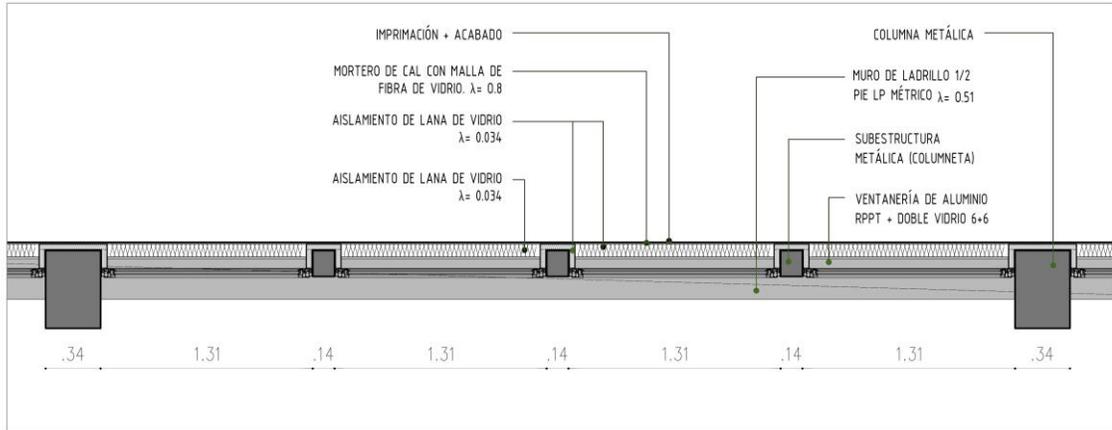


Figura 47. Sistema SATE. Detalle de planta

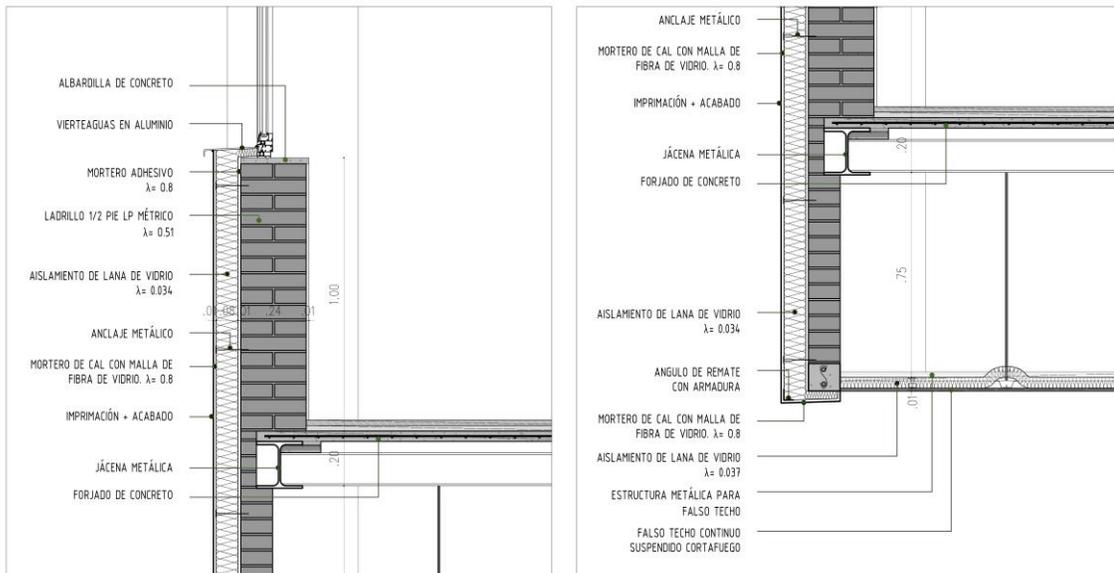


Figura 48. Detalle de corte por fachada / Detalle de encuentro de fachada con solera en contacto con el exterior.

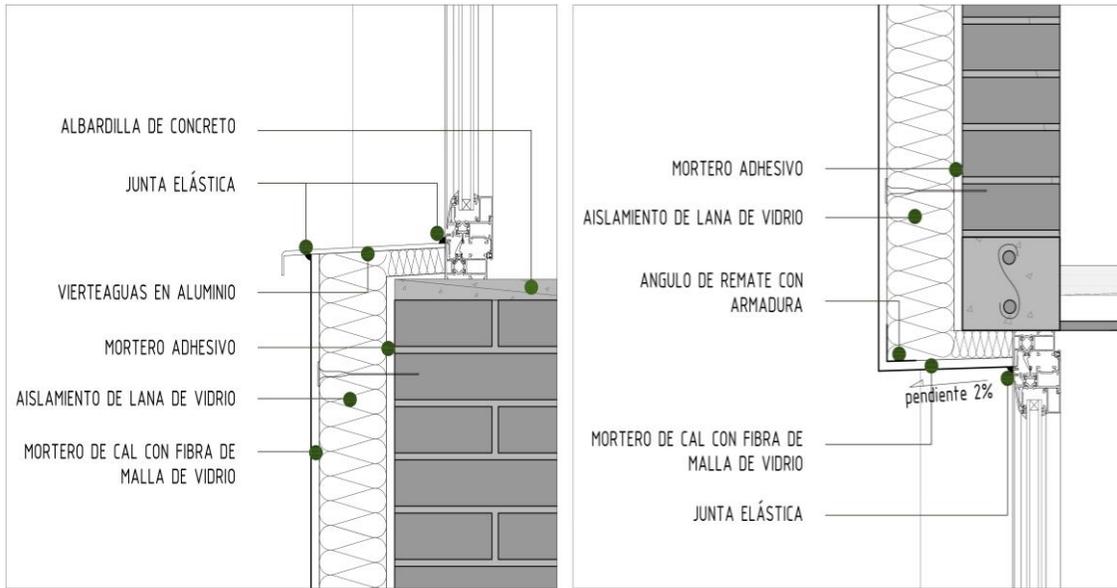


Figura 49. Encuentro de SATE con remate de antepecho / Encuentro de SATE con dintel

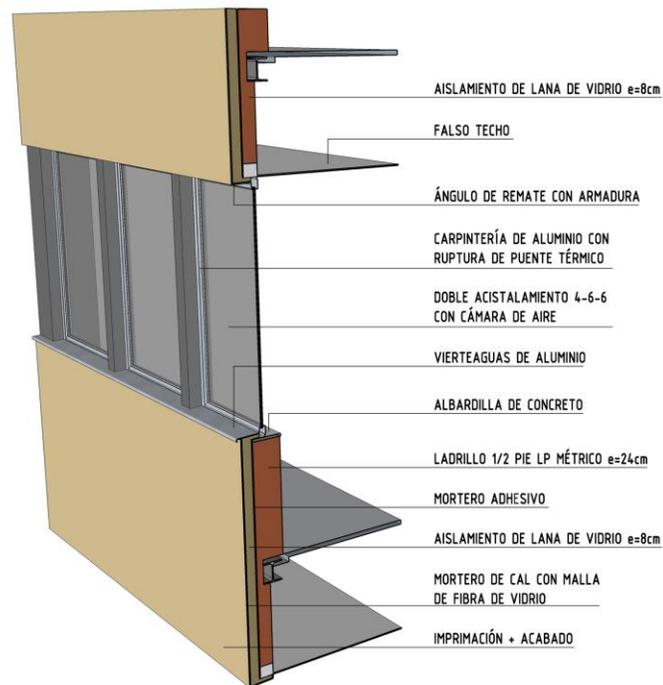
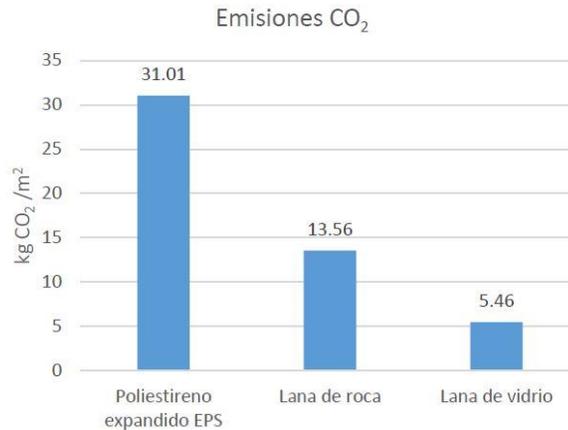


Figura 50. Detalle del sistema SATE

Para determinar el aislamiento del sistema se realiza una comparativa entre diferentes soluciones que presenten la misma conductividad térmica y el mismo espesor, evaluando su impacto ambiental. Así, se elige la lana de vidrio como el material aislante el cual posee unas emisiones asociadas de $5.46 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$.



Gráfica 7. Impacto ambiental de aislamientos. Realizado con datos obtenidos del ITEC

10.1.2. Aislamiento De Cubierta

La cubierta plana del edificio se constituye mediante el forjado superior de la última planta y una subestructura metálica sobre este, dejando un espacio intermedio totalmente ventilado. Se plantea un aislamiento térmico por el exterior para el forjado de hormigón sobre el cual se propone una capa de aislamiento hidrofugado de lana de roca con un espesor de 10 cm y conductividad térmica de λ de 0.039 W/mK .

Para la correcta unión entre el SATE y el aislamiento de la cubierta, el aislamiento exterior de la fachada reviste el peto de remate para solaparse con la cubierta. Sobre este peto ha de instalarse una albardilla metálica anclada a la fachada. Con este aislamiento se logra asegurar una transmitancia térmica de $0.38 \text{ W/m}^2\text{K}$.

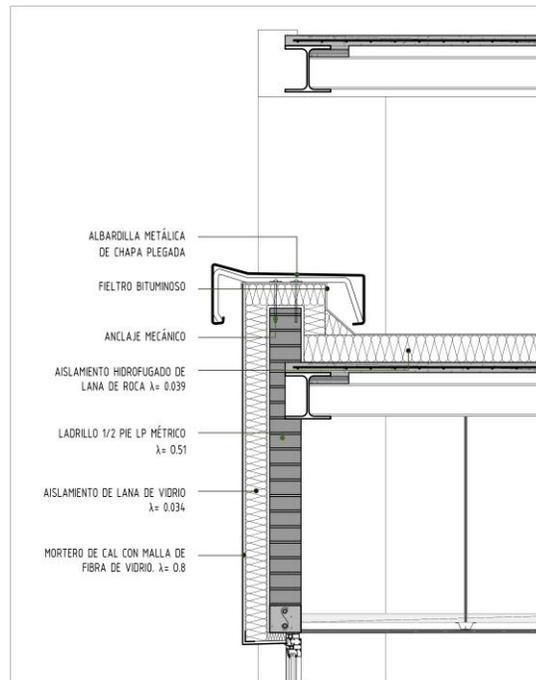


Figura 51 Detalle de encuentro de fachada con cubierta

10.1.3. Aislamiento De Solera En Contacto Con El Aire

Para las áreas de solera expuestas con el exterior a través de los forjados de la planta 2 sostenidos por las columnas metálicas se plantea un aislamiento sobre el falso techo por medio de una capa de lana de vidrio de 4 cm de espesor y conductividad térmica de λ de 0.037 W/mK (Ver figura 48). De esta manera se logra una transmitancia de 0.35 W/m²K.

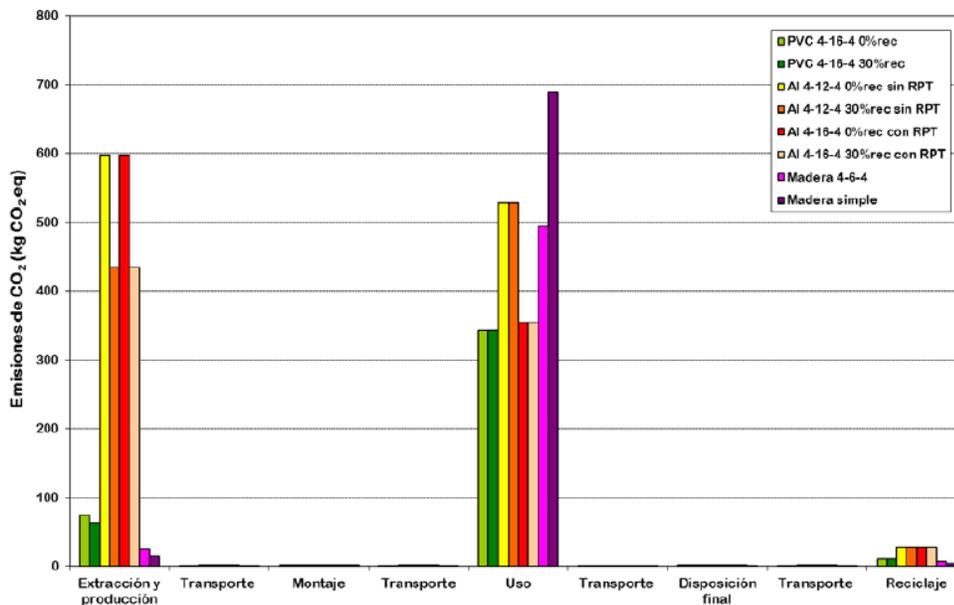
El tipo de materiales escogidos de lana mineral para los aislamientos de fachada, cubierta y solera cumple con la normativa EN 13501-1 mediante la clasificación A2-s1,d0. La lana mineral se clasifica como un material no combustible sin contribución en grado menor al fuego y no produce gotas inflamadas. Ver Anexo 5 con las especificaciones técnicas del material.

10.1.4. Cambio De Ventanería

Se plantea un cambio total de la carpintería en todos los huecos del edificio constituida por ventanas con marco de aluminio con ruptura de puente térmico y doble acristalamiento bajo emisivo con cámara de aire y factor solar 0.39.

Para la escogencia de la carpintería en perfilería de aluminio se tiene cuenta el ciclo de vida del material y las prestaciones que este genera comparado con otro tipo de soluciones. Así se analizan las emisiones de CO₂ durante el ciclo de vida y la capacidad de reciclaje del material.

De acuerdo a datos obtenidos de un informe realizado por la Universidad Politécnica de Cataluña de 2017 (Baldasano & Vargas, 2017) se puede obtener el impacto ambiental de cada material analizando una ventana estándar de 1.34 m x 1.34 m. Así, si se compara el aluminio 30% reciclado con doble acristalamiento respecto al PVC y la madera, este genera mayores emisiones de CO₂ durante la etapa de extracción y producción (434.1 kg CO₂), pero durante la etapa de uso sus emisiones son similares a las del PVC (355,2 y 343.1 kg CO₂ respectivamente). Ver gráfica 8.



Gráfica 8 Emisiones de CO₂ asociadas al ciclo de vida. Fuente: Baldasano J.M, Vargas V. 2017

A pesar de que el aluminio posee unas mayores emisiones de CO₂ es un material que durante su ciclo de vida permite un mayor reciclaje de sus componentes comparado con las demás soluciones. Un informe realizado en 2005 (Baldasano, Parra, & Jiménez, 2005) muestra los kilogramos totales que pueden ser reciclados en una ventana de medidas estándar 1.34 m x 1.34 m. De acuerdo a este estudio se pueden reciclar 40.8 kg de aluminio en cualquiera de las soluciones, mientras que en una ventana de PVC se pueden reciclar 21.1 kg. Tabla 7.

Si se compara el aluminio con el PVC, el aluminio es reciclable infinitas veces mientras que el PVC en el reciclaje va perdiendo sus cualidades, de hecho, no se pueden fabricar ventanas con PVC 100% reciclado como indica la norma europea de perfiles de PVC, la EN 12608. Sumado a esto se debe tener en cuenta que la materia prima del PVC es el petróleo, un recurso no renovable.

| Ventana | Consumo eléctrico (kWh) | Emisiones de CO ₂ (kg) | Material reciclado (kg) | | | | | Total material reciclado | % del material total |
|---|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------|-------|----------|------|--------------------------|----------------------|
| | | | Vidrio | PVC | Acero | Aluminio | | | |
| PVC 30% reciclado doble acristalamiento | 1.740 | 730 | 21,4 | 21,1 | 6,7 | | 49,2 | 93,4% | |
| PVC 0% reciclado doble acristalamiento | 1.780 | 742 | 21,4 | 21,1 | 6,7 | | 49,2 | 93,4% | |
| Madera doble acristalamiento | 2.045 | 886 | 21,4 | | | | 21,4 | 61,5% | |
| Madera simple acristalamiento | 2.633 | 1.155 | 10,7 | | | | 10,7 | 45,0% | |
| Aluminio 30% reciclado con rotura doble acristalamiento | 3.244 | 1.418 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% | |
| Aluminio 0% reciclado con rotura doble acristalamiento | 3.819 | 1.672 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% | |
| Aluminio 30% reciclado sin rotura doble acristalamiento | 3.838 | 1.681 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% | |
| Aluminio 0% reciclado sin rotura doble acristalamiento | 4.413 | 1.935 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% | |

Tabla 7. Consumo de energía, Emisiones de CO₂ y reciclaje de los diferentes materiales. Fuente: Baldosano J.M; Parra R; Jiménez P. 2005

La transmitancia del cerramiento se determina a partir del cálculo conjunto entre el marco y la ventana de acuerdo con la normativa UNE EN ISO 10077. De este modo se plantea un porcentaje de marco de 20% con una transmitancia térmica de 1.3 W/m²K. El acristalamiento doble con cámara de aire posee un valor U de 2.4 W/m²K (datos obtenidos a través de la aplicación CalumenLive), las propiedades de la carpintería se adjuntan en el Anexo 6. Así la transmitancia térmica del cerramiento será de 2.35 W/m²K.

| | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------|
|  | FACTOR LUMINOSO | EN410 (2011-04) |  | FACTORES ENERGÉTICOS | EN410 (2011-04) |
| | Trans. Luminosa (TL) | 72% | | Trans. energética (TE) | 36% |
| | Reflexión exterior (RLe) | 14% | | Refl. energ. exterior (Ree) | 37% |
| | Reflexión interior (RLi) | 15% | | Refl. energ. interior (REi) | 39% |
|  | TRANS. TÉRMICA | EN673-2011 | | Absorción energ. A1(AE1) | 26% |
| | Ug | 2.4 W/(m ² .K) | | Absorción energ. A2 | 1% |
| | | | | Absorción energ. A3 | |

Tabla 8. Propiedades de ventanería (CalumenLive)

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\Psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\Psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

| Transmitancia global del hueco | | |
|--------------------------------|--|------|
| Uh,v | U Acristalamiento | 2.40 |
| Uh,m | U Marco | 1.30 |
| Ψv | U Lineal entre marco y acristalamiento | 0.08 |
| Ah,v | Área de acristalamiento | 2.30 |
| Ah,m | Área de marco | 0.57 |
| Lv | Longitud de contacto entre acristalamiento y marco | 6.18 |
| Uh | U total | 2.35 |

Tabla 9. Cálculo de la transmitancia global del hueco.

10.1.5. Comparativa entre el edificio actual y la mejora de envolvente

La intervención de los cerramientos de la envolvente se realiza para dar cumplimiento a la transmitancia máxima exigida por el CTE para la zona climática en la cual se encuentra el edificio. En la Tabla 11 se observa la transmitancia de los cerramientos de la propuesta contra las exigencias del Documento Básico HE Ahorro de Energía de 2017.

| | Transmitancia cerramientos de propuesta | Transmitancia máxima CTE |
|----------------------------------|---|--------------------------|
| U SATE | 0.31 W/m ² K | 0.75 W/m ² K |
| U Solera en contacto con el aire | 0.35 W/m ² K | 0.50 W/m ² K |
| U Cubierta | 0.38 W/m ² K | 0.50 W/m ² K |
| U Ventanería tipo | 2.35 W/m ² K | 3.10 W/m ² K |

Tabla 10. Transmitancia de cerramientos de propuesta vs. Transmitancia máxima exigida

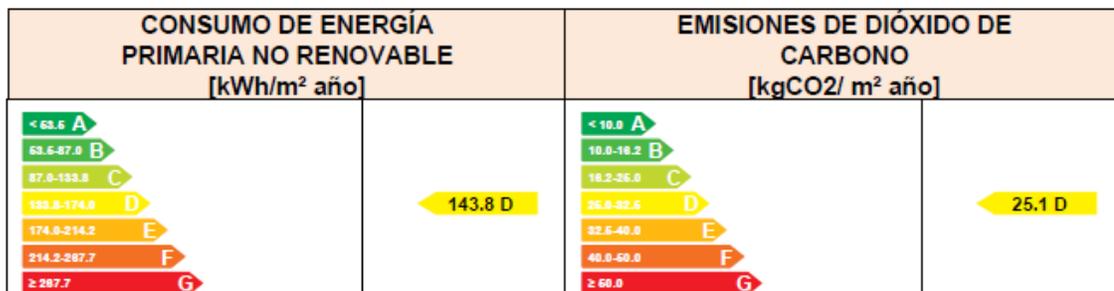


Figura 52. Resultados de Certificación Energética de Medida de mejora de Envolvente. CE3X

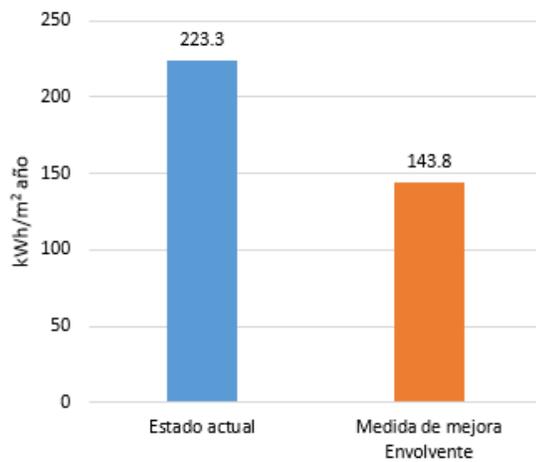
| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|------------------|--|--|-------|---|---|
| | | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Energía primaria calefacción [kWh/m ² año] | C | Energía primaria ACS [kWh/m ² año] | - |
| | | 20.07 | | 0.00 | |
| | | Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año] | | Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año] | C |
| 143.8 D | | 46.96 | 76.49 | | |

Figura 53. Resultados de Consumo de Medida de mejora de Envoltente. CE3X

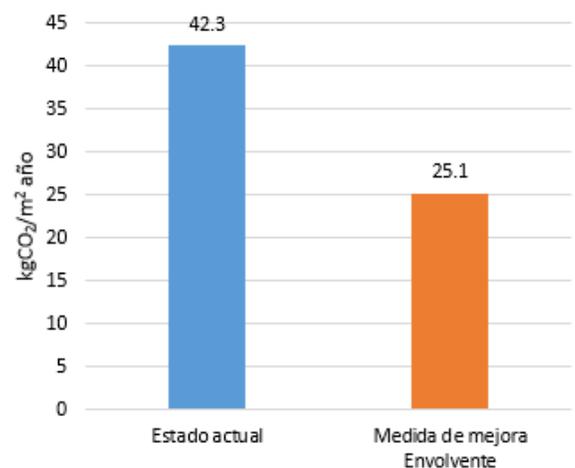
| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | | | | | |
|------------------------|--|--------------------------|--|---|--------|---|--|
| | | | | | | | |
| | | | | 13.6 C | 44.4 C | | |
| | | | | Demanda de calefacción [kWh/m ² año] | | Demanda de refrigeración [kWh/m ² año] | |

Figura 54. Resultados de Demanda de Medida de mejora de Envoltente. CE3X

En la gráfica 9 se observa el ahorro energético logrado mediante la reducción del consumo del edificio. Por otra parte, si se analizan las emisiones de CO₂ se logra igualmente una reducción de 40.7 %, con unas emisiones de 25.1 kgCO₂/m² al año.



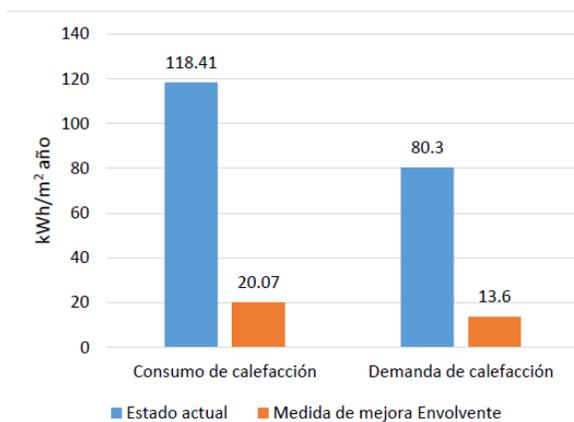
Gráfica 9. Consumo actual vs. Consumo medida de mejora de envoltente



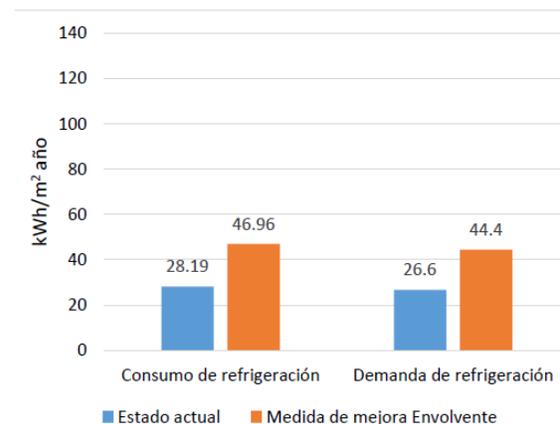
Gráfica 10. Emisiones de CO₂. Estado actual vs. Medida de mejora de envoltente

De igual manera, en las gráficas 11 y 12 se analiza el ahorro energético que se logra a través de la medida de mejora en la envolvente teniendo en cuenta la diferencia tanto de la demanda como del consumo. De esta manera se puede observar una reducción significativa de demanda y consumo de calefacción lograda a partir de la intervención en el aislamiento exterior de los muros y el cambio de ventanería, un ahorro energético evidente dado las condiciones actuales de los cerramientos y las altas transmitancias térmicas que presentan. Con esta medida de mejora se logran eliminar los puentes térmicos y todas aquellas infiltraciones de la envolvente, generando un menor consumo de calefacción en kWh/m² al año.

Complementariamente, con la medida de mejora en la envolvente se observa un aumento tanto de consumo como de demanda para refrigeración, el cual se explica por el cambio de ventanería a una con ruptura de puente térmico y la eliminación de los puentes térmicos de fachada, factores que en el estado actual del edificio dejan escapar las ganancias térmicas internas en los periodos de uso de la refrigeración. A pesar de que la intervención no genera un ahorro energético en cuanto a refrigeración, sí se asegura que un edificio con mayor hermeticidad y con un ahorro energético del 45,7 % teniendo en cuenta el consumo conjunto de calefacción y refrigeración.



Gráfica 11 Comparación de consumo y demanda de calefacción



Gráfica 12 Comparación de consumo y demanda de refrigeración

10.1.6. Presupuesto para medida de mejora en la envolvente

Dentro del presupuesto para la intervención de la envolvente se tienen en cuenta todas aquellas actuaciones previas necesarias para la realización de las actividades de obra, así

como los costos de la mano de obra incluidos dentro de cada partida. El presupuesto total para la intervención de la envolvente asciende a €3.639.649,57.

| Capítulo | Partida | Precio | Cantidad | Unidad | Precio Total |
|-------------------------------|---|---------|----------|--------|-----------------------|
| Aislamiento Exterior Fachada | Montaje y Desmontaje de Andamios | 7.10 | 11596.90 | M2 | € 82,337.99 |
| | Demolición de Alicatados de Azulejo | 9.63 | 5099.33 | M2 | € 49,106.55 |
| | Demolición de Albardillas Existentes en Antepechos | 5.68 | 2255.10 | M | € 12,808.97 |
| | Desmonte de Carpintería de Acero (Marco y Vidrio) | 5.31 | 6244.72 | M2 | € 33,159.46 |
| | Desmonte Unidades Exteriores AAC | 17.40 | 199.00 | UD | € 3,462.60 |
| | Construcción de Albardillas Nuevas en Concreto | 41.14 | 2255.10 | M | € 92,774.81 |
| | Sistema SATE (Incluye revestimiento del acabado por el Exterior) | 82.15 | 5099.33 | M2 | € 418,909.96 |
| | Remate de SATE en encuentro con cubierta | 39.24 | 243.43 | M | € 9,552.19 |
| Aislamiento Exterior Cubierta | Aislamiento Térmico de Cubierta | 53.74 | 1689.96 | M2 | € 90,818.45 |
| Aislamiento Exterior Solera | Montaje y Desmontaje de Andamios | 7.10 | 1386.94 | M2 | € 9,847.27 |
| | Desmonte de Techo Falso Existente | 9.15 | 805.99 | M2 | € 7,374.81 |
| | Aislamiento Térmico Solera en contacto con el Aire | 31.68 | 805.99 | M2 | € 25,533.76 |
| | Montaje de Techo Falso | 18.57 | 805.99 | M2 | € 14,967.23 |
| Ventanería | Carpintería Aluminio + Cristales (Ventanas Fijas/Ventanas Pivotantes) | 1150.05 | 1731.00 | UD | € 1,990,736.55 |
| | Vierteaguas en aluminio | 73.87 | 2255.10 | M | € 166,584.24 |
| Subtotal | | | | | € 3,007,974.85 |
| IVA (21%) | | | | | € 631,674.72 |
| TOTAL | | | | | € 3,639,649.57 |

Tabla 11. Presupuesto para Medida de mejora en Envolvente

10.2. INSTALACIONES

10.2.1. Sistema centralizado VRV

Dada la situación actual en la que el sistema de climatización es prácticamente inexistente y que además no cumple con los requerimientos de funcionamiento y confort en la edificación, el potencial de mejora es total, dejando a disposición todo un abanico de posibilidades a la hora de escoger una solución sobre la problemática, buscando ser eficiente energética y económicamente, a la vez que se alcanza un estándar de calidad aceptable. No obstante, es importante aclarar desde aquí que el alcance de este documento no contempla un diseño general ni específico debido a la complejidad que esto representa, requiriendo ingeniería de detalle, modelados y especialistas para dimensionar y establecer un sistema con todas las características requeridas.

Sin embargo, se hace la sugerencia de que el sistema a escogerse debería ser un sistema aire-

aire con caudal variable de refrigerante y con bomba de calor, con el fin de que el fluido utilizado para la condensación sea el aire exterior y se disminuya el tamaño total del sistema de climatización necesario. A estos sistemas se les conoce en el mercado por sus siglas en inglés VRV (Variable Refrigerant Volume) o VRF (Variable Refrigerant Flow), cuyo funcionamiento se basa en la modificación del caudal a través de *inverters* en los compresores y válvulas de expansión o modulación, las cuales se incorporan en unidades exteriores e interiores con el fin de ajustar la capacidad a la demanda. También se considera a este sistema como una solución adecuada por la polivalencia de atender a numerosas unidades interiores en un mismo sistema con respectivas independencias climáticas, tanto refrigeración como calefacción (gracias a la bomba de calor); aspecto crucial para la diversidad de necesidades propias de los diferentes usos de la universidad (aulas, despachos, laboratorios, salas, zonas comunes). Dado que el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) define que es necesario considerar la introducción de aire exterior para ventilar las distintas zonas del edificio a climatizar, dependiendo del uso del edificio, su área y el número de personas, los fabricantes de los sistemas VRV completan el sistema de climatización con intercambiadores o recuperadores de calor aire-aire, atendiendo la eficiencia energética a través de la corriente de aire de extracción y ventilando las zonas internas; sin embargo, para el caso de la universidad, no es necesario implementar una tecnología que aumente el precio de la instalación, pudiendo optar por ventiladores que inyecten aire fresco al interior de la instalación para luego ser recirculados por el sistema central.

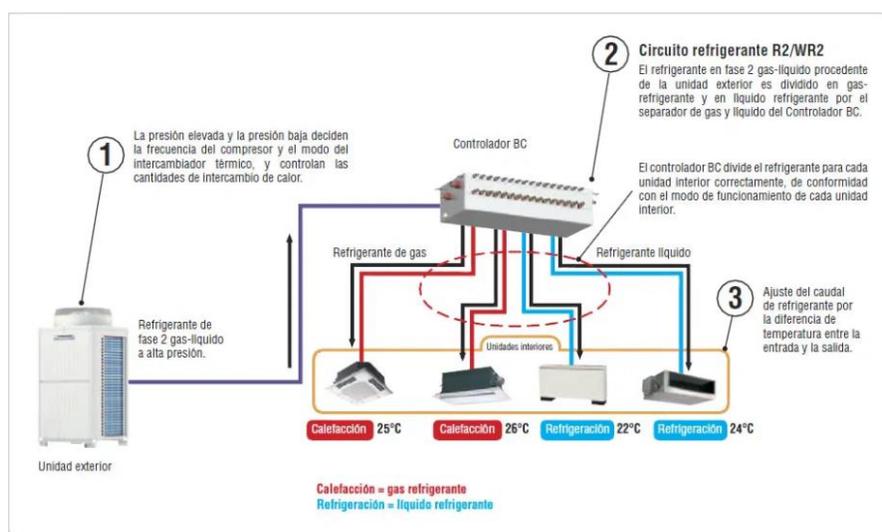


Figura 55. Esquema Ejemplo de sistema VRV - Fuente: (Mitsubishi Electric, 2020)

Así mismo, se tiene en cuenta que es un sistema con desventajas como ser susceptible a fugas por tener una distribución de refrigerante por una red de tuberías de cobre, y además representar una gran inversión inicial que en términos de amortización podría no ser viable para la escuela; pues además del sistema per se, se necesitan otros componentes como condensadoras y evaporadoras para su funcionamiento óptimo.

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|---|--------|---|--|---------------------------------|------------------|
| IBL600 | Ud | Unidad exterior de aire acondicionado, bomba de calor. | | 22 071,22€ | |
| mt42mee020g | Ud | Unidad exterior de aire acondicionado, para sistema aire-aire multi-split, con caudal variable de refrigerante, bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), gama City Multi, serie Y (YNW) Estándar, modelo PUHY-P500YVW-A "MITSUBISHI ELECTRIC", potencia frigorífica nominal 56 kW (temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C), EER = 4,47, SEER = 7,06, consumo eléctrico nominal en refrigeración 12,52 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -0 hasta 52°C, potencia calorífica nominal 63 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), COP = 4,31, SCOP = 3,69, consumo eléctrico nominal en calefacción 14,61 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C, conectabilidad de hasta 43 unidades interiores con un porcentaje de capacidad mínimo del 50% y máximo del 130%, compresor scroll herméticamente sellado con control inverter, 1750x1858x740 mm, peso 337 kg, presión sonora 63,5 dBA, potencia sonora 62 dBA, caudal de aire 305 m³/min, longitud total máxima de tubería frigorífica 1000 m, diferencia máxima de altura de instalación 90 m si la unidad exterior se encuentra por encima de las unidades interiores y 60 m si se encuentra por debajo. | 1,000 | 21.369,00 | 21.369,00 |
| | | | Subtotal materiales: | | 21.369,00 |
| mo005 | h | Mano de obra Oficial instalador de climatización. | | 7,360 | 10 11 |
| mo104 | h | Ayudante instalador de climatización. | | 7,360 | 17,50 |
| | | | Subtotal mano de obra: | | 269,45 |
| | | | Costes directos complementarios | 2,000 | 21,638,45 |
| | | | Costes directos complementarios | | 432,77 |
| Coste de mantenimiento decenal: 7.724,93€ en los primeros 10 años. | | | | | |
| | | | | Costes directos (1+2+3): | 22.071,22 |

Figura 56. Ejemplo de Presupuesto Máquina Principal VRV - Fuente: (CYPE Ingenieros, S.A., 2020)

Si bien es cierto, que el sistema VRV supone estas y otras desventajas frente a otras opciones, hay que considerar que es tecnología de punta abierta a innovación en el mercado. Del mismo modo, es importante resaltar que además de la máxima zonificación y la personalización de espacios, el sistema de VRV supone una facilidad de diseño, montaje y mantenimiento al mínimo, además de suponer una alta fiabilidad y generar bajos niveles de sonido, por lo que son preocupaciones que se evita al equipo de operación de la edificación y en general la gestión de la escuela. Adicionalmente, es un sistema que permite una centralización relativamente sencilla con la que se obtienen beneficios a la hora de manejar el sistema, contabilizar el consumo energético y regular los usos en general de la instalación.

10.2.2. Iluminación

Con el fin de reducir la potencia instalada y mejorar el confort visual en las labores de los usuarios se propone hacer un cambio de iluminación en las zonas que representan el mayor consumo energético y que a su vez, sean espacios de uso frecuente. Este cambio de iluminación incluye la eliminación de las reactancias tradicionales al no ser necesarias para la implementación de un sistema de iluminación con lámparas LED, pues deberían ser las escogidas para el diseño debido a su gran eficiencia energética, su ciclo de vida y las diferentes prestaciones que se encuentran en el mercado bajo la gama de posibilidades. Sin embargo, si bajo la eventual decisión de emplazar luminarias con reactancias, se hace la recomendación general de que se reemplacen las reactancias convencionales por electrónicas, las cuales harán que el consumo y funcionamiento de las luminarias sea óptimo.

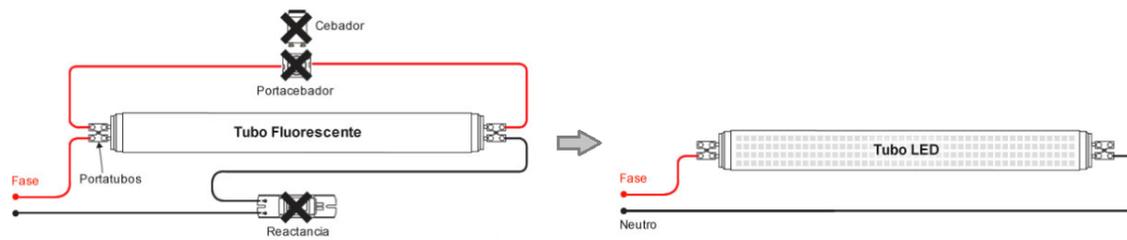


Figura 57. Reemplazo de luminarias y reactancias

Para ello, se recurrió a un reconocimiento de campo y los ensayos realizados con el luxómetro con el fin de establecer las zonas más afectadas y entender el funcionamiento del sistema actualmente. Adicionalmente, se hizo uso de la caracterización de la memoria de cálculo del documento “Planificació energètica per la implantació de la norma ISO 50001 a l’ETSEIB” de Marc Poll Seguí, puesto que en este también se encuentran algunas mediciones en ciertos espacios para establecer el nivel medio de iluminación.

En rasgos generales se encontró que los espacios de la edificación no cumplen con los niveles medios de iluminación especificados en los parámetros de la Norma Europea sobre la iluminación para Interiores UNE 12464.1. Por tanto, el cambio de iluminación no solo se compone de eficiencia energética sino también de confort del usuario.

| 2. EDIFICIOS EDUCATIVOS | | | | | |
|-------------------------|---|-----------|------------------|----------------|---|
| Nº REF | TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD | E_m lux | UGR _l | R _a | OBSERVACIONES |
| 2.1 | AULAS, AULAS DE TUTORIA | 300 | 19 | 80 | - La iluminación debería ser controlable. |
| 2.2 | AULAS PARA CLASES NOCTURNAS Y EDUCACIÓN DE ADULTOS | 500 | 19 | 80 | - La iluminación debería ser controlable. |
| 2.3 | SALA DE LECTURA | 500 | 19 | 80 | - La iluminación debería ser controlable. |
| 2.4 | PIZARRA | 500 | 19 | 80 | - Evitar reflexiones especulares. |
| 2.5 | MESA DE DEMOSTRACIONES | 500 | 19 | 80 | - En salas de lectura 750 lux. |
| 2.6 | AULAS DE ARTE | 500 | 19 | 80 | |
| 2.7 | AULAS DE ARTE EN ESCUELAS DE ARTE | 750 | 19 | 90 | - Tcp ≥ 5.000K. |
| 2.8 | AULAS DE DIBUJO TÉCNICO | 750 | 16 | 80 | |
| 2.9 | AULAS DE PRÁCTICAS Y LABORATORIOS | 500 | 19 | 80 | |
| 2.10 | AULAS DE MANUALIDADES | 500 | 19 | 80 | |
| 2.11 | TALLERES DE ENSEÑANZA | 500 | 19 | 80 | |
| 2.12 | AULAS DE PRÁCTICAS DE MÚSICA | 300 | 19 | 80 | |
| 2.13 | AULAS DE PRÁCTICAS DE INFORMÁTICA | 300 | 19 | 80 | |
| 2.14 | LABORATORIOS DE LENGUAS | 300 | 19 | 80 | |
| 2.15 | AULAS DE PREPARACIÓN Y TALLERES | 500 | 22 | 80 | |
| 2.16 | HALLS DE ENTRADA | 200 | 22 | 80 | |
| 2.17 | ÁREAS DE CIRCULACIÓN, PASILLOS | 100 | 25 | 80 | |
| 2.18 | ESCALERAS | 150 | 25 | 80 | |
| 2.19 | AULAS COMUNES DE ESTUDIO Y AULAS DE REUNIÓN | 200 | 22 | 80 | |
| 2.20 | SALAS DE PROFESORES | 300 | 19 | 80 | |
| 2.21 | BIBLIOTECA: ESTANTERIAS | 200 | 19 | 80 | |
| 2.22 | BIBLIOTECA: SALAS DE LECTURA | 500 | 19 | 80 | |
| 2.23 | ALMACENES DE MATERIAL DE PROFESORES | 100 | 25 | 80 | |
| 2.24 | SALAS DE DEPORTE, GIMNASIOS, PISCINAS (USO GENERAL) | 300 | 22 | 80 | - Para actividades más específicas, se deben usar los requisitos de la norma EN 12193 |
| 2.25 | CANTINAS ESCOLARES | 200 | 22 | 80 | |
| 2.26 | COCINA | 500 | 22 | 80 | |

Tabla 12. Niveles de iluminación medios para edificios educativos. (UNE, 2012)

Complementariamente, es necesario tener en cuenta a la normativa que especifica los valores límite de eficiencia energética de la instalación y los límites de las potencias máximas instaladas en las superficies de los espacios.

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

Tabla 13. Valores límite de eficiencia energética de la instalación. Fuente: (Sección HE 3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación, 2017)

| Uso del edificio | Potencia máxima instalada [W/m ²] |
|--|---|
| Administrativo | 12 |
| Aparcamiento | 5 |
| Comercial | 15 |
| Docente | 15 |
| Hospitalario | 15 |
| Restauración | 18 |
| Auditorios, teatros, cines | 15 |
| Residencial Público | 12 |
| Otros | 10 |
| Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux | 25 |

Tabla 14. Potencia máxima de iluminación. Fuente: (Sección HE 3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación, 2017)

10.2.2.1. *Diseño de Iluminación Propuesta*

Para alcanzar los niveles de iluminación esperados sin exceder la densidad de potencias instaladas en función de la normativa actual, es necesario utilizar un programa de modelación lumínica que integre los factores de comportamiento energético para evaluar la propuesta integralmente. Con este fin, se hizo uso del software DIALUX, en el que se modelaron diferentes espacios que requieren un cambio de iluminación, teniendo en cuenta las características de los materiales, las geometrías y los componentes que se encuentran en cada espacio. El modelado de los espacios se hizo clasificando en tipologías que pudiesen representar a zonas similares del mismo uso, de modo que un modelado se pueda replicar dependiendo de las magnitudes de las áreas para mayor o menor densidad de luminarias instaladas. Para mayor detalle, se propone el Anexo 9 en el que se muestran completamente los resultados generados en cada modelado de DIALUX.

Para mayor facilidad de compra, almacenamiento y mantenimiento se propone una tipología unificada para los espacios de Aulas, Laboratorios/Salas y Despachos, como se muestra a continuación:

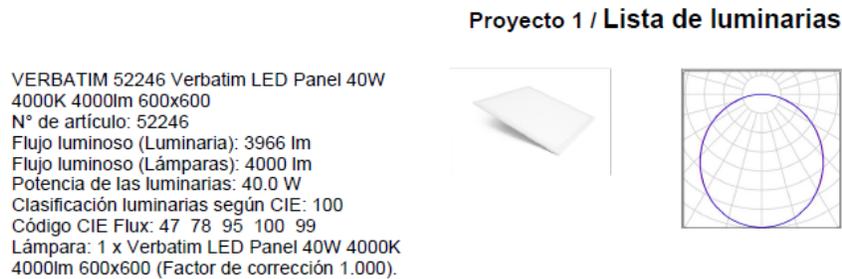


Figura 58. Especificación Técnica Luminaria 1. DIALUX

- Aulas:

Para modelar aulas, se escogieron dos modelos: un aula pequeña y un aula grande, con el fin de encontrar un promedio de luminarias requeridas para cumplir con los niveles de iluminación dependiendo del área.

○ Aula - Planta 3.

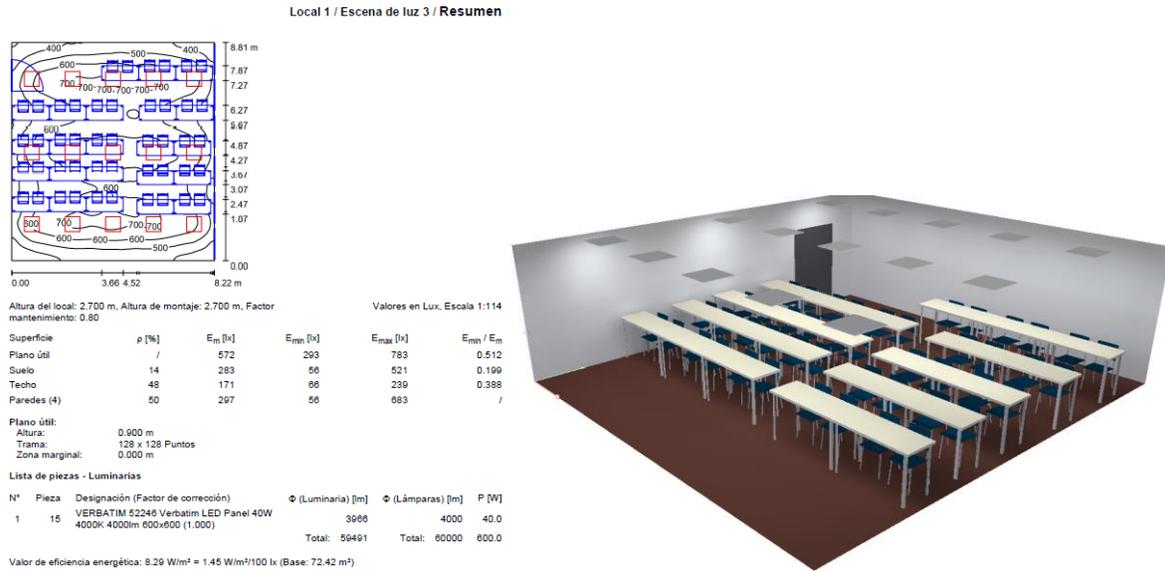


Figura 59. Diseño de iluminación para Aula en planta 3.

○ Aula. Planta 6:

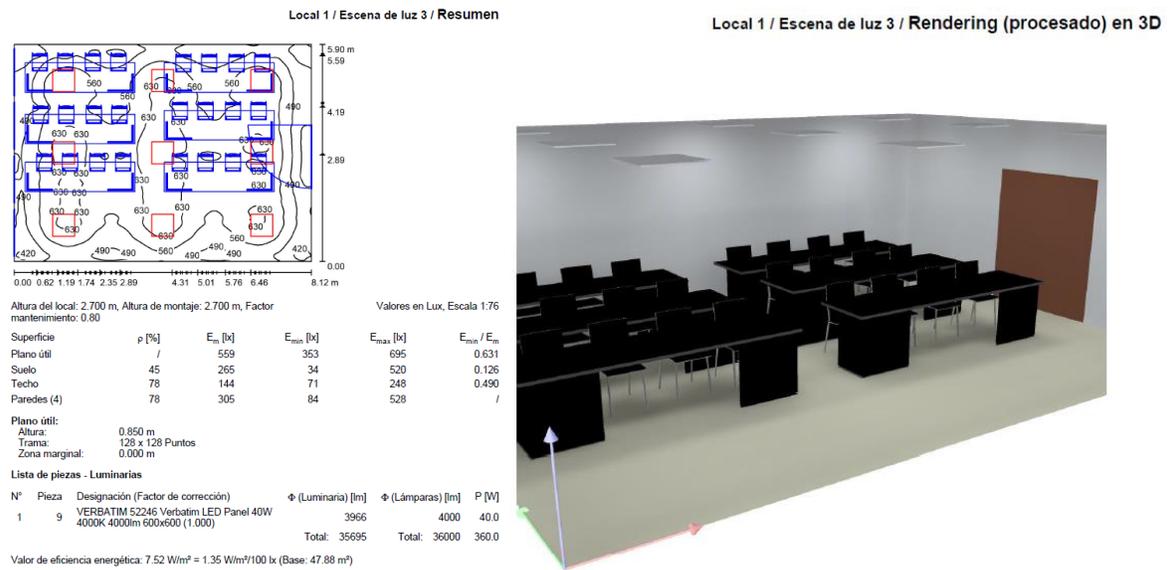


Figura 60- Diseño de iluminación propuesto para Aula en planta 6.

- Despachos:

Para el modelado de despachos se utilizó un despacho típico en la planta 6, con lo que se considera un conjunto de componentes regularmente posicionados en este tipo de espacio.

- Despacho Planta 6:

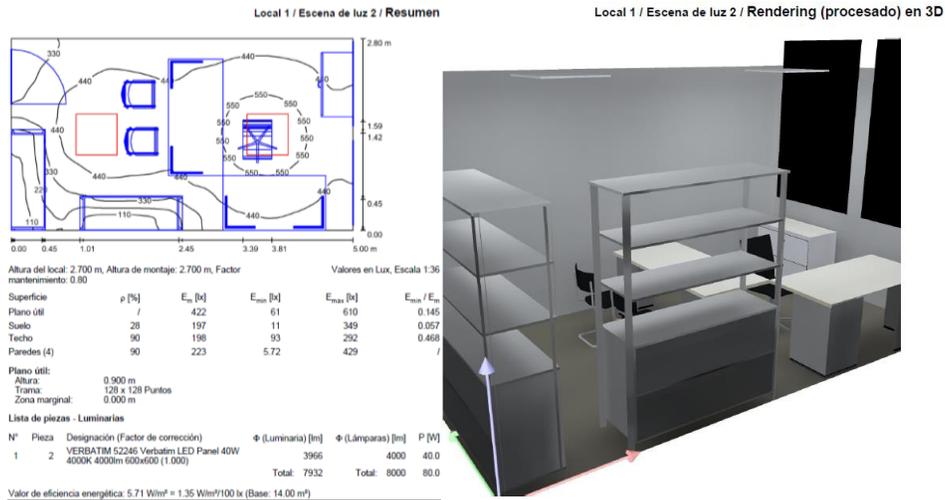


Figura 61. Diseño de iluminación propuesto para despacho en Planta 6.

- Laboratorios/Salas

Se modela un laboratorio tipo que cuenta con los componentes típicos de los laboratorios presentes en la edificación.

- Laboratorio Planta 7:

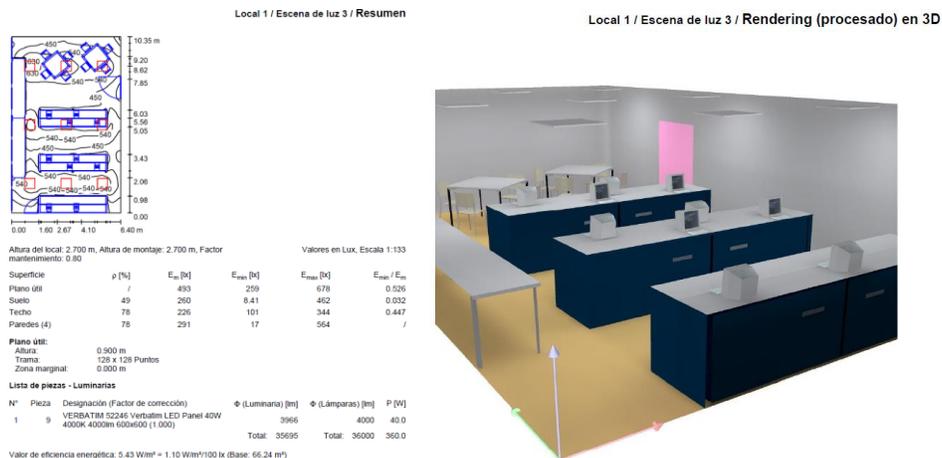


Figura 62. Diseño de iluminación propuesto para laboratorio en Planta 7.

- Zonas Comunes:

Se modela un corredor tipo que además estuviese sin aportaciones de iluminación solar debido a que posee despachos y/o aulas a cada lado de su zona de servicio, necesitando del uso de iluminación artificial continuamente durante todas las horas de operación. Adicionalmente, se propone que la distribución de unidad luminaria por área se utilice en los baños al tener requerimientos de niveles de iluminación similares.

- Corredor Planta 8:

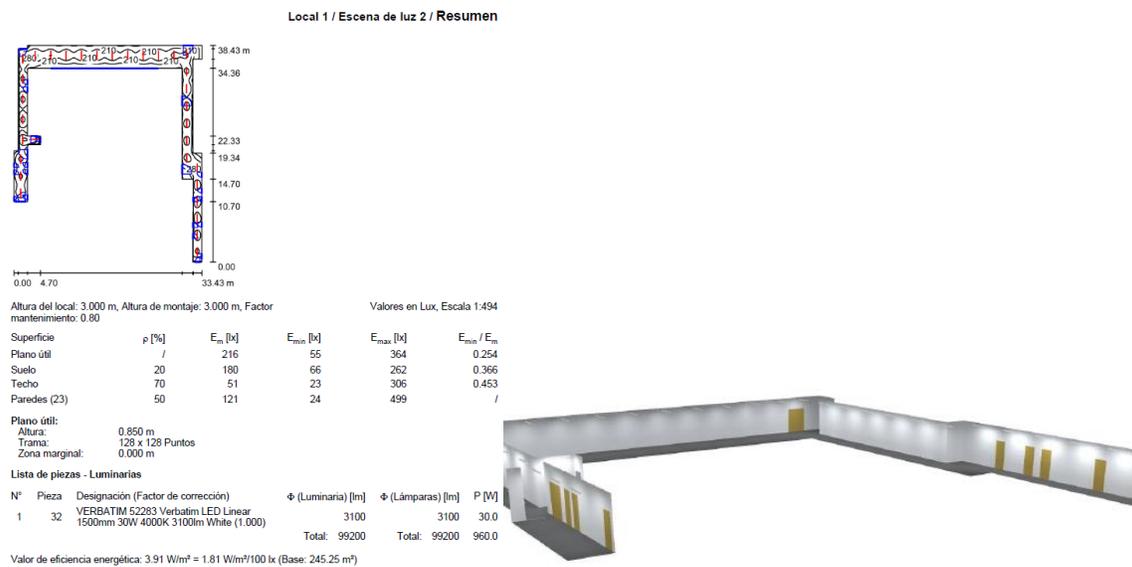


Figura 63. Diseño de iluminación propuesto para corredor en la Planta 8.

Dado que las zonas comunes requieren una menor intensidad lumínica, se consideró emplear una referencia distinta a la que fue propuesta para el resto de los diseños, como se muestra a continuación:

Proyecto 1 / Lista de luminarias

VERBATIM 52283 Verbatim LED Linear 1500mm
30W 4000K 3100lm White
N° de artículo: 52283
Flujo luminoso (Luminaria): 3100 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3100 lm
Potencia de las luminarias: 30.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 51 81 96 98 100
Lámpara: 1 x LED Linear 1500mm 30W 4000K
3100lm White (Factor de corrección 1.000).

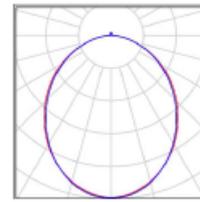


Figura 64. Especificación Técnica Luminaria 2. DIALUX

10.2.2.2. Comparativa entre el edificio actual y la mejora de iluminación.

Para estimar el efecto generado por las intervenciones es necesario comparar la potencia instalada y la cantidad de luminarias para cada espacio en función de los diseños propuestos. La cantidad de luminarias distribuidas por tipología de espacio varía en función del requerimiento de iluminación; es decir, a mayor es el requerimiento, mayor es la densidad lumínica para cumplir con los niveles de iluminación medios normativos para cada tipo de espacio. Así pues, por ejemplo, para Aulas, Laboratorios y Salas, se calculó que debería haber una luminaria por cada 4m²; en cambio para zonas comunes, escaleras y baños se propone una luminaria por cada 7 m², dado que el nivel de iluminación exigido es menor al no ser áreas de esfuerzo visual y trabajo continuo.

| Espacios | Area (m2) | Potencia Instalada Actual (W) | DISEÑO | | | Diferencia Potencia Instalada (W) | Diferencia Potencia Instalada (kW) |
|----------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | | | Unidades | Pot x Unidad (W) | Potencia Instalada Diseño (W) | | |
| Aula | 3478,1 | 55998 | 870 | 40 | 34800 | 21198 | 21,20 |
| Baño | 702,2 | 6481 | 101 | 30 | 3030 | 3451 | 3,45 |
| Armario | 173,8 | 3694 | 54 | 30 | 1620 | 2074 | 2,07 |
| Escaleras | 13,1 | 2862 | 14 | 30 | 420 | 2442 | 2,44 |
| Lab | 2333,5 | 37192 | 584 | 40 | 23360 | 13832 | 13,83 |
| Despacho | 4978,2 | 60512 | 1245 | 40 | 49800 | 10712 | 10,71 |
| Sala | 1043,5 | 6012 | 261 | 40 | 10440 | -4428 | -4,43 |
| Zona Común | 4018,85 | 38170 | 575 | 30 | 17250 | 20920 | 20,92 |
| Biblioteca | 217,1 | 3664 | No Aplica | | 3664 | 0 | 0,00 |
| Bar | 426,6 | 8400 | No Aplica | | 8400 | 0 | 0,00 |
| Cocina | 128 | 492 | No Aplica | | 492 | 0 | 0,00 |
| Tecnico | 142,6 | 7750 | No Aplica | | 7750 | 0 | 0,00 |
| TOTALES | | 231227 | | | 161026,0 | 70201,0 | 70,2 |

Tabla 15. Cantidad de luminarias por espacio. Potencias Instaladas Actuales y Futuras

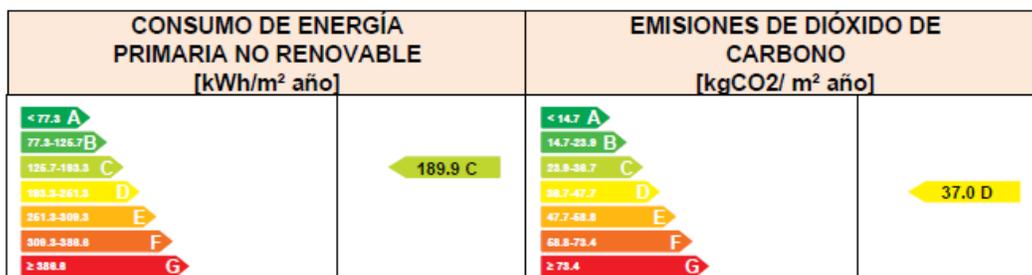


Figura 65. Resultados de Certificación Energética de Medida de mejora de Iluminación. CE3X

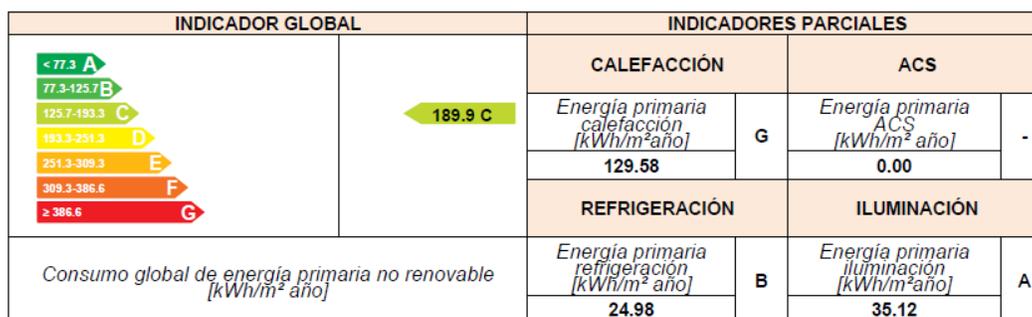


Figura 66. Resultados de Consumo de Medida de Mejora de Iluminación. CE3X

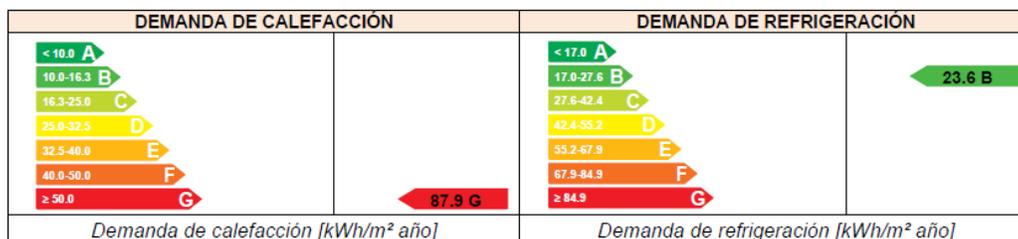
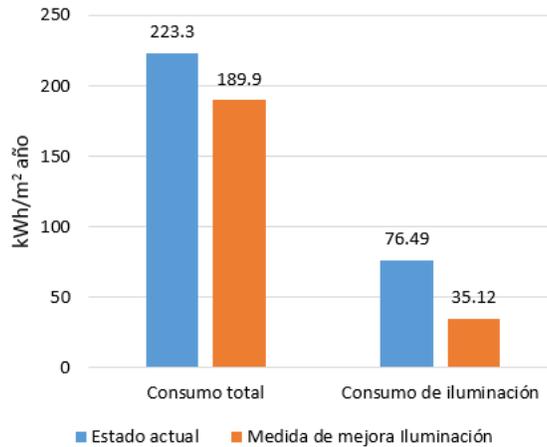


Figura 67. Resultados de Demanda de Medida de mejora de Iluminación. CE3X

En la gráfica 13 se analiza el ahorro energético que se logra a través de la medida de mejora de iluminación teniendo en cuenta la diferencia en cuanto el consumo global de la edificación y el consumo específico que representa la iluminación. De este modo se puede observar una reducción significativa casi del 50 % del consumo de iluminación, lo cual se logra debido al uso de luminarias de mayor eficiencia.



Gráfica 13. Comparación de consumo actual vs. Medida de mejora de iluminación

10.2.2.3. Presupuesto para media de mejora del sistema de iluminación

Para el presupuesto de la intervención se tienen en cuenta las actividades previas y propias de las obras necesarias para poner en marcha el potencial nuevo sistema, incluyendo en el valor de las partidas los costos inherentes para ellas. Si bien es cierto que en el diseño de intervención son más luminarias instaladas que las desinstaladas, es porque existía diversidad de zonas que no contaban con un nivel adecuado de iluminación el cual ha sido optimizado en diseño. Sin embargo, en cuestión de potencia instalada hay una reducción importante que es un factor importante buscado en la rehabilitación energética para este sistema.

Adicionalmente, destaca la demolición de falso techo y el posicionamiento de uno nuevo, debido a que actualmente gran parte en la pérdida de los niveles de iluminación en los espacios se debe a que muchas luminarias se encuentran empotradas en un falso techo que se ubica sobre otro falso techo a modo de rejilla. El valor total de la intervención sobre el sistema de iluminación es de €1.463.412 como se muestra a continuación.

| Capítulo | Partida | Precio | Cantidad | Unidad | Precio Total |
|-------------|---|--------|----------|--------|----------------|
| Actuaciones | Demolición de Falso Techo | 8,12 | 19261,77 | M2 | 156.405,57 € |
| Previas | Desmontaje Luminarias | 3,99 | 2744 | UD | 10.948,56 € |
| Iluminación | Redistribución Eléctrica | 2,5 | 19261,77 | M2 | 48.154,43 € |
| | Falso Techo Registrable | 44,68 | 19261,77 | M2 | 860.615,88 € |
| | Instalación de Luminarias (Incluye Lámpara) | 35,99 | 3704 | UD | 133.306,96 € |
| Subtotal | | | | | 1.209.431,40 € |
| IVA (21%) | | | | | 253.980,59 € |
| TOTAL | | | | | 1.463.412,00 € |

Tabla 16. Presupuesto para intervención sobre el sistema de iluminación.

10.3. ENERGÍAS RENOVABLES

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente (UNEP por sus siglas en inglés) ha expuesto la importancia del concepto *Green Economy*, el cual ha ganado mucha importancia entre académicos y los creadores de políticas en cuanto a temas de energía se refieren (Gasparatos, Doll, Esteban, Ahmed, & Olang, 2017). Actualmente, las energías renovables representan solo un 19,1% del consumo del consumo de energía a nivel global. Para 2020, la Unión Europea tiene como objetivo satisfacer el 20% de sus necesidades energéticas globales a través de energías renovables.

10.3.1. Paneles fotovoltaicos

La energía solar emplea el poder del sol para generar electricidad, por lo cual su utilización no tiene algún impacto perjudicial para el medio ambiente, reduciendo las emisiones de CO₂ si se compara con un sistema tradicional de generación de energía. Para el Edificio H de la ETSEIB se plantea la instalación de paneles fotovoltaicos en la totalidad de la cubierta.

Para el dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicas se tomó como referencia las normas UNE elaboradas por el comité técnico de normalización AEN/CTN/206/GT 82, "Sistemas de energía solar fotovoltaica". Además, se tuvo en cuenta las directrices del CTE y el Pliego de Condiciones Técnicas publicado por el IDAE.

Teniendo en cuenta la localización del edificio (Barcelona) se toman los datos de la radiación solar para una inclinación y orientación óptimas. El documento básico HE del CTE establece

como orientación óptima el sur y como inclinación óptima se toma la latitud del lugar menos 10° . De acuerdo a la implantación del edificio con una rotación de 18° respecto al sur se propone una misma orientación para los paneles, ya que esto supone unas pérdidas de energía aceptables entre 0 y 5 %. La inclinación resultante de los paneles de acuerdo a la latitud de la ciudad se establece en 30° .

Al observar la radiación solar a lo largo del año se encuentra que la más desfavorable es en diciembre. Para el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda se toma en cuenta el promedio de las horas solares pico HSP que para el caso de Barcelona es de 4,9 horas para una inclinación de 30° y orientación sur.

La demanda del edificio se determina a partir de datos obtenidos de Sirena, teniendo de esta manera un consumo eléctrico actual de 102,98 kWh lo que equivale a 1235 kWh/día.

| Datos | |
|---|-----------------------|
| Superficie de cubierta libre del edificio | 1527.7 m ² |
| Promedio hora solar pico Barcelona (HSP) | 4.9 |

| Demanda | |
|--------------------|-------------------|
| Demanda a cubrir | 1235840 Wh/día |
| Rendimiento global | 0.75 |
| Energía necesaria | 1647786.67 Wh/día |

| Datos captador | |
|-------------------------|----------------------|
| Potencia necesaria | 150 Wp |
| Rendimiento óptico (n0) | 0.87 |
| Voltaje | 22.7 V |
| Intensidad | 8.2 A |
| Superficie útil | 0.88 m ² |
| Tamaño del módulo | 1.001 m ² |

| Calculo | |
|--|----------------|
| η_{camp} | 0.8 |
| Cantidad de captadores | 2803 ud |
| Intensidad | 14819.13 A |
| Cantidad de captadores en paralelo | 1807 ud |
| Altura de panel inclinado a 30° | 0.338 m |
| Distancia entre paneles | 0.87 m |

Tabla 17. Cálculo instalación de paneles fotovoltaicos

Para cubrir la demanda eléctrica total del edificio en su estado actual son necesarios 2803 paneles, de los cuales se pueden disponer en la cubierta 640 paneles de acuerdo con la inclinación y la distancia que se debe dejar entre los mismos (Figura 68). Esto representa el cubrimiento del 22,8 % de la demanda actual. Las especificaciones de los paneles tipo se adjuntan en el Anexo 11.



Figura 68. Localización de paneles fotovoltaicos en cubierta

La separación entre paneles se determina a partir de la incidencia de los rayos del sol teniendo en cuenta la altura solar y el ángulo azimut en el mes más desfavorable, que para la latitud de Barcelona es el mes de diciembre. De acuerdo con las tablas de la trayectoria del sol en Cataluña se determina una altura solar H de 19° y un azimut solar A de 20° para el mes de

diciembre. Teniendo en cuenta estos datos y la altura del panel inclinado, se obtiene una separación entre paneles de 0,87 metros.

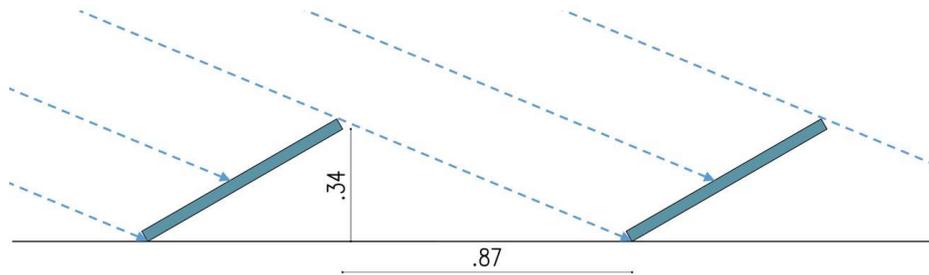


Figura 69. Separación entre paneles fotovoltaicos

Para transformar la corriente continua (CC) generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (CA) se propone la instalación de cuatro (4) inversores de salida trifásica con una potencia de 30000 W. De esta manera el proyecto fotovoltaico dispondrá de 320 paneles y 2 inversores por torre.

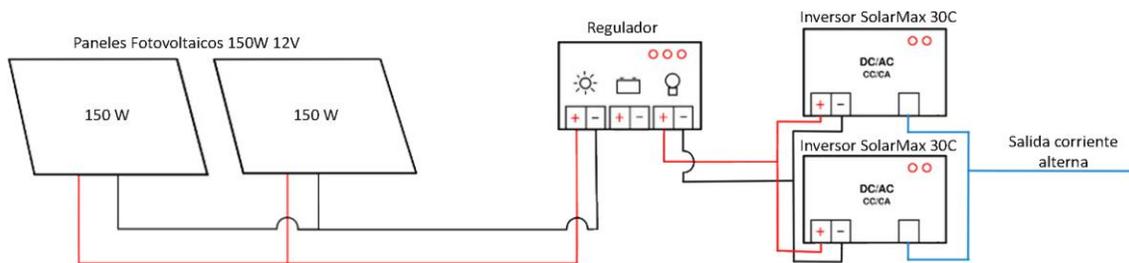
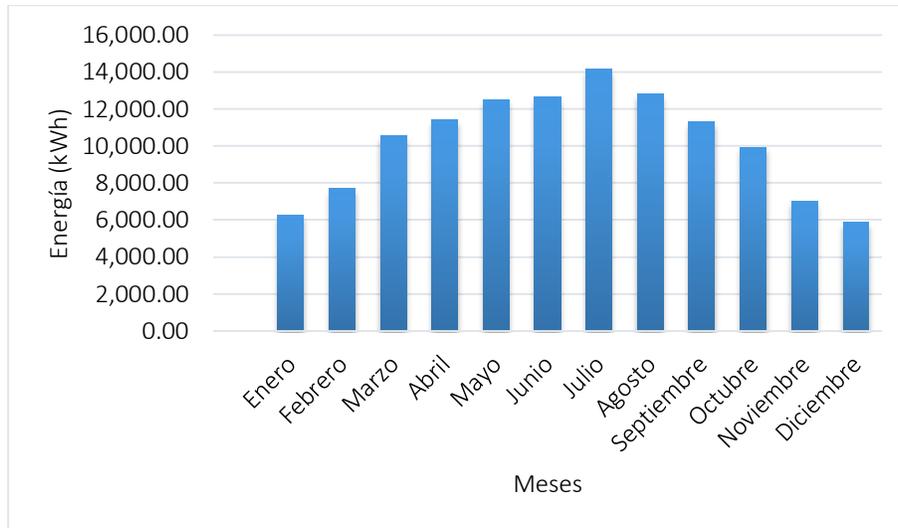


Figura 70. Esquema de principio Energía solar fotovoltaica

Estos 640 paneles representan una potencia instalada total de 96000 W lo que produce una energía eléctrica generada promedio de 334 kWh/día. La grafica 14 muestra la cantidad de energía generada por los paneles mes a mes con un promedio estimado de 10167 kWh/mes.



Gráfica 14. Energía eléctrica generada por paneles fotovoltaicos mes a mes

10.3.1.1. Presupuesto para medida de mejora de paneles fotovoltaicos

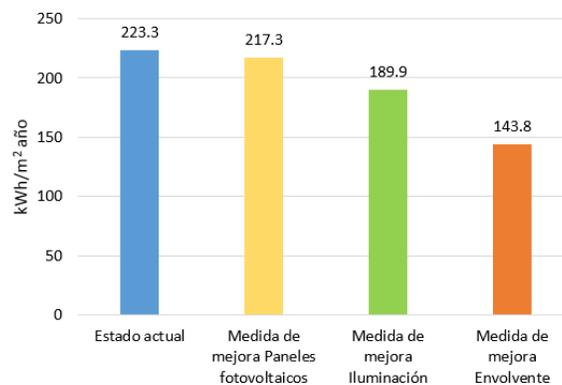
El valor total de la intervención para el sistema de energía generada por paneles fotovoltaicos es de €353.031 como se muestra a continuación. Dentro de este presupuesto se incluye la estructura para soporte y fijación de los módulos, así como los cuatro inversores necesarios para transformar la energía de corriente continua a corriente alterna.

| Partida | Precio | Cantidad | Unidad | Precio Total |
|--|----------|----------|--------|--------------|
| Panel solar fotovoltaico 150W 12V | 236.08 | 640.00 | UD | € 151,091.20 |
| Estructura para soporte y fijación de módulos | 64.97 | 640.00 | UD | € 41,580.80 |
| Inversor central trifásico para conexión a red | 23772.42 | 4.00 | UD | € 95,089.68 |
| Gestión del proyecto y permisos | 4000.00 | 1.00 | UD | € 4,000.00 |
| Subtotal | | | | € 291,761.68 |
| IVA (21%) | | | | € 61,269.95 |
| TOTAL | | | | € 353,031.63 |

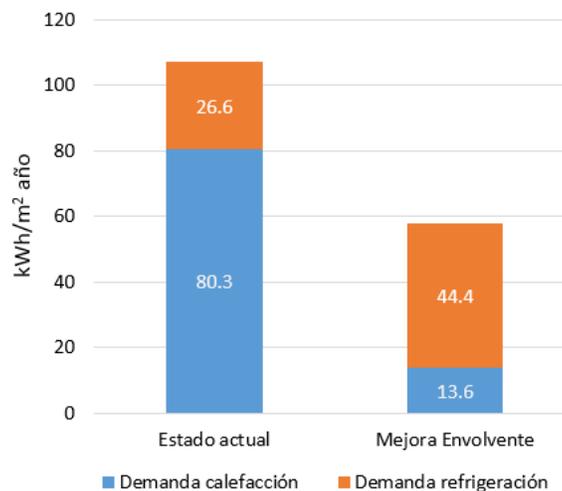
Tabla 18. Presupuesto para Medida de mejora con Paneles fotovoltaicos

11. AHORRO DE DEMANDA ENERGÉTICA Y AHORRO ECONÓMICO

De acuerdo con el análisis de las posibles intervenciones se realiza una comparativa del ahorro energético que cada una de estas genera con respecto al estado actual del edificio. Es notoria la mejora que produce una intervención en la envolvente, la cual de ser rehabilitada mediante el sistema SATE y el cambio de carpinterías representaría un ahorro energético del 35,6 %. En cuanto a la medida de mejora de iluminación, esta representa un ahorro del 25%, el cual debe ser entendido también como una mejora para el confort de los usuarios, con unos niveles óptimos de iluminancia media.



Gráfica 15. Consumo energético de estado actual vs. Consumo energético de medidas de mejora



Gráfica 16. Demanda energética actual vs. Demanda energética de medida de mejora de envolvente

La gráfica 16 muestra el ahorro de demanda energética producido por la medida de mejora de la envolvente con una reducción de demanda para calefacción y refrigeración actual de

106,9 kWh/m² año. Con la intervención en la envolvente se logra un ahorro energético de 54,2% obteniendo una demanda de 58 kWh/m² año.

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año] | | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año] | |
|--|---------|---|--------|
| | 108.3 B | | 19.2 B |

Figura 71. Resultados de Certificación Energética del total del conjunto de medidas de mejora. CE3X

| INDICADOR GLOBAL | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|-----------------------|---|---|---|---|
| | 108.3 B | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Energía primaria calefacción [kWh/m ² año] | E | Energía primaria ACS [kWh/m ² año] | - |
| | | 24.16 | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año] | C | Energía primaria iluminación [kWh/m ² año] | B |
| | | 42.34 | | 52.82 | |
| Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año] | | | | | |

Figura 72. Resultados de Consumo del total del conjunto de medidas de mejora. CE3X

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN |
|---|---|
| | |
| 16.4 E | 40.0 C |
| Demanda de calefacción [kWh/m ² año] | Demanda de refrigeración [kWh/m ² año] |

Figura 73. Resultados de Demanda del total del conjunto de medidas de mejora. CE3X

Adicionalmente, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los capítulos 7 y 10, en los que se muestran los consumos actuales de la edificación y las demandas potenciales correspondientes a cada propuesta de mejora, es necesario desarrollar comparativas para establecer la viabilidad de implantación de cada propuesta. Para ello, se recurre a los

conceptos de amortización y valor actual neto expresados a través de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Amortización (De una inversión)} = \frac{\text{Coste del bien}}{\text{Ingresos generados}}$$

Donde la amortización se expresará en los años requeridos para cubrir la inversión, el coste del bien estará dado por el valor del presupuesto general para cada propuesta de mejora y los ingresos generados serán equivalentes al valor monetario del ahorro energético producido por la implantación de cada medida de mejora.

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} = -I_o + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde I_o será el valor de la inversión inicial, F estará dado por el valor monetario que corresponde al ahorro energético anual incluyendo el valor adicional que supone un aumento progresivo del costo unitario de la energía, k será la tasa de descuento anual o rentabilidad mínima exigida para que la inversión sea viable y t será el momento en que se evalúe todo el valor, es decir, los años que transcurren para alcanzar un valor positivo en la inversión. El valor de VAN debe ser mayor para que la inversión sea rentable, generalmente coincidiendo con los años estimados en la amortización.

Por tanto, se hizo una evaluación diferenciada para cada medida de mejora con el fin de poder analizar de forma detallada cada uno de los ahorros y beneficios potenciales que supondría la implementación de estas, como se muestra a continuación:

- Envoltente

| | Cantidad | Unidad | | |
|--------------------|-----------|------------|---------------------------------|----------------------|
| Area | 21135 | m2 | Inversión Inicial | I_o 3.639.649,57 € |
| Consumo Actual | 223,3 | kWh/m2 año | Ahorro o Ganancia Anual (Euros) | Ft 218.430,23 € |
| Consumo Proyectado | 143,8 | kWh/m2 año | Tasa de Interés | k 0,03 |
| Reducción Consumo | 79,5 | kWh/m2 año | Incremento Anual Precio Energia | 0,03 |
| Valor del Consumo | 1680232,5 | kWh año | | |
| Amortizacion | 17 | Años | | |
| | | | VAN | 149357 |

Tabla 19. Cálculo de Ahorro, Amortización y VAN para mejora en Envoltente - Elaboración Propia

A pesar de que la inversión inicial es la más alta de las medidas de mejora, la reducción en el consumo proyectado por la demanda obtenida también es la más alta, por lo que el ahorro generado también será alta y generará que la amortización se realizaría a un aproximado de 17 años. El valor positivo del VAN se alcanza a los 18 Años posteriores a la inversión, teniendo aproximadamente una ganancia anual equivalente al 6% de la inversión inicial.

- Iluminación

| | Cantidad | Unidad | | | |
|--------------------|----------|-------------|--|--|--|
| Area | 21135 | m2 | | | |
| Consumo Actual | 223,3 | kWh/m2 año | | | |
| Consumo Proyectado | 189,9 | kWh/m2 año | | | |
| Reducción Consumo | 33,4 | kWh/m2 año | | | |
| | 705909 | kWh año | | | |
| Valor del Consumo | 0,13 | Euros * kWh | | | |
| Amortizacion | 16 | Años | | | |

| | | |
|---------------------------------|-----|----------------|
| Inversión Inicial | Io | 1.463.412,00 € |
| Ahorro o Ganancia Anual (Euros) | Ft | 91.768,17 € |
| Tasa de Interés | k | 0,03 |
| Incremento Anual Precio Energia | | 0,03 |
| | VAN | 45435 |

Tabla 20. Cálculo de Ahorro, Amortización y VAN para mejora en Sistema de Iluminación - Elaboración Propia

A pesar de que la inversión inicial pareciera ser muy alta para un sistema de iluminación, la reducción en el consumo proyectado por la demanda obtenida es de una magnitud importante, además de representar una mejora total en los niveles de iluminación exigidos por normativa (los cuales no se cumplen en la actualidad). La amortización se realizaría a un aproximado de 16 años y el valor positivo del VAN se alcanza a los 17 Años posteriores a la inversión, teniendo aproximadamente una ganancia anual equivalente al 6% de la inversión inicial.

- Paneles fotovoltaicos

| | Cantidad | Unidad | | | |
|--------------------|------------|-------------|--|--|--|
| Area | 21135 | m2 | | | |
| Consumo Actual | 223,3 | kWh/m2 año | | | |
| | 4719445,50 | kWh año | | | |
| Producción Paneles | 122015,37 | kWh año | | | |
| | 217,53 | kWh/m2 año | | | |
| Consumo Proyectado | 4597430,13 | kWh año | | | |
| | 122015,37 | kWh año | | | |
| Reducción Consumo | 5,77 | kWh/m2 año | | | |
| Valor del Consumo | 0,13 | Euros * kWh | | | |
| Amortizacion | 22 | Años | | | |

| | | |
|---------------------------------|-----|--------------|
| Inversión Inicial | Io | 353.031,63 € |
| Ahorro o Ganancia Anual (Euros) | Ft | 15.862,00 € |
| Tasa de Interés | k | 0,03 |
| Incremento Anual Precio Energia | | 0,03 |
| | VAN | 5017 |

Tabla 21. Cálculo de Ahorro, Amortización y VAN para mejora en Paneles Fotovoltaicos - Elaboración Propia

A pesar de que la inversión inicial no es tan alta, la producción de los paneles no representa una gran magnitud de reducción en el consumo proyectado por la demanda obtenida; esto puede deberse básicamente al espacio disponible para la instalación de los paneles, por lo que la producción es baja y la inversión equivalente igual. La amortización se realizaría a un aproximado de 22 años y el valor positivo del VAN se alcanza a los 24 Años posteriores a la inversión, teniendo aproximadamente una ganancia anual equivalente al 4,5% de la inversión inicial.

12. CONCLUSIONES

12.1. SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA EDIFICACIÓN

La actualidad de la edificación requiere atención inmediata, pues sus componentes presentan deficiencias de magnitud importante. La envolvente no solo presenta afectaciones estructurales debido a la mala conjunción de los materiales y la falta de sellantes, sino que además presenta puentes térmicos en casi toda su superficie, posee vidrios de bajas prestaciones y no cuenta con ningún tipo de aislamiento. Estas deficiencias generan una alta demanda de energía necesaria en climatización, principalmente para calefacción, además de presentar filtraciones en las uniones de la ventanería con los muros. Adicionalmente, las características del material de la envolvente y su comportamiento frente a las acciones de la intemperie han causado una alta degradación en los aspectos visuales de la fachada.

El sistema de iluminación presenta niveles de iluminancia media insuficientes para los estándares de las normativas regulatorias, afectando el confort de los usuarios de la edificación. Es un aspecto para tener en cuenta puesto que la orientación y geometría del edificio no permiten hacer uso de luz natural suficiente para alcanzar los niveles mencionados, además de que gran parte de las actividades desarrolladas en aulas, salas y laboratorios son desarrolladas en horas de la tarde donde la iluminación interior del edificio debería ser capaz de atender las necesidades de los usuarios. Adicionalmente, el uso de doble falso techo a modo de rejilla que actualmente se encuentra instalado afecta por completo las características de las luminarias instaladas que, además de no alcanzar por sí mismas los niveles requeridos, ven truncados sus campos de luz por la disposición del falso techo.

El sistema de climatización es el más preocupante, en cuanto no cuenta con ninguna regulación, contabilización de consumo de energía o contabilización de calor producido. Un sistema de calefacción todo o nada está más que obsoleto, en especial cuando además no cumple con la satisfacción de confort del usuario, pues en la mayoría de las zonas no hay climatización y en las que si se presenta, es necesario abrir ventanas o puertas puesto que el calor producido es desmedido y sobrepasa lo requerido. También debe prestarse atención a que la distribución de rejillas no sigue un orden real y se posicionan al parecer bajo un diseño

antiguo de disposición y uso de espacios, haciendo que se desperdicie calefacción en ciertas zonas y que escasee por completo en otras primordiales. Por último, el sistema de refrigeración es parcialmente inexistente pues lo que se encuentra en la edificación son diferenciados equipos de aire acondicionado que han sido posicionados con el pasar del tiempo sin seguir un orden o distribución organizada, que no están centralizados y por supuesto no atienden la mayoría de las zonas que requieren sus servicios.

12.2. SOBRE LAS MEDIDAS DE MEJORA

La primera medida de mejora para la edificación es gestionar un mantenimiento óptimo a través de herramientas necesarias para ello, como la góndola o plataforma descolgada para exteriores, la cual permitirá que se pueda intervenir sobre fachada y hacer las actividades de mantenimiento propicias para su conservación. Adicionalmente, es necesario practicar un esquema de seguimiento de los sistemas, sus componentes, especificaciones y registro en bases de datos para evaluar irregularidades en las instalaciones y lo que se requiere de cada uno en los espacios atendidos.

Posteriormente, quizás la medida más importante de las propuestas es la de la nueva envolvente al representar la mayor mejoría en el comportamiento térmico de la edificación, resultando a la final en una mayor eficiencia energética. La propuesta de mejora de la envolvente concibe proveer a la edificación del aislamiento térmico faltante a lo largo y ancho de su superficie, además de romper los puentes térmicos presentes y disminuir la transmitancia térmica de la piel del edificio, dotándolo de materiales y ventanería de altas prestaciones en toda la fachada. Esta propuesta supone una edificación estanca que permitirá hacer un mejor control y optimización de los sistemas de climatización requeridos, buscando alcanzar un confort térmico de alta calidad sin tener que hacer trabajar a las instalaciones más de lo necesario por las pérdidas energéticas que generalmente caracterizan a las edificaciones antiguas. Es claro que la medida aumentará la demanda energética para refrigeración en cuanto esta es directamente proporcional a la estanqueidad de la edificación; sin embargo, se pondera mucho más la reducción (además de mayor magnitud) en la demanda de calefacción, al ser el sistema que siempre consume mucho más en los edificios. La reducción de consumo

de energía generado por el cambio de envolvente es de una magnitud importante, ya que la demanda potencial dada por esta intervención representa 35.6% porcentaje del consumo actual, traduciéndose además en un ahorro equivalente a 218.430,23 € anuales.

La mejora en la instalación de iluminación supone principalmente una mejora en un sistema que, a pesar de funcionar, no cumple con los estándares de confort para los usuarios además de ser ineficiente energéticamente pues casi todas las luminarias que se encuentran en la edificación son fluorescentes o halógenas de bajo consumo, consumiendo mucho más de lo que se debería pues además de la bombilla, las reactancias doblan en muchas ocasiones el consumo esperado para las luminarias. Teniendo opciones como las luminarias LED en el mercado, las cuales además no requieren reactancias y reducen el consumo energético gracias a la relación de número de lámparas, potencia instalada y densidad lumínica para los espacios. A pesar de que la propuesta requiera un número mayor de luminarias a instalar que la cantidad a desinstalar, es una propuesta importante en cuanto optimiza los niveles de iluminación sin sobrepasar los niveles de potencia instalada permitidos por la última normativa regulatoria. La reducción de consumo de energía generado por el cambio de envolvente sería satisfactoria representando un ahorro del 25% del consumo actual, traduciéndose además en un ahorro equivalente a 91.768,17 € anuales.

Dado que el sistema de climatización presenta una situación actual en la que el sistema de climatización es prácticamente inexistente y que además no cumple con los requerimientos de funcionamiento y confort en la edificación. La posibilidad de instalar un sistema VRV aire-aire con bomba de calor cumpliría satisfactoriamente los requerimientos para un sistema que deba instalarse en esta edificación, puesto que es un sistema que permite una centralización relativamente sencilla con la que se obtienen beneficios a la hora de manejar el sistema, contabilizar el consumo energético y regular los usos en general de la instalación. Adicionalmente, con la necesidad de ser eficiente energéticamente, el sistema se caracteriza por ser de máxima zonificación y permitir una personalización de suministro de cantidades reguladas de calor/frío en los espacios gracias a una tecnología de punta con diferentes opciones de mercado. Es importante resaltar que además de sugerir una característica aire-aire, se debería complementar el sistema con equipos o un sistema de inyección de aire natural para cumplir con el requerimiento de renovaciones de aire en espacios interiores.

12.3. SOBRE LA APLICACIÓN DE ESTE TRABAJO EN COLOMBIA

Partiendo del hecho de que en Colombia no existe una regulación normativa dirigida hacia el consumo de energía en edificaciones, el potencial de aplicación de este tipo de iniciativas es de completo alcance, puesto que la realidad energética del país está muy cercana a una crisis de escasos recursos. Los modelos de negocio para la eficiencia y la rehabilitación energéticas están determinados por los cambios en la regulación eléctrica y las normas de edificaciones, por lo que la inexistencia de un traslape de objetivos es evidencia del retraso en esta temática.

Actualmente, hay un pequeño conjunto de incentivos para que nuevas edificaciones involucren componentes de eficiencia energética en sus instalaciones, recompensando las buenas prácticas a través de descuentos en las obligaciones tributarias que aplican sobre el sector de la construcción o a través de beneficios en créditos de financiación para la construcción de edificios (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2018); este proceso se controla y se otorga a partir de certificaciones de sostenibilidad como LEED o EDGE o con documentos técnicos que evidencian la elección e instalación de sistemas eficientes y de reducción de consumo energético. Sin embargo, estos incentivos no son suficientes en cuanto son opcionales y solo un pequeño porcentaje de edificaciones están haciendo parte de la iniciativa; sería importante establecer una legislación regulativa nacional además de impulsar otros incentivos con una gama amplia de beneficios con el fin de impulsar acciones como la rehabilitación energética, dado que es un concepto casi desconocido y por supuesto casi nunca aplicado como tal sobre las edificaciones existentes.

El campo de acción de proyectos de rehabilitación energética es sumamente amplio, pues hay edificaciones antiguas y recientes de gran envergadura sin un límite de consumo, cuyos consumos son de gran magnitud y bien podrían ser modificados bajo prácticas de eficiencia energética para favorecer un ahorro energético a nivel nacional.

13. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Baldasano, J., & Vargas, V. (2017). *Análisis del consumo energético y la emisión de CO2 asociados al ciclo de vida de las ventanas de PVC, aluminio y madera mediante su ACV*. Barcelona. Obtenido de https://kommerling.pt/sites/default/files/document/informe_baldasano_1.pdf
- Baldosano, J., Parra, R., & Jiménez, P. (2005). *Estimación del consumo energético y de la emisión de CO2 asociados a la producción, uso y disposición final de ventanas de PVC, aluminio y madera*. Barcelona. Obtenido de <https://www.onventanas.com/wp-content/uploads/descargas/informe-baldasano-estimacion-consumo-energetico.pdf>
- Barber, L. M. (2019). *Anàlisi del consum elèctric a l'edifici H de l'ETSEIB*. Barcelona: ETSEIB - UPC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/167448>
- Bosh, M., Ruíz, G., López, F., & Rodríguez, I. (2006). *Avaluació Energètica d'edificis; l'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. Barcelona: UPC. doi:9788498800234
- Capote, J. (2010). *Certificación energética de edificios. Cuadro normativo Europeo y su Influencia en la arquitectura contemporánea*. UPC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/13679>
- Catalunya, G. d. (Enero de 2020). *ICAEN*. Obtenido de http://icaen.gencat.cat/es/energia/usos_energia/edificis/certificacio/informacio_professional/
- CYPE Ingenieros, S.A. (Enero de 2020). *Generador de Precios*. Obtenido de http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=6|0_0_0_0_0|2|IBL600|icn_600:c5_0_1c3_0_4c21_0_390_0_0_260c4_0
- Espada N., R., Casas Abajo, D., & López Fernández, J. (2012). *Soluciones de rehabilitación energética. Oportunidad de desarrollo económico y empleo verde en Extremadura*. Madrid: Asociación de Ciencias Ambientales.

- Gasparatos, A., Doll, C., Esteban, M., Ahmed, A., & Olang, T. (2017). Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(70), 161-184. doi:10.1016/j.rser.2016.08.030
- IDAE. (Enero de 2020). *Eficiencia Energética*. Obtenido de Edificios Públicos: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/edificios-publicos>
- Lusa, G. (2016). *Los edificios de la escuela de ingeniería industrial de Barcelona (Desde 1851 hasta la actualidad)*. Barcelona: Edicions UPC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/121229>
- Mares Madrid. (Enero de 2020). *Mar de Energía*. Obtenido de <https://maresmadrid.es/energia/>
- Mitsubishi Electric. (Enero de 2020). *City Multi*. Obtenido de <http://www.mitsubishielectric-sat.es/city-multi/>
- Rasmussen, M., Foldbjerg, P., Christoffersen, J., Daniell, J., Bang, U., Galiotto, N., & Eriksen, K. (2017). *Healty homes Barometer - Buildings and Their Impact on the Health of Europeans*. Velux Group. Recuperado el 09 de Septiembre de 2019, de https://velcdn.azureedge.net/~~/media/com/health/healthy-home-barometer/50750501%20barometer_2017.pdf
- Sección HE 3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación. (2017). En C. T. Edificación, *Documento Básico HE Ahorro de Energía*. CTE - Código Técnico de la Edificación.
- Seguí, M. P. (2016). *Planificació energètica per la implantació de la norma ISO 50001 a l'ETSEIB*. Barcelona: ETSEIB - UPC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/89248>
- UN Environment and International Energy Agency. (2017.). *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report*. UN Environment and International Energy Agency. Obtenido de https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf . ISBN: 978-92-807-3686-1
- UNE. (2012). *UNE 12464.1 - Norma europea sobre la iluminación para interiores*. Madrid.

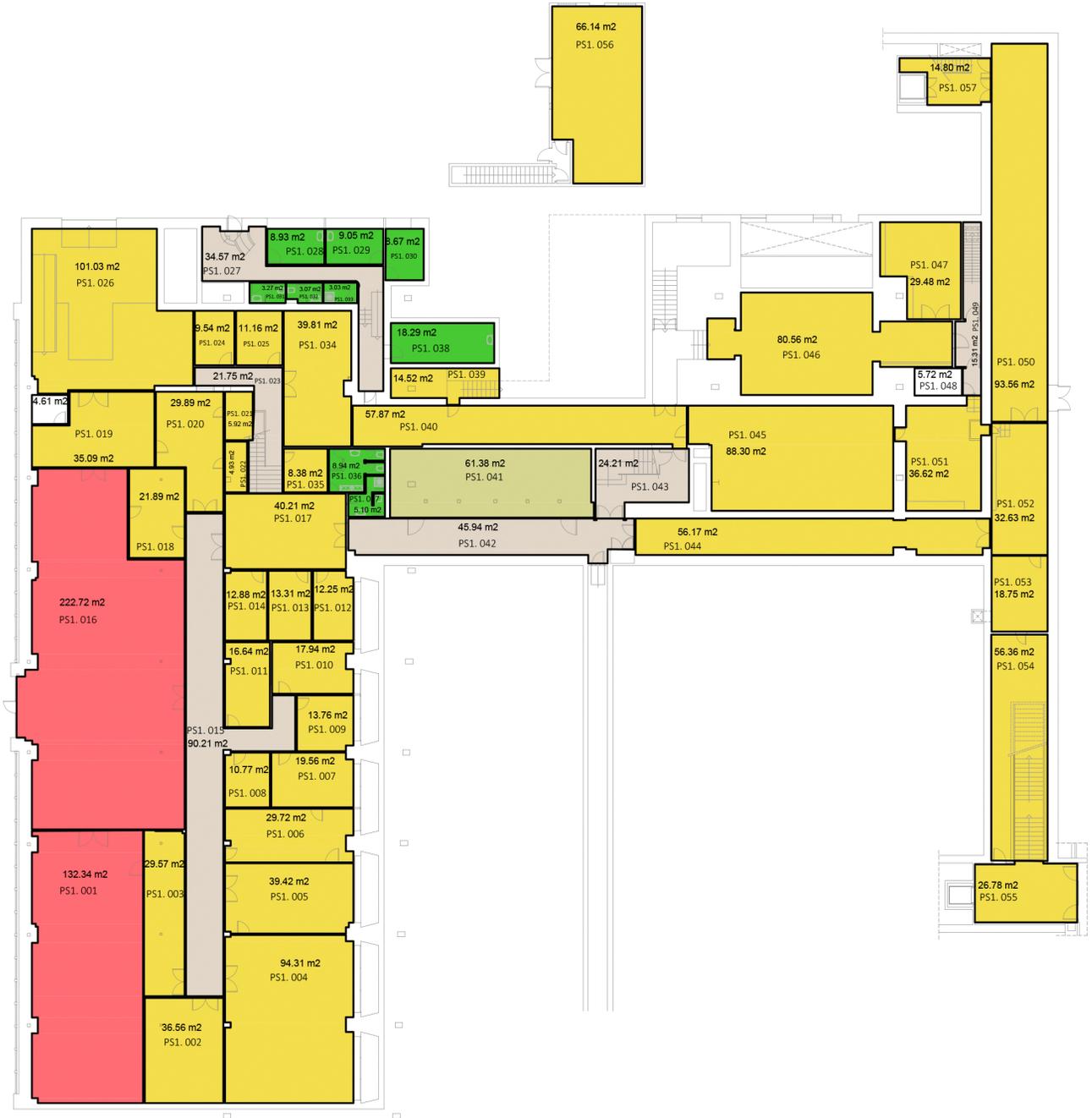
Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2018). RESOLUCIÓN 463 DE 28 DE AGOSTO DE 2018. Colombia. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/Normatividad/463-2018.pdf>

UPC. (Noviembre de 2019). *Sirena UPC*. Obtenido de <https://sirenaupc.app.dexma.com/dashboard/widgets.htm>

Wadel, G., Avellaneda, J., & Cuchí, B. (2010). La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de vida de los materiales. *Informes de la construcción*, 62. doi:10.3989/ic.09.067

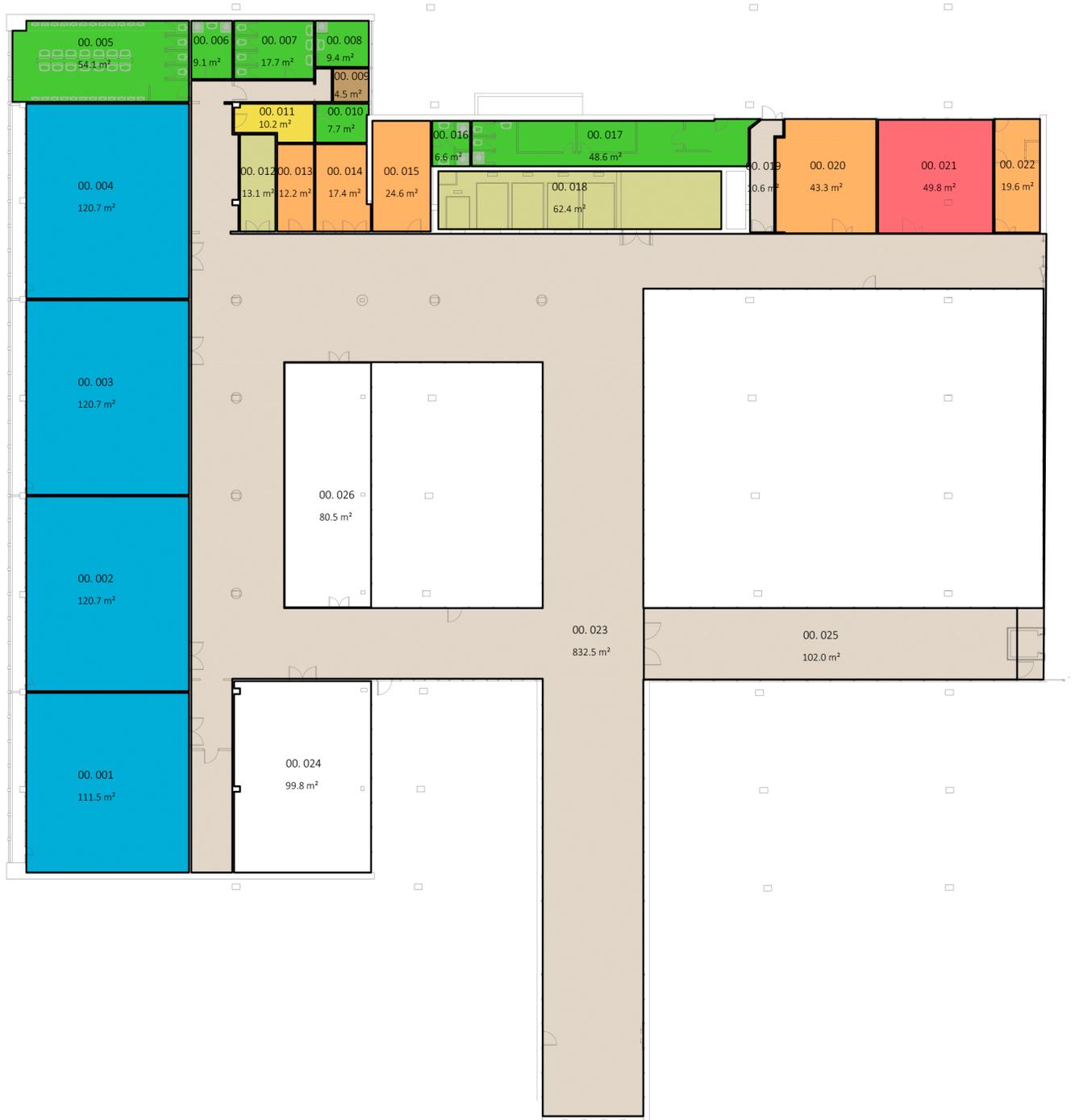
ANEXO 1. PLANTAS EDIFICIO H ETSEIB

Planta Sótano 1



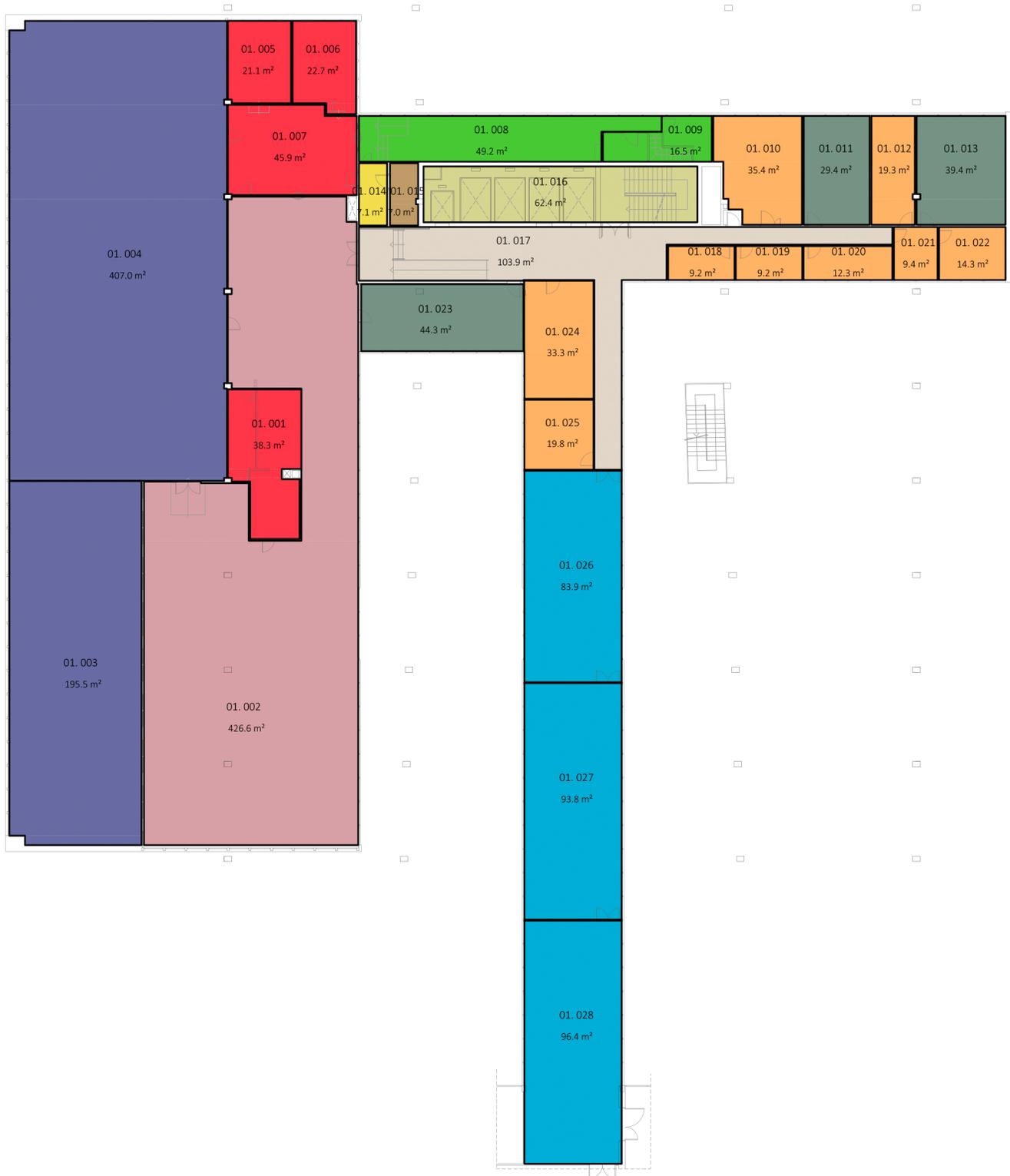
- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 0



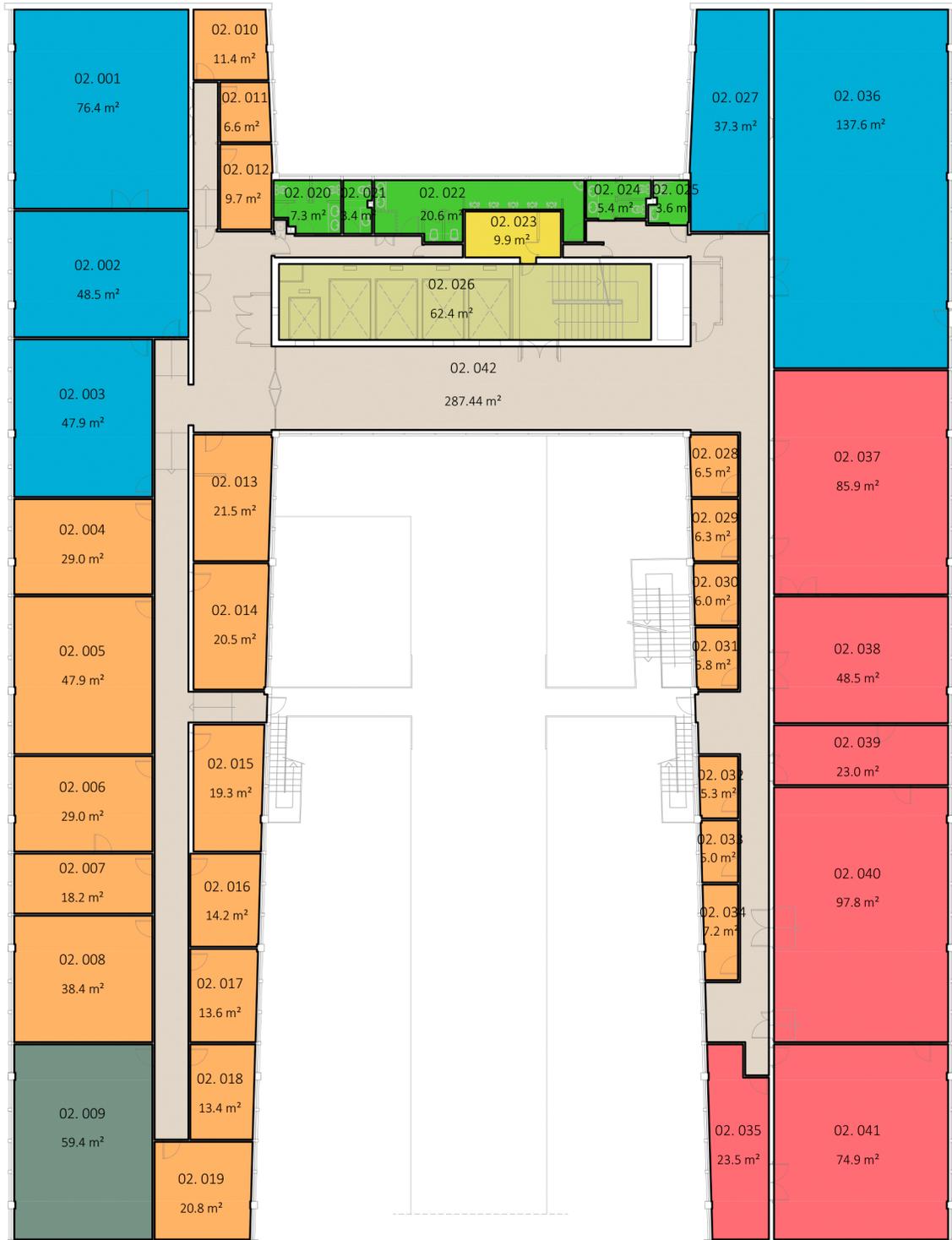
- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 01



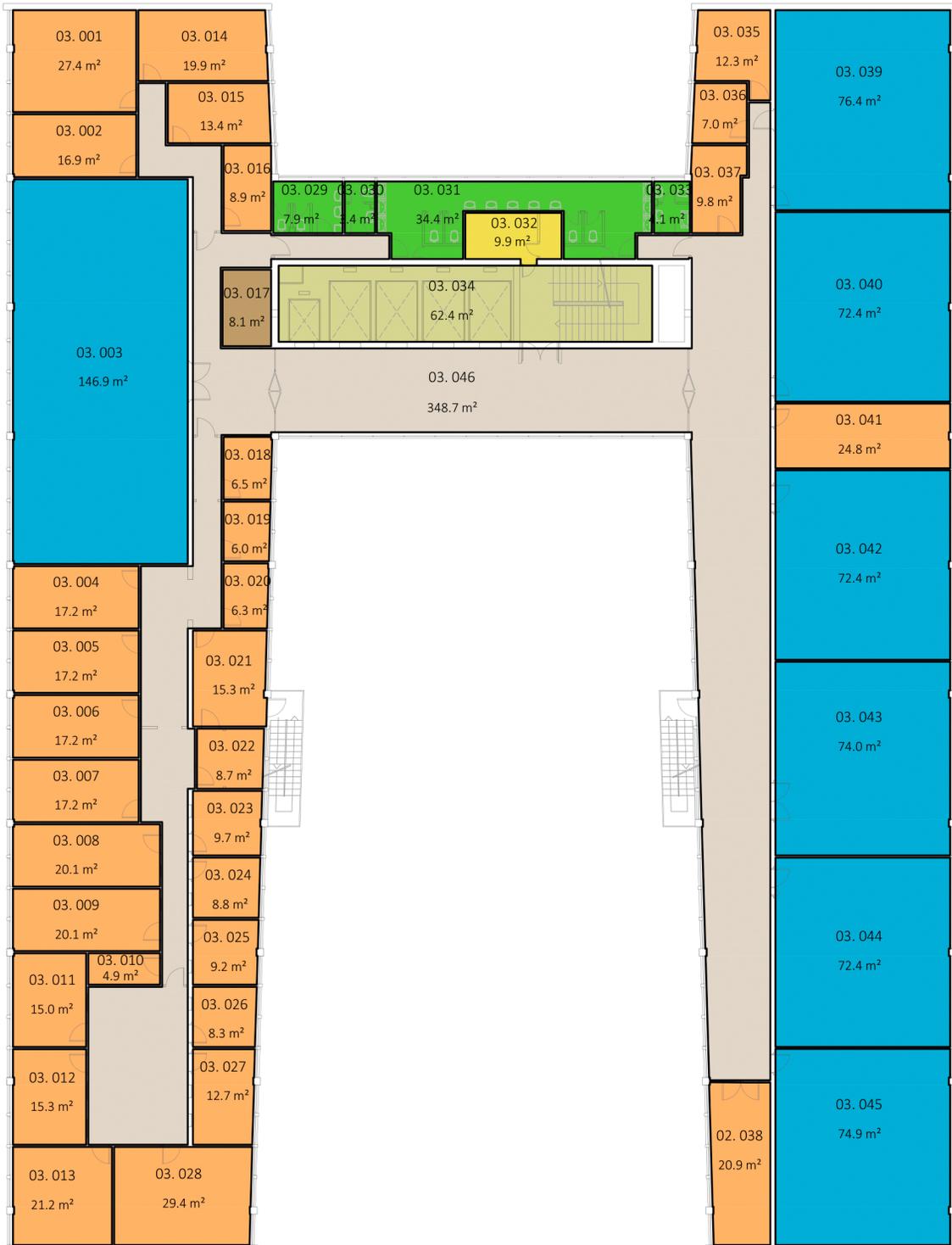
- | | | | |
|--|--|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 02



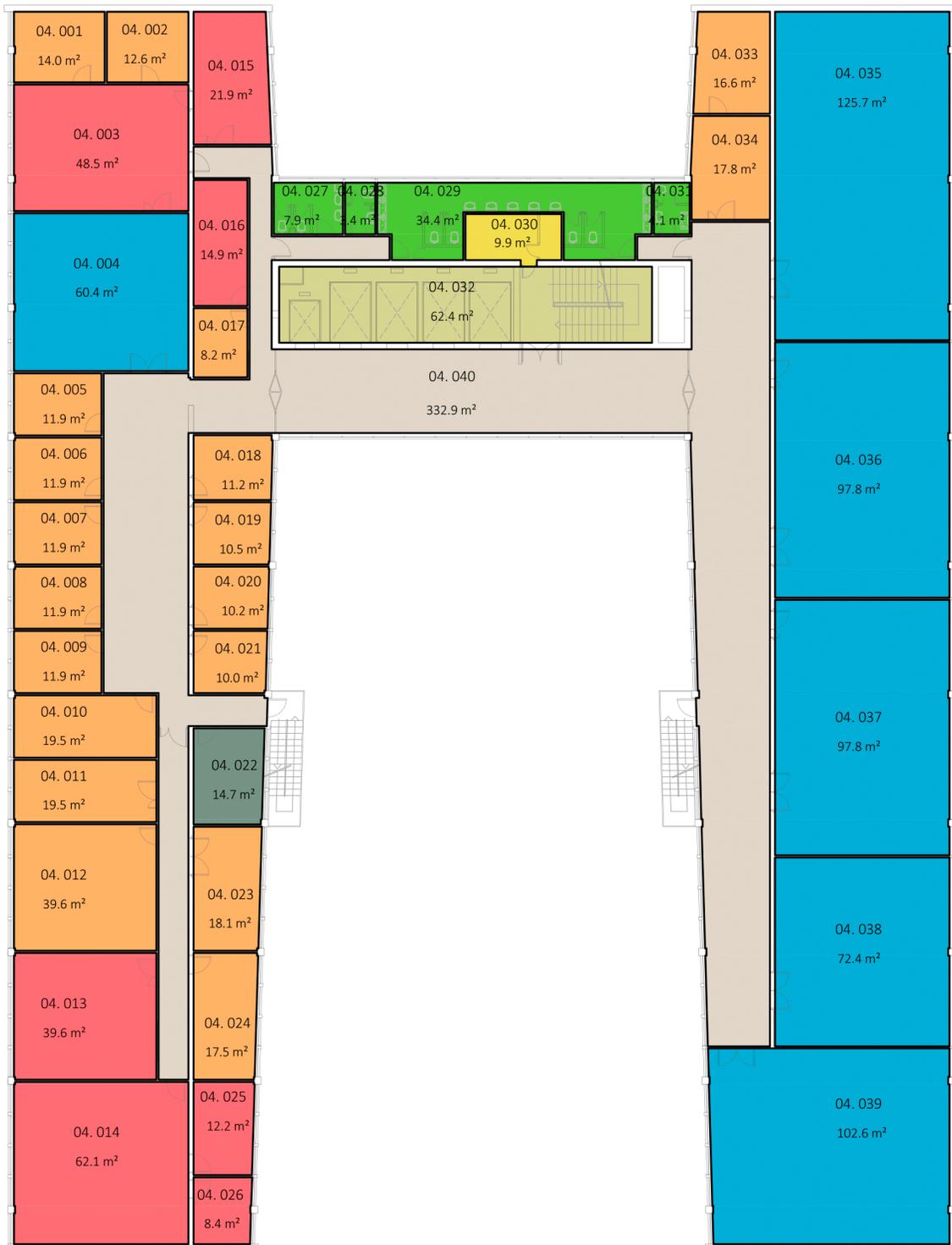
- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 03



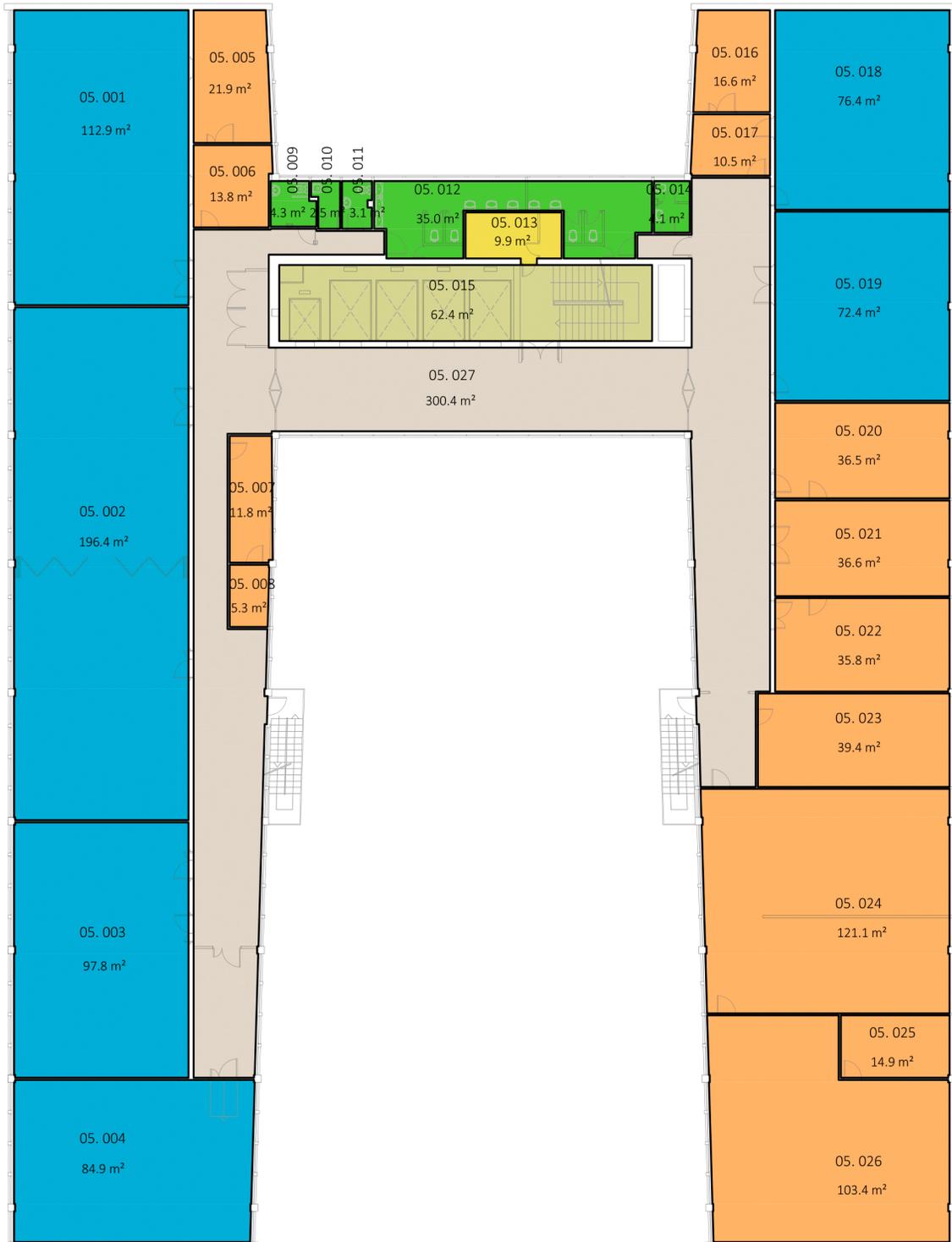
- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 04



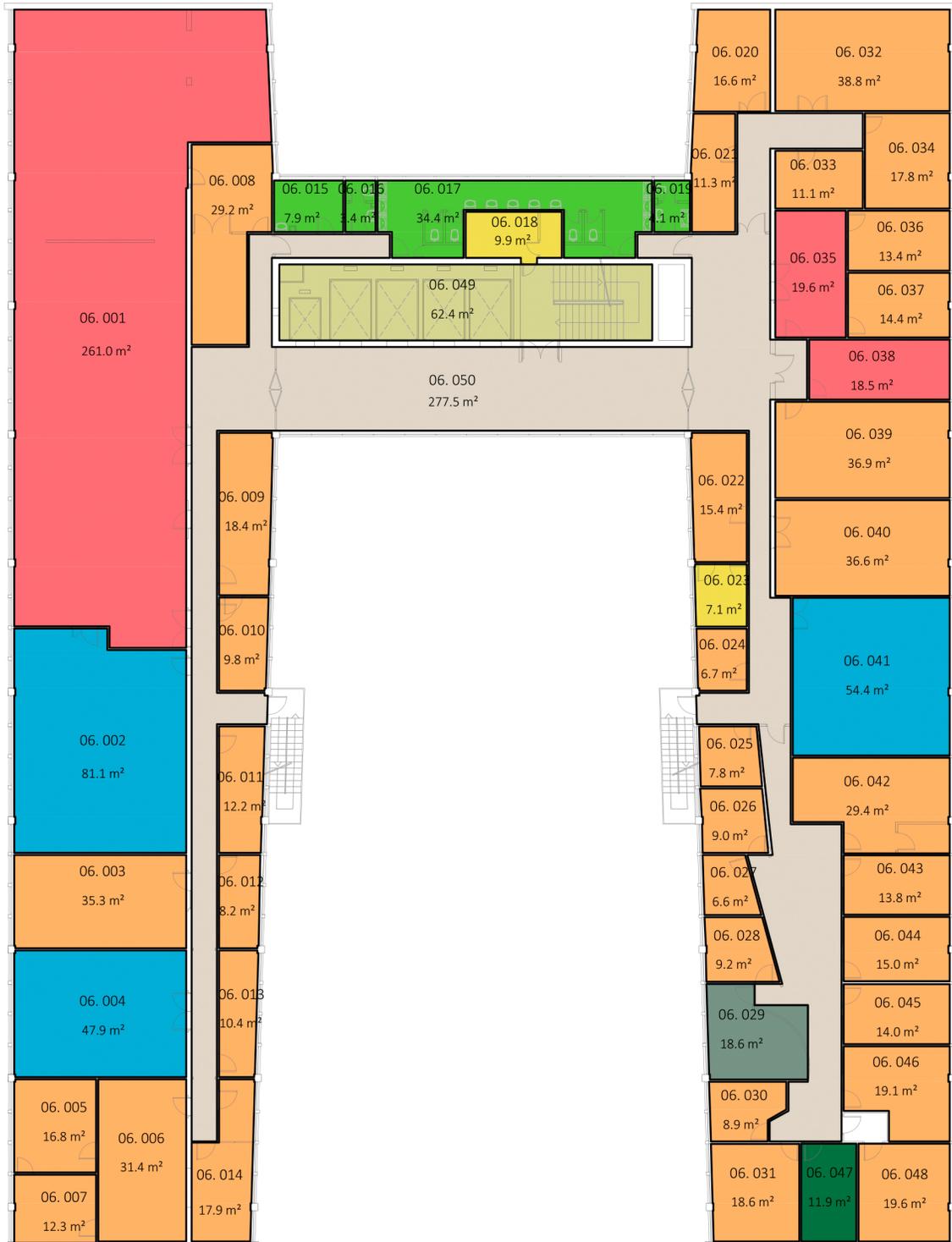
- | | | | |
|---|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 05



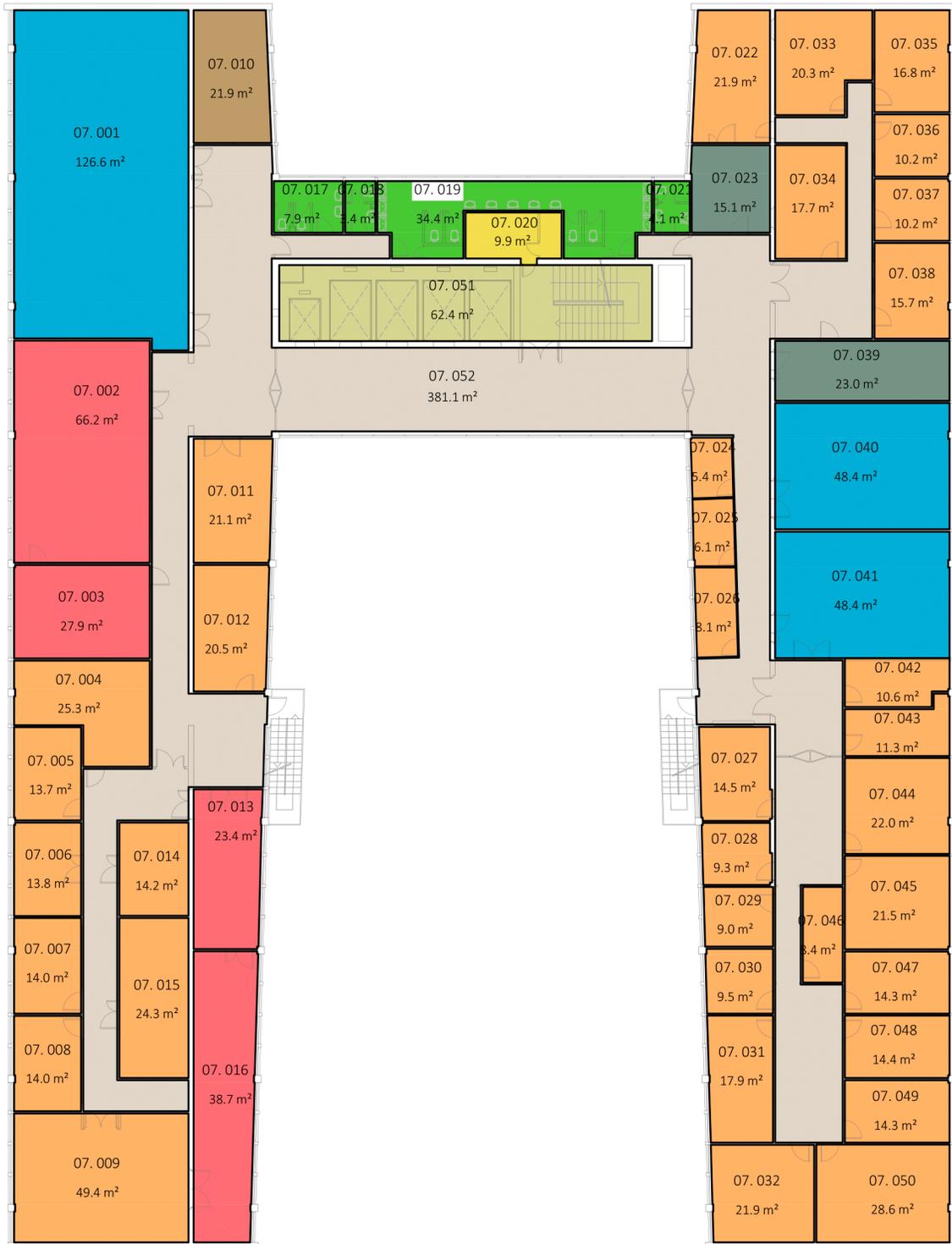
- | | | | |
|---|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 06



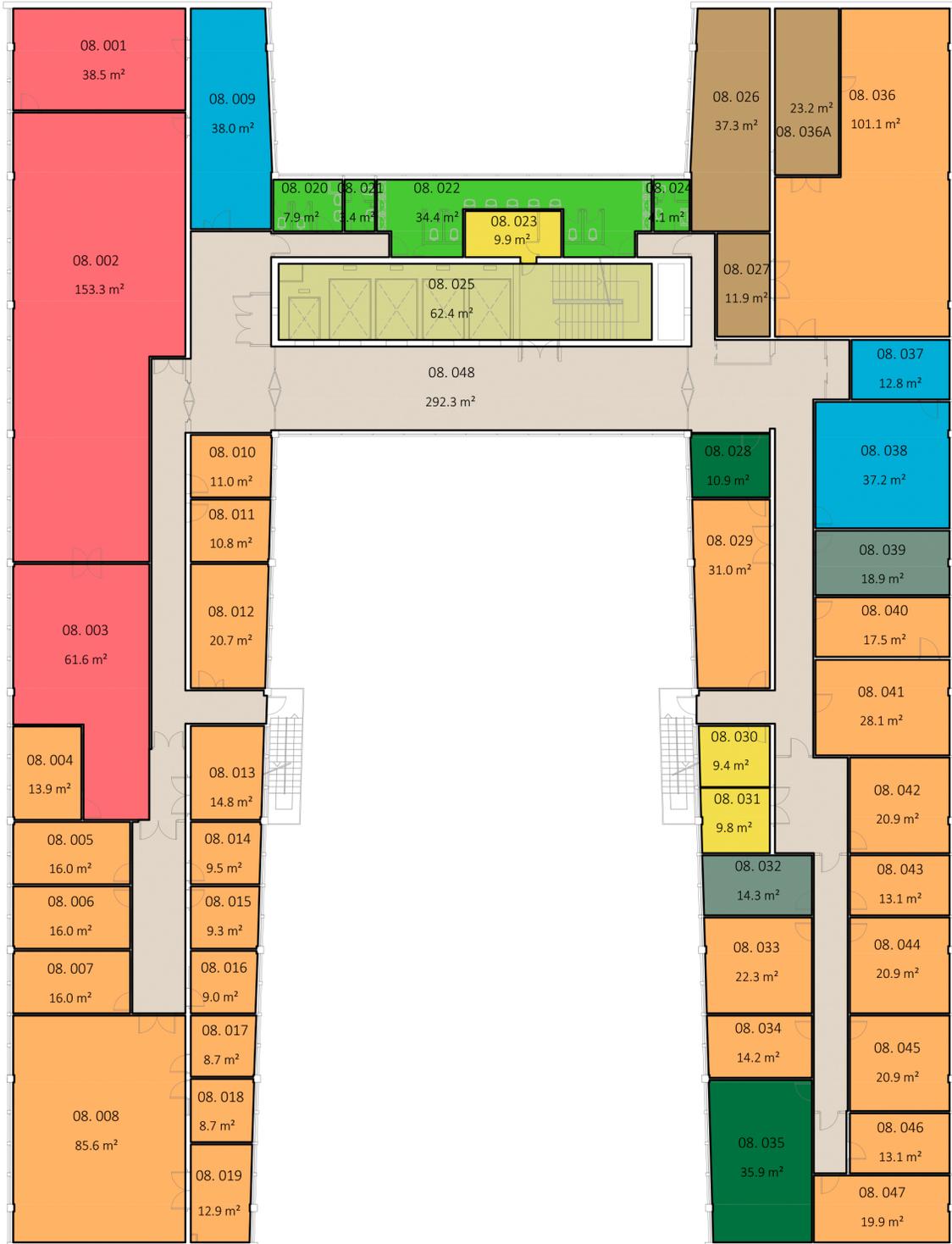
- | | | | |
|--|--|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 07



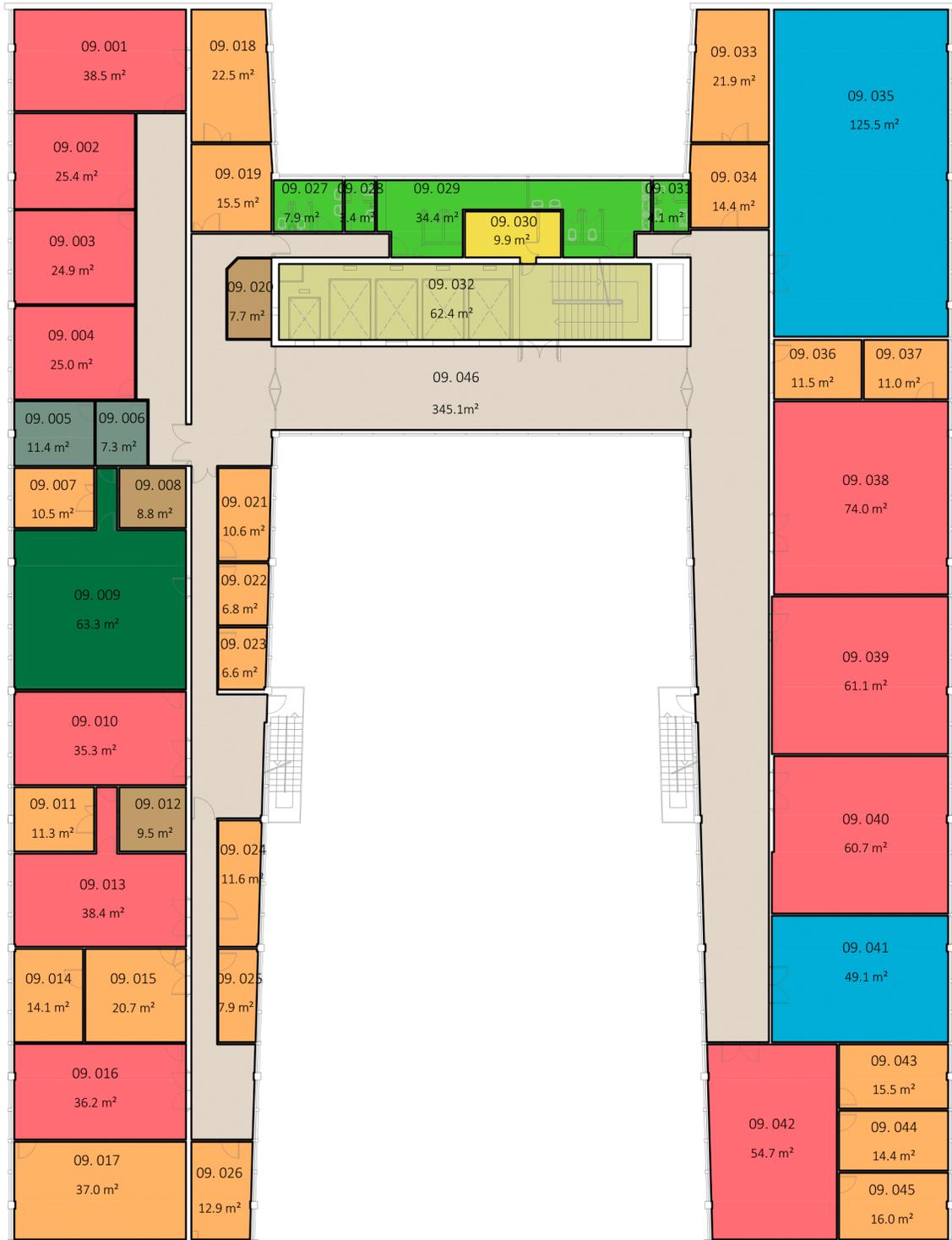
- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 08



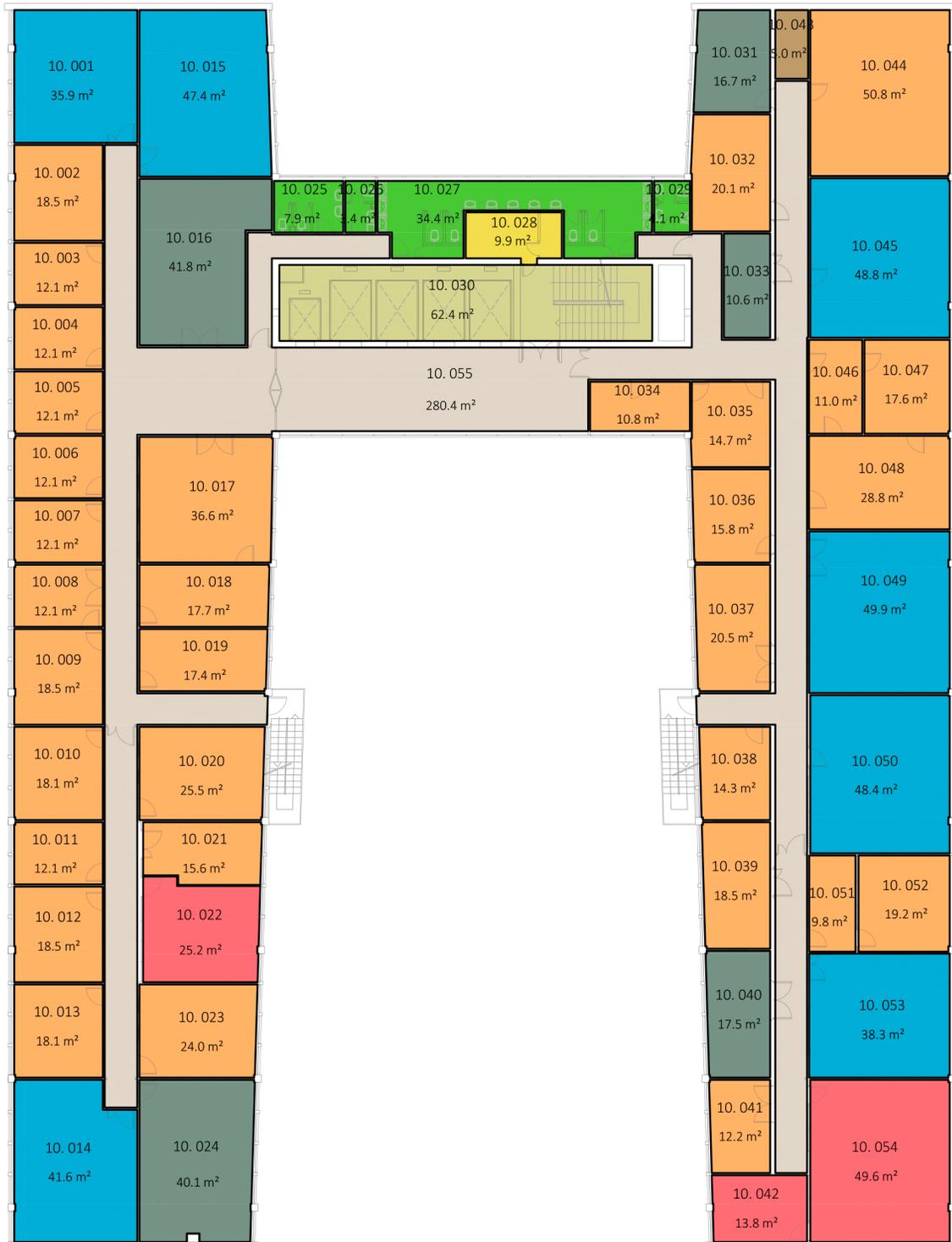
- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 09



- | | | | |
|--|--|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 10



- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

Planta 11



- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Aula | ■ Despacho | ■ Biblioteca | ■ Técnico |
| ■ Baño | ■ Sala | ■ Bar | |
| ■ Armario | ■ Ascensores | ■ Cocina | |
| ■ Laboratorio | ■ Zona común | ■ Terraza | |

ANEXO 2. INFORME DE CONDENSACIONES EN MURO DE FACHADA

Informe de Condensaciones

Capital de provincia: Barcelona

Condiciones exteriores para el mes de Enero: T = 8.8 °C, HR = 73 %

Condiciones interiores: T = 20 °C, HR = 55 %

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS

| Tipos | C. superficiales | | Capa 1 | Capa 2 | Capa 3 | Capa 4 | Capa 5 | Capa 6 | Capa 7 |
|--|------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | fRsi>=fRsmin | Pn<=Psat, n | | | | | | | |
| | fRsi | 0.773 | 1168.572 | 1178.642 | 1584.838 | 1597.997 | 2125.932 | 2142.951 | 2152.076 |
| | fRsmin | 0.56 | 1168.572 | 1170.992 | 1225.643 | 1228.063 | 1282.714 | 1285.133 | 1285.323 |
| Nombre | e | ro | mu | R | U | Pvap | Psat | Cond.Acum. | |
| Azulejo cerámico | 0.8 | 1.3 | 1E+15 | 0.0062 | 162.5 | 1168.572 | 1168.572 | 0.0191 | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 1 | 0.8 | 10 | 0.0125 | 80 | 1170.992 | 1178.642 | 0 | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 22.5 | 0.512 | 10 | 0.4395 | 2.2756 | 1225.643 | 1584.838 | 0 | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 1 | 0.8 | 10 | 0.0125 | 80 | 1228.063 | 1597.997 | 0 | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 22.5 | 0.512 | 10 | 0.4395 | 2.2756 | 1282.714 | 2125.932 | 0 | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 Yeso, dureza media 600 < d < 900 | 1 | 0.8 | 10 | 0.0125 | 80 | 1285.133 | 2142.951 | 0 | |
| TOTALES | 49 | | | 1.099 | 0.91 | | | | |

La cantidad evaporada es superior a la condensada.

CUMPLE

Informe de Condensaciones

Capital de provincia: Barcelona

Condiciones exteriores para el mes de Agosto: T = 23 °C, HR = 72 %

Condiciones interiores: T = 20 °C, HR = 55 %

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS

| Tipos | C. superficiales | | Pn<=Psat ,n | Capa 1 | Capa 2 | Capa 3 | Capa 4 | Capa 5 | Capa 6 | Capa 7 | |
|--|------------------|-------|----------------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|
| | fRsi>=fRsmin | 0.773 | | | | | | | | | fRsi |
| | fRsmin | 0.56 | Pn | 1285.323 | 1285.323 | 1285.323 | 1285.323 | 1285.323 | 1285.323 | 1285.323 | 1285.323 |
| Nombre | e | ro | mu | R | U | Pvap | Psat | Cond.Acum. | | | |
| Azulejo cerámico | 0.8 | 1.3 | 1E+15 | 0.0062 | 162.5 | 1285.323 | 2786.49 | 0 | | | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 1 | 0.8 | 10 | 0.0125 | 80 | 1285.323 | 2780.74 | 0 | | | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 22.5 | 0.512 | 10 | 0.4395 | 2.2756 | 1285.323 | 2585.073 | 0 | | | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 1 | 0.8 | 10 | 0.0125 | 80 | 1285.323 | 2579.688 | 0 | | | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 22.5 | 0.512 | 10 | 0.4395 | 2.2756 | 1285.323 | 2396.494 | 0 | | | |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 Yeso, dureza media 600 < d < 900 | 1 | 0.8 | 10 | 0.0125 | 80 | 1285.323 | 2391.454 | 0 | | | |
| TOTALES | 49 | | | 1.099 | 0.91 | | | | | | |

La cantidad evaporada es superior a la condensada.

CUMPLE

Silver 20

PROPIEDADES ÓPTICAS Y SOLARES

| | Cristal Simple | Cristal Doble |
|---------------------------------|----------------|---------------|
| LUZ VISIBLE TRANSMITIDA | 18 % | 17 % |
| LUZ VISIBLE REFLEJADA - INT | 62 % | 62 % |
| LUZ VISIBLE REFLEJADA - EXT | 61 % | 61 % |
| RADIACIÓN UV RECHAZADA | 99 % | 99 % |
| TOTAL ENERGÍA SOLAR REFLEJADA | 55 % | 49 % |
| TOTAL ENERGÍA SOLAR TRANSMITIDA | 13 % | 12 % |
| TOTAL ENERGÍA SOLAR ABSORBIDA | 32 % | 38 % |
| EMISIVIDAD | 0.71 | 0.71 |
| REDUCCIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO | 80 % | 79 % |
| COEFICIENTE DE SOMBRA | 0.25 | 0.35 |
| FACTOR SOLAR (G-value) | 0.22 | 0.30 |
| VALOR-U Invierno (IP) | 0.97 | 0.46 |
| VALOR-U Invierno (SI) | 5.51 | 2.62 |
| EFICACIA LUMINOSA | 0.72 | 0.49 |
| TOTAL ENERGÍA SOLAR RECHAZADA | 78 % | 70 % |

R06922W - Silver 20 Water Activated Adhesive
 R05822S - Silver 20 Pressure Sensitive Adhesive



eficiencia energética



Ed-C DS No 1190 August 2011



Silver 20

ANEXO 4.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: EDIFICIO H ESTADO ACTUAL

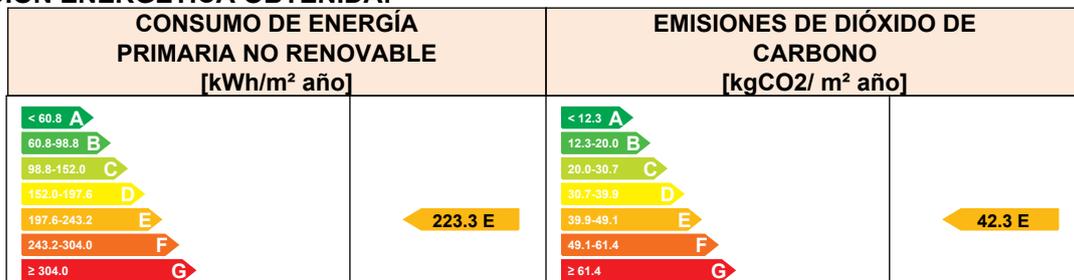
| | | | |
|---|--|--------------------|----------|
| Nombre del edificio | Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona | | |
| Dirección | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| Zona climática | C2 | Año construcción | 1964 |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | Anterior a la NBE-CT-79 | | |
| Referencia/s catastral/es | 6020701DF2862A0001WZ | | |

| Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica: | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Edificio de nueva construcción | <input checked="" type="radio"/> Edificio Existente |
| <input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual | <input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local |

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

| | | | |
|--|---------------------------|--------------------|--------------|
| Nombre y Apellidos | ETSEIB | NIF(NIE) | 00000 |
| Razón social | ETSEIB | NIF | 00000 |
| Domicilio | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| e-mail: | informacio.etseib@upc.edu | Teléfono | 934 01 66 15 |
| Titulación habilitante según normativa vigente | XXXXXXX | | |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | CEXv2.3 | | |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/11/2019

Firma del técnico certificador

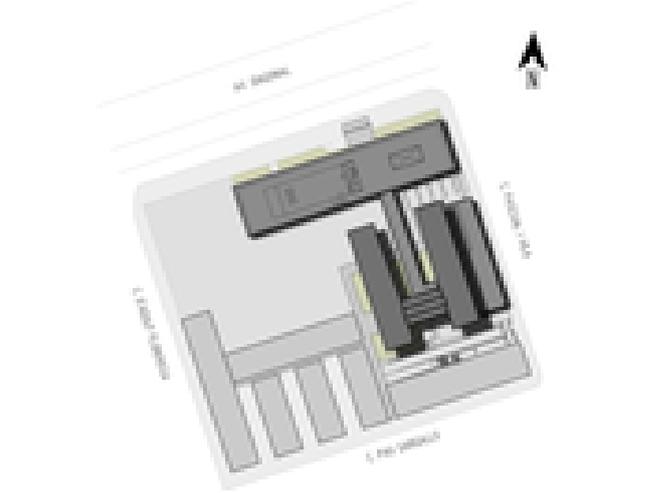
- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

| | |
|---|--|
| Superficie habitable [m²] | 21135.0 |
| Imagen del edificio | Plano de situación |
|  |  |

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Modo de obtención |
|----------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Fachada NO 1 Piedra Muñeca | Fachada | 1120.43 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NO 2 Azulejos | Fachada | 353.81 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada NE 1 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NE 1 Azulejos | Fachada | 1033.33 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Piedra Muñeca | Fachada | 58.44 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Azulejos | Fachada | 1457.45 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Zócalo Piedra | Fachada | 144.86 | 1.09 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Piedra Muñeca | Fachada | 1227.52 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Azulejo | Fachada | 491.03 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SO 1 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SO 1 Azulejos | Fachada | 1310.01 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Azulejo | Fachada | 1032.43 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada NO 2 Planta Baja | Fachada | 98.39 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Planta Baja | Fachada | 77.07 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Planta Baja | Fachada | 41.06 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SE 2 Planta Baja | Fachada | 48.37 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Planta Baja | Fachada | 95.79 | 1.49 | Conocidas |
| Solera Terreno | Suelo | 2224.15 | 0.48 | Estimadas |
| Solera Aire | Suelo | 805.99 | 2.78 | Estimadas |
| Cubierta en contacto con el aire | Cubierta | 1689.96 | 2.08 | Estimadas |

Huecos y lucernarios

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Factor solar | Modo de obtención. Transmitancia | Modo de obtención. Factor solar |
|------------------|-------|------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Ventanas NO 2 | Hueco | 340.2 | 5.70 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas NE 1 | Hueco | 853.8 | 5.70 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas NE 2 | Hueco | 1250.64 | 5.70 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SE 1 | Hueco | 296.1 | 5.70 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SO 1 | Hueco | 1080 | 5.70 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SO 2 | Hueco | 853.6 | 5.70 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB NO 2 | Hueco | 259.04 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB NE 2 | Hueco | 376.28 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SE 1 | Hueco | 200.42 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SE 2 | Hueco | 236.16 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SO 2 | Hueco | 467.66 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Caldera calefacción 1 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Caldera calefacción 2 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Caldera calefacción 3 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Mixto Consola con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Ventana con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Techo con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Cassette con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| TOTALES | Calefacción | | | | |

Generadores de refrigeración

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Sólo refrigeración Consola | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Cajas | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Techo | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Grupo | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Consola con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Ventana con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Techo con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Mixto Cassette con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| TOTALES | Refrigeración | | | | |

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

| | |
|--|-----|
| Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día) | 0.0 |
|--|-----|

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|----------------|------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| | | | | | |
| TOTALES | ACS | | | | |

Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)

| Nombre | Tipo | Servicio asociado | Consumo de energía [kWh/año] |
|--------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|
| Equipo de bombeo 1 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| Equipo de bombeo 2 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| Equipo de bombeo 3 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| TOTALES | | | 2700.0 |

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Potencia instalada [W/m ²] | VEEI [W/m ² ·100lux] | Iluminación media [lux] | Modo de obtención |
|-----------------|--|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Edificio Objeto | 11.03 | 5.12 | 238.00 | Conocido |
| TOTALES | 11.03 | | | |

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Superficie [m ²] | Perfil de uso |
|----------|------------------------------|------------------------|
| Edificio | 21135.0 | Intensidad Media - 12h |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|----------------|----|-----|------------------------|
| Zona climática | C2 | Uso | Intensidad Media - 12h |
|----------------|----|-----|------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|--------|---|--|-------------|---|--|
| | 42.3 E | CALEFACCIÓN | | ACS | | |
| | | Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año] | | F | Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año] | |
| | | 24.50 | | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | | |
| Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año] | | Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año] | | C | Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año] | |
| | | 4.77 | | | 12.96 | |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

| | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
|--|---------------------------------------|------------------------|
| Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico | 20.07 | 424185.24 |
| Emisiones CO ₂ por otros combustibles | 22.21 | 469309.77 |

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|---------|---|--|-------------|---|--|
| | 223.3 E | CALEFACCIÓN | | ACS | | |
| | | Energía primaria calefacción [kWh/m ² año] | | G | Energía primaria ACS [kWh/m ² año] | |
| | | 118.41 | | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | | |
| Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año] | | Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año] | | C | Energía primaria iluminación [kWh/m ² año] | |
| | | 28.19 | | | 76.49 | |

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | | | | | |
|------------------------|--------|--------------------------|--------|---|--|---|--|
| | 80.3 G | | 26.6 C | | | | |
| | | | | Demanda de calefacción [kWh/m ² año] | | Demanda de refrigeración [kWh/m ² año] | |

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales



2.1. Descripción

Panel rígido de alta densidad de Lana Mineral ISOVER, no hidrófilo, sin revestimiento. Especialmente desarrollado para la instalación de sistemas de aislamiento térmico y acústico por el exterior en fachadas (ETICS).

2.2. Propiedades técnicas

| Símbolo | Parámetro | Icono | Unidades | Valor | Norma |
|-------------|---|--|-------------------|----------|----------------------|
| λ_D | Conductividad térmica declarada |  | W/m·K | 0,034 | EN 12667 EN 12939 |
| C_p | Calor específico aproximado |  | J/kg·K | 1.030 | - |
| | Reacción al fuego |  | Euroclase | A2-s1,d0 | EN 13501-1 |
| WS | Absorción de agua a corto plazo |  | kg/m ² | < 1 | EN 1609 |
| MU | Resistencia a la difusión de vapor de agua, μ |  | | 1 | EN 12086 |
| SD | Rigidez dinámica |  | MN/m ² | < 1 | EN 1604 |
| DS | Estabilidad Dimensional, $\Delta\epsilon$ |  | % | < 1 | EN 1604 |

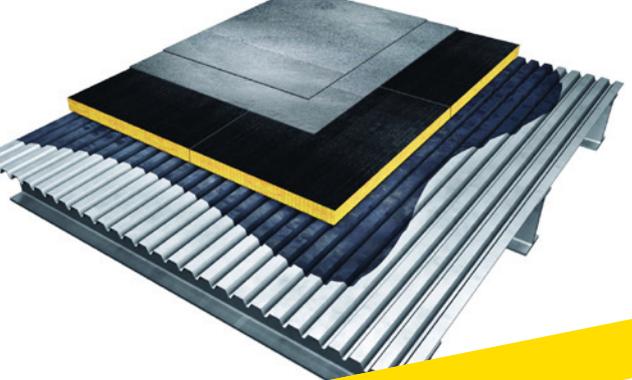
| Espesor d, mm | Resistencia térmica declarada R_p , m ² .K/W  |
|---------------|---|
| EN 823 | EN 12667 - EN 12939 |
| 40 | 1,15 |
| 60 | 1,75 |
| 80 | 2,35 |
| 100 | 2,90 |
| 120 | 3,50 |
| 140 | 4,10 |

2.4. Ventajas

- Excelente aislamiento acústico frente al ruido externo.
- Material incombustible que no ayuda a la propagación del fuego en caso de incendio.
- Materias primas naturales y reciclables por lo que contribuyen a la sostenibilidad del medio ambiente.
- Permiten la transpirabilidad del edificio.
- Materiales fácilmente instalables.
- Promueve el ahorro y la eficiencia energética.

2.3. Presentación

| Espesor d (mm) | Largo l (m) | Ancho b (m) | m ² /bulto | m ² /palé | m ² /camión |
|----------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| 40 | 1,20 | 0,60 | 7,20 | 86,40 | 1.901 |
| 60 | 1,20 | 0,60 | 7,20 | 57,60 | 1.267 |
| 80 | 1,20 | 0,60 | 3,60 | 43,22 | 951 |
| 100 | 1,20 | 0,60 | 2,88 | 34,56 | 760 |
| 120 | 1,20 | 0,60 | 3,60 | 28,80 | 634 |
| 140 | 1,20 | 0,60 | 2,16 | 25,92 | 570 |



IXXO

Cubiertas

Descripción

Panel rígido de Lana de Roca ISOVER, no hidrófilo, revestido en una de sus caras con un complejo de oxiasfalto y un film de polietileno termofusible.

Aplicaciones

Por sus excelentes prestaciones termo-acústicas y mecánicas, **IXXO** es la mejor opción para:

- Cubiertas planas o inclinadas de disposición convencional.
- Autoprotegidas.

Propiedades técnicas

| Símbolo | Parámetro | Icono | Unidades | Valor | Norma |
|-------------|--|-------|-------------------|--------|------------------------|
| λ_D | Conductividad térmica declarada | | W/m·K | 0,039 | EN 12667 EN 12939 |
| C_p | Calor específico aproximado | | J/kg·K | 800 | - |
| - | Reacción al fuego | | Euroclase | F | EN 13501-1 |
| WS | Absorción de agua a corto plazo | | kg/m ² | < 1 | EN 1609 |
| MU | Resistencia a la difusión de vapor de agua, μ | | - | 1 | EN 12086 |
| MU | Resistencia a la difusión de vapor de agua de la capa de oxiasfalto, μ | | - | 50.000 | CEC/CTE |
| SD | Rigidez dinámica | | MN/m ³ | 10 | EN 29052-1 |
| CP | Compresibilidad, c | | mm | < 5 | EN 13162 y EN 12431 |
| CS | Resistencia a compresión a 10% de deformación, σ_{10} | | Kpa | 50 | EN 826 |
| | | | Kg/m ² | 5.000 | |
| TR | Resistencia a la tracción perpendicular a las caras, σ_{mt} | | KPa | 10 | EN 1607 |
| DS | Estabilidad dimensional, $\Delta\epsilon$ | | % | < 1 | EN 1604 |

| Espesor d, mm | Resistencia térmica declarada R_D , m ² ·K/W | Código de designación |
|---------------|---|--|
| EN 823 | EN 12667 - EN 12939 | EN 13162 |
| 40 | 1,00 | MW-EN 13162-T6-DS(70,90)-CS(10/Y)50-TR10-WS-SD10-CP5 |
| 50 | 1,25 | |
| 60 | 1,50 | |
| 80 | 2,05 | |
| 100 | 2,55 | |
| 120 | 3,05 | |
| 140 | 3,55 | |

Presentación



| Espesor d (mm) | Largo l (m) | Ancho b (m) | m ² /bulto | m ² /palé | m ² /camión |
|----------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| 40 | 1,20 | 1,00 | 4,80 | 72,00 | 1.872 |
| 50 | 1,20 | 1,00 | 4,80 | 57,60 | 1.498 |
| 60 | 1,20 | 1,00 | 3,60 | 46,80 | 1.217 |
| 80 | 1,20 | 1,00 | 2,40 | 36,00 | 936 |
| 100 | 1,20 | 1,00 | 2,40 | 28,80 | 749 |
| 120 | 1,20 | 1,00 | 2,40 | 24,00 | 624 |
| 140 | 1,20 | 1,00 | 2,40 | 19,20 | 499 |

Ventajas

- Óptimo aislamiento térmico y acústico en cubiertas.
- Especialmente recomendado para cubiertas ligeras.
- Se presenta con una capa de oxiasfalto que permite adherir directamente una lámina geotextil evitando otras operaciones.
- Excelente resistencia a la compresión.
- Producto sostenible con composición en material reciclado superior al 50%. Material reciclable 100%.
- Material inerte que no es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Mantiene las prestaciones del sistema inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo.



Certificados



Guía de instalación

Información adicional disponible en: www.isover.es

www.isover.es
ISOVERblog.es
 @ISOVERes
 ISOVERaislamiento

ISOVERaislamiento
 ISOVERes
 ISOVER Aislamiento
 ISOVER Aislamiento

ISOVER
 SAINT-GOBAIN

2.5.2. Arena Confort

Manta de Lana Mineral **arena** revestida en una de sus caras con un velo de vidrio de color negro.

Presentación



| Espesor d (mm) | Largo l (m) | Ancho b (m) | m ² /bulto | m ² /palé | m ² /camión |
|----------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| 25 | 20,00 | 0,60 | 24,00 | 480,00 | 8.640 |
| 30 | 20,00 | 0,60 | 24,00 | 480,00 | 8.640 |
| 40 | 15,00 | 0,60 | 18,00 | 360,00 | 6.480 |

Certificados



Propiedades

Dentro de la gama de productos ISOVER para el aislamiento termo acústico de falsos techos, se presenta el nuevo producto **Arena Confort**.

Los rollos de **Arena Confort** son aptos para la colocación en falsos techos perforados con o sin velo, metálicos, de Placa de Yeso Laminado, de madera, etc. consiguiendo un confort termo acústico efectivo.

También es un producto idóneo para construir pantallas y baffles acústicos.

CTE **Propiedades técnicas**

| Símbolo | Parámetro | Icono | Unidades | Valor | Norma |
|-------------|---|-------|----------------------|----------|----------------------|
| λ_D | Conductividad térmica declarada | | W/m·K | 0,037 | EN 12667 EN 12939 |
| C_p | Calor específico aproximado | | J/kg·K | 800 | - |
| AF_R | Resistencia al flujo de aire | | kPa·s/m ² | > 5 | EN 29053 |
| - | Reacción al fuego | | Euroclase | A2,s1,d0 | EN 13501-1 |
| MU | Resistencia a la difusión de vapor de agua, μ | | - | 1 | EN 12086 |
| DS | Estabilidad dimensional, $\Delta\epsilon$ | | % | < 1 | EN 1604 |

| Espesor d, mm | Resistencia térmica declarada R_D , m ² ·K/W | Coefficiente de absorción acústica AW , α_w | Código de designación |
|---------------|---|--|---|
| EN 823 | EN 12667 EN 12939 | EN ISO 354 | EN 13162 |
| 25 | 0,65 | 0,30 | MW-EN 13162-T2-(DS23,90)-WS-MU1-AW0,30-AFr5 |
| 30 | 0,80 | 0,60 | MW-EN 13162-T2-(DS23,90)-WS-MU1-AW0,60-AFr5 |
| 40 | 1,05 | 0,70 | MW-EN 13162-T2-(DS23,90)-WS-MU1-AW0,70-AFr5 |

Arena Confort, el acondicionamiento acústico óptimo





| | |
|--------|-----------------|
| Hoja 1 | PLANICLEAR 4 mm |
| Capa 2 | PLANISTAR ONE |
| | 6 AIR |
| Hoja 2 | PLANICLEAR 6 mm |

Nombre : Oscar Leonardo Vargas Gordillo

País : Spain

Comentarios:

| | | |
|--|--------------------------|-----------------|
| | FACTOR LUMINOSO | EN410 (2011-04) |
| | Trans. Luminosa (TL) | 72% |
| | Reflexión exterior (RLe) | 14% |
| | Reflexión interior (RLi) | 15% |

| | | |
|--|------------------------------|---------------------------|
| | TRANS. TÉRMICA | EN673-2011 |
| | Ug | 2.4 W/(m ² .K) |
| | 0° respecto de pos. vertical | |

| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| | DIMENSIONES DE FABRICACIÓN | |
| | Espesor nominal | 16.00 mm |
| | Peso | 25 kg/m ² |

| | | |
|--|-----------------|---------------------|
| | ACÚSTICA | EN 12758 |
| | Rw(C;Ctr) | 34.0000 (-1; -3) dB |

| | | |
|--|-----------------------|-----------------|
| | TRANSMISION UV | EN410 (2011-04) |
| | TUV | 23% |

| | | |
|--|--|----------|
| | SEG.DE USO | EN 12600 |
| | Resistencia a Impacto de Cuerpo Pendular | NPD |

| | | |
|--|-----------------------------|-----------------|
| | FACTORES ENERGÉTICOS | EN410 (2011-04) |
| | Trans. energética (TE) | 36% |
| | Refl. energ. exterior (Ree) | 37% |
| | Refl. energ. interior (REi) | 39% |
| | Absorción energ. A1(AE1) | 26% |
| | Absorción energ. A2 | 1% |
| | Absorción energ. A3 | |

| | | |
|--|----------------------|-----------------|
| | FACTOR SOLAR | EN410 (2011-04) |
| | Factor Solar (g) | 39% |
| | Coef. de Sombra (SC) | 0.45 |

| | | |
|--|--|----|
| | INDICE DE REPRODUCCIÓN DE COLOR | |
| | Ra Trans. Luminosa | 95 |
| | Ra Reflexión exterior | 92 |

| | | |
|--|---------------------------|-------|
| | ANTI-AGRESIÓN | EN356 |
| | Resistencia Anti-Agresión | NPD |

Los valores ofrecidos por CalumenLive han sido calculados según lo establecido en las normas europeas EN 410-2011 y EN 673-2011, las normas internacionales ISO 9050, la norma japonesa JIS R 3106/3107, la norma coreana KS L 2514/2525 y la norma NFRC-2010. Para las normas europeas, las tolerancias están definidas de acuerdo a lo establecido en la EN1096-4. El usuario debe imperativamente verificar la posibilidad real de combinar productos y de forma muy especial la combinación de capas, sustratos de diferente color y espesores, así como la disponibilidad comercial de la combinación realizada. Es responsabilidad del usuario verificar que la combinación de vidrios realizada es apta para la aplicación y el uso previsto y cumple con las exigencias reglamentarias que le sean exigibles a nivel nacional, autonómico o local. Los valores ofrecidos son indicativos y no pueden ser utilizados como garantía del comportamiento de los acristalamientos en las condiciones finales de. Por favor, utilice el programa certificado NFRC para obtener valores autenticados. Las normas de cálculo para EN410 (2011-04), EN673-2011, ISO 9050 (2003) m1.5 e ISO 9050 (1990) m1.0, así como las características técnicas ofrecidas por Calumen Live usan el motor de cálculo Calumen 1.2.4, y han sido validadas por el informe de calidad 11923R-11-33705 de TUV Rheinland. Los valores Sg se calculan de acuerdo la Norma Térmica Francesa 2012 (RT2012). Los índices acústicos son representaciones del comportamiento acústico ensayado en laboratorio sobre acristalamientos de dimensiones 1.23x1.48m (EN ISO 10140-3 y EN 12758). Las mediciones realizadas in situ pueden diferir en función de las dimensiones del acristalamiento, ambiente, calidad y correcta instalación de los marcos de la ventana, fuente de ruido, etc. La precisión de los índices acústicos aportados pueden variar en un rango de +/- 1dB (EN 12758). Todas la representaciones de acristalamientos son ilustrativas.



EFICIENCIA ENERGÉTICA

Coefficiente de transmisión térmica
 U_w desde 1,3 (W/m²K)

Consultar tipología, dimensión y vidrio.

CTE- Apto para zonas climáticas*:
 α A B C D E

* En función de la transmitancia del vidrio.

AISLAMIENTO ACÚSTICO

Máximo acristalamiento: **31 mm.**

Máximo aislamiento acústico: **Rw = 46 dB.**

CATEGORÍAS ALCANZADAS EN BANCO DE ENSAYOS

Protección frente a los agentes atmosféricos

Permeabilidad al aire (UNE-EN 12207:2000):

Clase 4

Estanqueidad al agua (UNE-EN 12208:2000):

Clase 9A

Resistencia al viento (UNE-EN 12210:2000):

Clase C5

Ensayo de referencia ventana 1,18 x 1,18 m. 2 hojas.

| | |
|---------------------|---|
| SECCIONES | Marco 45 mm Hoja 53 mm |
| ESPESOR PERFLERÍA | Ventana 1,5 mm Balconera 1,7 mm |
| DIMENSIONES MÁXIMAS | Ancho (L) = 1.500 mm Alto (H) = 2.400 mm |
| PESO MÁXIMO/ HOJA | 120 Kg. |

Consultar peso y dimensiones máximas según tipología.

| | |
|----------|---|
| ACABADOS | Lacado colores (RAL, moteados, rugosos...) Según sello Qualicoat >60 micras Lacado imitación madera Según sello Qualideco Anodizado Según sello Ewwa Euras Standard Clase 15 Posibilidad Clase 20 y 25 Posibilidad bicolor |
|----------|---|

| | |
|---------|--|
| HERRAJE | Posibilidad bisagras ocultas Posibilidad herraje de seguridad |
|---------|--|

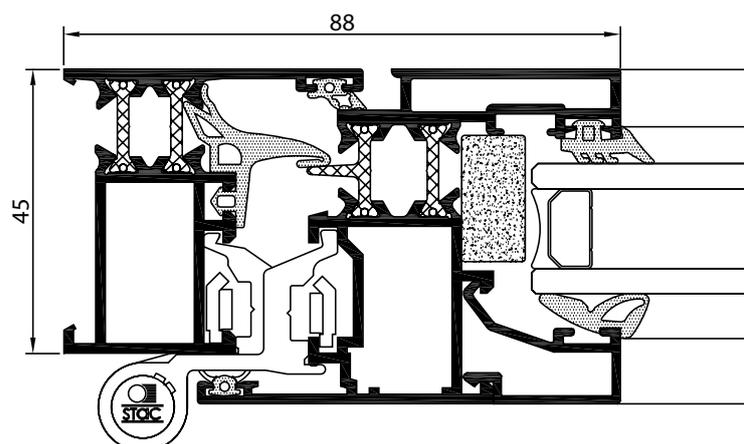
| | |
|-----------------------|----------|
| ALEACIÓN DE EXTRUSIÓN | 6063 T-5 |
|-----------------------|----------|

| | |
|----------------------------|--|
| LONGITUD VARILLA POLIAMIDA | Poliamida 6.6 reforzada con un 25% de fibra de vidrio: 14,6 mm |
|----------------------------|--|

| | |
|--------|----------------------|
| JUNTAS | Triple junta de EPDM |
|--------|----------------------|

| | |
|---------|---|
| ESPUMAS | Espuma de poliolefina perimetral en la zona del galce de vidrio |
|---------|---|

| | |
|---------------------------|--|
| POSIBILIDADES DE APERTURA | |
| INTERIOR | Practicable, oscilo-batiente, plegable, oscilo-paralela y abatible |
| EXTERIOR | Practicable, proyectante deslizante y pivotante de eje horizontal y vertical |



CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: MEDIDA DE MEJORA DE ENVOLVENTE

| | | | |
|---|--|--------------------|----------|
| Nombre del edificio | Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona | | |
| Dirección | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| Zona climática | C2 | Año construcción | 1964 |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | Anterior a la NBE-CT-79 | | |
| Referencia/s catastral/es | 6020701DF2862A0001WZ | | |

| Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica: | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Edificio de nueva construcción | <input checked="" type="radio"/> Edificio Existente |
| <input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual | <input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local |

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

| | | | |
|--|---------------------------|--------------------|--------------|
| Nombre y Apellidos | ETSEIB | NIF(NIE) | 00000 |
| Razón social | ETSEIB | NIF | 00000 |
| Domicilio | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| e-mail: | informacio.etseib@upc.edu | Teléfono | 934 01 66 15 |
| Titulación habilitante según normativa vigente | XXXXXXX | | |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | CEXv2.3 | | |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año] | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año] |
|--|---|
| | |

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/11/2019

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

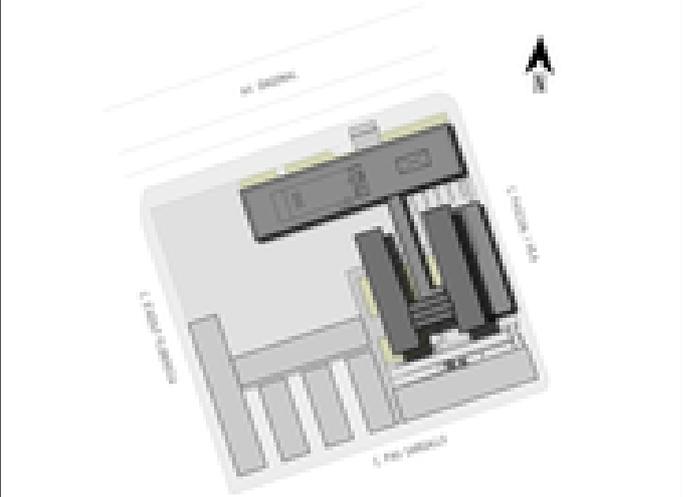
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

| | |
|---|--|
| Superficie habitable [m²] | 21135.0 |
| Imagen del edificio | Plano de situación |
|  |  |

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Modo de obtención |
|----------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Fachada NO 1 Piedra Muñeca | Fachada | 1120.43 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NO 2 Azulejos | Fachada | 353.81 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NE 1 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NE 1 Azulejos | Fachada | 1033.33 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Piedra Muñeca | Fachada | 58.44 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Azulejos | Fachada | 1457.45 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Zócalo Piedra | Fachada | 144.86 | 1.09 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Piedra Muñeca | Fachada | 1227.52 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Azulejo | Fachada | 491.03 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada SO 1 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SO 1 Azulejos | Fachada | 1310.01 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Azulejo | Fachada | 1032.43 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NO 2 Planta Baja | Fachada | 98.39 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Planta Baja | Fachada | 77.07 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Planta Baja | Fachada | 41.06 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SE 2 Planta Baja | Fachada | 48.37 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Planta Baja | Fachada | 95.79 | 1.49 | Conocidas |
| Solera Terreno | Suelo | 2224.15 | 0.48 | Estimadas |
| Solera Aire | Suelo | 805.99 | 0.35 | Conocidas |
| Cubierta en contacto con el aire | Cubierta | 1689.96 | 0.38 | Conocidas |

Huecos y lucernarios

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Factor solar | Modo de obtención. Transmitancia | Modo de obtención. Factor solar |
|------------------|-------|------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Ventanas NO 2 | Hueco | 340.2 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas NE 1 | Hueco | 853.8 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas NE 2 | Hueco | 1250.64 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SE 1 | Hueco | 296.1 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SO 1 | Hueco | 1080 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SO 2 | Hueco | 853.6 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB NO 2 | Hueco | 259.04 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB NE 2 | Hueco | 376.28 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SE 1 | Hueco | 200.42 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SE 2 | Hueco | 236.16 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SO 2 | Hueco | 467.66 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Caldera calefacción 1 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Caldera calefacción 2 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Caldera calefacción 3 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Mixto Consola con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Ventana con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Techo con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Cassette con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| TOTALES | Calefacción | | | | |

Generadores de refrigeración

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Sólo refrigeración Consola | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Cajas | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Techo | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Grupo | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Consola con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Ventana con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Techo con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Mixto Cassette con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| TOTALES | Refrigeración | | | | |

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

| | |
|--|-----|
| Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día) | 0.0 |
|--|-----|

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|----------------|------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| | | | | | |
| TOTALES | ACS | | | | |

Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)

| Nombre | Tipo | Servicio asociado | Consumo de energía [kWh/año] |
|--------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|
| Equipo de bombeo 1 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| Equipo de bombeo 2 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| Equipo de bombeo 3 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| TOTALES | | | 2700.0 |

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Potencia instalada [W/m ²] | VEEI [W/m ² ·100lux] | Iluminación media [lux] | Modo de obtención |
|-----------------|--|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Edificio Objeto | 11.03 | 5.12 | 238.00 | Conocido |
| TOTALES | 11.03 | | | |

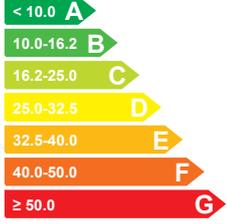
5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Superficie [m ²] | Perfil de uso |
|----------|------------------------------|------------------------|
| Edificio | 21135.0 | Intensidad Media - 12h |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|----------------|----|-----|------------------------|
| Zona climática | C2 | Uso | Intensidad Media - 12h |
|----------------|----|-----|------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

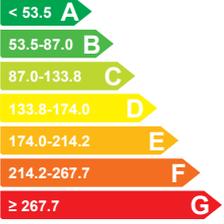
| INDICADOR GLOBAL | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|---|----------|
|  | 25.1 D | CALEFACCIÓN | ACS | | |
| | | <i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i> | B | <i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i> | - |
| | | 4.15 | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | ILUMINACIÓN | | |
| <i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i> | | <i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i> | C | <i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i> | E |
| | | 7.95 | | 12.96 | |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

| | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
|--|---------------------------------------|------------------------|
| <i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i> | 21.34 | 451102.76 |
| <i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i> | 3.76 | 79552.67 |

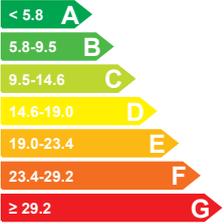
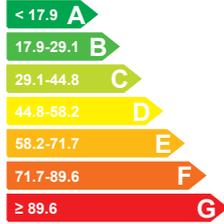
2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|---|----------|
|  | 143.8 D | CALEFACCIÓN | ACS | | |
| | | <i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i> | C | <i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i> | - |
| | | 20.07 | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | ILUMINACIÓN | | |
| <i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i> | | <i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i> | C | <i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i> | E |
| | | 46.96 | | 76.49 | |

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN |
|---|--|
|  |  |
| 13.6 C | 44.4 C |
| <i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i> | <i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i> |

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LUMINARIAS

Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600

- Energy efficient alternative to Fluorescent Panels
- 50 000 hours lifetime
- Light output of 4000lm
- 4000K neutral white light
- non dimmable
- PC diffuser passing 850° glow wire test

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Product Number | 52246 |
| General Data | |
| Installation Type | Recessed |
| Housing material | Aluminium / PC Diffuser |
| Housing colour | White |
| Protection class | IP20 |
| Dimmable | no |
| Geometric Data | |
| Length (mm) | 595 |
| Height (mm) | 12.5 |
| Width (mm) | 595 |
| Weight (g) | 3000 |
| Electric Data | |
| Wattage (W) | 40 |
| Voltage (V) | 200 - 240 |
| Current (mA) | 190 |
| Power Factor | >0.9 |
| Operating Frequency (Hz) | 50/60 |
| Safety Class | Class III |
| Power supply | External (not supplied) |
| Photometric Data | |
| Luminous Flux (lm) | 4000 |
| CRI | 80 |
| CCT (K) | 4000 |
| Luminous Efficacy (lm/W) | 100 |
| Luminous Intensity (cd) | 1380 |
| UGR | >19 |
| Lifespan | |
| Lifetime (hrs) | 50,000 |
| Switching Cycle | 100,000 |
| Mechanical Parameters | |
| Glow wire test | 850°C |

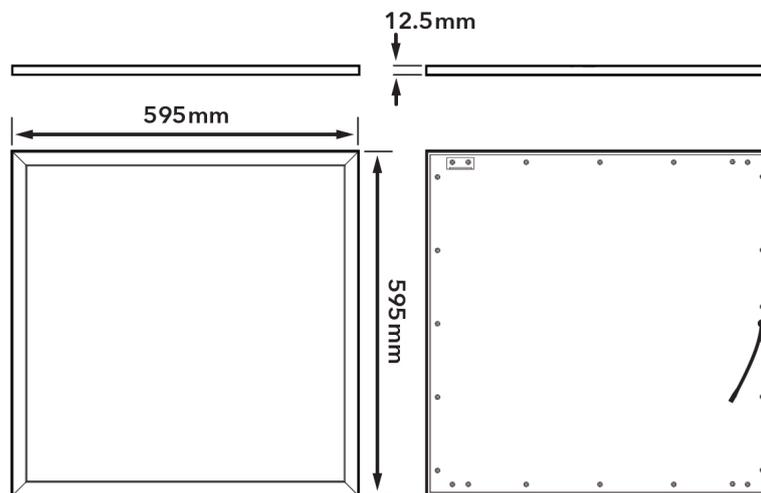


29/04/2016

Lifestyle image



Technical Drawings

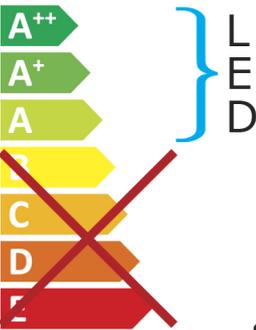


29/04/2016

Energy Rating



This luminaire contains built-in LED lamps.





The lamps cannot be changed in the luminaire.

Verbatim 52246
874/2012

Technical Packaging Details

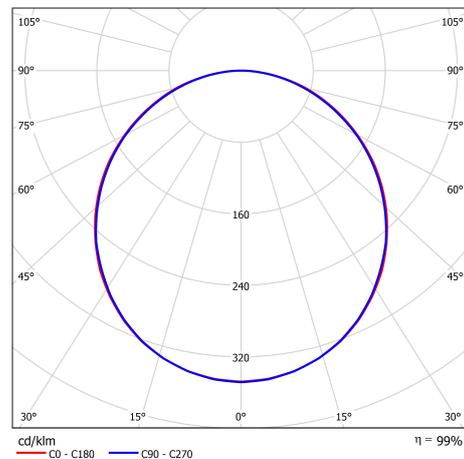
| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Barcode | 20023942522465 |
| EAN 128 | (02)00023942522461(37)04(91)823 |
| EAN 14 | 50023942522466 |
| Pack Dimensions(HxWxL) | 40 x 650 x650 (mm) |
| Pack Weight | 3500 (g) |
| MOQ | 1 |
| Carton Dimensions (HxWxL) | 185 x 670 x 670 (mm) |
| Cartons/Pallet | 10 |
| Layers/Pallet | 5 |
| Units/Pallet | 40 |

Photometric Diagrams

| Distance [m] | Cone Diameter [m] | illuminance [lx] |
|--------------|-------------------|---------------------------------------|
| 0.5 | 1.46 1.48 | E(0°) 5701 E(C90) 519 E(C0) 499 |
| 1.0 | 2.91 2.97 | E(0°) 1425 E(C90) 130 E(C0) 125 |
| 1.5 | 4.37 4.45 | E(0°) 633 E(C90) 58 E(C0) 55 |
| 2.0 | 5.82 5.93 | E(0°) 356 E(C90) 32 E(C0) 31 |
| 2.5 | 7.28 7.41 | E(0°) 228 E(C90) 21 E(C0) 20 |
| 3.0 | 8.73 8.90 | E(0°) 158 E(C90) 14 E(C0) 14 |

Distance [m] Cone Diameter [m] Illuminance [lx]

— C0 - C180 (Half-value Angle: 112.0°)
— C90 - C270 (Half-value Angle: 111.0°)



29/04/2016

Verbatim LED Linear 1500mm 30W 3000K 3000lm White

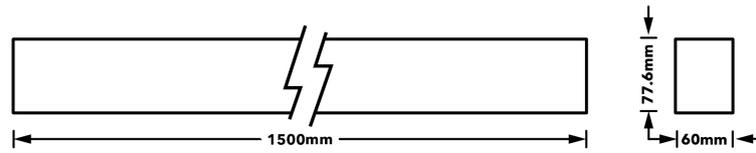
- Linear LED lighting system for general architectural lighting
- 50.000 hours lifetime
- Light output of 3000lm
- 3000K warm white light
- Flicker-free driver
- DALI option available
- 5 Years Warranty

| | |
|------------------------------|--|
| Product Number | 52280 |
| General Data | |
| Installation Type | Surface mounted / recessed / suspended |
| Housing material | Aluminum heatsink / PC diffuser |
| Housing colour | white - RAL9016 |
| Protection class | IP20 / IK06 |
| Dimmable | no |
| Geometric Data | |
| Length (mm) | 1500 |
| Height (mm) | 77.6 |
| Width (mm) | 60 |
| Weight (g) | 2680 |
| Electric Data | |
| Wattage (W) | 30 |
| Voltage (V) | 220-240 |
| Current (mA) | 145 |
| Power Factor | 0.9 |
| Operating Frequency (Hz) | 50/60 |
| Safety Class | I |
| Power supply | Integrated |
| Photometric Data | |
| Luminous Flux (lm) | 3000 |
| CRI | 80 |
| CCT (K) | 3000 |
| Luminous Efficacy (lm/W) | 100 |
| Luminous Intensity (cd) | 1200 |
| Beam Angle (°) | 100 |
| Lifespan | |
| Lifetime (hrs) | 50,000 |
| Switching Cycle | 100,000 |
| Mechanical Parameters | |
| Glow wire test | 850°C |



26/10/2017

Technical Drawings



26/10/2017

Energy Rating



This luminaire contains built-in LED lamps.

A⁺⁺
A⁺
A
B
C
D
E

} LED



The lamps cannot be changed in the luminaire.

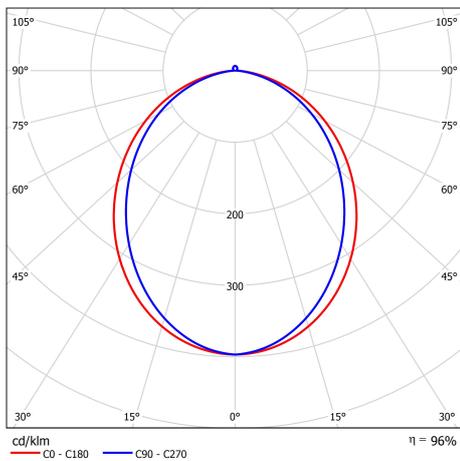
Verbatim 52280

874/2012

Technical Packaging Details

| | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Barcode | 023942522805 |
| EAN 128 | (02)00023942522805(37)10(91)52 |
| EAN 14 | 50023942522800 |
| Pack Dimensions(HxWxL) | 65 x 83 x 1565 (mm) |
| Pack Weight | 2880 (g) |
| MOQ | 1 |
| Carton Dimensions (HxWxL) | 205 x 351 x 1586 (mm) |
| Cartons/Pallet | 8 |
| Layers/Pallet | 4 |
| Units/Pallet | 80 |

Photometric Diagrams



| Distance [m] | Cone Diameter [m] | E(0°) | E(C90) | E(C0) | Illuminance [lx] |
|--------------|-------------------|-------|--------|-------|------------------|
| 0.5 | 1.05 1.23 | 4822 | 46.4° | 51.0° | 791 601 |
| 1.0 | 2.10 2.47 | 1205 | 46.4° | 51.0° | 198 150 |
| 1.5 | 3.15 3.70 | 536 | 46.4° | 51.0° | 88 67 |
| 2.0 | 4.20 4.94 | 301 | 46.4° | 51.0° | 49 38 |
| 2.5 | 5.25 6.17 | 193 | 46.4° | 51.0° | 32 24 |
| 3.0 | 6.30 7.41 | 134 | 46.4° | 51.0° | 22 17 |

Distance [m] Cone Diameter [m] Illuminance [lx]
— C0 - C180 (Half-value Angle: 102.0°)
— C90 - C270 (Half-value Angle: 92.8°)

26/10/2017

ANEXO 9. MODELADO DE ILUMINACIÓN. DIALUX

ETSEIB - H - Aula Piso 3

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.01.2020
Proyecto elaborado por: Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.



EPSEB

UPC Campus SUD

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

| | |
|---|---|
| ETSEIB - H - Aula Piso 3 | |
| Portada del proyecto | 1 |
| Índice | 2 |
| Lista de luminarias | 3 |
| VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 | |
| Hoja de datos de luminarias | 4 |
| Aula Piso 3 | |
| Lista de luminarias | 5 |
| Escenas de luz | |
| Diurna 3pm - Nov12 | |
| Resumen | 6 |
| Resultados luminotécnicos | 7 |
| Escena de luz 3 | |
| Resumen | 8 |
| Resultados luminotécnicos | 9 |



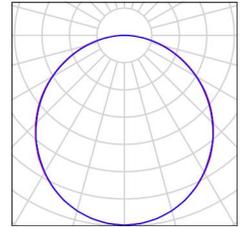
EPSEB

UPC Campus SUD

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

ETSEIB - H - Aula Piso 3 / Lista de luminarias

15 Pieza VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W
4000K 4000lm 600x600
N° de artículo: 52246
Flujo luminoso (Luminaria): 3966 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99
Lámpara: 1 x Verbatim LED Panel 40W 4000K
4000lm 600x600 (Factor de corrección 1.000).

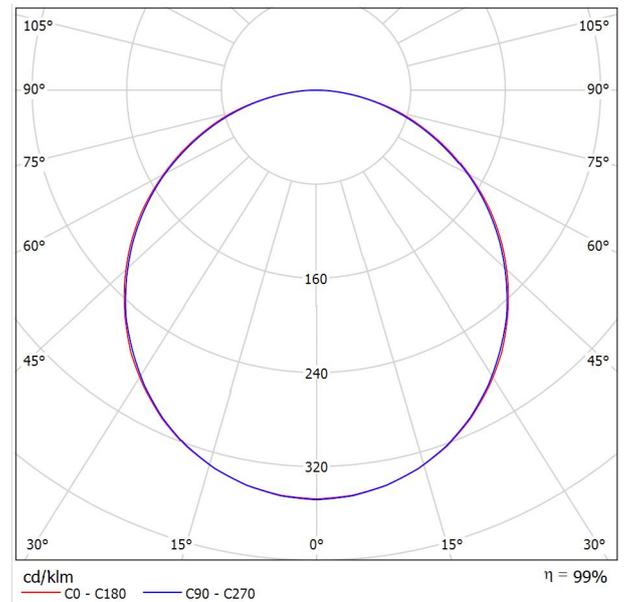


EPSEB
UPC Campus SUD

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99

An energy efficient, flicker-free LED Panel solution that has been specially designed for office or retail applications. Offering uniform light distribution with limited glare and a high lumen output. Easy to install into ceilings thanks to its compact dimensions. Designed with a white housing for discreet integration into ceiling grids.

Emisión de luz 1:

| Valoración de deslumbramiento según UGR | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---|------|-------------|------|--|------|------|------|------|
| p Techo | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | |
| p Paredes | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | |
| p Suelo | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Tamaño del local | X | Y | Mirado en perpendicular al eje de lámpara | | | | Mirado longitudinalmente al eje de lámpara | | | | |
| 2H | 2H | 16.9 | 18.2 | 17.2 | 18.5 | 18.7 | 16.9 | 18.3 | 17.2 | 18.5 | 18.7 |
| | 3H | 18.5 | 19.7 | 18.9 | 20.0 | 20.3 | 18.5 | 19.8 | 18.9 | 20.0 | 20.3 |
| | 4H | 19.3 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 | 19.2 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 |
| | 6H | 19.8 | 20.9 | 20.2 | 21.2 | 21.5 | 19.8 | 20.8 | 20.1 | 21.1 | 21.5 |
| | 8H | 20.0 | 21.0 | 20.4 | 21.3 | 21.7 | 20.0 | 21.0 | 20.3 | 21.3 | 21.6 |
| 12H | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.5 | 21.8 | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.4 | 21.7 | |
| 4H | 2H | 17.6 | 18.7 | 17.9 | 19.0 | 19.3 | 17.6 | 18.8 | 18.0 | 19.0 | 19.3 |
| | 3H | 19.4 | 20.4 | 19.8 | 20.7 | 21.1 | 19.5 | 20.4 | 19.8 | 20.8 | 21.1 |
| | 4H | 20.3 | 21.1 | 20.7 | 21.5 | 21.9 | 20.3 | 21.2 | 20.7 | 21.5 | 21.9 |
| | 6H | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 |
| | 8H | 21.2 | 21.9 | 21.6 | 22.3 | 22.7 | 21.2 | 21.9 | 21.7 | 22.3 | 22.7 |
| 12H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.5 | 22.9 | 21.4 | 22.0 | 21.8 | 22.4 | 22.9 | |
| 8H | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.0 | 21.7 | 22.1 | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.4 | 22.9 | 21.5 | 22.1 | 21.9 | 22.5 | 22.9 |
| | 8H | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.7 | 23.2 | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.8 | 23.3 |
| | 12H | 22.1 | 22.5 | 22.5 | 23.0 | 23.5 | 22.1 | 22.5 | 22.6 | 23.0 | 23.5 |
| 12H | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 | 20.7 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.5 | 22.0 | 22.0 | 22.5 | 23.0 | 21.6 | 22.1 | 22.0 | 22.5 | 23.0 |
| | 8H | 21.9 | 22.3 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | 21.9 | 22.4 | 22.4 | 22.8 | 23.3 |
| Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias | | | | | | | | | | | |
| S = 1.0H | +0.1 / -0.1 | | | | +0.1 / -0.1 | | | | | | |
| S = 1.5H | +0.2 / -0.3 | | | | +0.2 / -0.3 | | | | | | |
| S = 2.0H | +0.4 / -0.6 | | | | +0.3 / -0.6 | | | | | | |
| Tabla estándar Sumando de corrección | BK06 4.4 | | | | BK06 4.4 | | | | | | |
| Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4000lm Flujo luminoso total | | | | | | | | | | | |



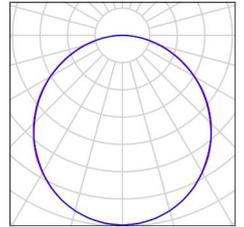
EPSEB

UPC Campus SUD

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula Piso 3 / Lista de luminarias

15 Pieza VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W
4000K 4000lm 600x600
N° de artículo: 52246
Flujo luminoso (Luminaria): 3966 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99
Lámpara: 1 x Verbatim LED Panel 40W 4000K
4000lm 600x600 (Factor de corrección 1.000).



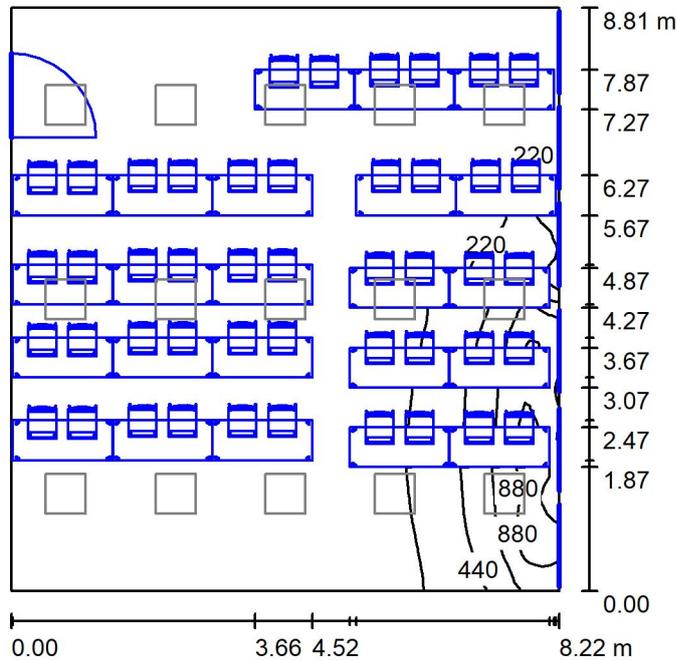


EPSEB

UPC Campus SUD

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula Piso 3 / Diurna 3pm - Nov12 / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:114

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 130 | 14 | 1085 | 0.109 |
| Suelo | 14 | 62 | 7.81 | 448 | 0.125 |
| Techo | 48 | 41 | 9.84 | 183 | 0.243 |
| Paredes (4) | 50 | 58 | 13 | 442 | / |

Plano útil:

Altura: 0.900 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

EPSEB

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC Campus SUD

Aula Piso 3 / Diurna 3pm - Nov12 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm
Potencia total: 0.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 107 | 23 | 130 | / | / |
| Suelo | 46 | 16 | 62 | 14 | 2.78 |
| Techo | 0.00 | 41 | 41 | 48 | 6.20 |
| Pared 1 | 74 | 28 | 103 | 50 | 16 |
| Pared 2 | 0.00 | 53 | 53 | 50 | 8.40 |
| Pared 3 | 22 | 17 | 40 | 50 | 6.35 |
| Pared 4 | 23 | 14 | 37 | 50 | 5.97 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.109 (1:9)

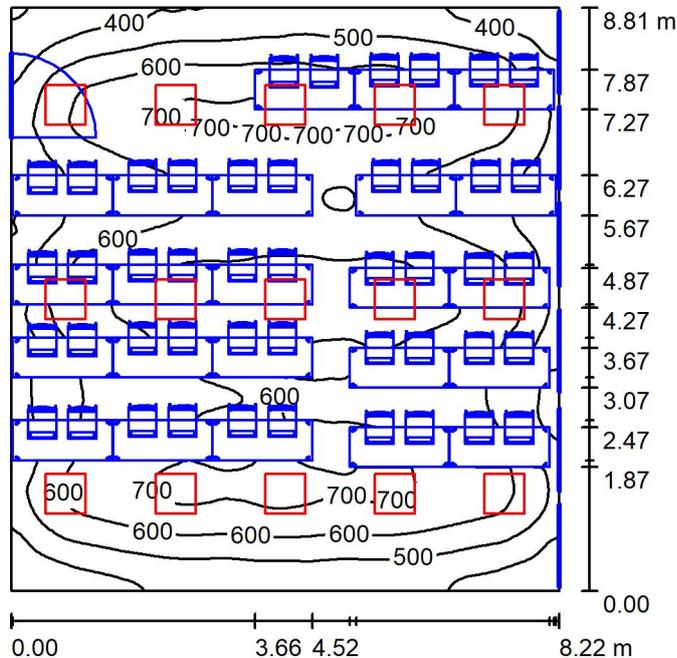
E_{\min} / E_{\max} : 0.013 (1:77)

Valor de eficiencia energética: $0.00 \text{ W/m}^2 = 0.00 \text{ W/m}^2 / \text{lx}$ (Base: 72.42 m^2)

EPSEB
UPC Campus SUD

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula Piso 3 / Escena de luz 3 / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:114

| Superficie | ρ [%] | E _m [lx] | E _{min} [lx] | E _{max} [lx] | E _{min} / E _m |
|-------------|-------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Plano útil | / | 572 | 293 | 783 | 0.512 |
| Suelo | 14 | 283 | 56 | 521 | 0.199 |
| Techo | 48 | 171 | 66 | 239 | 0.388 |
| Paredes (4) | 50 | 297 | 56 | 683 | / |

Plano útil:

Altura: 0.900 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

| N° | Pieza | Designación (Factor de corrección) | Φ (Luminaria) [lm] | Φ (Lámparas) [lm] | P [W] |
|----|-------|---|--------------------|-------------------|-------|
| 1 | 15 | VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 (1.000) | 3966 | 4000 | 40.0 |
| | | | Total: 59491 | Total: 60000 | 600.0 |

Valor de eficiencia energética: 8.29 W/m² = 1.45 W/m²/100 lx (Base: 72.42 m²)

EPSEB
UPC Campus SUD

Proyecto elaborado por Andrés Villa R. - Oscar Vargas G.
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula Piso 3 / Escena de luz 3 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 59491 lm
Potencia total: 600.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 466 | 106 | 572 | / | / |
| Suelo | 213 | 70 | 283 | 14 | 13 |
| Techo | 0.06 | 171 | 171 | 48 | 26 |
| Pared 1 | 192 | 103 | 296 | 50 | 47 |
| Pared 2 | 192 | 113 | 305 | 50 | 49 |
| Pared 3 | 187 | 101 | 288 | 50 | 46 |
| Pared 4 | 188 | 112 | 300 | 50 | 48 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.512 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.375 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $8.29 \text{ W/m}^2 = 1.45 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 72.42 m^2)

ESTEIB - Edificio H - Aula Piso 6

Fecha: 20.01.2020

Proyecto elaborado por: Andrés Villa R - Oscar Vargas G



EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

ESTEIB - Edificio H - Aula Piso 6

| | |
|---|----|
| Portada del proyecto | 1 |
| Índice | 2 |
| Lista de luminarias | 3 |
| VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 | |
| Hoja de datos de luminarias | 4 |
| Local 1 | |
| Escenas de luz | |
| Noviembre12m | |
| Resumen | 5 |
| Resultados luminotécnicos | 6 |
| Rendering (procesado) en 3D | 7 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 8 |
| Escena de luz 3 | |
| Resumen | 9 |
| Resultados luminotécnicos | 10 |
| Rendering (procesado) en 3D | 11 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 12 |



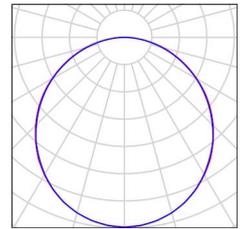
EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

ESTEIB - Edificio H - Aula Piso 6 / Lista de luminarias

9 Pieza VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W
4000K 4000lm 600x600
N° de artículo: 52246
Flujo luminoso (Luminaria): 3966 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99
Lámpara: 1 x Verbatim LED Panel 40W 4000K
4000lm 600x600 (Factor de corrección 1.000).



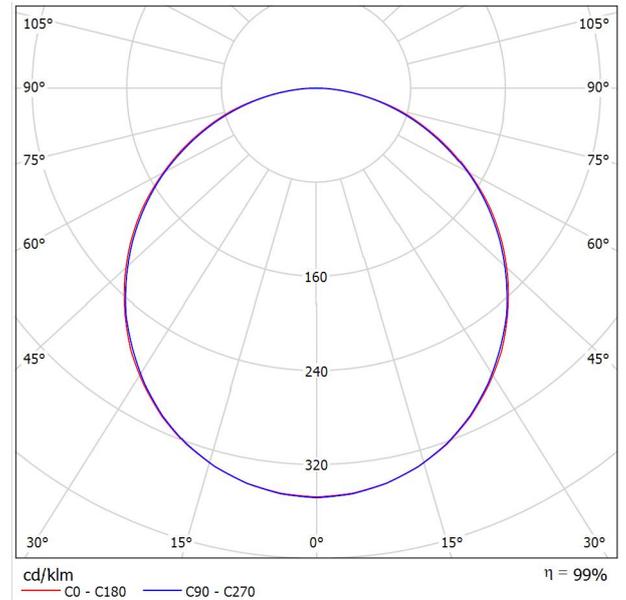
EPSEB

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99

An energy efficient, flicker-free LED Panel solution that has been specially designed for office or retail applications. Offering uniform light distribution with limited glare and a high lumen output. Easy to install into ceilings thanks to its compact dimensions. Designed with a white housing for discreet integration into ceiling grids.

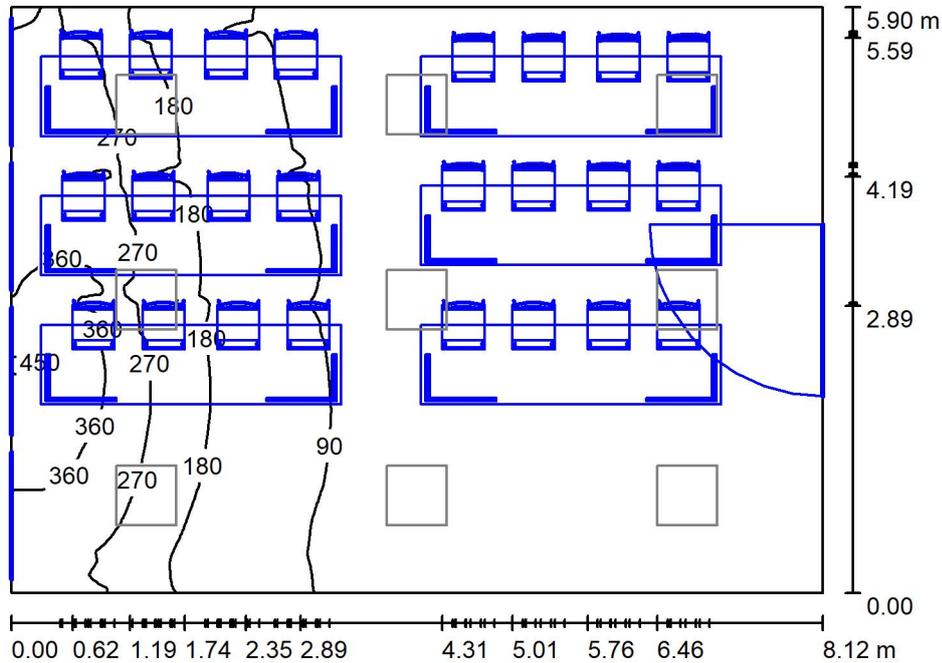
Emisión de luz 1:

| Valoración de deslumbramiento según UGR | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---|------|-------------|------|--|------|------|------|------|
| p Techo | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | |
| p Paredes | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | |
| p Suelo | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Tamaño del local | X | Y | Mirado en perpendicular al eje de lámpara | | | | Mirado longitudinalmente al eje de lámpara | | | | |
| 2H | 2H | 16.9 | 18.2 | 17.2 | 18.5 | 18.7 | 16.9 | 18.3 | 17.2 | 18.5 | 18.7 |
| | 3H | 18.5 | 19.7 | 18.9 | 20.0 | 20.3 | 18.5 | 19.8 | 18.9 | 20.0 | 20.3 |
| | 4H | 19.3 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 | 19.2 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 |
| | 6H | 19.8 | 20.9 | 20.2 | 21.2 | 21.5 | 19.8 | 20.8 | 20.1 | 21.1 | 21.5 |
| | 8H | 20.0 | 21.0 | 20.4 | 21.3 | 21.7 | 20.0 | 21.0 | 20.3 | 21.3 | 21.6 |
| 4H | 12H | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.5 | 21.8 | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.4 | 21.7 |
| | 2H | 17.6 | 18.7 | 17.9 | 19.0 | 19.3 | 17.6 | 18.8 | 18.0 | 19.0 | 19.3 |
| | 3H | 19.4 | 20.4 | 19.8 | 20.7 | 21.1 | 19.5 | 20.4 | 19.8 | 20.8 | 21.1 |
| | 4H | 20.3 | 21.1 | 20.7 | 21.5 | 21.9 | 20.3 | 21.2 | 20.7 | 21.5 | 21.9 |
| | 6H | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 |
| 8H | 8H | 21.2 | 21.9 | 21.6 | 22.3 | 22.7 | 21.2 | 21.9 | 21.7 | 22.3 | 22.7 |
| | 12H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.5 | 22.9 | 21.4 | 22.0 | 21.8 | 22.4 | 22.9 |
| | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.0 | 21.7 | 22.1 | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.4 | 22.9 | 21.5 | 22.1 | 21.9 | 22.5 | 22.9 |
| | 8H | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.7 | 23.2 | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.8 | 23.3 |
| 12H | 12H | 22.1 | 22.5 | 22.5 | 23.0 | 23.5 | 22.1 | 22.5 | 22.6 | 23.0 | 23.5 |
| | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 | 20.7 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.5 | 22.0 | 22.0 | 22.5 | 23.0 | 21.6 | 22.1 | 22.0 | 22.5 | 23.0 |
| 8H | 21.9 | 22.3 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | 21.9 | 22.4 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | |
| Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias | | | | | | | | | | | |
| S = 1.0H | +0.1 / -0.1 | | | | +0.1 / -0.1 | | | | | | |
| S = 1.5H | +0.2 / -0.3 | | | | +0.2 / -0.3 | | | | | | |
| S = 2.0H | +0.4 / -0.6 | | | | +0.3 / -0.6 | | | | | | |
| Tabla estándar Sumando de corrección | BK06 4.4 | | | | BK06 4.4 | | | | | | |
| Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4000lm Flujo luminoso total | | | | | | | | | | | |

EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Noviembre12m / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 109 | 21 | 459 | 0.193 |
| Suelo | 45 | 49 | 9.87 | 217 | 0.200 |
| Techo | 78 | 55 | 16 | 338 | 0.284 |
| Paredes (4) | 78 | 71 | 17 | 667 | / |

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.



EPSEB

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G

UPC

Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Noviembre12m / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm
 Potencia total: 0.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 60 | 49 | 109 | / | / |
| Suelo | 21 | 28 | 49 | 45 | 7.06 |
| Techo | 0.00 | 55 | 55 | 78 | 14 |
| Pared 1 | 27 | 46 | 73 | 78 | 18 |
| Pared 2 | 11 | 24 | 35 | 78 | 8.61 |
| Pared 3 | 22 | 33 | 55 | 78 | 14 |
| Pared 4 | 0.00 | 126 | 126 | 78 | 31 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.193 (1:5)

E_{\min} / E_{\max} : 0.046 (1:22)

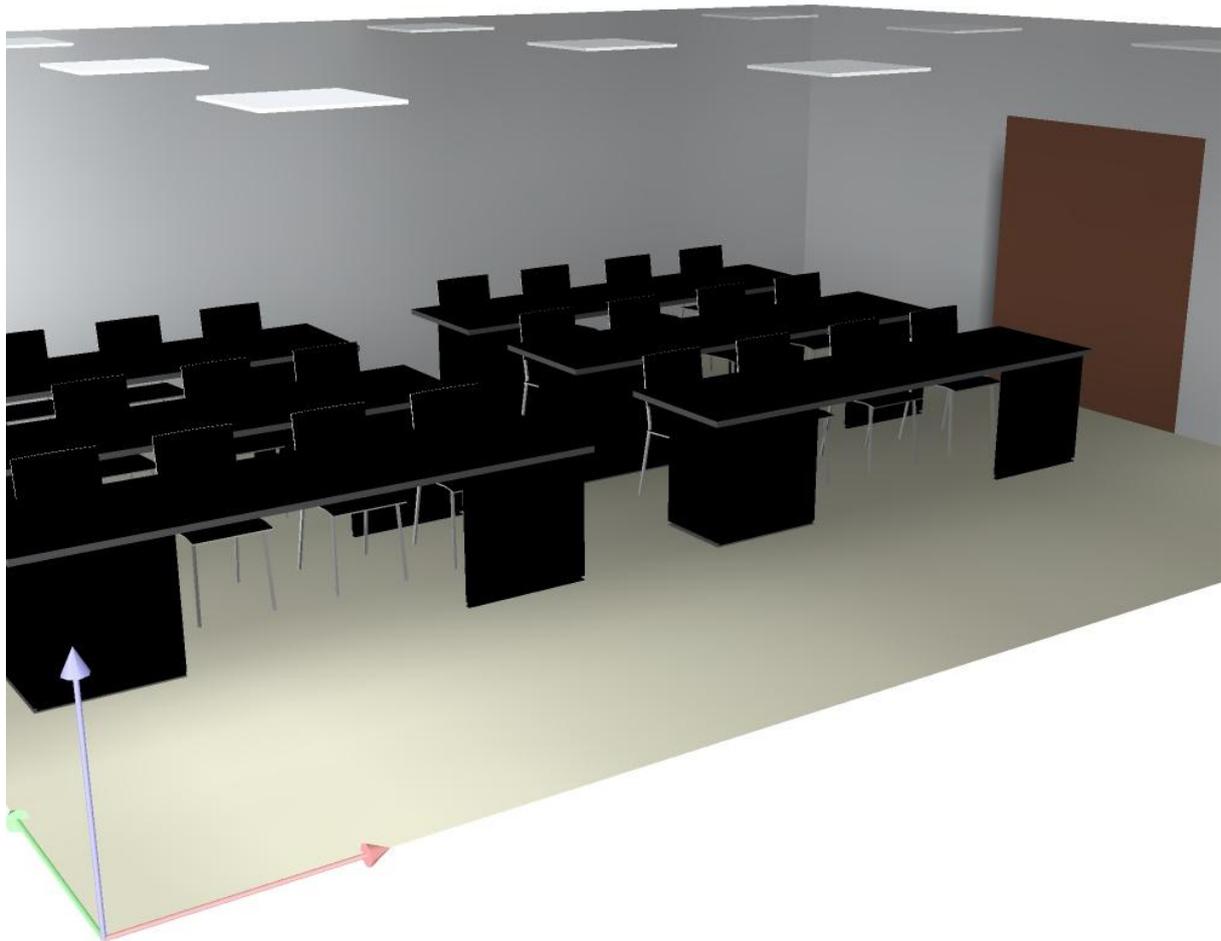
Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m²/ lx (Base: 47.88 m²)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Noviembre12m / Rendering (procesado) en 3D



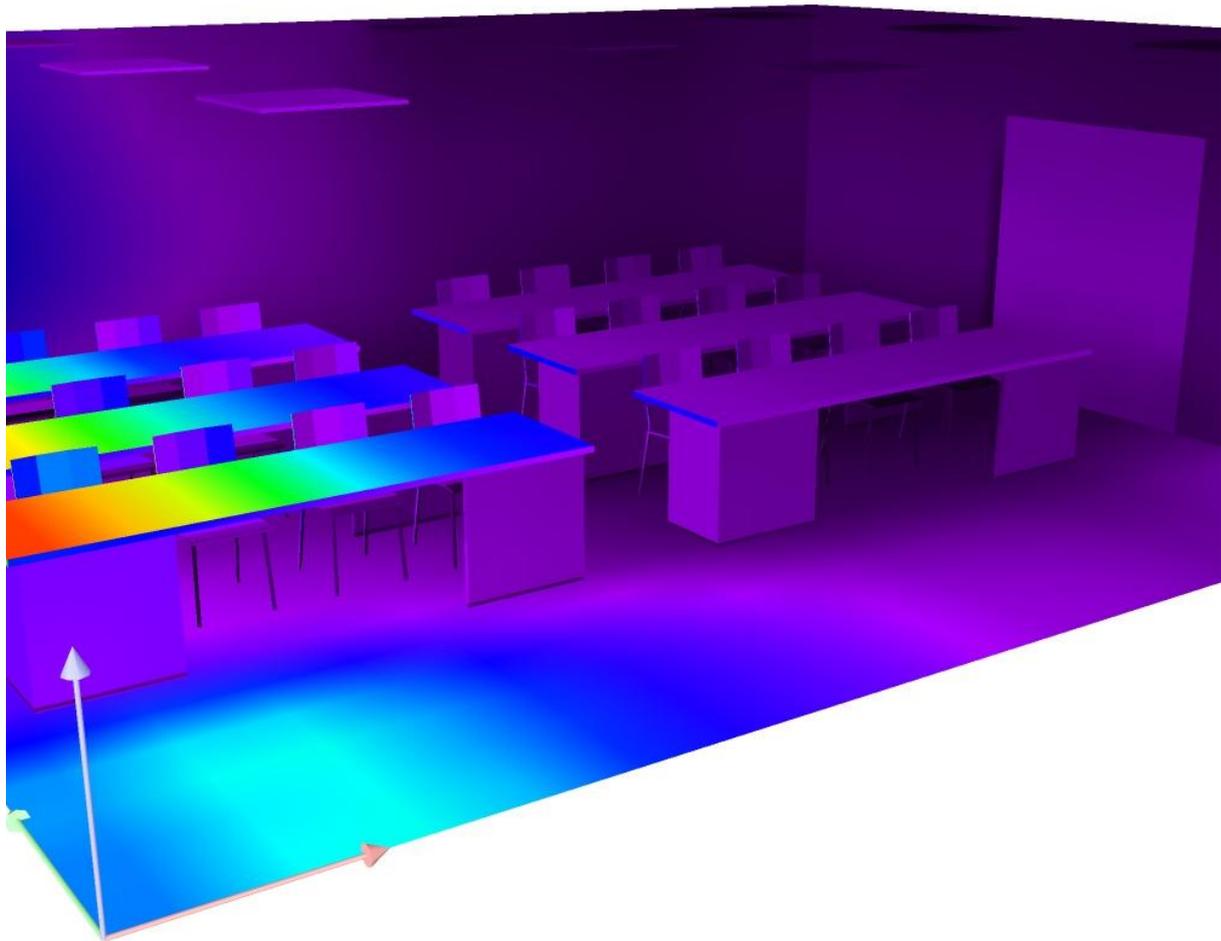


EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Noviembre12m / Rendering (procesado) de colores falsos



0 62.50 125 187.50 250 312.50 375 437.50 500

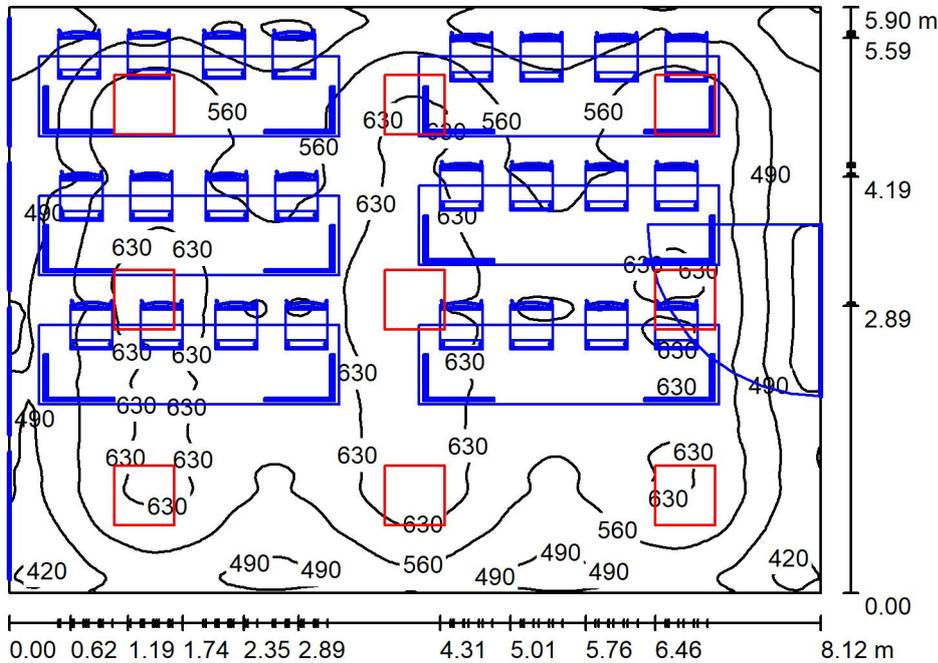
lx

EPSEB

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

Local 1 / Escena de luz 3 / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 559 | 353 | 695 | 0.631 |
| Suelo | 45 | 265 | 34 | 520 | 0.126 |
| Techo | 78 | 144 | 71 | 248 | 0.490 |
| Paredes (4) | 78 | 305 | 84 | 528 | / |

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

| N° | Pieza | Designación (Factor de corrección) | Φ (Luminaria) [lm] | Φ (Lámparas) [lm] | P [W] |
|----|-------|---|-------------------------|------------------------|-------|
| 1 | 9 | VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 (1.000) | 3966 | 4000 | 40.0 |
| | | | Total: 35695 | Total: 36000 | 360.0 |

Valor de eficiencia energética: $7.52 \text{ W/m}^2 = 1.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 47.88 m^2)



EPSEB

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G

UPC

Teléfono

Fax

e-Mail

Local 1 / Escena de luz 3 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 35695 lm
 Potencia total: 360.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 396 | 162 | 559 | / | / |
| Suelo | 162 | 103 | 265 | 45 | 38 |
| Techo | 0.06 | 144 | 144 | 78 | 36 |
| Pared 1 | 182 | 158 | 340 | 78 | 84 |
| Pared 2 | 154 | 159 | 313 | 78 | 78 |
| Pared 3 | 166 | 111 | 277 | 78 | 69 |
| Pared 4 | 155 | 132 | 288 | 78 | 71 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.631 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.507 (1:2)

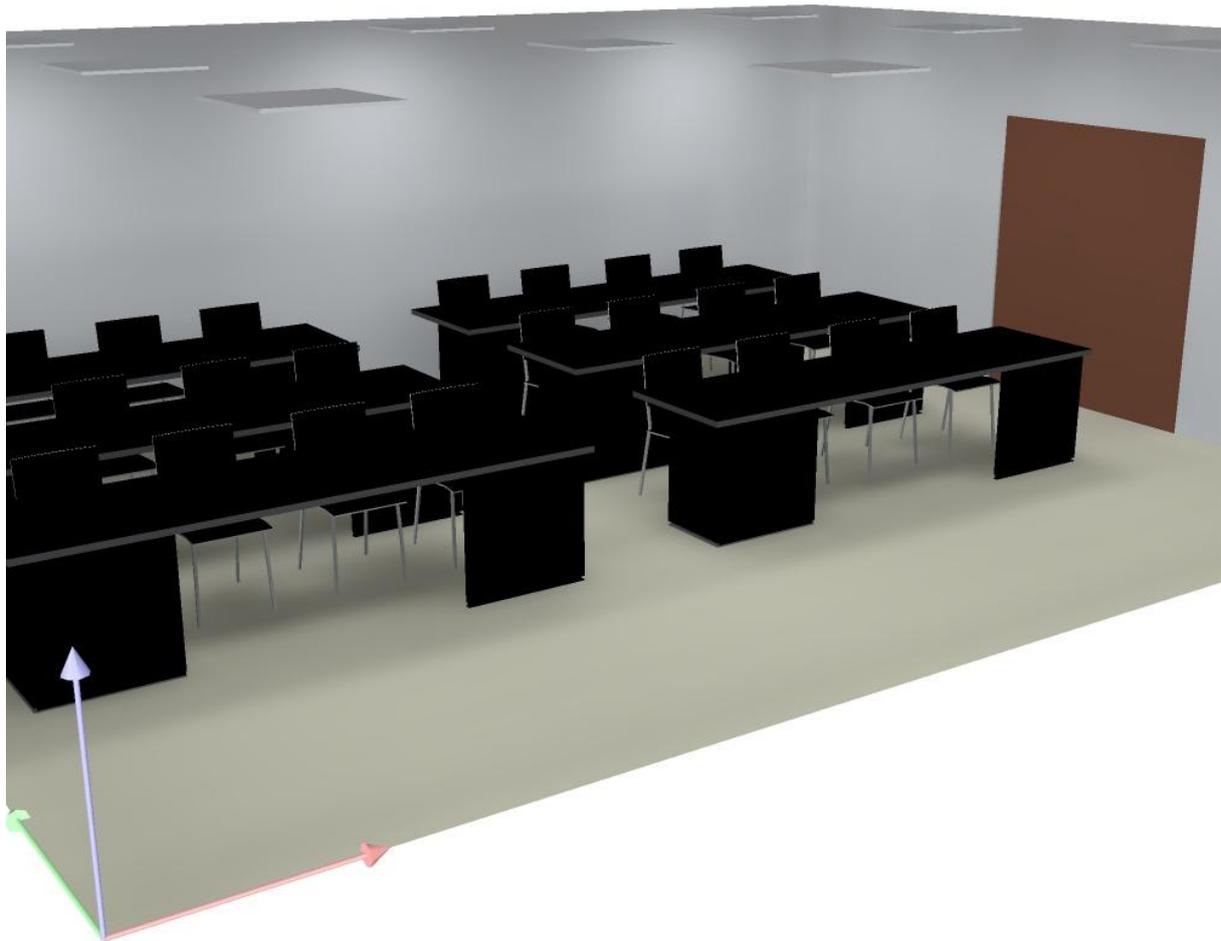
Valor de eficiencia energética: $7.52 \text{ W/m}^2 = 1.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 47.88 m^2)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 3 / Rendering (procesado) en 3D



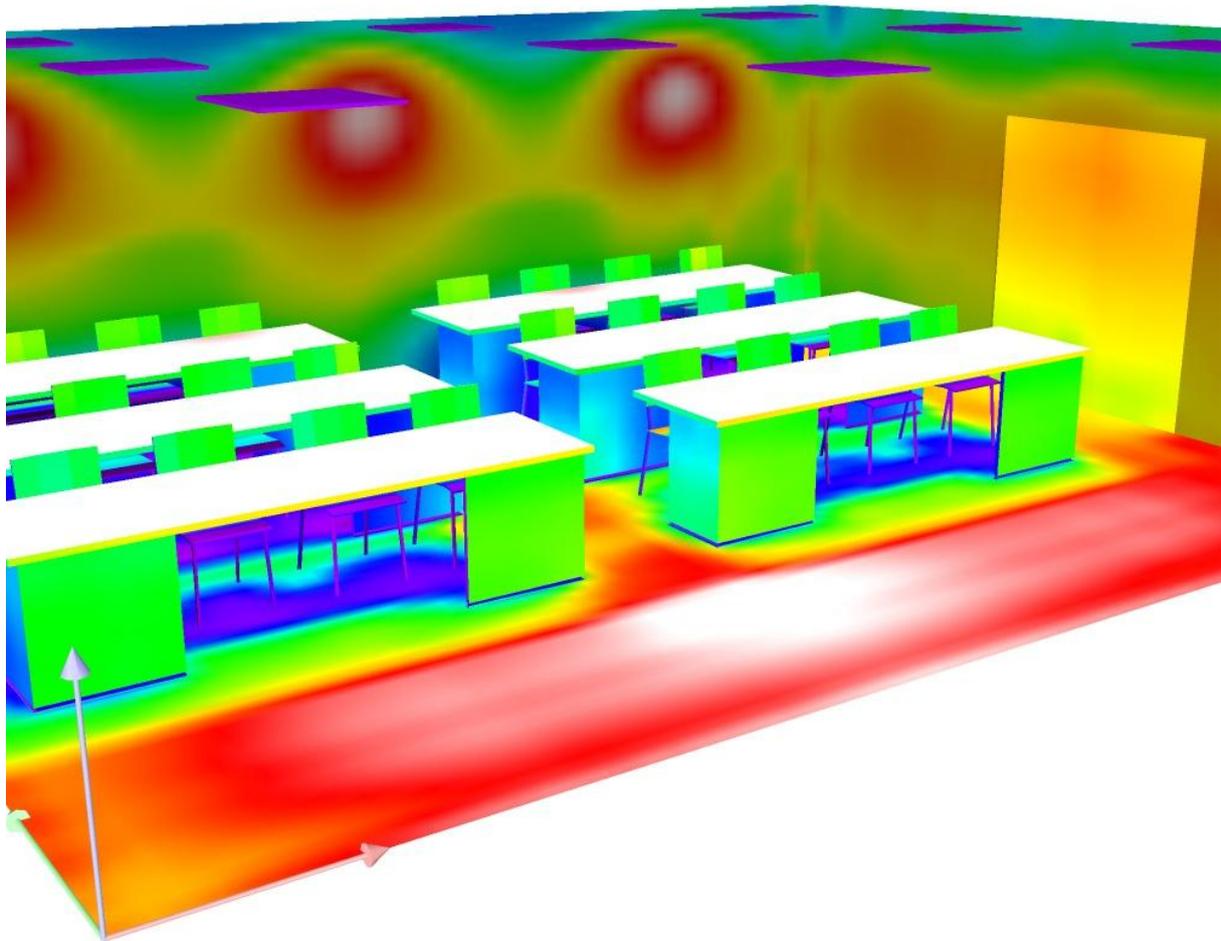


EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andrés Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 3 / Rendering (procesado) de colores falsos



0 62.50 125 187.50 250 312.50 375 437.50 500

lx

ETSEIB - Edificio H - Despacho Planta 6

Fecha: 20.01.2020

Proyecto elaborado por: Andres Vila R - Oscar Vargas G



EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

ETSEIB - Edificio H - Despacho Planta 6

| | |
|---|----|
| Portada del proyecto | 1 |
| Índice | 2 |
| Lista de luminarias | 3 |
| VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 | |
| Hoja de datos de luminarias | 4 |
| Local 1 | |
| Lista de luminarias | 5 |
| Escenas de luz | |
| Diurna Nov 12 3pm | |
| Resumen | 6 |
| Resultados luminotécnicos | 7 |
| Rendering (procesado) en 3D | 8 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 9 |
| Escena de luz 2 | |
| Resumen | 10 |
| Resultados luminotécnicos | 11 |
| Rendering (procesado) en 3D | 12 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 13 |



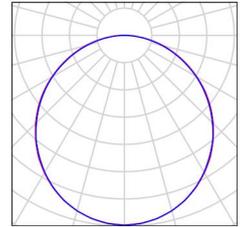
EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

ETSEIB - Edificio H - Despacho Planta 6 / Lista de luminarias

2 Pieza VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W
4000K 4000lm 600x600
N° de artículo: 52246
Flujo luminoso (Luminaria): 3966 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99
Lámpara: 1 x Verbatim LED Panel 40W 4000K
4000lm 600x600 (Factor de corrección 1.000).



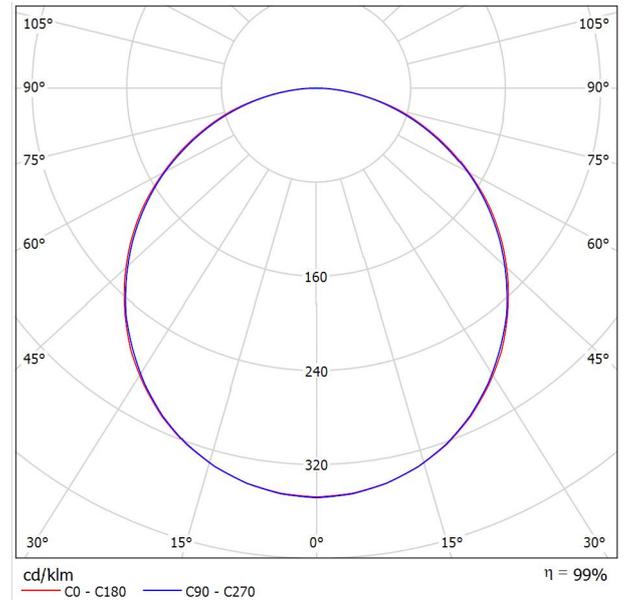
EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99

An energy efficient, flicker-free LED Panel solution that has been specially designed for office or retail applications. Offering uniform light distribution with limited glare and a high lumen output. Easy to install into ceilings thanks to its compact dimensions. Designed with a white housing for discreet integration into ceiling grids.

Emisión de luz 1:

| Valoración de deslumbramiento según UGR | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---|------|-------------|------|--|------|------|------|------|
| p Techo | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | |
| p Paredes | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | |
| p Suelo | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Tamaño del local | X | Y | Mirado en perpendicular al eje de lámpara | | | | Mirado longitudinalmente al eje de lámpara | | | | |
| 2H | 2H | 16.9 | 18.2 | 17.2 | 18.5 | 18.7 | 16.9 | 18.3 | 17.2 | 18.5 | 18.7 |
| | 3H | 18.5 | 19.7 | 18.9 | 20.0 | 20.3 | 18.5 | 19.8 | 18.9 | 20.0 | 20.3 |
| | 4H | 19.3 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 | 19.2 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 |
| | 6H | 19.8 | 20.9 | 20.2 | 21.2 | 21.5 | 19.8 | 20.8 | 20.1 | 21.1 | 21.5 |
| | 8H | 20.0 | 21.0 | 20.4 | 21.3 | 21.7 | 20.0 | 21.0 | 20.3 | 21.3 | 21.6 |
| 4H | 12H | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.5 | 21.8 | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.4 | 21.7 |
| | 2H | 17.6 | 18.7 | 17.9 | 19.0 | 19.3 | 17.6 | 18.8 | 18.0 | 19.0 | 19.3 |
| | 3H | 19.4 | 20.4 | 19.8 | 20.7 | 21.1 | 19.5 | 20.4 | 19.8 | 20.8 | 21.1 |
| | 4H | 20.3 | 21.1 | 20.7 | 21.5 | 21.9 | 20.3 | 21.2 | 20.7 | 21.5 | 21.9 |
| | 6H | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 |
| 8H | 8H | 21.2 | 21.9 | 21.6 | 22.3 | 22.7 | 21.2 | 21.9 | 21.7 | 22.3 | 22.7 |
| | 12H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.5 | 22.9 | 21.4 | 22.0 | 21.8 | 22.4 | 22.9 |
| | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.0 | 21.7 | 22.1 | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.4 | 22.9 | 21.5 | 22.1 | 21.9 | 22.5 | 22.9 |
| | 8H | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.7 | 23.2 | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.8 | 23.3 |
| 12H | 12H | 22.1 | 22.5 | 22.5 | 23.0 | 23.5 | 22.1 | 22.5 | 22.6 | 23.0 | 23.5 |
| | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 | 20.7 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.5 | 22.0 | 22.0 | 22.5 | 23.0 | 21.6 | 22.1 | 22.0 | 22.5 | 23.0 |
| 8H | 21.9 | 22.3 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | 21.9 | 22.4 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | |
| Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias | | | | | | | | | | | |
| S = 1.0H | +0.1 / -0.1 | | | | +0.1 / -0.1 | | | | | | |
| S = 1.5H | +0.2 / -0.3 | | | | +0.2 / -0.3 | | | | | | |
| S = 2.0H | +0.4 / -0.6 | | | | +0.3 / -0.6 | | | | | | |
| Tabla estándar Sumando de corrección | BK06 4.4 | | | | BK06 4.4 | | | | | | |
| Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4000lm Flujo luminoso total | | | | | | | | | | | |



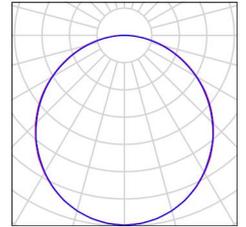
EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Lista de luminarias

2 Pieza VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W
4000K 4000lm 600x600
N° de artículo: 52246
Flujo luminoso (Luminaria): 3966 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99
Lámpara: 1 x Verbatim LED Panel 40W 4000K
4000lm 600x600 (Factor de corrección 1.000).

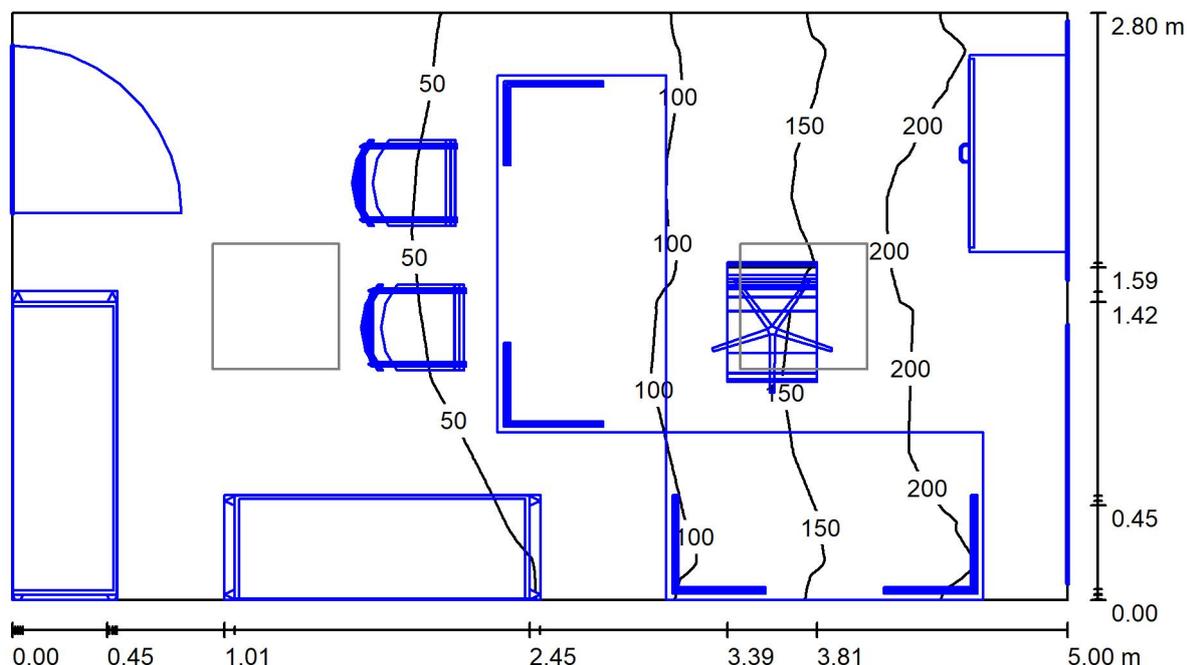


EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:36

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 93 | 14 | 238 | 0.145 |
| Suelo | 28 | 42 | 5.04 | 108 | 0.119 |
| Techo | 90 | 44 | 18 | 147 | 0.407 |
| Paredes (4) | 90 | 48 | 3.58 | 180 | / |

Plano útil:

Altura: 0.900 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

EPSEB

 Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

UPC

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm
 Potencia total: 0.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 50 | 43 | 93 | / | / |
| Suelo | 19 | 24 | 42 | 28 | 3.79 |
| Techo | 0.00 | 44 | 44 | 90 | 13 |
| Pared 1 | 16 | 32 | 48 | 90 | 14 |
| Pared 2 | 0.00 | 57 | 57 | 90 | 16 |
| Pared 3 | 21 | 36 | 57 | 90 | 16 |
| Pared 4 | 7.13 | 17 | 25 | 90 | 7.04 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.145 (1:7)

E_{\min} / E_{\max} : 0.057 (1:18)

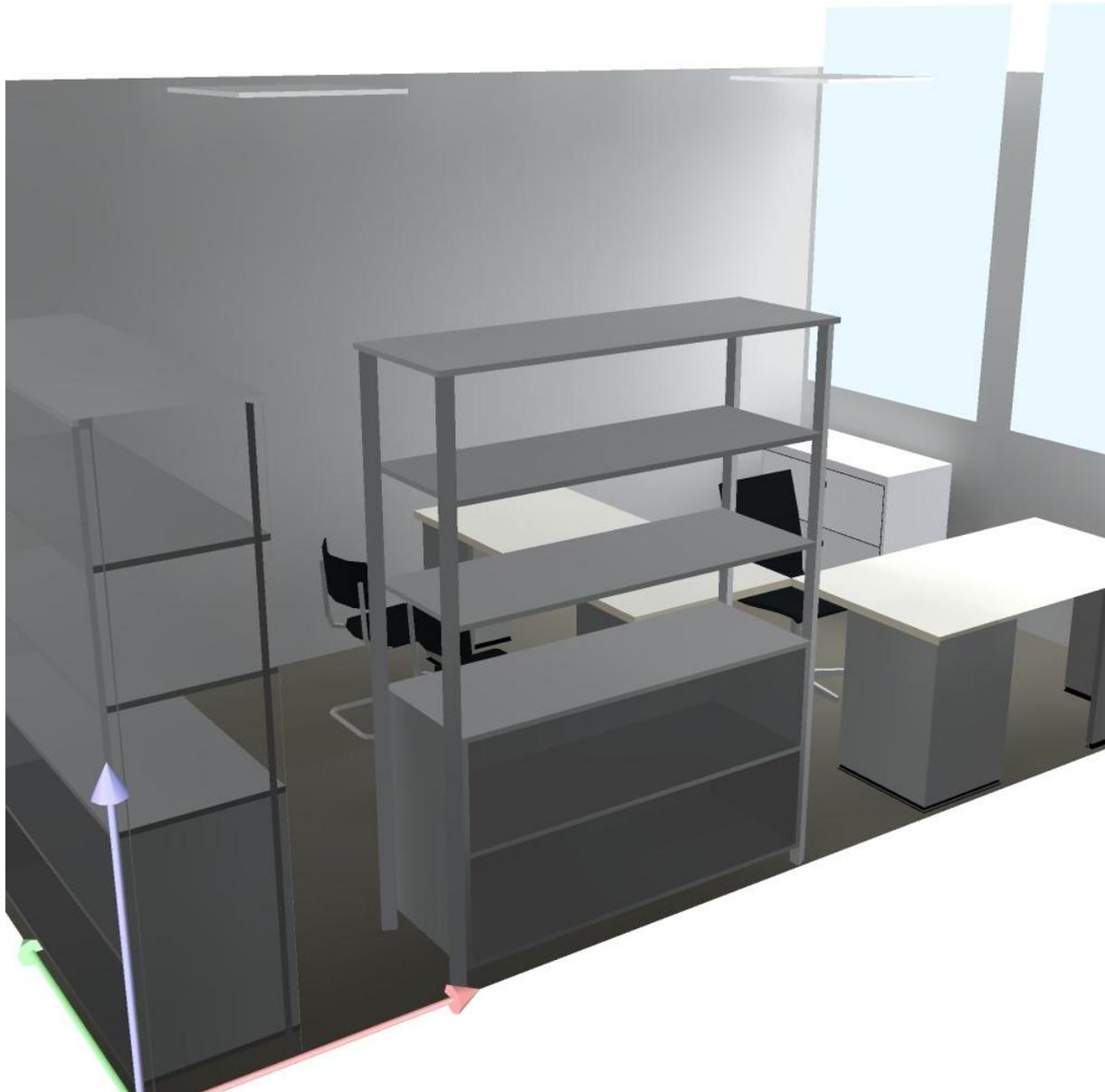
Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m²/ lx (Base: 14.00 m²)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Rendering (procesado) en 3D



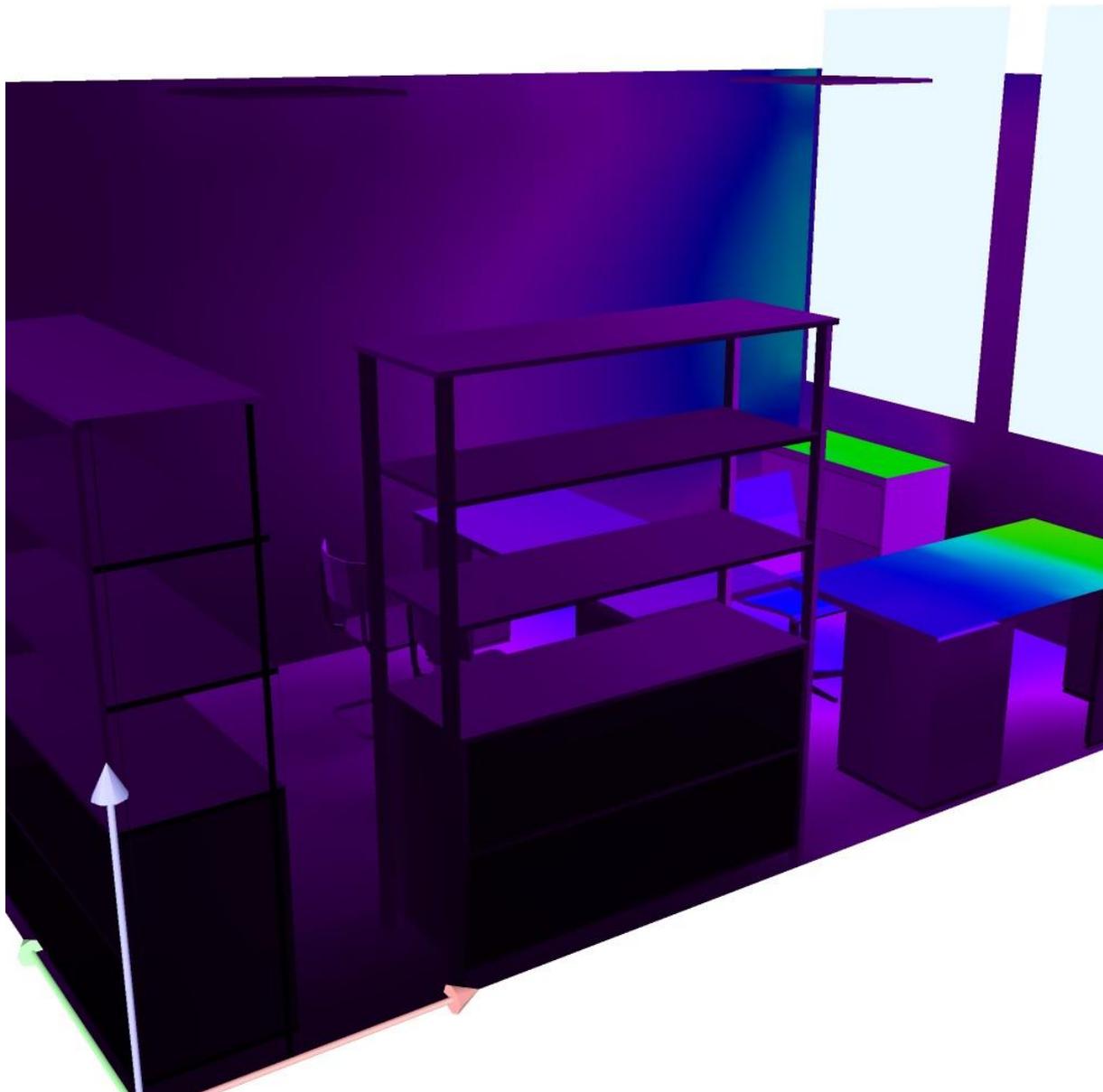


EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Rendering (procesado) de colores falsos



0 62.50 125 187.50 200 312.50 375 437.50 500

lx

EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G

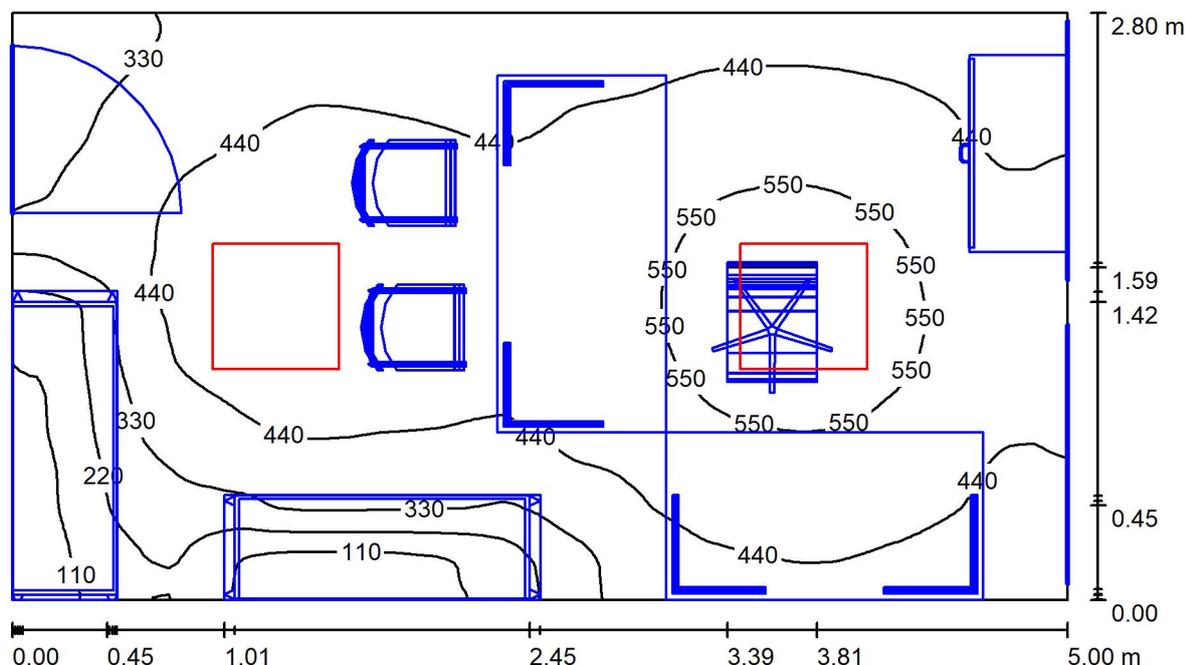
UPC

Teléfono

Fax

e-Mail

Local 1 / Escena de luz 2 / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:36

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 422 | 61 | 610 | 0.145 |
| Suelo | 28 | 197 | 11 | 349 | 0.057 |
| Techo | 90 | 198 | 93 | 292 | 0.468 |
| Paredes (4) | 90 | 223 | 5.72 | 429 | / |

Plano útil:

Altura: 0.900 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

| N° | Pieza | Designación (Factor de corrección) | Φ (Luminaria) [lm] | Φ (Lámparas) [lm] | P [W] |
|----|-------|---|-------------------------|------------------------|-------|
| 1 | 2 | VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 (1.000) | 3966 | 4000 | 40.0 |
| | | | Total: 7932 | Total: 8000 | 80.0 |

Valor de eficiencia energética: $5.71 \text{ W/m}^2 = 1.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 14.00 m^2)

EPSEB

 Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

UPC

Local 1 / Escena de luz 2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 7932 lm
 Potencia total: 80.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 225 | 197 | 422 | / | / |
| Suelo | 89 | 108 | 197 | 28 | 18 |
| Techo | 0.04 | 198 | 198 | 90 | 57 |
| Pared 1 | 55 | 139 | 195 | 90 | 56 |
| Pared 2 | 92 | 179 | 271 | 90 | 78 |
| Pared 3 | 96 | 161 | 257 | 90 | 74 |
| Pared 4 | 50 | 113 | 162 | 90 | 47 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.145 (1:7)

E_{\min} / E_{\max} : 0.100 (1:10)

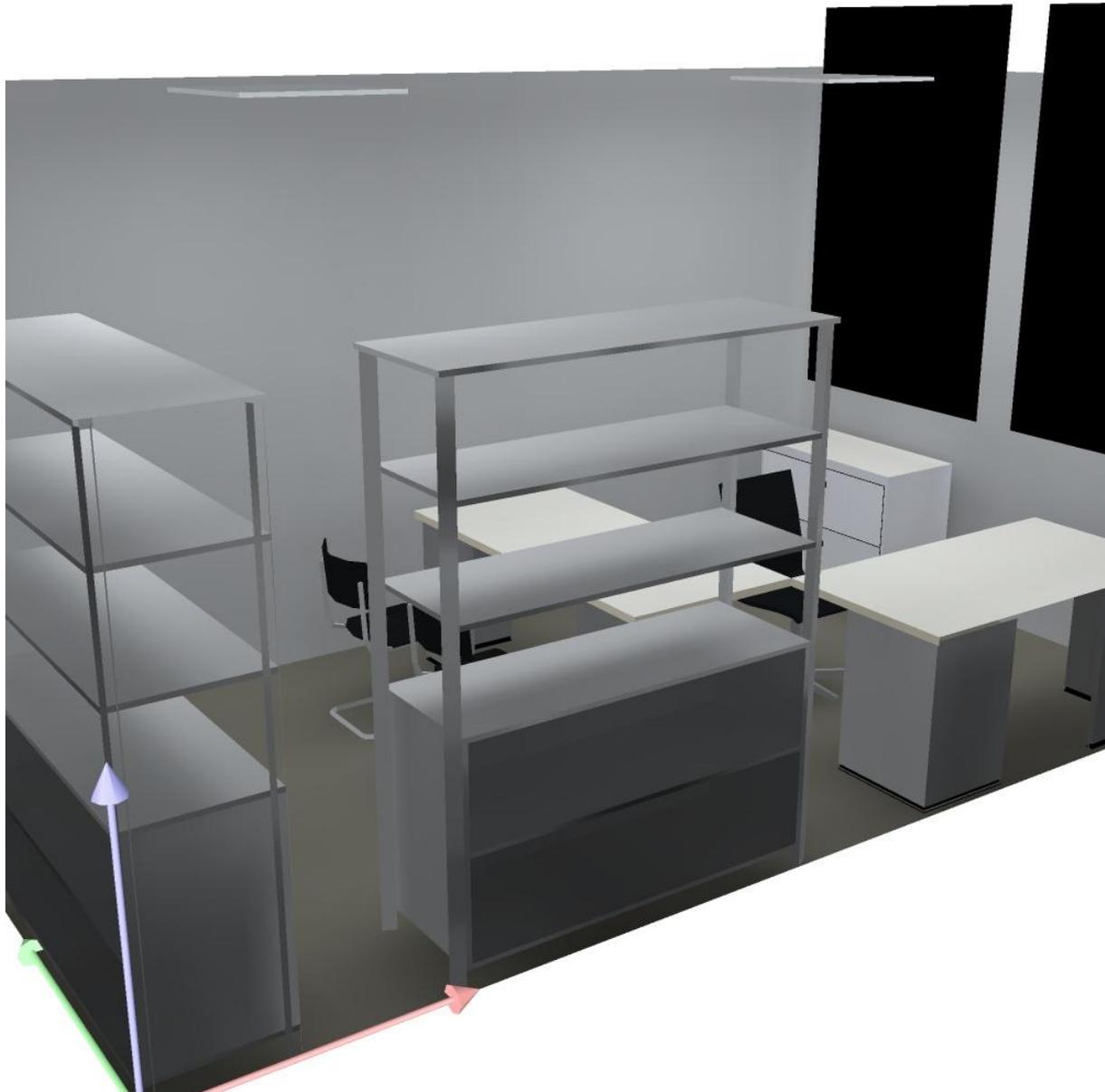
Valor de eficiencia energética: $5.71 \text{ W/m}^2 = 1.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 14.00 m^2)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 2 / Rendering (procesado) en 3D



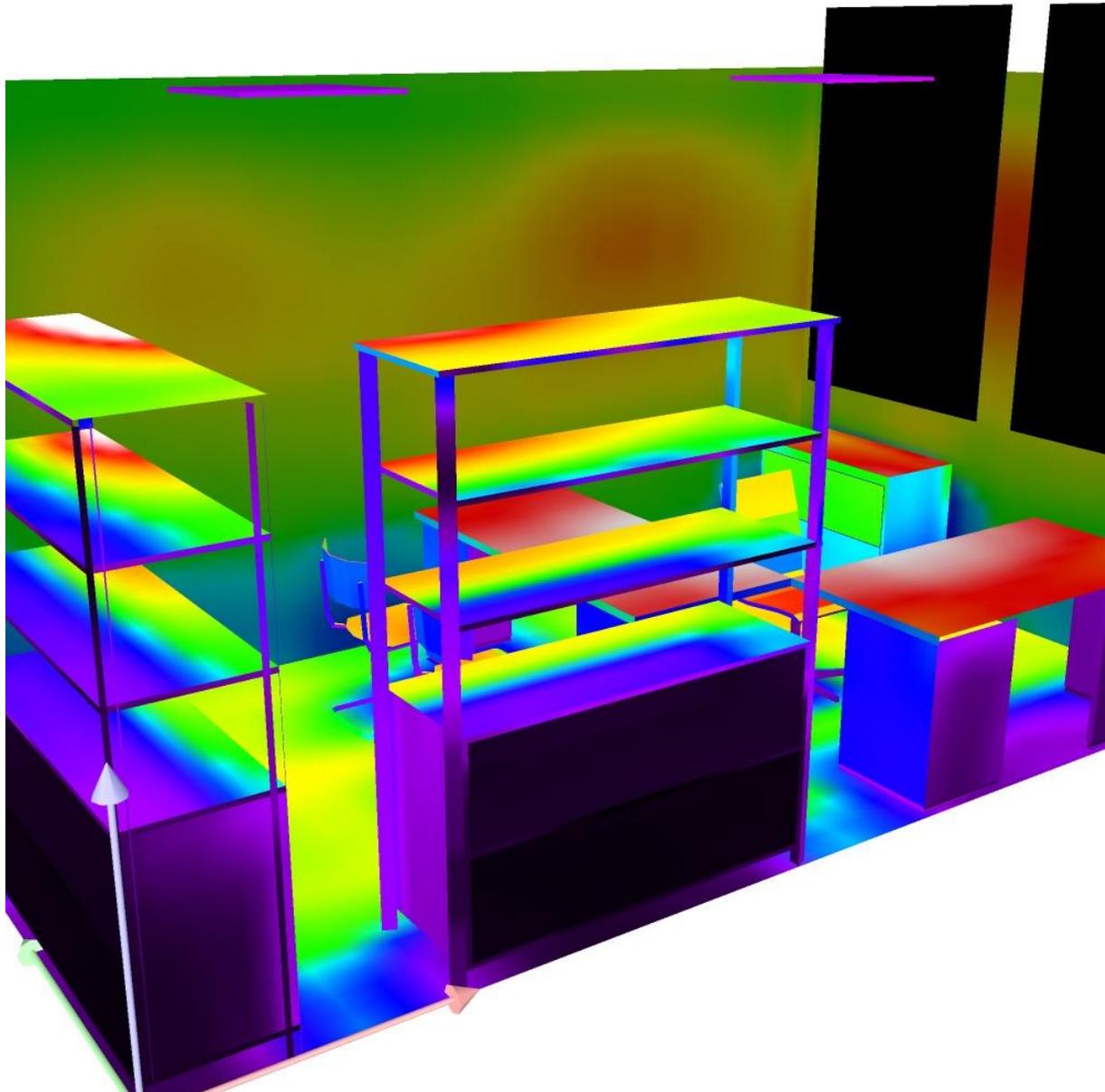


EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Vila R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 2 / Rendering (procesado) de colores falsos



0 62.50 125 187.50 200 312.50 375 437.50 500

lx

ETSEIB - Edificio H - Laboratorio Planta 7

Fecha: 20.01.2020

Proyecto elaborado por: Andres Villa R - Oscar Vargas G



EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

ETSEIB - Edificio H - Laboratorio Planta 7

| | |
|---|----|
| Portada del proyecto | 1 |
| Índice | 2 |
| Lista de luminarias | 3 |
| VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 | |
| Hoja de datos de luminarias | 4 |
| Local 1 | |
| Lista de luminarias | 5 |
| Escenas de luz | |
| Diurna Nov 12 3pm | |
| Resumen | 6 |
| Resultados luminotécnicos | 7 |
| Rendering (procesado) en 3D | 8 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 9 |
| Escena de luz 3 | |
| Resumen | 10 |
| Resultados luminotécnicos | 11 |
| Rendering (procesado) en 3D | 12 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 13 |



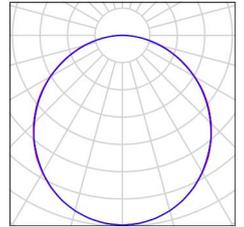
EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

ETSEIB - Edificio H - Laboratorio Planta 7 / Lista de luminarias

9 Pieza VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W
4000K 4000lm 600x600
N° de artículo: 52246
Flujo luminoso (Luminaria): 3966 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99
Lámpara: 1 x Verbatim LED Panel 40W 4000K
4000lm 600x600 (Factor de corrección 1.000).



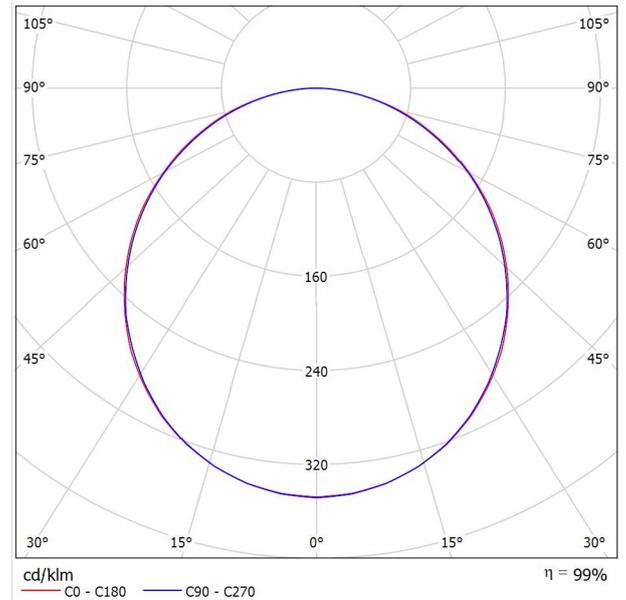
EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99

An energy efficient, flicker-free LED Panel solution that has been specially designed for office or retail applications. Offering uniform light distribution with limited glare and a high lumen output. Easy to install into ceilings thanks to its compact dimensions. Designed with a white housing for discreet integration into ceiling grids.

Emisión de luz 1:

| Valoración de deslumbramiento según UGR | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---|------|-------------|------|--|------|------|------|------|
| ρ Techo | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | |
| ρ Paredes | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | |
| ρ Suelo | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Tamaño del local | X | Y | Mirado en perpendicular al eje de lámpara | | | | Mirado longitudinalmente al eje de lámpara | | | | |
| 2H | 2H | 16.9 | 18.2 | 17.2 | 18.5 | 18.7 | 16.9 | 18.3 | 17.2 | 18.5 | 18.7 |
| | 3H | 18.5 | 19.7 | 18.9 | 20.0 | 20.3 | 18.5 | 19.8 | 18.9 | 20.0 | 20.3 |
| | 4H | 19.3 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 | 19.2 | 20.4 | 19.6 | 20.7 | 21.0 |
| | 6H | 19.8 | 20.9 | 20.2 | 21.2 | 21.5 | 19.8 | 20.8 | 20.1 | 21.1 | 21.5 |
| | 8H | 20.0 | 21.0 | 20.4 | 21.3 | 21.7 | 20.0 | 21.0 | 20.3 | 21.3 | 21.6 |
| | 12H | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.5 | 21.8 | 20.1 | 21.1 | 20.5 | 21.4 | 21.7 |
| 4H | 2H | 17.6 | 18.7 | 17.9 | 19.0 | 19.3 | 17.6 | 18.8 | 18.0 | 19.0 | 19.3 |
| | 3H | 19.4 | 20.4 | 19.8 | 20.7 | 21.1 | 19.5 | 20.4 | 19.8 | 20.8 | 21.1 |
| | 4H | 20.3 | 21.1 | 20.7 | 21.5 | 21.9 | 20.3 | 21.2 | 20.7 | 21.5 | 21.9 |
| | 6H | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 | 21.0 | 21.7 | 21.4 | 22.1 | 22.5 |
| | 8H | 21.2 | 21.9 | 21.6 | 22.3 | 22.7 | 21.2 | 21.9 | 21.7 | 22.3 | 22.7 |
| | 12H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.5 | 22.9 | 21.4 | 22.0 | 21.8 | 22.4 | 22.9 |
| 8H | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.0 | 21.7 | 22.1 | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.4 | 22.0 | 21.9 | 22.4 | 22.9 | 21.5 | 22.1 | 21.9 | 22.5 | 22.9 |
| | 8H | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.7 | 23.2 | 21.8 | 22.3 | 22.3 | 22.8 | 23.3 |
| | 12H | 22.1 | 22.5 | 22.5 | 23.0 | 23.5 | 22.1 | 22.5 | 22.6 | 23.0 | 23.5 |
| | 4H | 20.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 | 20.7 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 22.1 |
| | 6H | 21.5 | 22.0 | 22.0 | 22.5 | 23.0 | 21.6 | 22.1 | 22.0 | 22.5 | 23.0 |
| 12H | 8H | 21.9 | 22.3 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | 21.9 | 22.4 | 22.4 | 22.8 | 23.3 |
| | 8H | 21.9 | 22.3 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | 21.9 | 22.4 | 22.4 | 22.8 | 23.3 |
| Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias | | | | | | | | | | | |
| S = 1.0H | +0.1 / -0.1 | | | | +0.1 / -0.1 | | | | | | |
| S = 1.5H | +0.2 / -0.3 | | | | +0.2 / -0.3 | | | | | | |
| S = 2.0H | +0.4 / -0.6 | | | | +0.3 / -0.6 | | | | | | |
| Tabla estándar Sumando de corrección | BK06 4.4 | | | | BK06 4.4 | | | | | | |
| Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4000lm Flujo luminoso total | | | | | | | | | | | |



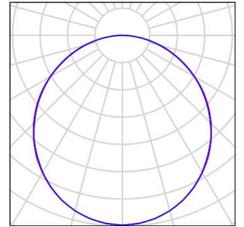
EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Lista de luminarias

9 Pieza VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W
4000K 4000lm 600x600
N° de artículo: 52246
Flujo luminoso (Luminaria): 3966 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 47 78 95 100 99
Lámpara: 1 x Verbatim LED Panel 40W 4000K
4000lm 600x600 (Factor de corrección 1.000).

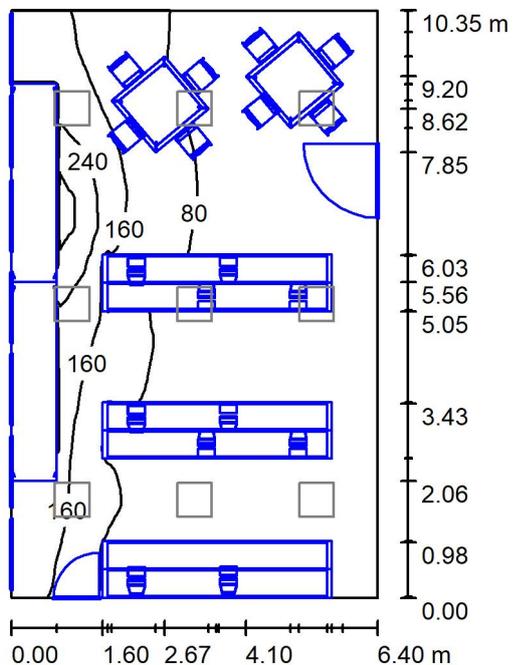


EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:133

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 89 | 16 | 382 | 0.181 |
| Suelo | 49 | 43 | 2.98 | 132 | 0.069 |
| Techo | 78 | 50 | 20 | 204 | 0.391 |
| Paredes (4) | 78 | 53 | 7.24 | 393 | / |

Plano útil:

Altura: 0.900 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

EPSEB

 Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

UPC

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm
 Potencia total: 0.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 51 | 38 | 89 | / | / |
| Suelo | 19 | 24 | 43 | 49 | 6.77 |
| Techo | 0.00 | 50 | 50 | 78 | 12 |
| Pared 1 | 14 | 25 | 39 | 78 | 9.63 |
| Pared 2 | 16 | 27 | 43 | 78 | 11 |
| Pared 3 | 25 | 44 | 69 | 78 | 17 |
| Pared 4 | 0.00 | 63 | 63 | 78 | 16 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.181 (1:6)

E_{\min} / E_{\max} : 0.042 (1:24)

Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m²/ lx (Base: 66.24 m²)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Rendering (procesado) en 3D



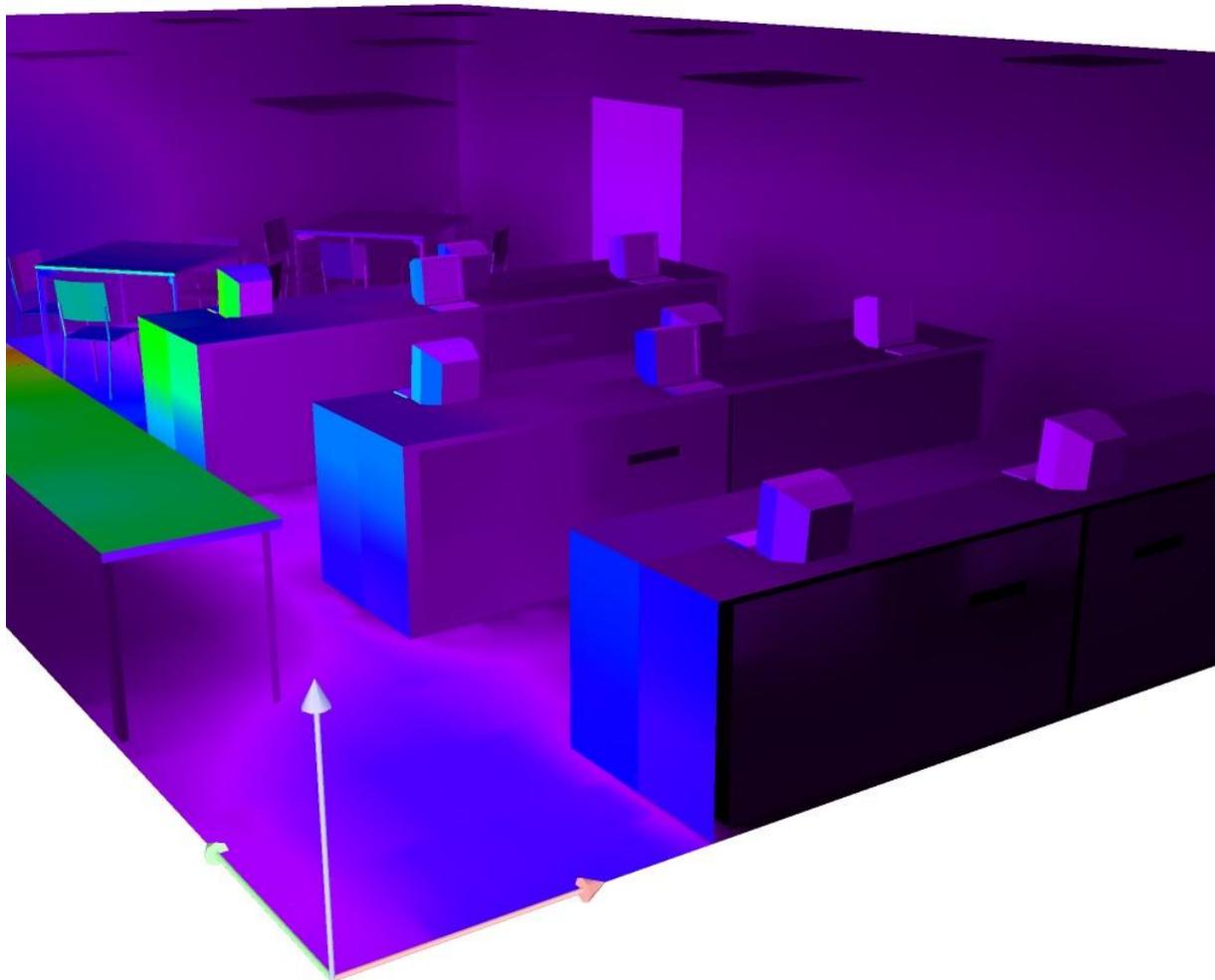


EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Rendering (procesado) de colores falsos

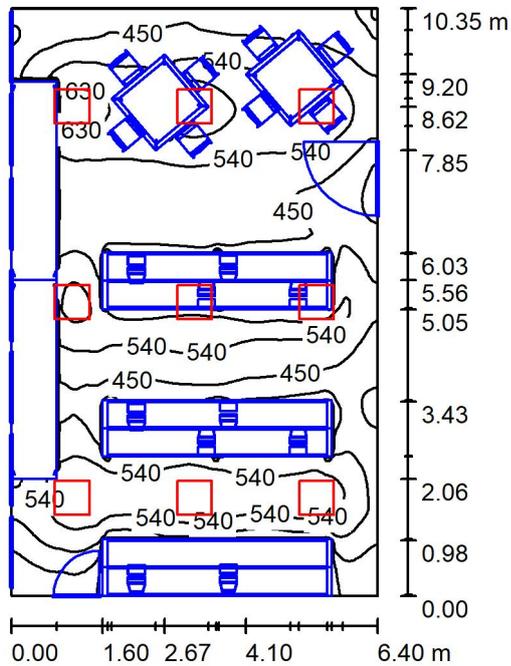


0 62.50 125 187.50 250 312.50 375 437.50 500 lx

EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 3 / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:133

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 493 | 259 | 678 | 0.526 |
| Suelo | 49 | 260 | 8.41 | 462 | 0.032 |
| Techo | 78 | 226 | 101 | 344 | 0.447 |
| Paredes (4) | 78 | 291 | 17 | 564 | / |

Plano útil:

Altura: 0.900 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

| N° | Pieza | Designación (Factor de corrección) | Φ (Luminaria) [lm] | Φ (Lámparas) [lm] | P [W] |
|----|-------|---|-------------------------|------------------------|-------|
| 1 | 9 | VERBATIM 52246 Verbatim LED Panel 40W 4000K 4000lm 600x600 (1.000) | 3966 | 4000 | 40.0 |
| | | | Total: 35695 | Total: 36000 | 360.0 |

Valor de eficiencia energética: $5.43 \text{ W/m}^2 = 1.10 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 66.24 m^2)

EPSEB

 Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

UPC

Local 1 / Escena de luz 3 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 35695 lm
 Potencia total: 360.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 303 | 189 | 493 | / | / |
| Suelo | 139 | 120 | 260 | 49 | 41 |
| Techo | 0.04 | 225 | 226 | 78 | 56 |
| Pared 1 | 78 | 145 | 223 | 78 | 55 |
| Pared 2 | 133 | 170 | 303 | 78 | 75 |
| Pared 3 | 111 | 206 | 317 | 78 | 79 |
| Pared 4 | 112 | 192 | 304 | 78 | 75 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.526 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.382 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $5.43 \text{ W/m}^2 = 1.10 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 66.24 m^2)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 3 / Rendering (procesado) en 3D



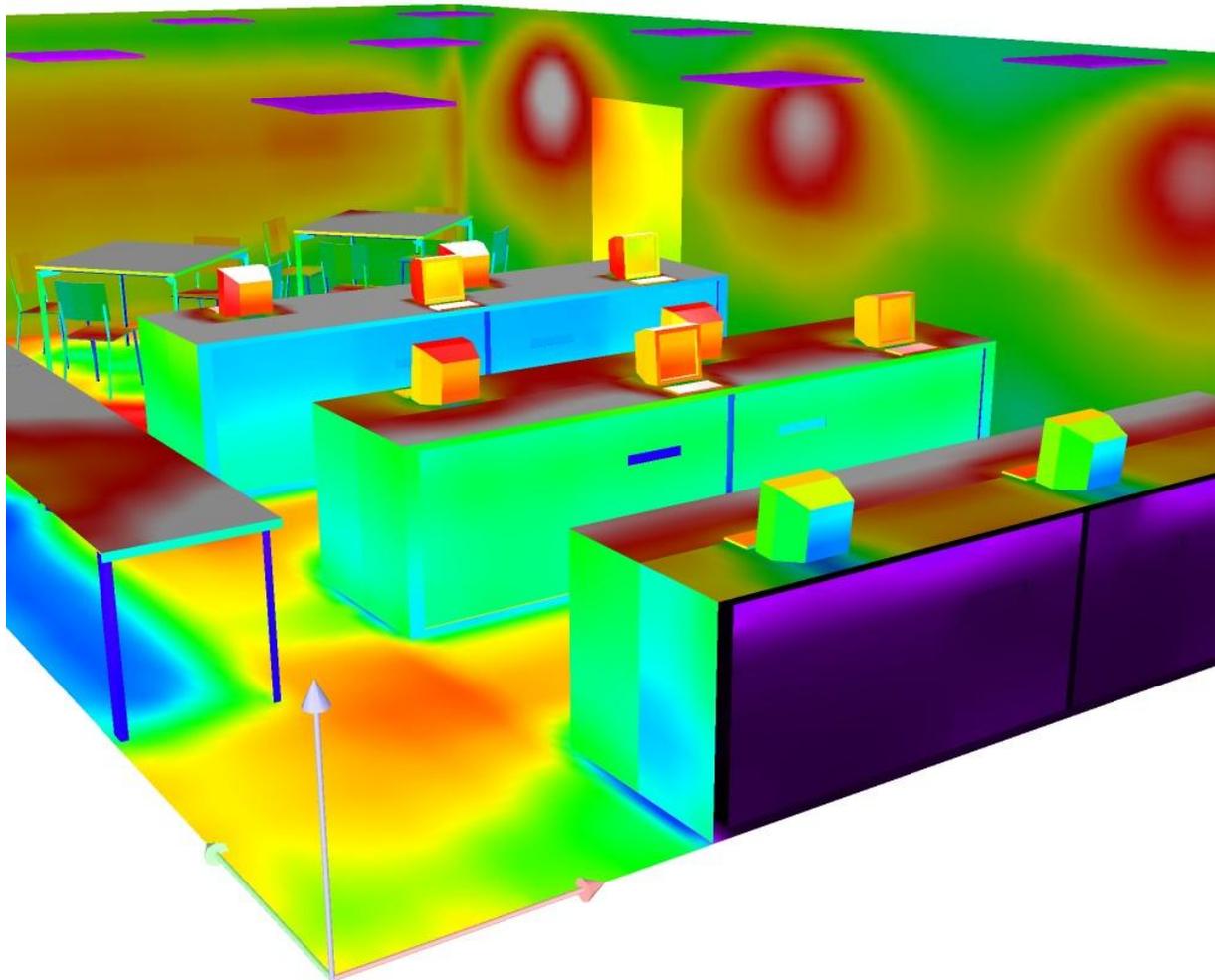


EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 3 / Rendering (procesado) de colores falsos



0 62.50 125 187.50 250 312.50 375 437.50 500 lx

ETSEIB - Edificio H - Corredor Zona Comun Piso 8

Fecha: 20.01.2020

Proyecto elaborado por: Andres Villa R - Oscar Vargas G

EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

Índice

ETSEIB - Edificio H - Corredor Zona Comun Piso 8

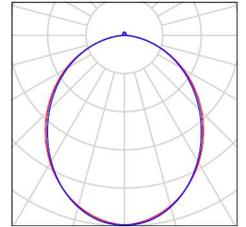
| | |
|---|----|
| Portada del proyecto | 1 |
| Índice | 2 |
| Lista de luminarias | 3 |
| VERBATIM 52283 Verbatim LED Linear 1500mm 30W 4000K 3100lm White | |
| Hoja de datos de luminarias | 4 |
| Local 1 | |
| Lista de luminarias | 5 |
| Escenas de luz | |
| Diurna Nov 12 3pm | |
| Resumen | 6 |
| Resultados luminotécnicos | 7 |
| Rendering (procesado) en 3D | 8 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 9 |
| Escena de luz 2 | |
| Resumen | 10 |
| Resultados luminotécnicos | 11 |
| Rendering (procesado) en 3D | 12 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 13 |

EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

ETSEIB - Edificio H - Corredor Zona Comun Piso 8 / Lista de luminarias

32 Pieza VERBATIM 52283 Verbatim LED Linear 1500mm
30W 4000K 3100lm White
N° de artículo: 52283
Flujo luminoso (Luminaria): 3100 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3100 lm
Potencia de las luminarias: 30.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 51 81 96 98 100
Lámpara: 1 x LED Linear 1500mm 30W 4000K
3100lm White (Factor de corrección 1.000).



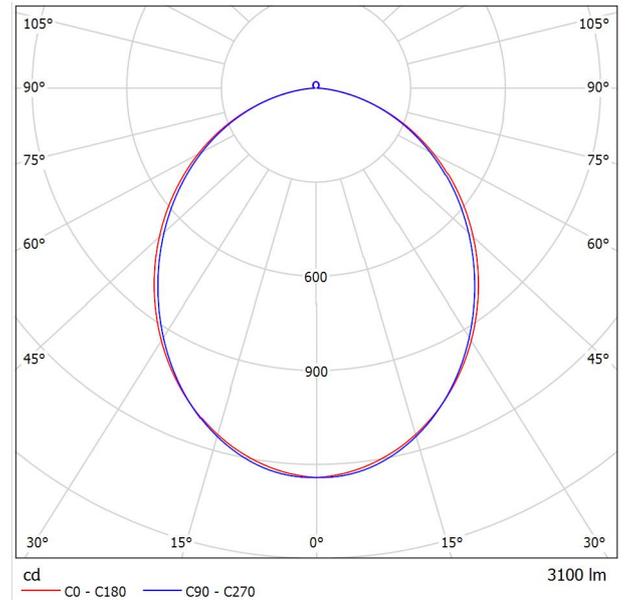
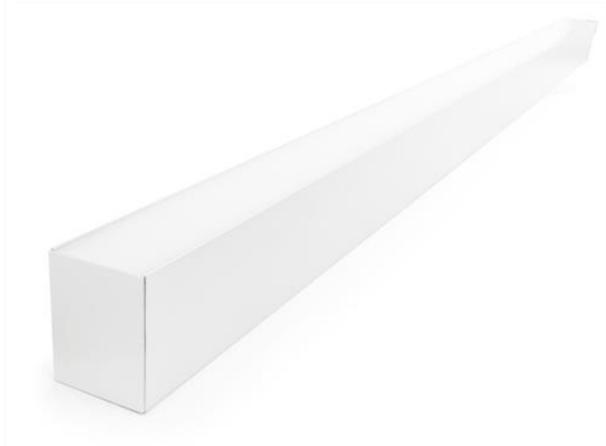
EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

VERBATIM 52283 Verbatim LED Linear 1500mm 30W 4000K 3100lm White / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 51 81 96 98 100

Sistema de iluminación LED Linear para aplicaciones de iluminación general.
Sistema de iluminación modular para montaje directo en techos y paredes. Instalación lo más discreta posible.
Su larga vida útil, excelente eficacia lumínica y discretización limitada lo convierten en un reemplazo perfecto para las soluciones fluorescentes convencionales.
Apto para iluminación general en edificios públicos y comerciales, tiendas de venta minorista y sector de hotelería.

Emisión de luz 1:

| Valoración de deslumbramiento según UGR | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|
| | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | 70 | 70 | 50 | 50 | 30 | |
| p Techo | | | | | | | | | | | |
| p Paredes | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | 50 | 30 | 50 | 30 | 30 | |
| p Suelo | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Tamaño del local | Mirado en perpendicular al eje de lámpara | | | | | Mirado longitudinalmente al eje de lámpara | | | | | |
| X | Y | | | | | | | | | | |
| 2H | 2H | 20.5 | 21.8 | 20.9 | 22.1 | 22.3 | 20.3 | 21.6 | 20.6 | 21.8 | 22.1 |
| | 3H | 22.0 | 23.1 | 22.3 | 23.4 | 23.7 | 21.7 | 22.9 | 22.1 | 23.2 | 23.5 |
| | 4H | 22.5 | 23.6 | 22.9 | 23.9 | 24.2 | 22.3 | 23.3 | 22.6 | 23.6 | 24.0 |
| | 6H | 22.9 | 23.8 | 23.2 | 24.2 | 24.5 | 22.6 | 23.6 | 23.0 | 24.0 | 24.3 |
| | 8H | 22.9 | 23.9 | 23.3 | 24.2 | 24.6 | 22.7 | 23.7 | 23.1 | 24.0 | 24.4 |
| | 12H | 23.0 | 23.9 | 23.4 | 24.2 | 24.6 | 22.8 | 23.7 | 23.2 | 24.1 | 24.4 |
| 4H | 2H | 21.1 | 22.2 | 21.5 | 22.5 | 22.8 | 21.0 | 22.0 | 21.3 | 22.3 | 22.7 |
| | 3H | 22.7 | 23.6 | 23.2 | 24.0 | 24.4 | 22.5 | 23.4 | 23.0 | 23.8 | 24.2 |
| | 4H | 23.4 | 24.2 | 23.8 | 24.6 | 25.0 | 23.2 | 24.0 | 23.6 | 24.4 | 24.8 |
| | 6H | 23.9 | 24.6 | 24.3 | 25.0 | 25.4 | 23.7 | 24.4 | 24.1 | 24.8 | 25.2 |
| | 8H | 24.0 | 24.6 | 24.5 | 25.1 | 25.5 | 23.8 | 24.5 | 24.3 | 24.9 | 25.4 |
| | 12H | 24.1 | 24.7 | 24.6 | 25.1 | 25.6 | 23.9 | 24.5 | 24.4 | 24.9 | 25.4 |
| 8H | 4H | 23.6 | 24.3 | 24.1 | 24.7 | 25.2 | 23.5 | 24.1 | 23.9 | 24.5 | 25.0 |
| | 6H | 24.2 | 24.7 | 24.7 | 25.2 | 25.7 | 24.1 | 24.6 | 24.5 | 25.0 | 25.5 |
| | 8H | 24.4 | 24.9 | 24.9 | 25.4 | 25.9 | 24.3 | 24.7 | 24.8 | 25.2 | 25.7 |
| | 12H | 24.5 | 24.9 | 25.1 | 25.4 | 26.0 | 24.4 | 24.8 | 24.9 | 25.3 | 25.8 |
| | 4H | 23.7 | 24.2 | 24.1 | 24.7 | 25.2 | 23.5 | 24.1 | 24.0 | 24.5 | 25.0 |
| | 6H | 24.3 | 24.7 | 24.8 | 25.2 | 25.7 | 24.1 | 24.5 | 24.6 | 25.0 | 25.6 |
| 8H | 24.5 | 24.9 | 25.0 | 25.4 | 25.9 | 24.3 | 24.7 | 24.9 | 25.2 | 25.8 | |
| Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias | | | | | | | | | | | |
| S = 1.0H | +0.1 / -0.1 | | | | | +0.1 / -0.1 | | | | | |
| S = 1.5H | +0.2 / -0.4 | | | | | +0.2 / -0.4 | | | | | |
| S = 2.0H | +0.5 / -0.8 | | | | | +0.5 / -0.8 | | | | | |
| Tabla estándar Sumando de corrección | BK05 | | | | | BK05 | | | | | |
| | 7.1 | | | | | 6.9 | | | | | |
| Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3100lm Flujo luminoso total | | | | | | | | | | | |



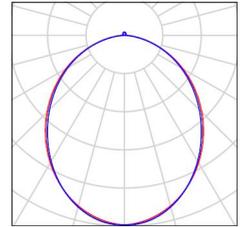
EPSEB

UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Lista de luminarias

32 Pieza VERBATIM 52283 Verbatim LED Linear 1500mm
30W 4000K 3100lm White
N° de artículo: 52283
Flujo luminoso (Luminaria): 3100 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3100 lm
Potencia de las luminarias: 30.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 51 81 96 98 100
Lámpara: 1 x LED Linear 1500mm 30W 4000K
3100lm White (Factor de corrección 1.000).



EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

UPC

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm
Potencia total: 0.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 21 | 3.45 | 24 | / | / |
| Suelo | 16 | 3.97 | 20 | 20 | 1.30 |
| Techo | 0.00 | 4.72 | 4.72 | 70 | 1.05 |
| Pared 1 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 50 | 0.00 |
| Pared 2 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 50 | 0.01 |
| Pared 3 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 50 | 0.01 |
| Pared 4 | 0.00 | 0.05 | 0.05 | 50 | 0.01 |
| Pared 5 | 0.00 | 0.22 | 0.22 | 50 | 0.03 |
| Pared 6 | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 50 | 0.02 |
| Pared 7 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 50 | 0.00 |
| Pared 8 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 50 | 0.01 |
| Pared 9 | 0.00 | 0.23 | 0.23 | 50 | 0.04 |
| Pared 10 | 0.00 | 8.33 | 8.33 | 50 | 1.33 |
| Pared 11 | 0.00 | 0.16 | 0.16 | 50 | 0.03 |
| Pared 12 | 0.00 | 0.08 | 0.08 | 50 | 0.01 |
| Pared 13 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 50 | 0.00 |
| Pared 14 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 50 | 0.00 |
| Pared 15 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 50 | 0.00 |
| Pared 16 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 50 | 0.00 |
| Pared 17 | 0.05 | 0.60 | 0.65 | 50 | 0.10 |
| Pared 18 | 0.00 | 1.63 | 1.63 | 50 | 0.26 |
| Pared 19 | 0.89 | 2.91 | 3.80 | 50 | 0.60 |
| Pared 20 | 20 | 6.82 | 27 | 50 | 4.32 |
| Pared 21 | 3.65 | 5.17 | 8.82 | 50 | 1.40 |
| Pared 22 | 1.17 | 2.34 | 3.51 | 50 | 0.56 |
| Pared 23 | 0.22 | 0.76 | 0.98 | 50 | 0.16 |

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.001 (1:1945)

E_{\min} / E_{\max} : 0.000 (1:12944)

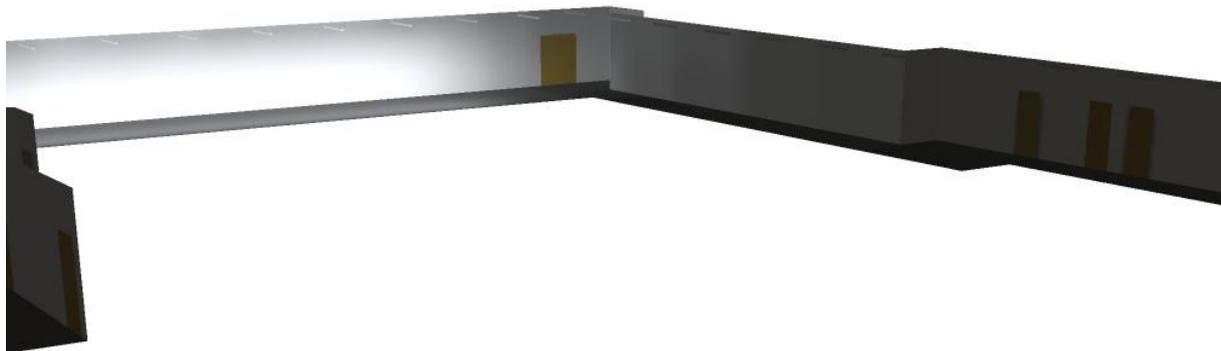
Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m²/ lx (Base: 245.25 m²)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Rendering (procesado) en 3D

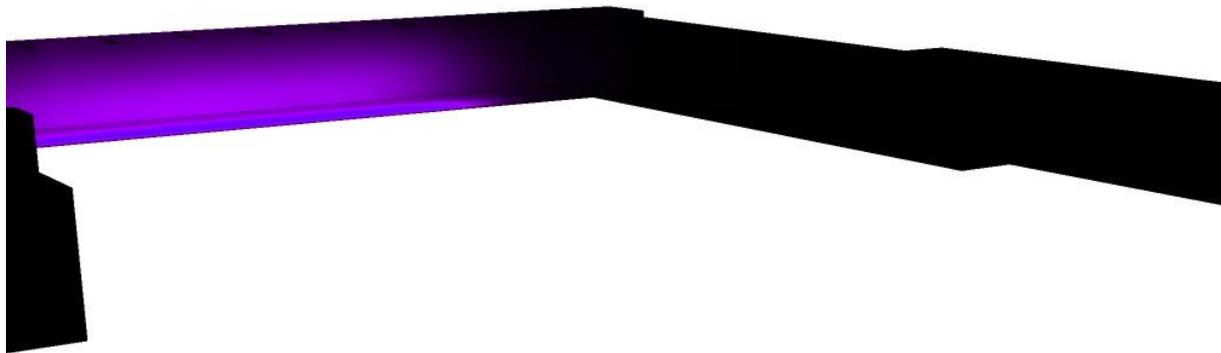




EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Diurna Nov 12 3pm / Rendering (procesado) de colores falsos



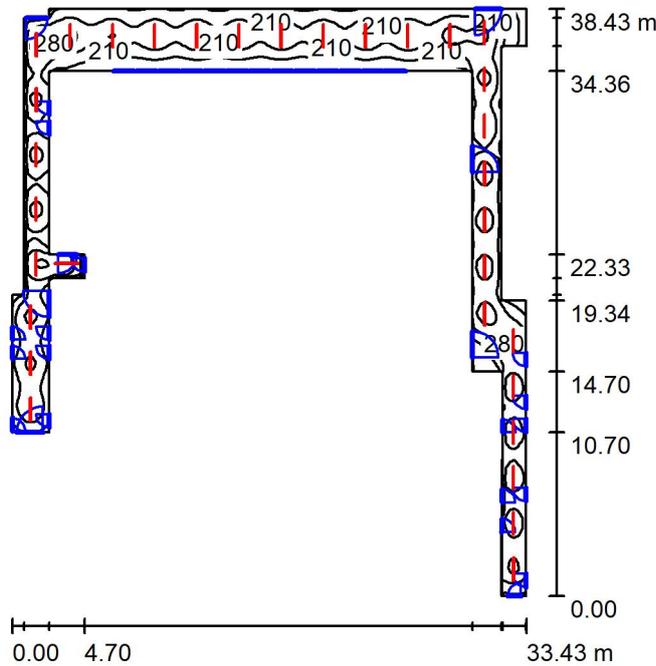
0 62.50 125 187.50 200 312.50 375 437.50 500

lx

EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 2 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:494

| Superficie | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|--------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano útil | / | 216 | 55 | 364 | 0.254 |
| Suelo | 20 | 180 | 66 | 262 | 0.366 |
| Techo | 70 | 51 | 23 | 306 | 0.453 |
| Paredes (23) | 50 | 121 | 24 | 499 | / |

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

| N° | Pieza | Designación (Factor de corrección) | Φ (Luminaria) [lm] | Φ (Lámparas) [lm] | P [W] |
|----|-------|--|-------------------------|------------------------|-------|
| 1 | 32 | VERBATIM 52283 Verbatim LED Linear 1500mm 30W 4000K 3100lm White (1.000) | 3100 | 3100 | 30.0 |
| | | | Total: 99200 | Total: 99200 | 960.0 |

Valor de eficiencia energética: $3.91 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 245.25 m^2)

EPSEB

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G

UPC

Teléfono

Fax

e-Mail

Local 1 / Escena de luz 2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 99200 lm
 Potencia total: 960.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

| Superficie | Intensidades lumínicas medias [lx] | | | Grado de reflexión [%] | Densidad lumínica media [cd/m ²] |
|------------|------------------------------------|-----------|-------|------------------------|--|
| | directo | indirecto | total | | |
| Plano útil | 174 | 42 | 216 | / | / |
| Suelo | 137 | 44 | 180 | 20 | 11 |
| Techo | 6.92 | 44 | 51 | 70 | 11 |
| Pared 1 | 58 | 50 | 108 | 50 | 17 |
| Pared 2 | 69 | 47 | 116 | 50 | 18 |
| Pared 3 | 57 | 40 | 97 | 50 | 15 |
| Pared 4 | 70 | 45 | 116 | 50 | 18 |
| Pared 5 | 54 | 56 | 111 | 50 | 18 |
| Pared 6 | 94 | 64 | 159 | 50 | 25 |
| Pared 7 | 105 | 65 | 170 | 50 | 27 |
| Pared 8 | 139 | 67 | 207 | 50 | 33 |
| Pared 9 | 76 | 60 | 136 | 50 | 22 |
| Pared 10 | 52 | 33 | 85 | 50 | 14 |
| Pared 11 | 88 | 51 | 138 | 50 | 22 |
| Pared 12 | 34 | 39 | 72 | 50 | 12 |
| Pared 13 | 96 | 63 | 159 | 50 | 25 |
| Pared 14 | 56 | 46 | 102 | 50 | 16 |
| Pared 15 | 90 | 56 | 146 | 50 | 23 |
| Pared 16 | 46 | 43 | 88 | 50 | 14 |
| Pared 17 | 80 | 56 | 136 | 50 | 22 |
| Pared 18 | 17 | 28 | 45 | 50 | 7.13 |
| Pared 19 | 26 | 26 | 52 | 50 | 8.30 |
| Pared 20 | 64 | 30 | 94 | 50 | 15 |
| Pared 21 | 39 | 39 | 78 | 50 | 12 |
| Pared 22 | 59 | 45 | 104 | 50 | 17 |
| Pared 23 | 86 | 51 | 137 | 50 | 22 |

Simetrías en el plano útil

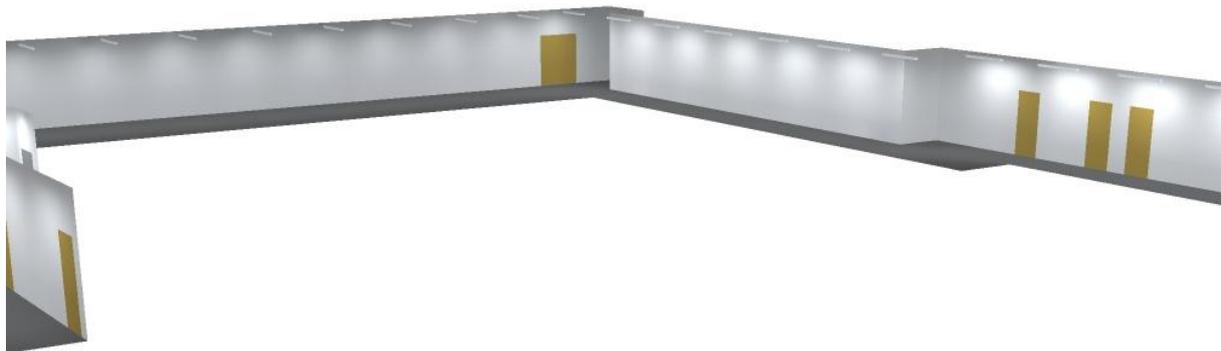
 $E_{\min} / E_m: 0.254 (1:4)$ $E_{\min} / E_{\max}: 0.151 (1:7)$ Valor de eficiencia energética: $3.91 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 245.25 m^2)



EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 2 / Rendering (procesado) en 3D

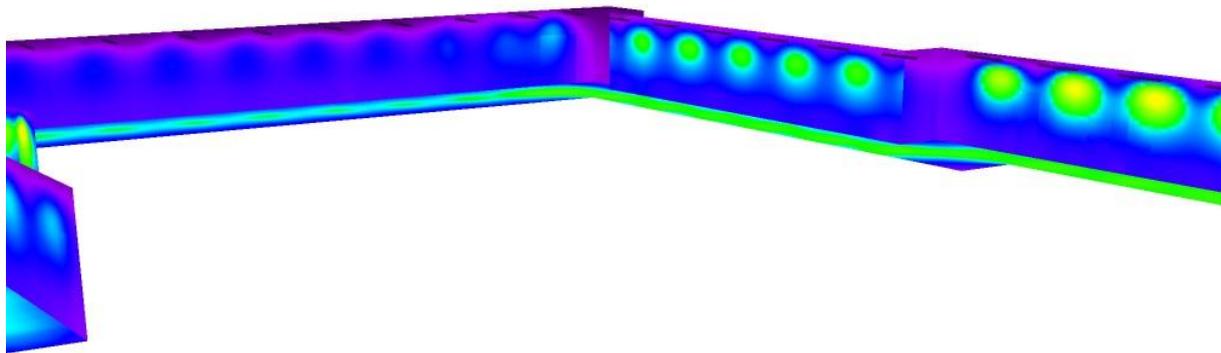




EPSEB
UPC

Proyecto elaborado por Andres Villa R - Oscar Vargas G
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Escena de luz 2 / Rendering (procesado) de colores falsos



0 62.50 125 187.50 200 312.50 375 437.50 500

lx

ANEXO 10.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: MEDIDA DE MEJORA DE ILUMINACIÓN

| | | | |
|---|--|--------------------|----------|
| Nombre del edificio | Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona | | |
| Dirección | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| Zona climática | C2 | Año construcción | 1964 |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | Anterior a la NBE-CT-79 | | |
| Referencia/s catastral/es | 6020701DF2862A0001WZ | | |

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

| | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Edificio de nueva construcción | <input checked="" type="radio"/> Edificio Existente |
| <input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual | <input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local |

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

| | | | |
|--|---------------------------|--------------------|--------------|
| Nombre y Apellidos | ETSEIB | NIF(NIE) | 00000 |
| Razón social | ETSEIB | NIF | 00000 |
| Domicilio | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| e-mail: | informacio.etseib@upc.edu | Teléfono | 934 01 66 15 |
| Titulación habilitante según normativa vigente | XXXXXXX | | |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | CEXv2.3 | | |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año] | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año] |
|--|---|
| <p>< 77.3 A</p> <p>77.3-125.7 B</p> <p>125.7-193.3 C</p> <p>189.9 C</p> <p>193.3-251.3 D</p> <p>251.3-309.3 E</p> <p>309.3-386.6 F</p> <p>≥ 386.6 G</p> | <p>< 14.7 A</p> <p>14.7-23.9 B</p> <p>23.9-36.7 C</p> <p>36.7-47.7 D</p> <p>37.0 D</p> <p>47.7-58.8 E</p> <p>58.8-73.4 F</p> <p>≥ 73.4 G</p> |

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/11/2019

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|----------------|----|-----|------------------------|
| Zona climática | C2 | Uso | Intensidad Media - 12h |
|----------------|----|-----|------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|--|---|--|-------------|---|---|
| | | CALEFACCIÓN | | ACS | | |
| | | Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año] | | G | Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año] | |
| | | 26.81 | | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | | |
| Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año] | | Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año] | | B | Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año] | |
| | | 4.23 | | | 5.95 | |
| | | | | | | A |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

| | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
|--|---------------------------------------|------------------------|
| Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico | 12.73 | 269136.02 |
| Emisiones CO ₂ por otros combustibles | 24.30 | 513594.28 |

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|--|---|--|-------------|---|---|
| | | CALEFACCIÓN | | ACS | | |
| | | Energía primaria calefacción [kWh/m ² año] | | G | Energía primaria ACS [kWh/m ² año] | |
| | | 129.58 | | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | | |
| Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año] | | Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año] | | B | Energía primaria iluminación [kWh/m ² año] | |
| | | 24.98 | | | 35.12 | |
| | | | | | | A |

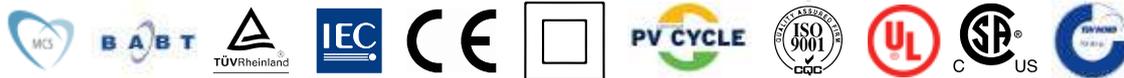
3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | | | | | |
|------------------------|--|--------------------------|--|---|--|---|--|
| | | | | | | | |
| | | | | Demanda de calefacción [kWh/m ² año] | | Demanda de refrigeración [kWh/m ² año] | |

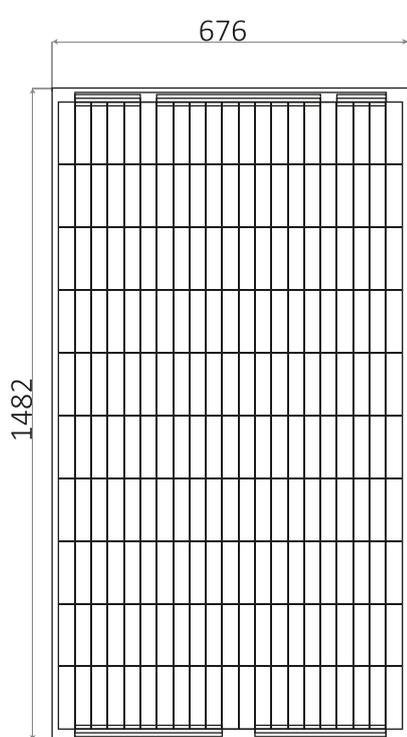
El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Panel Solar 150W 12V

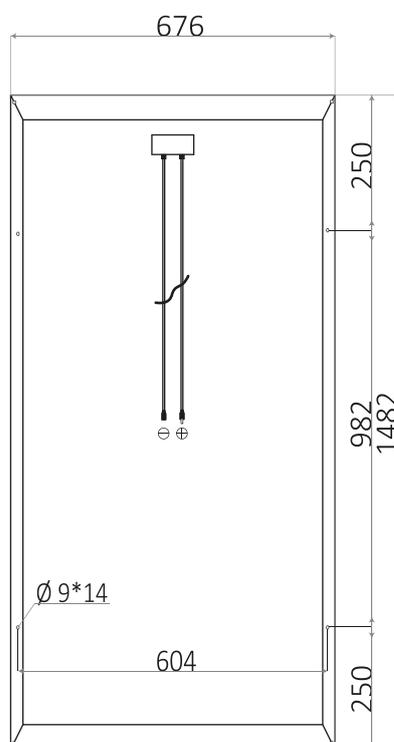


Especificaciones

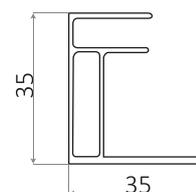
| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Tamaño del módulo | 1482 x 676 x 35 mm |
| Tipo de célula | Policristalina 156 x 156 mm |
| Número de células | 36 (4x9) |
| Potencia máxima (Wp) | 150W |
| Tolerancia de potencia (%) | ±3% |
| Voltaje en circuito abierto (Voc) | 22.7V |
| Intensidad en cortocircuito (Isc) | 8.69A |
| Voltaje a máxima potencia (Vm) | 18.3V |
| Intensidad a máxima potencia (Im) | 8.20A |
| Fusible máximo Serie | 10A |
| Número de diodos | 2 |
| Longitud y tipo cable | 90cm, 4mm ² |
| Condiciones del test | 1000W/m ² , 25°C, AM 1.5 |
| Voltaje máximo sistema | 1000Vdc |
| Coefficiente temperatura – Isc | +0.08558%/°C |
| Coefficiente temperatura – Uoc | -0.29506%/°C |
| Coefficiente temperatura – Pmpp | -0.38001%/°C |
| Temperatura normal trabajo célula | 45°C |
| Eficiencia del módulo | 15% |
| Certificados de producto | TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS |
| Certificados de la empresa | ISO9001, ISO14001, ISO18001 |
| | 11.0Kg |



Parte delantera



Parte trasera



Inversores de conexión a red

Trifásico

Art. n°

0200621



| | |
|----------------------------------|--|
| Modelo | SolarMax 30C  |
| Tensión de entrada (rango MPP) | 430 - 800 V |
| Potencia CC máx. | 40 kW |
| Tensión de entrada máx. | 900 V |
| Corriente de entrada máx. | 75 A |
| Potencia nominal inyectada | 30 kW |
| Tensión de salida | 3 x 400 V +10 %, -15 % |
| Factor de potencia cos phi | > 0.98 |
| Frecuencia de red | 50 ±0.5 Hz |
| Factor de distorsión | < 3 % |
| Eficiencia máx. | 96.0 % |
| Eficiencia en Europa | 94.8 % |
| Consumo nocturno | 2 - 7 W |
| Temperatura ambiente | -20 a +40 °C |
| Humedad | 0 al 98 %, sin condensación |
| Modo de protección | IP20 |
| Conmutación | PWM (IGBT) con transformador |
| Visualización | Pantalla LCD de dos líneas, retroiluminada |
| Comunicación de datos (opcional) | Puerto integrado RS232 / RS485 |
| Dimensiones (l / a / a) | 570 mm / 570 mm / 1170 mm |
| Peso | 370 kg |
| Garantía * | 2 años |
| Normas | EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 50178, marca CE, «modelo probado por ITV» |

ANEXO 12.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA: CONJUNTO TOTAL DE MEDIDAS DE MEJORA

| | | | |
|---|--|--------------------|----------|
| Nombre del edificio | Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona | | |
| Dirección | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| Zona climática | C2 | Año construcción | 1964 |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | Anterior a la NBE-CT-79 | | |
| Referencia/s catastral/es | 6020701DF2862A0001WZ | | |

| Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica: | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Edificio de nueva construcción | <input checked="" type="radio"/> Edificio Existente |
| <input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual | <input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local |

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

| | | | |
|--|---------------------------|--------------------|--------------|
| Nombre y Apellidos | ETSEIB | NIF(NIE) | 00000 |
| Razón social | ETSEIB | NIF | 00000 |
| Domicilio | Avinguda Diagonal, 647 | | |
| Municipio | Barcelona | Código Postal | 08028 |
| Provincia | Barcelona | Comunidad Autónoma | Cataluña |
| e-mail: | informacio.etseib@upc.edu | Teléfono | 934 01 66 15 |
| Titulación habilitante según normativa vigente | XXXXXXX | | |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | CEXv2.3 | | |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año] | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año] |
|--|--|
| <p>< 72.3 A</p> <p>72.3-117.4 B</p> <p>117.4-180.6 C</p> <p>180.6-234.8 D</p> <p>234.8-289.0 E</p> <p>289.0-361.3 F</p> <p>≥ 361.3 G</p> | <p>< 12.9 A</p> <p>12.9-21.0 B</p> <p>21.0-32.3 C</p> <p>32.3-42.0 D</p> <p>42.0-51.7 E</p> <p>51.7-64.6 F</p> <p>≥ 64.6 G</p> |
| ← 108.3 B | ← 19.2 B |

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/11/2019

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

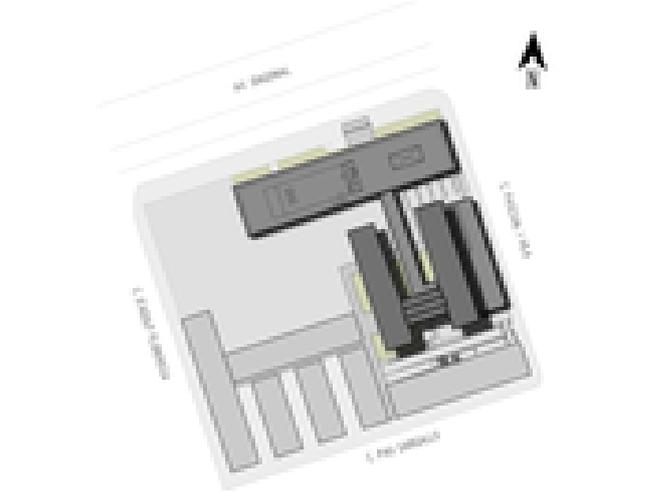
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

| | |
|---|--|
| Superficie habitable [m²] | 21135.0 |
| Imagen del edificio | Plano de situación |
|  |  |

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Modo de obtención |
|----------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Fachada NO 1 Piedra Muñeca | Fachada | 1120.43 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NO 2 Azulejos | Fachada | 353.81 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NE 1 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NE 1 Azulejos | Fachada | 1033.33 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Piedra Muñeca | Fachada | 58.44 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Azulejos | Fachada | 1457.45 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Zócalo Piedra | Fachada | 144.86 | 1.09 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Piedra Muñeca | Fachada | 1227.52 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Azulejo | Fachada | 491.03 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada SO 1 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SO 1 Azulejos | Fachada | 1310.01 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Piedra Muñeca | Fachada | 24.72 | 1.45 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Azulejo | Fachada | 1032.43 | 0.31 | Conocidas |
| Fachada NO 2 Planta Baja | Fachada | 98.39 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada NE 2 Planta Baja | Fachada | 77.07 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SE 1 Planta Baja | Fachada | 41.06 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SE 2 Planta Baja | Fachada | 48.37 | 1.49 | Conocidas |
| Fachada SO 2 Planta Baja | Fachada | 95.79 | 1.49 | Conocidas |
| Solera Terreno | Suelo | 2224.15 | 0.48 | Estimadas |
| Solera Aire | Suelo | 805.99 | 0.35 | Conocidas |
| Cubierta en contacto con el aire | Cubierta | 1689.96 | 0.38 | Conocidas |

Huecos y lucernarios

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Factor solar | Modo de obtención. Transmitancia | Modo de obtención. Factor solar |
|------------------|-------|------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Ventanas NO 2 | Hueco | 340.2 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas NE 1 | Hueco | 853.8 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas NE 2 | Hueco | 1250.64 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SE 1 | Hueco | 296.1 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SO 1 | Hueco | 1080 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas SO 2 | Hueco | 853.6 | 1.55 | 0.26 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB NO 2 | Hueco | 259.04 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB NE 2 | Hueco | 376.28 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SE 1 | Hueco | 200.42 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SE 2 | Hueco | 236.16 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |
| Ventanas PB SO 2 | Hueco | 467.66 | 3.71 | 0.21 | Conocido | Conocido |

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Caldera calefacción 1 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Caldera calefacción 2 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Caldera calefacción 3 | Caldera Estándar | 790.37 | 78.4 | Gas Natural | Estimado |
| Mixto Consola con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Ventana con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Techo con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Cassette con bomba de calor | Bomba de Calor | | 141.2 | Electricidad | Estimado |
| TOTALES | Calefacción | | | | |

Generadores de refrigeración

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Sólo refrigeración Consola | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Cajas | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Techo | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Sólo refrigeración Grupo | Maquina frigorífica | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Consola con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Ventana con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| Mixto Techo con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Mixto Cassette con bomba de calor | Bomba de Calor | | 159.9 | Electricidad | Estimado |
| TOTALES | Refrigeración | | | | |

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

| | |
|--|-----|
| Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día) | 0.0 |
|--|-----|

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|----------------|------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| | | | | | |
| TOTALES | ACS | | | | |

Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)

| Nombre | Tipo | Servicio asociado | Consumo de energía [kWh/año] |
|--------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|
| Equipo de bombeo 1 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| Equipo de bombeo 2 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| Equipo de bombeo 3 | Bomba de caudal constante | Calefacción | 900.00 |
| TOTALES | | | 2700.0 |

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Potencia instalada [W/m ²] | VEEI [W/m ² ·100lux] | Iluminación media [lux] | Modo de obtención |
|-----------------|--|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Edificio Objeto | 7.62 | 1.81 | 422.00 | Conocido |
| TOTALES | 7.62 | | | |

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Superficie [m ²] | Perfil de uso |
|----------|------------------------------|------------------------|
| Edificio | 21135.0 | Intensidad Media - 12h |

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Eléctrica

| Nombre | Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año] |
|-----------------------|--|
| Paneles Fotovoltaicos | 122015.0 |
| TOTAL | 122015.0 |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|----------------|----|-----|------------------------|
| Zona climática | C2 | Uso | Intensidad Media - 12h |
|----------------|----|-----|------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|---|--------|---|---|---|---|
| | 19.2 B | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | <i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i> | D | <i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i> | - |
| | | 5.00 | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| <i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i> | C | <i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i> | B | | |
| 7.17 | | 8.95 | | | |
| <i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i> | | | | | |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

| | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
|--|---------------------------------------|------------------------|
| <i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i> | 14.72 | 311096.18 |
| <i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i> | 4.53 | 95744.63 |

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|--|---------|---|---|---|---|
| | 108.3 B | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | <i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i> | E | <i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i> | - |
| | | 24.16 | | 0.00 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| <i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i> | C | <i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i> | B | | |
| 42.34 | | 52.82 | | | |
| <i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i> | | | | | |

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | | | |
|------------------------|--------|--------------------------|--------|---|---|
| | 16.4 E | | 40.0 C | | |
| | | | | <i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i> | <i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i> |

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales