



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**ESTUDIO ENERGÉTICO COMPARATIVO ENTRE UN  
EDIFICIO AULARIO TRADICIONAL Y OTRO DE CONSUMO  
ENERGÉTICO CASÍ NULO NZEB DE UN CAMPUS  
UNIVERSITARIO**

**Autor:**

**Peralvo Hernández, Borja**

**Tutor:**

**Rey Martínez, Francisco Javier**

**Codirector:**

**Rey Hernández, Javier María**

**Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica**

**Valladolid, enero de 2022**





## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa el último grano de arena aportado a mi trayectoria educativa iniciada en el año 2015, en la carrera de Ingeniería Mecánica, todo comenzó como una prueba personal y finalmente puedo decir que ha sido una de las mejores decisiones tomadas en mi vida, la idea final siempre será “nunca es tarde si la dicha es buena”.

En mi infancia que nunca se me tuvo por un estudiante brillante, ni mucho menos capaz de realizar una carrera, el desincentivo al estudio en mi primera etapa educativa causo que tomara un camino distinto, la formación profesional, tras cursar el ciclo medio y superior, compaginándolo al mismo tiempo con el mundo laboral, me lance a la aventura de comenzar esta carrera.

Bajo el punto anterior tome la decisión con todas las cartas en contra, tanto a nivel de conocimiento académico como habito de estudio, por la diferencia entre la formación profesional y una carrera universitaria. Pero teniendo por valores la constancia y el esfuerzo, además como no de una pequeña dosis de suerte que todos necesitamos en algún examen “la idea feliz”, la consecución del objetivo se vuelve real como este trabajo.

Por ello quiero agradecer personalmente a la gente que me he acompañado en este camino, algunos de ellos lo han recorrido personalmente conmigo:

A mi familia, por todo el apoyo mientras he realizado la carrera, dándome esperanza para continuar hacia adelante.

A mis amigos, tanto fuera como dentro de la carrera, por todo el apoyo, muchas veces apoyándonos como psicólogos ante un fracaso.

Al profesorado, por la labor docente que realizan formando a nuevas generaciones de ingenieros, en muchas ocasiones desapercibida, pero se logra formar la mentalidad del ingeniero.

A mi tutor, Francisco Javier Rey, desde que nos cruzamos en el segundo año de carrera para mí ha sido un referente profesional y personal, gracias por la ayuda prestada a nivel educativo y el encauzamiento en el sector profesional.





## RESUMEN

El presente trabajo evalúa comparativamente dos edificios suponiendo un uso similar de los mismos y siendo uno sustitutivo del otro a efectos operativos, con diferente calidad energética, uno estándar y otro nZEB, ambos sufren un patrón de uso discontinuo en las épocas del año.

Para el desarrollo del trabajo se realizará una descripción arquitectónica de los edificios y de los distintos sistemas HVAC, sistema de iluminación que dan servicio a los mismos.

Finalmente se generará una comparación por medio de indicadores energéticos regulados en la normativa, para tratar de extraer una conclusión basándose en los datos disponibles, ya sea de anteriores estudios realizados o tomados directamente del centro de análisis de la universidad.

### *Palabras clave*

nZEB, Análisis Energético, HVAC, BMS, District Heating

## ABSTRACT

The present work comparatively evaluates two buildings assuming a similar use of the same and one being a substitute for the other for operational purposes, with different energy quality, one standard and the other nZEB, both suffering a discontinuous use pattern in the seasons of the year.

For the development of the work an architectural description of the buildings and the different HVAC systems, lighting system that serve them will be made.

Finally, a comparison will be generated by means of energy indicators regulated in the regulations, to try to draw a conclusion based on the available data, either from previous studies or taken directly from the analysis center of the university.

### *Key words*

nZEB, Energy Analysis, HVAC, BMS, District Heating





## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN.....	3
Palabras clave .....	3
ÍNDICE DE IMAGENES .....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
1. OBJETIVOS .....	15
2. INTRODUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO.....	17
3. NORMATIVA APLICABLE EUROPEA Y ESPAÑOLA – NUEVO CTE 2019.....	19
3.1 NORMATIVA EUROPEA.....	19
3.2 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN 2019 .....	21
HE0 – Limitación del consumo energético.....	23
HE1 – Condiciones para el control de la demanda energética .....	28
HE2 – Condiciones de las instalaciones térmicas.....	31
HE3 – Condiciones de las instalaciones de iluminación .....	31
HE4 – Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.....	35
HE5 – Generación mínima de energía eléctrica .....	37
3.3. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS – RITE .....	38
4. CASO PRÁCTICO COMPARATIVO AULARIO TRADICIONAL Y AULARIO nZEB.....	43
4.1. AULARIO ESGUEVA .....	43
4.1.1. Semisótano del Aulario Esgueva .....	46
4.1.2. Planta baja del Aulario Esgueva .....	47
4.1.3. Planta primera del Aulario Esgueva .....	48
4.1.4. Cerramientos en el Aulario Esgueva .....	49
4.1.5. Ventanas y puertas del Aulario Esgueva .....	52
4.1.6. Iluminación del Aulario Esgueva .....	53
4.1.7. Instalaciones de calefacción y climatización del Aulario Esgueva .....	54
4.2. NUEVO AULARIO INDUVA .....	60
4.2.1. Sótano del Aulario IndUva .....	64
4.2.2. Planta baja del Aulario IndUva.....	66
4.2.3. Planta primera a quinta del Aulario IndUva .....	68
4.2.4. Planta de cubiertas del Aulario IndUva .....	69
4.2.5. Estrategias utilizadas para reducir el consumo de energía en el Aulario IndUva.....	71



4.2.6. Sistema Envolvente del Aulario IndUVA.....	72
4.2.7. Iluminación del Aulario IndUVA.....	76
4.2.8. Instalaciones climatización del Aulario IndUVA .....	79
4.2.9. Sistema de suministro de agua y fontanería del Aulario IndUVA.....	85
4.2.10. Instalación de Baja Tensión del Aulario IndUVA.....	86
4.2.11. Cálculo de la ocupación del Aulario IndUVA .....	87
4.2.12. Protección frente al ruido en el Aulario IndUVA .....	88
<b>5. CONSUMOS DE ENERGÍA E INDICADORES ENERGETICOS.....</b>	<b>89</b>
5.1 Indicadores energéticos aplicados .....	89
5.2 Indicadores energéticos Aulario Esgueva.....	92
5.3 Certificación energética Aulario Esgueva .....	96
5.4 Indicadores energéticos Aulario IndUVA.....	97
5.5 Certificación energética Aulario IndUVA .....	99
<b>6. TOMA DE MEDIDAS INDUVA .....</b>	<b>101</b>
6.1 Introducción medida de consumo eléctrico aulario IndUVA.....	101
6.2 Tratamiento medida de consumo eléctrico aulario IndUVA .....	102
6.3 Resultado medida de consumo eléctrico aulario IndUVA .....	104
<b>7. CONCLUSIONES Y FUTUROS RESULTADOS.....</b>	<b>107</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>109</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>113</b>
9.1 Ficha técnica enfriadora Carrier 0452B Modo Frío .....	113
9.2 Ficha técnica enfriadora Carrier 0452B Modo Calor .....	114
9.3 Cálculo Climatizador YA39E-72.....	115



## ÍNDICE DE IMAGENES

Ilustración 1. Vista general externa del INDUVA Fuente: ( <a href="https://www.cortizo.com">https://www.cortizo.com</a> )..	18
Ilustración 2. Valores límite que establece la (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) Fuente: (Rey Martínez & Velasco Gómez, 2020).....	20
Ilustración 3. Esquema piramidal de la reglamentación. Fuente: (Ministerio de Fomento, 2019) .....	22
Ilustración 4. Ángulo que forma la luz natural en cada uno de los pisos de un edificio, en presencia de un edificio "obstáculo" (Figura 3.4.a-HE3). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	34
Ilustración 5. Relación de la anchura del patio interior y de la altura de cada planta de un edificio (Figura 3.4.b-HE3). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019) .....	35
Ilustración 6. Situación de aporte de luz natural a través de un patio con cerramiento acristalado (Figura 3.4.c-HE3). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019) .....	35
Ilustración 7. Entrada principal del Aulario Esgueva. Fuente: (Tribuna Valladolid, 2016) .....	44
Ilustración 8. Plano del semisótano del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	46
Ilustración 9. Plano de la planta baja del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	47
Ilustración 10. Plano de la planta primera del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	48
Ilustración 11. Interior de la sala de estudio del Aulario Esgueva. Fuente: (Foursquare, 2021).....	53
Ilustración 12. Instalación de calefacción del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	54
Ilustración 13. Radiador Ferroli del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) ..	55
Ilustración 14. Calderas del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	57
Ilustración 15. Unidad interior del sistema de climatización del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	58
Ilustración 16. Unidad exterior del sistema de climatización del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	58
Ilustración 17. Plano del sótano del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015).....	65
Ilustración 18. Aula tipo IndUVa (Elaboración propia. Octubre 2021).....	66
Ilustración 19. Plano de la planta baja del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	67
Ilustración 20. Plano de la primera planta del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015).....	69
Ilustración 21. Plano de techos de la planta de cubiertas del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015).....	70



Ilustración 22. Detalle constructivo de las fachadas ventiladas instaladas en el Aulario IndUVa Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015).	73
Ilustración 23. Fachada ventilada IndUVa (Elaboración propia.Octubre 2021).....	74
Ilustración 24. Fachada fotovoltaica IndUVa (Elaboración propia. Octubre 2021) .....	74
Ilustración 25. Iluminación instalada en el aulario IndUVa en un pasillo (Elaboración propia. Octubre 2021) .....	76
Ilustración 26. Esquema funcionamiento iluminación con fibra óptica. Fuente: (Fundación CONAMA, 2016).....	77
Ilustración 27. Característica del sistema DALI instalado en el Aulario IndUVa Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015).....	77
Ilustración 28. Características de proyecto del equipo de producción condensado por agua. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015).....	79
Ilustración 29. Característica de proyecto de la torre de refrigeración. Fuente (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015).....	79
Ilustración 30. Funcionamiento pozos canadienses según época del año. Fuente: (Fundación CONAMA, 2016).....	80
Ilustración 31. Instalación de tubos geotérmicos en el aulario IndUVa. Fuente: FACHADFA INTEGRADA FOTOVOLTAICA BIPV.pdf .....	80
Ilustración 32. Entrada de aire en el recuperador de pozos canadienses. Fuente: Elaboración propia. Octubre 2021 .....	81
Ilustración 33. Detalles de unidad de tratamiento de aire indicados en el proyecto. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	81
Ilustración 34. Esquema del climatizador instalado en IndUVa, según proyecto. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021) .....	82
Ilustración 36. Recuperador rotativo de sorción IndUVa. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021).....	83
Ilustración 35. Climatizador instalado en servicio en el aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021) .....	83
Ilustración 37. Unidades tratamiento de aire baja silueta indicadas en el proyecto. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	83
Ilustración 38. Unidad tratamiento de aire baja silueta, modelo proyecto. Fuente: (TROX, 2021).....	84
Ilustración 39. Sensor de CO2 instalado en las aulas del IndUVa. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021) .....	84
Ilustración 40. Resultado Software simulación Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	96
Ilustración 41. Resultados Simulación Energética mediante EnergyPlus Versión 8.5. Fuente: (Arquitectura y Construcción Interempresas, 2019) .....	97
Ilustración 42. Certificación Energética del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. , 2015).....	99



Ilustración 43. Documentación análisis de consumo. Fuente: Oficina calidad ambiental Universidad de Valladolid.....	102
Ilustración 44. Documentas periodos análisis consumo eléctrico IndUVa. Fuente: Oficina calidad ambiental Universidad de Valladolid.....	102
Ilustración 45. Errores datos consumo aulario IndUVa. Fuente: Oficina calidad ambiental Universidad de Valladolid .....	103
Ilustración 46. Resultado final archivo consumos aulario IndUVa. Fuente. Elaboración propia.....	103
Ilustración 47. Análisis mensual consumo eléctrico aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia.....	104





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de referencia de energía primaria para edificios nZEB en la UE Fuente: (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) .....	21
Tabla 2. Valores límite de consumo de energía primaria no renovable. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	24
Tabla 3. Valores límite de consumo de energía primaria total. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	24
Tabla 4. Zona climática de un emplazamiento en función de su provincia y su altitud respecto al nivel del mar. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019) .....	25
Tabla 5. Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado a la temperatura de referencia de 60 °C. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	26
Tabla 6. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	27
Tabla 7. Valores límite de la transmitancia térmica (en W/m <sup>2</sup> K). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	29
Tabla 8. Valor límite K <sub>lim</sub> [W/m <sup>2</sup> K] para uso distinto del residencial privado. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	29
Tabla 9. Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, Q <sub>100,lim</sub> [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ]. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	30
Tabla 10. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, U <sub>lim</sub> [W/m <sup>2</sup> K]. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	30
Tabla 11. Valores límite de la eficiencia energética de la instalación. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	32
Tabla 12. Potencia máxima por superficie iluminada. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).....	33
Tabla 13. Temperatura operativa y humedad relativa en interiores. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).....	40
Tabla 14. Tabla 1.4.2.5 Clases de Filtración. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).....	41
Tabla 15. Caudales de ventilación en L/s por persona. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013) .....	41
Tabla 16. Concentración de CO <sub>2</sub> en partes por millón. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013) .....	41
Tabla 17. Periodicidad de las operaciones de mantenimiento preventivo, según su uso. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013) .....	42
Tabla 18. Superficie (en m <sup>2</sup> ) de las plantas que forman el Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	45
Tabla 19. Altura (en m) de las plantas del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	45



Tabla 20. Composición por capas y transmitancia térmica de la solera. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	50
Tabla 21. Composición por capas y transmitancia térmica de la fachada. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	50
Tabla 22. Composición por capas y transmitancia térmica del tabicón. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	50
Tabla 23. Composición por capas y transmitancia térmica de la cubierta. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	51
Tabla 24. Composición por capas y transmitancia térmica de la cubierta. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	51
Tabla 25. Composición y transmitancia térmica de las ventanas del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	52
Tabla 26. Composición y transmitancia térmica de las rejillas de ventilación. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	52
Tabla 27. Características de los radiadores del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	55
Tabla 28. Características de la caldera de 191 kW del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	56
Tabla 29. Características del quemador de la caldera de 191 kW. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	56
Tabla 30. Características de la caldera de 232 kW del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	56
Tabla 31. Características del quemador de la caldera de 232 kW. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	57
Tabla 32. Unidades de aire acondicionado disponibles en el Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017) .....	59
Tabla 33. Dimensiones y superficies del sótano del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	64
Tabla 34. Dimensiones y superficies de la planta baja del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	66
Tabla 35. Dimensiones y superficies de la primera planta del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	68
Tabla 36. Dimensiones y superficies de la planta de cubiertas del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	70
Tabla 37. Puntos de consumo de agua instalados en el Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	85
Tabla 38. Previsión de consumo anual de agua en el Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	85
Tabla 39. Resumen de Potencias Eléctricas instaladas en el Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015) .....	86
Tabla 40. Cuadro resumen de los cálculos de ocupación de las estancias del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. , 2015) .....	87
Tabla 41. Ficha justificativa del cálculo relativo a la protección frente al ruido. Fuente: (Valbuena García F. , 2015) .....	88



Tabla 42. Valores de referencia de energía primaria para edificios nZEB en la UE Fuente: (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010).....	89
Tabla 43. Factores de conversión fi de energía final a primaria en España Fuente: (Rey Martinez & Velasco Gomez, 2020).....	91
Tabla 44. Superficies utilizadas para la simulación aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	92
Tabla 45. Demandas aulario Esgueva con 3 motores de cálculo distintos. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	93
Tabla 46. Factores conversión utilizados para transformación en energía final. Fuente: (López Lorenzo, 2017).....	93
Tabla 47. Consumos de energía final aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)	93
Tabla 48. Consumos de Energía Primaria total aulario Esgueva. Fuente: Elaboración propia.....	94
Tabla 49. Características parasoles fotovoltaicos instalados aulario Esgueva. Fuente: Oficina de Calidad Ambiental (Sergio Lorenzo).....	94
Tabla 50. Consumos de Energía Primaria renovable aulario Esgueva. Fuente: Elaboración propia.....	95
Tabla 51. Resultados indicadores energéticos aulario Esgueva. Fuente: Elaboración propia.....	95
Tabla 52. Distribución consumo eléctrico aulario IndUVa. Fuente: (Escuela de Ingenierías Industriales, 2016).....	101
Tabla 53. Consumo mensual eléctrico aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia...	104
Tabla 54. Análisis consumo eléctrico diario aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia .....	105
Tabla 55. Comparación consumo simulación y consumo real IndUVa. Fuente: Elaboración propia.....	105
Tabla 56. Ratios consumo eléctrico aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia.....	106





## 1. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objetivo la definición, comparación y análisis de dos edificios definidos en su origen para un uso similar, concebido uno en sustitución del otro mediante métodos más modernos y eficientes de construcción.

En primer lugar, es necesario hacer un repaso por la normativa actual aplicable a los métodos de construcción actuales y como estos edificios son incluidos en la misma. Para ello, se recurre al Código Técnico de Edificación, más conocido como CTE, en su última actualización del año 2019.

Con el marco normativo expuesto, el aspecto principal a la hora de comparar es definir claramente lo que va a compararse, por medio de la definición de ambos edificios y la enumeración de los sistemas energéticos que poseen. Para poder analizar los datos obtenidos con los indicadores energéticos correctos definidos en el último punto.

Para realizar el desarrollo del estudio se utilizan datos reales tomados de los propios edificios, por medio de su sistema de análisis central incorporado mediante BMS en inglés "Building Management Systems" o sistema de Gestión de edificios en castellano. Estos datos se gestionan en el edificio LUCIA en la Oficina de Calidad Ambiental y Sostenibilidad a cargo de Sergio Lorenzo.

Como anteriormente se ha mencionado, mediante el tratamiento de los datos numéricos e indicadores energéticos correspondientes, se analiza el impacto medioambiental de los mismos, así como los indicadores de energía renovable que ambos edificios poseen.

En resumen, tomando como puntos principales expuestos durante el desarrollo de este estudio los siguientes:

1. Normativa aplicable.
2. Caracterización, definición y enumeración del inventario de los edificios.
3. Análisis Energético aulario tradicional y aulario nZEB mediante indicadores energéticos.
4. Datos reales consumo eléctrico edificio nZEB.





## 2. INTRODUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

Desde el año 2020, todos los edificios de nueva construcción en la Unión Europea deben ser de consumo de energía casi nulo o próximos a “cero energía” (*nZEB*), pero, ¿Cuál es su definición? ¿Cómo mejoramos los edificios? ¿Qué ventajas obtenemos en la mejora de la construcción? ¿Qué impacto económico suponen?

En primer lugar, como definición oficial de edificio *nZEB* podemos tomar la propuesta según la Comisión Europea en (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) : “Edificio de alta eficiencia energética. El consumo de energía es muy baja o casi nula y debe ser cubierta en una medida muy significativa por energía de fuentes renovables, entendiéndose por esta la energía la producida in situ o en el entorno”.

Dentro de las propuestas de países fomentando las políticas de sostenibilidad dirigidas a obtener tipos de edificios de energía cero (ZEB, Zero Energy Buildings), tenemos las siguientes:

- Edificio de consumo neto de energía igual a cero (*NZE, Net Zero Energy*).
- Edificio de consumo de energía casi nulo (*nZEB, Nearly Zero Energy Building*).
- Edificio de consumo de energía positiva (*PEB, Positive Energy Building*).
- Edificio de emisiones de carbón neto cero (*NZC, Net Zero Carbon*).

El consumo de energía de un edificio es un balance de energía entre la consumida y la generada en un periodo de tiempo determinado (generalmente tomamos un año como unidad de referencia).

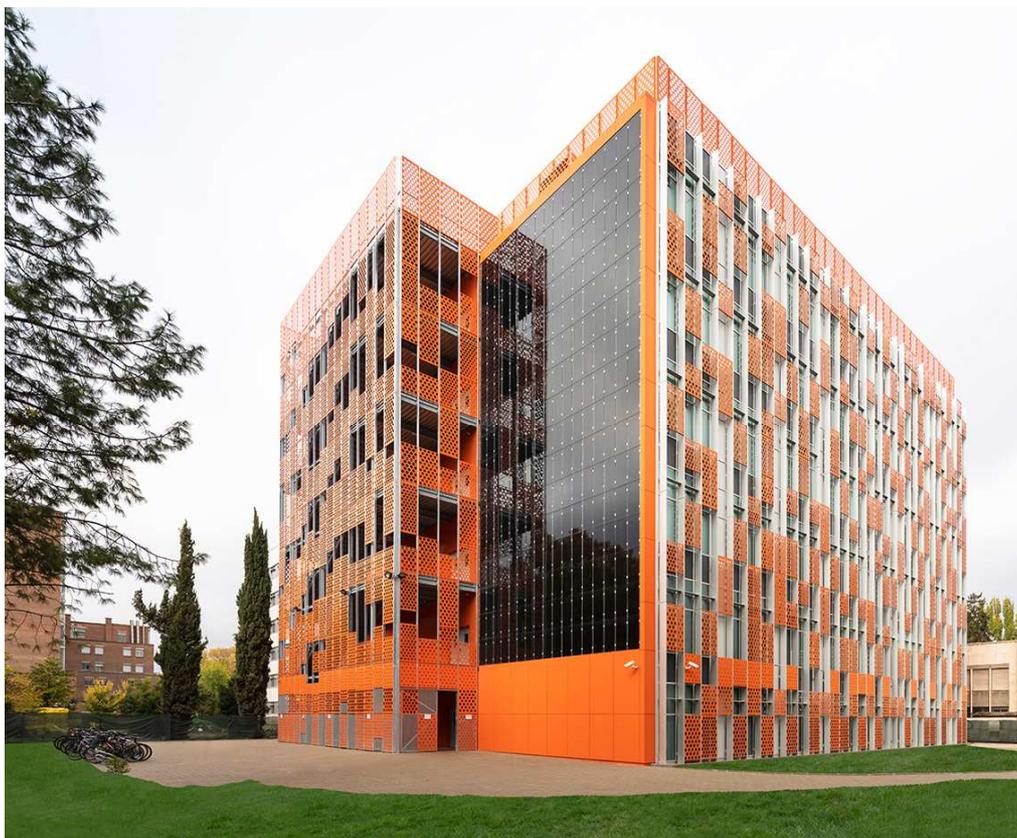
Basándonos en los criterios para la mejora en la eficiencia energética en los edificios se tienen distintos puntos de actuación:

- Mejora de la envolvente del edificio, reduciendo la demanda energética de los mismos, mediante la utilización de materiales con mayor calidad y diseños arquitectónicos adaptados (concepto de diseño bioclimático).
- Incremento del rendimiento en los equipos utilizados dentro de las instalaciones de calefacción, ACS, HVAC. Minimizando de esta forma el consumo ocasionado por los mismos, haciendo un mejor uso de los recursos consumidos.
- Utilización de energías renovables.
- Optimización de la iluminación mediante sistemas inteligentes y con mejores rendimientos.
- Integración de sistemas de gestión de edificios (BMS) facilitando el control y eficiencia de la construcción.

Los esfuerzos anteriormente citados en el desarrollo de *nZEB* se basan en distintos motivos:

- Reducción de emisión de gases de efecto invernadero.
- Disminución de las acciones que fomenta el desarrollo del cambio climático.
- Mejora de la seguridad en el abastecimiento de energía, reduciendo drásticamente el consumo de energía primaria.
- Aumento del crecimiento económico, promoviendo el desarrollo de sectores en el campo de la construcción y la energía.

De forma inicial, los proyectos de edificios *nZEB* tuvieron un coste hasta un 25 % mayor en comparación a la construcción por métodos convencionales, destinados a una funcionalidad similar. Con la experiencia adquirida y el desarrollo de nuevos materiales el sobrecoste asociado actualmente se sitúa en torno al 10 – 15 %, dando como resultado en edificios correctamente diseñados una ratio de 65 – 100 €/m<sup>2</sup>. Se estima que la inversión inicial representa únicamente el 20 % del coste total de un edificio, siendo el resto los asociados a consumo, mantenimiento, demolición y reciclado del mismo.



*Ilustración 1. Vista general externa del INDUVA Fuente: (<https://www.cortizo.com>)*



### 3. NORMATIVA APLICABLE EUROPEA Y ESPAÑOLA – NUEVO CTE 2019

La primera parte del proyecto se centrará en la normativa aplicable a edificación y más concretamente la relacionada con edificios *nZEB*, comenzando con la indicada por la Unión Europea y, con carácter nacional, el Código Técnico de la Edificación (CTE) en su última actualización según Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

#### *3.1 NORMATIVA EUROPEA*

Anteriormente, la normativa que regulaba la construcción de edificios a nivel europeo se recogía en la (DIRECTIVA 2002/91/CE, 2002), con fecha 19 de mayo del 2010 se produce una refundición entre el Parlamento y el Consejo de la Unión Europea relativo a eficiencia energética. De esta forma se redacta la (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) de la que se destacan una serie de puntos en materia de edificación.

En ella se menciona que el impacto total, entendiendo este como la energía consumida del total consumido en la Unión Europea, se sitúa en torno al 40 %. Por ello, y debido a considerarse un sector en fase de expansión (con el correspondiente aumento en su impacto), se promueve una reducción del consumo de energía, así como fomentar el uso de energías procedentes de fuentes renovables, tratando de garantizar el cumplimiento del protocolo de Kioto por el cuál la Unión Europea se compromete a reducir un 20 % las emisiones totales de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990.

Dentro de este contexto se incentiva la mejora de la eficiencia energética, reduciendo el consumo un 20 % y que éste proceda con un mínimo del 20 % de fuentes de carácter renovable. De todo lo anteriormente citado surge el objetivo 20-20-20.

Posteriormente, con fecha 30 de mayo del 2018 se publica la (DIRECTIVA EPBD 2018/844/UE, 2018), por la que se modifica la (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) relativa a la eficiencia energética de los edificios y la (DIRECTIVA EPBD 2012/27/UE, 2012) relativa a la eficiencia energética.

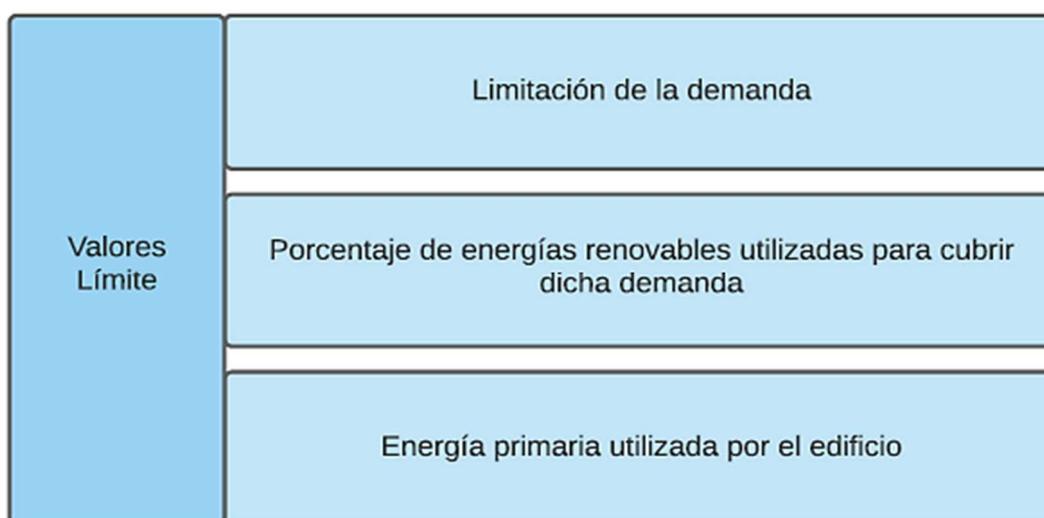
En esta última Directiva, Europa se compromete a seguir reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero al menos un 40 % hasta 2030, tomando como referencia los niveles de 1990. Además, aboga por lograr un sistema energético sostenible, competitivo y descarbonizado para el año 2050, generando a lo largo de este tiempo una serie de hitos corto plazo (2030), medio plazo (2040) y largo plazo (2050).

Los niveles estimados de consumo de energía de la unión se sitúan en un 50 % para las necesidades de calefacción y refrigeración, de las cuales un 80 % es consumida en edificios, por lo tanto y siguiendo las indicaciones anteriores, sigue siendo un sector con un gran impacto en el que aplicar criterios de eficiencia energética de forma prioritaria.

En estas directivas se obliga a los Estados miembros de la Unión Europea a asegurar que:

- Con fecha 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo.
- Después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y la propiedad de los mismos resida en autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo.

Para tomar como referencia estos objetivos anteriores, es necesario definir qué se considera consumo de energía casi nulo. Para ello, en el Anexo I de la (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) , se especifica como establecer la eficiencia energética, así como la necesidad de establecer un límite en términos de energía primaria por unidad de superficie (kWh/m<sup>2</sup> año).



*Ilustración 2. Valores límite que establece la (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) Fuente: (Rey Martinez & Velasco Gomez, 2020)*

Los edificios de consumo energético casi nulo (EECN) no tenían una referencia de valores numéricos a cumplir, hasta que la (RECOMENDACIÓN 2016/1318/UE, 2016), sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, hizo una proyección de los precios y tecnologías para el año 2020, situando por escalas según las zonas climáticas los siguientes valores para las energías primarias correspondientes:



ZONA	VIVIENDAS			EDIFICIOS NO RESIDENCIALES		
	$E_p$ no renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ neta kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ no renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ neta kWh/m <sup>2</sup> año
MEDITERRÁNEA	50-65	50	0-15	80-90	60	20-30
OCEÁNICA	50-65	35	15-30	85-100	45	40-55
CONTINENTAL	50-70	30	20-40	85-100	45	40-55
NÓRDICA	65-90	25	40-65	85-100	30	55-70

Tabla 1. Valores de referencia de energía primaria para edificios nZEB en la UE Fuente: (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010)

Una vez analizada y explicada la normativa del marco común europeo, se puede continuar con la normativa en el ámbito nacional. A continuación, se hará un estudio pormenorizado de los principales aspectos a destacar de la normativa vigente en España, que viene dada por el Código Técnico de la Edificación (CTE).

### 3.2 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN 2019

Debido a las nuevas imposiciones de valores mínimos de eficiencia energética en los edificios, los avances tecnológicos en sistemas HVAC y los nuevos diseños llevados a cabo para cumplir con los estándares de edificios nZEB fijados por la Directiva Europea EPBD, es necesaria una adaptación de la norma nacional a estos nuevos requisitos que contemplen los puntos anteriores.

El Real Decreto 732/2019 (Ministerio de Fomento, 2019), abreviado comúnmente como CTE, aprobado en diciembre de 2019 sustituye al anterior por el que se modifica el Código Técnico.

El CTE está dividido en dos partes, una parte de exigencias básicas en materia de seguridad y habitabilidad que son perceptivas a la hora de construir un edificio según la ley de Ordenación de la Edificación y una segunda parte compuesta de Documentos Básicos. En esta última se trasladan las exigencias de la primera al terreno práctico siendo los mismos textos de carácter técnico.

Los Documentos Básicos dentro del CTE son los siguientes:

- DB SE: Seguridad Estructural (con varios documentos complementarios).
- DB SI: Seguridad en caso de incendio.
- DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad.
- DB HE: Ahorro de energía.
- DB HR: Protección frente al ruido.
- DB HS: Salubridad.

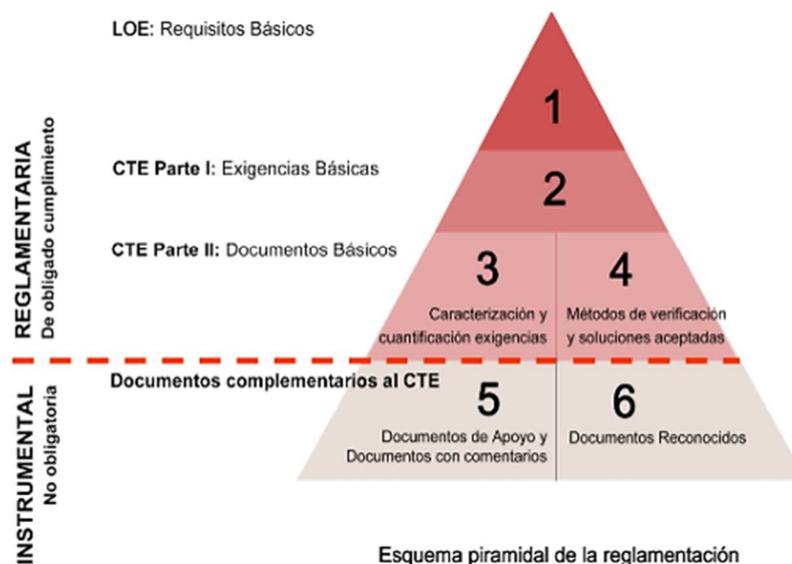


Ilustración 3. Esquema piramidal de la reglamentación. Fuente: (Ministerio de Fomento, 2019)

En la Figura 3 se representa de forma piramidal la normativa referente a edificación a modo de resumen. Dentro de los puntos anteriores, el más interesante para el motivo de este trabajo es el DB HE: Ahorro de energía, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía como cita al inicio del documento. A su vez, está dividido en seis exigencias energéticas básicas:

**HE0 – Limitación del consumo energético.**

**HE1 – Condiciones para el control de la demanda energética.**

**HE2 – Condiciones de las instalaciones térmicas.**

**HE3 – Condiciones de las instalaciones de iluminación.**

**HE4 – Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.**

**HE5 – Generación mínima de energía eléctrica.**

En la introducción del documento se establece lo siguiente:

1. El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir, asimismo, que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.



*2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.*

*3. El Documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.*

*(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)*

Como se puede observar, el primer punto se ajusta a la perfección a los objetivos y premisas establecidas para la elaboración y el desarrollo del presente trabajo de fin de grado. Por lo que los puntos tratados sobre esta normativa serán fundamentales para todas las consideraciones que se hagan en los posteriores apartados y capítulos de esta memoria.

A continuación, se analizarán, estudiarán y explicarán cada una de estas exigencias básicas; centrándonos en los aspectos más importantes en las cuestiones referentes al presente trabajo.

#### HE0 – Limitación del consumo energético

En el apartado introductorio del documento se establece, para esta exigencia básica, lo siguiente:

*“El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de su ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención. El consumo energético se satisfará, en gran medida, mediante el uso de energía procedente de fuentes renovables”.*

*(Ministerio de Fomento, 2019)*

Como vemos, se hace una primera distinción entre los edificios de nueva construcción y aquellos edificios ya existentes. Lógicamente, se considerará como edificio existente al Aulario Campus Esgueva y como edificio de nueva construcción al Aulario IndUVa.

En lo referente al consumo de energía primaria no renovable, se atenderá a los valores límite presentes en la tabla 3.1.b-HE0, que es la correspondiente al uso distinto del residencial privado (la tabla 3.1.a-HE0 es la que habría que contemplar en el caso de tratarse de un edificio destinado para uso residencial privado). La tabla es la que se muestra a continuación:



<b>Tabla 3.1.b - HE0</b>					
<b>Valor límite <math>C_{ep,nren,lim}</math> [kW·h/m<sup>2</sup>·año] para uso distinto del residencial privado</b>					
<b>Zona climática de invierno</b>					
<b><math>\alpha</math></b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$70 + 8 \cdot C_{FI}$	$55 + 8 \cdot C_{FI}$	$50 + 8 \cdot C_{FI}$	$35 + 8 \cdot C_{FI}$	$20 + 8 \cdot C_{FI}$	$10 + 8 \cdot C_{FI}$
$C_{FI}$ : Carga interna media[W/m <sup>2</sup> ]					
En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1,40					

Tabla 2. Valores límite de consumo de energía primaria no renovable. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Al igual que en el caso del consumo de energía primaria no renovable, también se establecerán unos valores límite para el consumo de energía primaria total de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio. Nuevamente, la tabla 3.2.a-HE0 es la relativa al uso residencial privado del edificio y la tabla 3.2.b-HE0 la relativa a otros usos (donde se incluyen, lógicamente, los referentes al ámbito académico, estudiantil, de trabajo...). Los valores límite son los siguientes:

<b>Tabla 3.2.b - HE0</b>					
<b>Valor límite <math>C_{ep,tot,lim}</math> [kW·h/m<sup>2</sup>·año] para uso distinto del residencial privado</b>					
<b>Zona climática de invierno</b>					
<b><math>\alpha</math></b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$165 + 9 \cdot C_{FI}$	$155 + 9 \cdot C_{FI}$	$150 + 9 \cdot C_{FI}$	$140 + 9 \cdot C_{FI}$	$130 + 9 \cdot C_{FI}$	$120 + 9 \cdot C_{FI}$
$C_{FI}$ : Carga interna media[W/m <sup>2</sup> ]					
En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1,40					

Tabla 3. Valores límite de consumo de energía primaria total. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

En su cuarto punto, la exigencia básica HE0 establece los procedimientos de cálculo y los datos y solicitudes para la determinación del consumo energético. Tal y como se indica en el propio documento, el procedimiento de cálculo se debe desarrollar con el fin de determinar la eficiencia energética del edificio objeto de estudio. Dicha eficiencia se habrá de expresar en los términos de consumo de energía primaria total y de energía primaria no renovable, que son los que se acaban de comentar.

Estos cálculos deben garantizar que el edificio se mantenga, por período de un año, en las condiciones operaciones establecidas por la reglamentación pertinente. Todo ello se valorará cuando el edificio, o parte de él, se ve sometido a solicitudes interiores y/o exteriores. Pero ¿qué son las solicitudes interiores y las solicitudes exteriores? El Documento Básico HE Ahorro de energía las define de la siguiente manera:



“Se consideran solicitudes exteriores las acciones del clima sobre el edificio con efecto sobre su comportamiento térmico”. [...]

“Se consideran solicitudes interiores las cargas térmicas generadas en el interior del edificio debidas a los aportes de energía de los ocupantes, equipos e iluminación. Las solicitudes interiores se caracterizan mediante un perfil de uso que describe las cargas internas para cada tipo de espacio”.

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

En lo referente a las solicitudes exteriores, se emplaza al lector a acudir al anejo B del DB HE Ahorro de Energía para determinar la zona climática de cada localidad, así como su clima de referencia. Para la provincia de Valladolid se tiene lo siguiente:

Segovia	D2													E1										
Sevilla	B4				C4																			
Soria	D2										D1			E1										
Tarragona	B3			C3						D3														
Teruel	C3						C2			D2						E1								
Toledo	C4										D3													
Valencia/València	B3			C3						D2						E1								
Valladolid	D2										E1													
Zamora	D2										E1													
Zaragoza	C3					D3						E1												
Provincia	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	111 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1301 m

Tabla 4. Zona climática de un emplazamiento en función de su provincia y su altitud respecto al nivel del mar.  
Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Como se puede ver, en la provincia de Valladolid se puede estar en la zona climática D2 o en la zona climática E1, en función de si el emplazamiento se halla a menos de 800 metros sobre el nivel del mar o si se halla a más altitud.

Por su parte, los perfiles de uso necesarios para los cálculos de las solicitudes interiores vienen establecidos en el anejo D (relativo a las condiciones operacionales y los perfiles de uso). No obstante, en dicho anejo sólo se tabulan los perfiles y condiciones para aquellos edificios destinados a uso residencial privado; emplazándose a definir en el proyecto unos valores específicos para un emplazamiento para uso distinto del residencial privado. Aunque se indica la posibilidad de utilizar los perfiles normalizados cuando las condiciones y los usos sean asimilables.

Por otro lado, para la determinación del consumo energético se establece que:

“El procedimiento de cálculo debe permitir desglosar el consumo energético de energía final en función del vector energético utilizado (tipo de combustible o electricidad) para satisfacer las necesidades energéticas de cada uno de los servicios técnicos (calefacción, refrigeración, ACS, ventilación, control de la humedad y, en su caso, iluminación). Para ello, podrá emplear simulación mediante un modelo térmico del edificio o métodos simplificados equivalentes”.

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)



Para ello, se deben tener en consideración aspectos tales como:

- El emplazamiento y la orientación del edificio.
- Las ganancias y pérdidas de energía; bien por conducción a través de la envolvente térmica o bien por la radiación solar o el intercambio de aire con el exterior.
- Las necesidades de los distintos servicios: calefacción, ACS, etc.
- El empleo, si fuera el caso, de distintas fuentes de energía.

Asimismo, la exigencia básica HE0 del Documento Básico HE Ahorro de energía especifica que los valores de la demanda de referencia de agua caliente sanitaria se fijarán acorde a lo establecido en el anejo F. De forma análoga, establecen los valores de temperaturas del agua de la red para los cálculos de ACS en el anejo G.

En la Tabla c-Anejo F se establece la demanda de ACS en función del uso del emplazamiento, teniéndose lo siguiente:

<b>Criterio de demanda</b>	<b>Litros/día·persona</b>
Hospitales y clínicas	55
Ambulatorio y centro de salud	41
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel ***	41
Hotel/hostal **	34
Camping	21
Hostal/pensión *	28
Residencia	41
Centro penitenciario	28
Albergue	24
Vestuarios/Duchas colectivas	21
Escuela sin ducha	4
Escuela con ducha	21
Cuarteles	28
Fábricas y talleres	21
Oficinas	2
Gimnasios	21
Restaurantes	8
Cafeterías	1

Tabla 5. Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado a la temperatura de referencia de 60 °C. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)



En el caso del aulario IndUVa nos deberíamos acoger a la categoría “Escuela sin ducha”. También se podría atender las partes relativas del edificio destinadas a despachos, sala de reuniones... como “Oficinas” y lo mismo con la “Cafetería” en caso de haberla. Sin embargo, el criterio más restrictivo de los mencionados es el de “Escuela sin ducha”, por lo que la mejor opción es calcular todo el edificio como dicha categoría o criterio de demanda.

El anejo F también establece las expresiones necesarias para calcular el consumo de ACS a una temperatura distinta de 60 °C.

Para la temperatura del agua de la red, se acude al anejo G, donde se puede ver una tabla (Tabla a-Anejo G) que, para Valladolid, presenta los siguientes datos:

Capital de Provincia	Altitud	EN	FE	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
Valladolid	698	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7

Tabla 6. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Seguidamente, la exigencia básica HE0 entra a valorar los conceptos de envolvente térmica y zonificación. La envolvente térmica del edificio se define, en el anejo C, de la siguiente forma:

*“La envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos y particiones interiores, incluyendo sus puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio. No obstante, a criterio del proyectista:*

*a) podrá incluirse alguno o la totalidad de los espacios no habitables.*

*b) podrán excluirse espacios tales como:*

*i) espacios habitables que vayan a permanecer no acondicionados durante toda la vida del edificio, tales como escaleras, ascensores o, pasillos no acondicionados,*

*ii) espacios muy ventilados, con una ventilación permanente de, al menos, 10 dm<sup>3</sup>/s por m<sup>2</sup> de área útil de dicho espacio,*

*iii) espacios con grandes aberturas permanentes al exterior, de al menos 0,003 m<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de área útil de dicho espacio”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Asimismo, el apartado 4.4 de la exigencia básica HE0 establece que:

*“Los espacios del modelo térmico se clasificarán en espacios habitables y espacios no habitables. Los primeros se clasificarán además según su carga interna (baja, media, alta o muy alta), en su caso, y según su necesidad de mantener unas determinadas condiciones de temperatura para el bienestar térmico de sus ocupantes (espacios acondicionados o espacios no acondicionados)”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)



Por otro lado, para justificar todas las exigencias que se establecen en la HE0, en el quinto punto de esta se enumera toda la información que deben incluir los documentos del proyecto. Algunos aspectos son:

- La definición de la localidad y de la zona climática de ubicación.
- La demanda energética de calefacción, refrigeración y ACS.
- El consumo energético de los distintos servicios técnicos presentes.
- Etcétera.

Por último, se comentan aquellos aspectos relativos a la construcción, control de la ejecución de la obra y mantenimiento y conservación del edificio.

#### HE1 – Condiciones para el control de la demanda energética

Al igual que en la exigencia básica anterior, y al igual que sucederá en las siguientes, en el objeto del documento básico se establecen una serie de premisas introductorias para cada una de las exigencias básicas. En este caso, se dispone lo siguiente:

*“Los edificios dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función de la zona climática de su ubicación, del régimen de verano y de invierno, del uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención. Las características de los elementos de la envolvente térmica en función de su zona climática serán tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables. Así mismo, las características de las particiones interiores limitarán la transferencia de calor entre unidades de uso, y entre las unidades de uso y las zonas comunes del edificio. Se limitarán los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Como se puede apreciar, varios de los aspectos que se valoran están estrechamente ligados con lo dispuesto en la exigencia básica HE0 e incluso muchos conceptos se repiten. Por consiguiente, se puede afirmar con rotundidad que, entender y comprender la exigencia básica HE0 por parte del proyectista o de los agentes implicados en el desarrollo, diseño y gestión del edificio, es fundamental para alcanzar los objetivos marcados en materia de ahorro de energía.

Centrándonos en la cuantificación de la exigencia, la envolvente térmica del edificio debe cumplir una serie de condiciones. En primer lugar, se mencionará la transmitancia térmica, cuyos valores límite vienen reflejados en la Tabla 3.1.1.a - HE1:



Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_c$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ ) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{MD}$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.

Tabla 7. Valores límite de la transmitancia térmica (en  $W/m^2K$ ). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Por otro lado, se debe también mencionar el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio. Aquí se distingue convenientemente entre uso residencial privado y usos distintos del residencial privado. Al igual que se hiciera en casos anteriores, sólo será necesario valorar el segundo caso, el cual viene caracterizado en la Tabla 3.1.1.c - HE1:

	Compacidad V/A [ $m^3/m^2$ ]	Zona climática de invierno					
		$\alpha$	A	B	C	D	E
<b>Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio</b>	$V/A \leq 1$	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
	$V/A \geq 4$	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

Los valores límite de las compacidades intermedias ( $1 < V/A < 4$ ) se obtienen por interpolación.  
En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.  
Las unidades de uso con actividad comercial cuya compacidad V/A sea mayor que 5 se eximen del cumplimiento de los valores de esta tabla.

Tabla 8. Valor límite  $K_{lim}$  [ $W/m^2K$ ] para uso distinto del residencial privado. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

También es necesario realizar el denominado control solar. Parámetro cuyo valor límite, en edificios destinados a usos distintos del residencial privado es:

$$q_{sol;jul} = 4,00 \frac{kWh}{m^2 \cdot mes}$$

También será necesario valorar y evaluar la permeabilidad al aire de los huecos de la envolvente térmica. Para tal fin, se presenta la tabla 3.1.3.a-HE1, la cual se muestra a continuación:



	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ( $Q_{100,lim}$ )*	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 9$	$\leq 9$	$\leq 9$

\* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa,  $Q_{100}$ .  
Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ( $\leq 27 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ) y clase 3 ( $\leq 9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ) de la UNE-EN 12207:2017.  
La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Tabla 9. Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica,  $Q_{100,lim}$  [ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ]. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Por su parte, la tabla 3.1.3.b-HE1 es de aplicación únicamente en edificios nuevos de uso residencial privado, por lo que no es objeto de estudio del presente trabajo de fin de grado. Posteriormente, se indica que la metodología que se ha de seguir para la determinación de la permeabilidad al aire del emplazamiento viene detallada en el anejo H del documento. Acudiendo a él, se puede ver cómo existen dos posibilidades para determinar la permeabilidad al aire:

- Mediante ensayo según el método B de la norma UNE-EN 13829:2002.
- Mediante valores de referencia; ofreciéndose una expresión para el cálculo del valor de la relación del cambio de aire a 50 Pa.

Retornando nuevamente a la exigencia básica HE1, hay que mencionar ahora la limitación de descompensaciones. En la tabla 3.2-HE1 se muestran los valores límites que no deben ser superados por parte de la transmitancia térmica de las particiones interiores.

Tipo de elemento	Zona climática de invierno						
	$\alpha$	A	B	C	D	E	
Entre unidades del mismo uso	Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
	Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00
Entre unidades de distinto uso Entre unidades de uso y zonas comunes	Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 10. Transmitancia térmica límite de particiones interiores,  $U_{lim}$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

El último punto en el que nos fijaremos es el 3.3, donde se relata la limitación de condensaciones en la envolvente térmica. Al respecto se especifica lo siguiente:

*“En el caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, estas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. En ningún caso, la máxima condensación*



*acumulada en cada periodo anual podrá superar la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Al igual que sucediera con la exigencia básica HE0, al final de cada una se expone toda la información que deben incluir los documentos del proyecto para la justificación del mismo. Además, se comentan aquellos aspectos relativos a la construcción, control de la ejecución de la obra y mantenimiento y conservación del edificio. En este último apartado, destaca la disposición de las características exigibles a los productos y a los componentes de la envolvente térmica.

En lo referente a la justificación de la exigencia, se pueden resaltar aquellos aspectos relativos a la caracterización de los cerramientos opacos, a la caracterización de los puentes térmicos lineales y a la caracterización de los huecos. Estas caracterizaciones incluirán aspectos como características geométricas y constructivas, espacio al que pertenecen, longitud o localización, entre otros.

#### HE2 – Condiciones de las instalaciones térmicas

La disposición objeto de esta exigencia básica explica lo siguiente:

*“Las instalaciones térmicas de las que dispongan los edificios serán apropiadas para lograr el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Esta es la única disposición que se establece en esta exigencia básica. En ella no aparece nada más pues, como se puede apreciar, emplaza al lector a acudir al Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE). Sobre él se hará alguna valoración en posteriores apartados del presente trabajo.

#### HE3 – Condiciones de las instalaciones de iluminación

En lo referente a las instalaciones de iluminación se dispone que:

*“Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, disponiendo de un sistema de control que permita ajustar su funcionamiento a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Una vez se ha caracterizado la exigencia, nos centraremos en la cuantificación de la misma. En este caso, procede hablar del valor de la eficiencia energética de la instalación



(VEEI). Este valor no deberá superar los valores límite dispuestos en la tabla 3.1-HE3; la cual se muestra a continuación:

Uso del recinto	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico <sup>(1)</sup>	3,5
Aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	3,5
Habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
<i>Zonas comunes</i> <sup>(4)</sup>	4,0
Almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos <sup>(5)</sup>	4,0
Estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
<i>Zonas comunes</i> en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas) <sup>(7)</sup>	6,0
Hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	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 <sup>(9)</sup>	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 11. Valores límite de la eficiencia energética de la instalación. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

En el caso de los aularios, nos interesa fijarnos en el uso del recinto como “Aulas y laboratorios”. La nota 2 de la tabla indica todas las instalaciones que se incluyen en este uso, tales como aulas de prácticas de ordenador, aulas de dibujo técnico, talleres, salas de estudio o de lectura...

También se ha de prestar atención a las “Zonas comunes”. Según la nota 4 de la tabla 3.1-HE3, aquí se incluyen los pasillos, los recibidores, las escaleras, los vestíbulos, los aseos públicos y demás espacios de tránsito utilizados por cualquier usuario. Por otro lado, las bibliotecas, y tal vez algunas salas de estudio con carácter de biblioteca, deben



ir englobadas en la categoría “Bibliotecas, museos y galerías de arte”. También se debe atender al uso del recinto como “Zonas comunes en edificios no residenciales”.

Como apunte adicional, el salón de actos que tiene la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid en su sede del Paseo del Cauce debería estar en la categoría “Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias”. Sin embargo, ninguno de los aularios objeto de estudio tienen espacios de estas características.

Ahora se verán las disposiciones establecidas referentes a la potencia total instalada de lámparas y equipos auxiliares, que se medirá por superficie iluminada. Dicha potencia no habrá de superar los valores límite establecidos en la tabla 3.2-HE3:

Uso	E Iluminancia media en el plano horizontal (lux)	Potencia máxima a instalar (W/m <sup>2</sup> )
Aparcamiento		5
Otros usos	≤ 600	10
	> 600	25

Tabla 12. Potencia máxima por superficie iluminada. Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

El punto 3.3 de esta exigencia básica versa sobre los sistemas de control y de regulación de los que deben disponer los sistemas de iluminación y regulación. Al respecto se comenta lo siguiente:

*“Las instalaciones de iluminación de cada zona dispondrán de un sistema de control y regulación que incluya:*

- a) un sistema de encendido y apagado manual externo al cuadro eléctrico, y*
- b) un sistema de encendidos por horario centralizado en cada cuadro eléctrico.*

*En zonas de uso esporádico (aseos, pasillos, escaleras, zonas de tránsito, aparcamientos, etc.) el sistema del apartado b) se podrá sustituir por una de las dos siguientes opciones:*

- un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia temporizado, o*
- un sistema de pulsador temporizado”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Cambiando de parámetro, ahora se comentará uno de los puntos más interesantes de esta exigencia básica. Se trata de los sistemas de aprovechamiento de la luz natural. En el punto 3.4 se establece lo siguiente:

*“Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural que regulen, automáticamente y de forma proporcional al aporte de luz natural, el*

nivel de iluminación de las luminarias situadas a menos de 5 metros de una ventana y de las situadas bajo un lucernario, cuando se cumpla la expresión  $T(A_w/A) > 0,11$  junto con alguna de las condiciones siguientes:

- zonas con cerramientos acristalados al exterior donde el ángulo  $\theta$  sea superior a 65 grados ( $\theta > 65^\circ$ ).
- zonas con cerramientos acristalados dando a patios o atrios descubiertos que tengan una anchura superior a dos veces la distancia entre el suelo de la planta de la zona en estudio y la cubierta del edificio:  $a_i > 2 h_i$
- zonas con cerramientos acristalados a patios o atrios cubiertos por acristalamientos donde la anchura del atrio en esa zona sea superior a  $2/T_c$  veces la distancia  $H_i$  ( $a_i > 2 \cdot h_i / T_c$ ).

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Con respecto al punto a), la Figura 3.4.a-HE3 del Documento Básico HE Ahorro de energía ilustra, a modo de ejemplo, el caso explicado; mostrando, como se puede ver a continuación, cual es el ángulo que forman cada una de las plantas o pisos de un edificio en presencia de un edificio cercano que supone un obstáculo al paso de la luz natural:

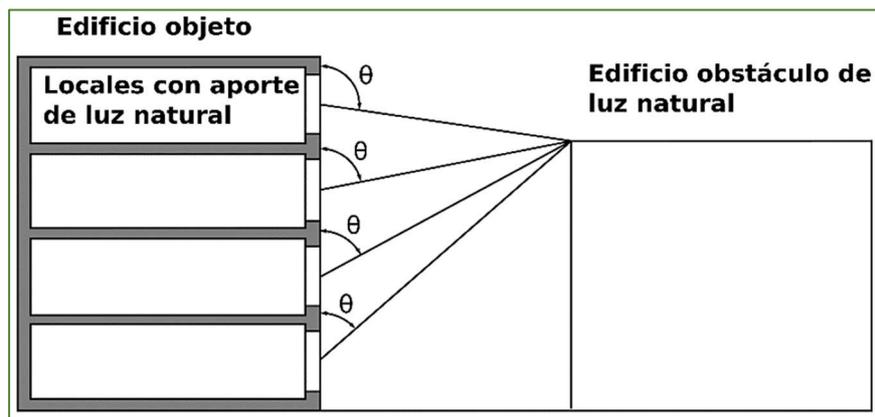


Ilustración 4. Ángulo que forma la luz natural en cada uno de los pisos de un edificio, en presencia de un edificio "obstáculo" (Figura 3.4.a-HE3). Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Para el punto b), la Figura 3.4.b-HE3 muestra un patio interior, entre dos edificios, en el que se evalúa, para cada una de las plantas del edificio objeto de estudio, la relación entre la anchura del patio a la altura de la planta y dicha altura con respecto al suelo:

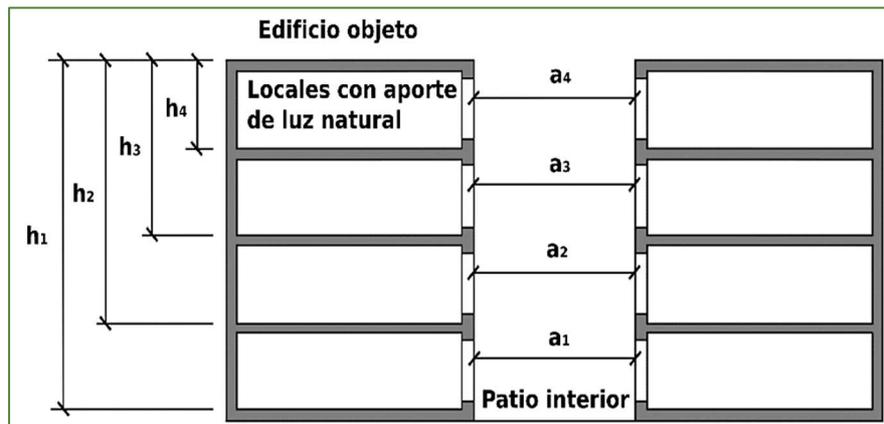


Ilustración 5. Relación de la anchura del patio interior y de la altura de cada planta de un edificio (Figura 3.4.b-HE3).  
Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Por último, el punto c) trata sobre patios o atrios interiores de condiciones similares a los anteriores, pero con presencia de un cerramiento acristalado. La Figura 3.4.c-HE3 ilustra este caso:

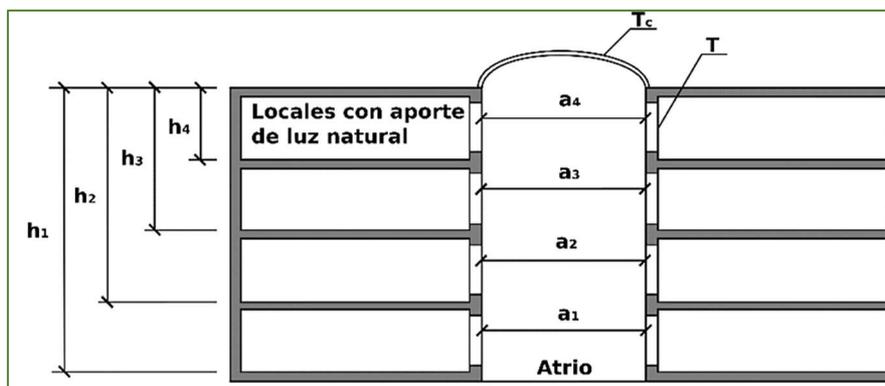


Ilustración 6. Situación de aporte de luz natural a través de un patio con cerramiento acristalado (Figura 3.4.c-HE3).  
Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Finalmente, se especifica la documentación que deben incorporar los documentos del proyecto para la adecuada justificación de esta exigencia. También se explican las cuestiones relativas a la construcción, ejecución, control de la obra y mantenimiento y conservación del emplazamiento.

HE4 – Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria

Para la quinta exigencia básica, correspondiente a la contribución mínima de energía renovable necesaria para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria (a la que en ocasiones se referirá el documento como ACS), se establece lo siguiente:

*“Los edificios satisfarán sus necesidades de ACS y de climatización de piscina cubierta empleando en gran medida energía procedente de fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables; bien generada en el propio edificio o bien a través de la conexión a un sistema urbano de calefacción”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)



Lógicamente, ni el aulario Esgueva ni el nuevo IndUVa disponen de piscina, por lo que lo referente a ese ámbito no será de aplicable en el presente trabajo. Sin embargo, sí que habrán de tenerse en cuenta aquellas cuestiones relativas al agua caliente sanitaria.

En el ámbito de aplicación de esta exigencia básica, se hace referencia a los cálculos que deben hacerse por medio de la tabla y de las expresiones dispuestas en el anejo F, relativo a la “Demanda de referencia de ACS”. Cabe destacar que ya se comentó y se expuso el contenido de este anejo en la exigencia básica HE0. Por lo tanto, no se expondrá nada más sobre él aquí.

Pasando a la cuantificación de la exigencia, hemos de detenernos, en primer lugar, en la contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables para cubrir la demanda de ACS. Recordando que los aularios objeto de estudio no disponen de piscina, el tercer punto de la exigencia básica establece lo siguiente:

*“La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d. Se considerará únicamente la aportación renovable de la energía con origen in situ o en las proximidades del edificio, o procedente de biomasa sólida.”*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Sin embargo, en la quinta disposición del apartado 3.1 se comenta que, dicha contribución renovable mínima, se puede sustituir total o parcialmente por energía residual. Se incluye en energía residual aquella procedente de diversos equipos (tales como equipos de refrigeración) y del calor residual procedente de la combustión de los motores de las bombas de calor.

En el apartado 3.2 se indica que los sistemas de medida de la energía suministrada, en concreto de la procedente de fuentes de energía renovables, estarán adecuados a las disposiciones establecidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), al cual ya se ha hecho alusión en otros puntos de este TFG.

Finalmente, y al igual que en todas las exigencias básicas anteriores, se especifica la documentación que deben incorporar los documentos del proyecto para la adecuada justificación de esta exigencia. Se incluyen aspectos como los siguientes:

- La demanda mensual de agua caliente sanitaria (ACS), incluyendo las correspondientes pérdidas.
- La contribución de energía procedente de fuentes renovables aportada para satisfacer las necesidades de energía.



- Cuando proceda, la contribución de la energía residual aportada; en los términos establecidos a lo largo de la HE4.

También se explican las cuestiones relativas a la construcción, ejecución, control de la obra y mantenimiento y conservación del emplazamiento.

HE5 – Generación mínima de energía eléctrica

Para la sexta, y última, exigencia básica, se dispone lo siguiente:

*“En los edificios con elevado consumo de energía eléctrica se incorporarán sistemas de generación de energía eléctrica procedente de fuentes renovables para uso propio o suministro a la red”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

En el ámbito de aplicación de la exigencia se explica que ésta es de aplicación para aquellos edificios con un uso distinto del residencial privado y se especifica que, además, la superficie de aplicación debe superar los 3000 m<sup>2</sup>.

Por su parte, la cuantificación de la exigencia establece dos expresiones para calcular la potencia mínima a instalar. La primera expresión indica el valor de dicha potencia y es la siguiente:

$$P_{min} = 0,01 \cdot S$$

Donde S es la superficie construida del edificio [m<sup>2</sup>]. Asimismo, la segunda expresión es la que indica el valor límite que no ha de ser superado.

$$P_{lim} = 0,05 \cdot S_C$$

Donde S<sub>C</sub> es la superficie construida de cubierta del edificio [m<sup>2</sup>]. Además, la exigencia básica comenta lo siguiente:

*“La potencia obligatoria a instalar, en todo caso, no será inferior a 30 kW ni superará los 100 kW”.*

(Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Finalmente, y repitiendo por enésima vez lo comentado en cada una de las exigencias básicas anteriores, se especifica la documentación que deben incorporar los documentos del proyecto para la adecuada justificación de esta exigencia. En este caso son dos puntos:

- El valor exigible de la potencia mínima a instalar.
- Cuantificación de la cantidad de esta procedente de fuentes renovables.

Y, por supuesto, también se explican las cuestiones relativas a la construcción, ejecución, control de la obra y mantenimiento y conservación del edificio.

Tras dar por terminada esta exigencia básica, se da por finalizado el subapartado de normativa relativa al Código Técnico de la Edificación. A continuación, se valorarán



brevemente algunas cuestiones dispuestas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), ya que se ha hecho alusión al mismo en diversos puntos de este subapartado.

### 3.3. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS – RITE

El actual RITE se aprobó a través del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Sin embargo, con posterioridad se han llevado a cabo diversas modificaciones y correcciones. La última de ellas viene dada por el Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

En el citado último Real Decreto se modifican numerosos artículos del RITE de 2007, pero para el estudio de este trabajo se utilizará la versión consolidada del de 2007, que data de septiembre del año 2013. No obstante, se emplaza al lector a revisar las modificaciones aprobadas en el Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo; para disponer de la información proporcionada por los últimos cambios.

En este trabajo, tan sólo se comentarán algunas cuestiones superficiales para dar una idea general de qué es el RITE y cuál es su utilidad, pero no se entrará en materia de forma detallada. Es por ello por lo que no se considera necesario ir comprobando todas y cada una de las modificaciones y se utilizará como guía la versión consolidada de 2013.

A modo de introducción, nos fijaremos en las disposiciones introductorias que se narran en el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio; para hacernos una idea de la trascendencia de este documento y del fin que se pretende alcanzar. En él se establece lo siguiente:

*“El reglamento que se aprueba constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas. [...]*

*«Las medidas que este reglamento contempla presentan una clara dimensión ambiental. Por un lado, contribuyen a la mejora de la calidad del aire en nuestras ciudades y, por otro, añaden elementos en la lucha contra el cambio climático. En el primer caso, se tiene en cuenta que los productos de la combustión son críticos para la salud y el entorno de los ciudadanos. Por eso, ahora se prevé la obligatoriedad de la evacuación por cubierta de esos productos en todos los edificios de nueva construcción. También se fomenta la instalación de calderas que permitan reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno y otros contaminantes, lo que supondrá una mejora en la calidad del aire de las ciudades. Asimismo, la contribución a la reducción de NOx debe facilitar el cumplimiento de compromisos ratificados por España, tanto internacionales (especialmente el Convenio de Ginebra sobre la contaminación transfronteriza a larga distancia) como comunitarios (en particular, la Directiva de Techos Nacionales de Emisión)”.*

(Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013)



Asimismo, se hacen varias alusiones a las directivas europeas y al Código Técnico de la Edificación; sobre las cuales ya se ha hablado en este bloque de normativa. En lo referente al CTE, se hace una mención especial al ámbito del ahorro de energía, que es el documento básico que ha centrado la mayor parte de este apartado.

Además, también se enumeran aquellos edificios y emplazamientos en los cuales no será de aplicación el RITE. Sin embargo, esto no afecta a los aularios Esgueva e IndUVA; por lo que no se profundizará en ese aspecto.

Si ahora se presta atención al índice del RITE (que viene como anexo del Real Decreto), vemos que este cuenta con diez capítulos y dos disposiciones generales en su parte primera y con cuatro instrucciones técnicas en su parte segunda. Finalmente, hay cinco apéndices. Los diez capítulos son los que se enumeran a continuación:

- Capítulo 1 – Disposiciones generales.
- Capítulo 2 – Exigencias técnicas.
- Capítulo 3 – Condiciones administrativas.
- Capítulo 4 – Condiciones para la ejecución de las instalaciones térmicas.
- Capítulo 5 – Condiciones para la puesta en servicio de la instalación.
- Capítulo 6 – Condiciones para el uso y mantenimiento de la instalación.
- Capítulo 7 – Inspección.
- Capítulo 8 – Empresas instaladoras y mantenedoras.
- Capítulo 9 – Régimen sancionador.
- Capítulo 10 – Comisión Asesora.

Por su parte, la disposición adicional primera es la relativa a los “Seguros y garantías de responsabilidad profesional” y, la disposición adicional segunda versa sobre las “Obligaciones de información”. A continuación, se enumerarán las cuatro instrucciones técnicas de la segunda parte del RITE:

- Instrucción Técnica 1 – Diseño y dimensionado.
- Instrucción Técnica 2 – Montaje.
- Instrucción Técnica 3 – Mantenimiento y uso.
- Instrucción Técnica 4 – Inspección.

Finalmente, para terminar de enumerar todos los puntos y apartados de los que dispone el RITE, se indicarán cuáles son los cinco apéndices de los que dispone el documento:

- Apéndice 1 – Términos y definiciones.
- Apéndice 2 – Normas de referencia.
- Apéndice 3 – Conocimientos de instalaciones térmicas en edificios.
- Apéndice 4 – Modelo de declaración responsable relativa al cumplimiento de los requisitos para el ejercicio de la actividad profesional de instalador o



mantenedor de instalaciones térmicas en los edificios en régimen de establecimiento.

- Apéndice 5 – Modelo de declaración responsable relativa al cumplimiento de los requisitos para el ejercicio de la actividad profesional de instalador o mantenedor de instalaciones térmicas en los edificios por empresas establecidas en un Estado miembro en régimen de libre prestación.

Por comentar algunos puntos de especial interés de este Reglamento, nos centraremos en las instrucciones técnicas. Por ejemplo, en la IT1 se establecen, entre otros parámetros, la temperatura operativa y la humedad relativa de diseño dependiendo de si estamos en época de verano o en época de invierno:

<b>Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño</b>		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 13. Temperatura operativa y humedad relativa en interiores. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013)

Continuando con las condiciones del aire interior otro punto importante es la calidad del aire interior, con el impacto del COVID este punto ha cobrado si cabe más importancia, existiendo 4 calidades de aire interior conforme al uso del espacio:

- IDA 1 (aire de calidad óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias, salas de lectura, museos... es la categoría comúnmente más utilizada.
- IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles...
- IDA 4 (calidad de aire baja).

En relación con la calidad del aire interior, tenemos en su contraparte la calidad del aire exterior que también tiene su clasificación propia:

- ODA 1: aire puro que puede contener partículas sólidas de forma temporal.
- ODA 2: aire con altas concentraciones de partículas.
- ODA 3: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.
- ODA 4: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.
- ODA 5: aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.



En base a la combinación de las condiciones interiores deseadas, con unas condiciones exteriores dadas, se establece el nivel de filtración que deben incorporar los equipos de ventilación instalados:

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9 (*)	F6/GF/F9 (*)	F6/F7	G4/F6

Tabla 144. Tabla 1.4.2.5 Clases de Filtración. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013)

También se incluyen los distintos métodos posibles de ventilación en base a la calidad del aire interior: método indirecto de aire exterior por persona, método directo por calidad del aire percibido, método directo por concentración de CO<sub>2</sub>, método indirecto de caudal de aire por superficie y método de dilución.

De los anteriores, los métodos más utilizados en los proyectos son el método indirecto por caudal de aire exterior por persona y el método directo por concentración de CO<sub>2</sub>, este último es el utilizado en el aula IndUVa objeto del presente trabajo, los valores utilizados se recogen en las siguientes tablas:

Categoría	dm <sup>3</sup> /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 15. Caudales de ventilación en L/s por persona. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013)

Categoría	ppm (*)
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1.200

Tabla 16. Concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013)



También dentro de este punto se indican una serie de indicaciones para la instalación de la filtración después de la sección de tratamiento, además de la protección de elementos como la sección de recuperación por una etapa de filtración mínima.

Se establece la exigencia de recuperación de calor del aire de expulsión siempre que el caudal de esta sea superior a 1800 m<sup>3</sup>/h.

Centrándonos ahora en la contabilización de los consumos, el RITE indica, en el punto 2 de su apartado 1.2.4.4, lo siguiente:

*“Las instalaciones térmicas de potencia útil nominal mayor que 70 kW, en régimen de refrigeración o calefacción, dispondrán de dispositivos que permita efectuar la medición y registrar el consumo de combustible y energía eléctrica, de forma separada del consumo debido a otros usos del resto del edificio”.*

(Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013)

En la instrucción técnica 3, en su tercer apartado, se trata la normativa relativa al programa de mantenimiento preventivo, que se llevará a cabo según lo dispuesto en la siguiente tabla:

<b>Tabla 3.1 Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad.</b>		
Equipos y potencias útiles nominales (Pn)	Usos	
	Viviendas	Restantes usos
Calentadores de agua caliente sanitaria a gas $P_n \leq 24,4$ kW	5 años	2 años
Calentadores de agua caliente sanitaria a gas $24,4$ kW < $P_n \leq 70$ kW	2 años	anual
Calderas murales a gas $P_n \leq 70$ kW	2 años	anual
Resto instalaciones calefacción $70$ kW $\leq P_n$	anual	anual
Aire acondicionado $P_n \leq 12$ kW	4 años	2 años
Aire acondicionado $12$ kW < $P_n \leq 70$ kW	2 años	anual
Instalaciones de potencia superior a 70 kW	mensual	mensual

Tabla 17. Periodicidad de las operaciones de mantenimiento preventivo, según su uso. Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013)

Por último, cabe destacar que, en varios puntos de esta instrucción técnica, y del resto, se mencionan diversos puntos del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, como sucede en el subapartado IT 3.4.3. de “Instalaciones de energía solar térmica”.

Tras dar por terminado este punto relativo al RITE, se da por finalizado el apartado de normativa.



#### 4. CASO PRÁCTICO COMPARATIVO AULARIO TRADICIONAL Y AULARIO nZEB

En este apartado, se van a definir los dos edificios objeto de estudio del presente trabajo, el aulario Esgueva y el nuevo aulario IndUVa. Para ello, se van a inventariar y analizar las instalaciones que los forman para, de un modo cuantitativo y cualitativo, conocer los servicios que estos emplazamientos deben prestar y poder así analizar y estudiar las necesidades en materia de eficiencia energética y ahorro de energía.

Se comenzará dicho análisis con el aulario Esgueva.

##### *4.1. AULARIO ESGUEVA*

Para desarrollar este subapartado, se tomará como referencia el estudio llevado a cabo por Marta López Lorenzo en su Trabajo de Fin de Grado, titulado “Certificación Energética de un Edificio Universitario Existente”.

En el segundo punto de dicho trabajo, (López Lorenzo, 2017) habla de la eficiencia y la certificación energética en España. Ahí, analiza el Real Decreto 235/2013 donde explica cuestiones tales como el ámbito de aplicación o las condiciones técnicas y administrativas para proceder a la realización de dicha certificación. También habla del procedimiento básico a seguir para que un edificio obtenga la certificación energética en España. Un punto importante que también comenta es el relativo a la metodología de cálculo a aplicar para obtener la calificación energética o calificación de la eficiencia energética de un edificio.

Por último, (López Lorenzo, 2017) también habla en el segundo punto de su TFG de los programas existentes para llevar a cabo simulaciones del comportamiento energético de los edificios y de cuáles son los oficiales establecidos por las autoridades competentes. Sin embargo, todo esto no es el objeto de estudio de este trabajo, por lo que se emplaza al lector a acudir al citado TFG para conocer más sobre estos aspectos.

Donde interesa acudir es al cuarto punto del trabajo, el correspondiente al caso práctico en el que se estudia el Aulario Esgueva.

El Aulario Esgueva se ubica en el campus del mismo nombre perteneciente a la Universidad de Valladolid. Este aulario dispone, en su planta baja, de una serie de aulas donde se imparten clases y seminarios de los distintos grados de la Escuela de Ingenierías Industriales y de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Sin embargo, las clases correspondientes a los grados de la Escuela de Ingenierías Industriales se han visto reducidas prácticamente a cero, debido al traslado de todos los grupos al nuevo Aulario IndUVa.

Por su parte, en la segunda planta del edificio hay una serie de salas de estudio (incluida una sala específica para uso de ordenadores) cuya concurrencia de estudiantes es especialmente notoria en las épocas de exámenes; que comprenden principalmente los

meses de diciembre, enero, mayo y junio. Aunque hay que destacar que hay grupos de estudiantes que acuden durante todo el curso académico, como sucede por ejemplo en el caso de los opositores.

Una vez introducido este edificio, habiendo comentado brevemente cuáles son sus usos principales, se mostrará una imagen de la fachada principal del edificio. Es la siguiente:



*Ilustración 7. Entrada principal del Aulario Esgueva. Fuente: (Tribuna Valladolid, 2016)*

A continuación, nos centraremos en el análisis de cada una de las plantas del edificio; que podemos establecer a efectos de estudio, en cuatro:

- Semisótano.
- Planta baja.
- Primera planta.
- Cubierta.

Al respecto, se comenta lo siguiente:

*“El semi-sótano es el lugar donde se ubica el aparcamiento y la sala de calderas, encontrándose uno de sus muros totalmente abierto.*

*«Tanto la planta baja como la planta primera tienen igual distribución, salvo que en la planta primera se encuentra la Sala de ordenadores y las Salas de Estudios. Ambas plantas están formadas por dos alas rectangulares separadas cada una por un vestíbulo. En cada una de estas alas se encuentran las diferentes aulas y seminarios, situándose los aseos al inicio y final de cada ala.*

*«Por último, la cubierta es plana salvo por una parte que es inclinada a dos aguas, alzándose por encima de la planta primera y haciendo las veces de porche, con unos tejadillos a los laterales y un tejado central que cruza el edificio. De esta planta no se tiene más información de su uso”.*

*(López Lorenzo, 2017)*



La distribución de superficie por plantas es la reflejada en la siguiente tabla para cada una de ellas:

Planta	Área (m <sup>2</sup> )
Semi-Sótano	2.786,99
Planta Baja	2.304,55
Planta Primera	2.304,55

Tabla 18. Superficie (en m<sup>2</sup>) de las plantas que forman el Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Si ahora se presta atención a las alturas, tanto del edificio en su conjunto como de cada una de las plantas individualmente, la autora comenta lo siguiente:

*“La altura máxima del edificio es de 16 metros, encontrándose 1,5 metros bajo rasante y los otros 14,5 metros sobre rasante. La parte bajo rasante se corresponde con el semi-sótano del edificio que presenta 2 metros de altura sobre el nivel del suelo.”*

(López Lorenzo, 2017)

Acompañando a dicha descripción, se puede mostrar la siguiente tabla; que refleja las alturas de las distintas plantas que conforman el Aulario Esgueva, mostrando tanto la cota de forjado a forjado como la cota absoluta, tal y como explica (López Lorenzo, 2017) en su estudio:

Planta	Cota Relativa (m)	Altura (m)
Semi-Sótano	-1,5	3,5
Planta Baja	2	4,5
Planta Primera	6,5	4,5
Planta Superior	11	3,5

Tabla 19. Altura (en m) de las plantas del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Como se puede ver, la cota relativa muestra la diferencia de altura con respecto a la superficie, es decir, a qué distancia queda el suelo de cada planta respecto a la del exterior tomada como referencia. Por su parte, la altura representa, como ya se ha mencionado, la distancia entre el suelo y el techo de cada planta.

En función de las alturas, podrían variar aspectos tales como la incidencia del sol en cada planta, la distribución del aire en su interior, causando efectos como la estratificación del mismo, el tamaño de las ventadas aportando mayor o menor iluminación natural a las estancias.

Tal y como podemos apreciar, el semisótano y la cubierta tienen una altura idéntica e igual a 3,5 metros. Por su parte, la planta baja y la primera planta también tienen idéntica altura, pero en este caso es un metro mayor, es decir, 4,5 metros. Como se puede extraer de las tablas de altura y de superficie, así como de las descripciones de la autora, es factible afirmar que ambas plantas son iguales de cara a desarrollar el análisis energético. Las conclusiones serán similares para estas dos plantas, cuando no idénticas, en la mayoría de los casos, lo que marcará la diferencia será el horario y el uso para el que se destinen estos espacios.

A continuación, se analizará de forma individual cada una de las plantas. A modo de inventario, se irán determinando las distintas partes, zonas y demás demarcaciones que las forman. Todo ello con el objetivo de ir desgranando el edificio para, de esta forma, facilitar los análisis a desarrollar para cumplir con los objetivos energéticos establecidos por las reglamentaciones y normativas vigentes, las cuales ya se comentaron en el segundo bloque de este trabajo. Se comenzará esta labor por el semisótano del edificio.

#### 4.1.1. Semisótano del Aulario Esgueva

Como ya se ha mostrado, el semisótano cuenta con una superficie de 2786,99 metros cuadrados. Según explica (López Lorenzo, 2017), 201,73 metros cuadrados son ocupados por el grupo electrógeno, la sala de calderas del edificio, la maquinaria de los ascensores y los accesos a las plantas superiores. Los restantes 2585,26 metros cuadrados forman el aparcamiento del aulario, que dispone de 82 plazas.

A continuación, se mostrará el plano correspondiente al semisótano, dando seguidamente una muy breve descripción de este:

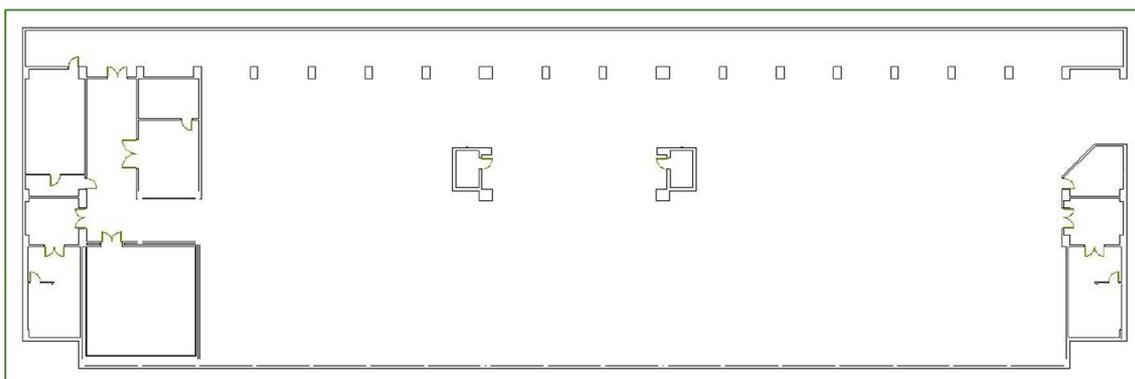


Ilustración 8. Plano del semisótano del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Como se puede ver, la parte central es la correspondiente al aparcamiento, hallándose la sala de calderas, los accesos a las plantas superiores, el grupo electrógeno y las demás instalaciones en las partes laterales de la planta. En el centro del plano se ven dos espacios, que cuentan con sendas puertas que permiten el acceso a su interior. Se trata de los ascensores, que se hayan en la parte central del edificio y llegan hasta la planta superior.

#### 4.1.2. Planta baja del Aulario Esgueva

Al igual que en el caso del semisótano, conviene recordar la superficie de la que dispone esta planta. En este caso, cuenta con 2304,55 m<sup>2</sup>. La distribución está realizada tal y como se relata a continuación:

*“Está dividida en dos alas simétricas rectangulares separadas por un vestíbulo y una escalera central. En cada una de estas alas se encuentra un seminario, aulas, accesos a garaje y a la planta primera, aseos y un pasillo”.*

(López Lorenzo, 2017)

A continuación, se muestra el plano de la planta baja para, posteriormente, proceder a desarrollar algunas breves explicaciones acerca del mismo:

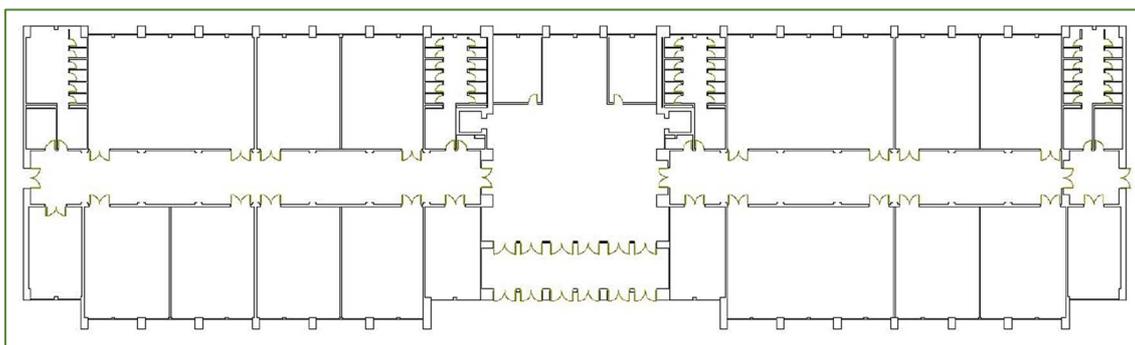


Ilustración 9. Plano de la planta baja del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

En este caso, podemos apreciar como el plano adquiere un mayor grado de complejidad con respecto a su homólogo del semisótano. Si primero fijamos la vista en la parte central del plano, abajo vemos dos filas de puertas con un breve pasillo entre medias. Esos son los accesos principales al edificio que, efectivamente, cuenta con dos filas de seis puertas cada una. Una vez superadas las puertas de acceso (que ahora disponen de lector de tarjetas para permitir el acceso únicamente a los estudiantes universitarios y a los demás miembros de la comunidad universitaria), nos encontramos con un enorme vestíbulo. En este vestíbulo nos podemos encontrar con dos filas dobles de bancos, situadas perpendicularmente con respecto a las puertas. Entre medias de estas filas de bancos y por los lados se puede transitar libremente, bien hacia las escaleras de acceso a la planta superior, que se sitúan en el centro de la parte superior de la parte central, o bien hacia los pasillos laterales que a continuación comentaremos. También cabe destacar la presencia de máquinas expendedoras (de café, de alimentos, de material escolar, de bebidas...) que hay dispuestas a lo largo del vestíbulo. Asimismo, a mano derecha de las escaleras, está el puesto de control del edificio, en el que se hayan las pantallas de visualización de las distintas cámaras de vigilancia que hay en todo el aulario.

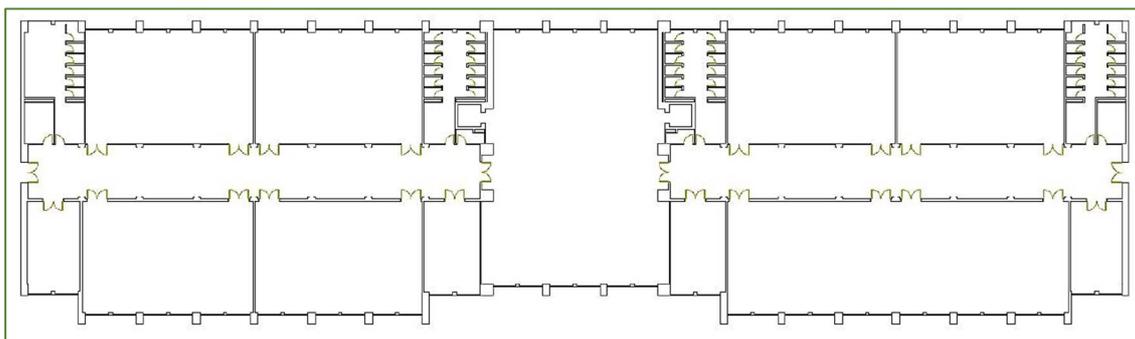
Del vestíbulo salen dos grandes pasillos, uno a mano derecha y otro a mano izquierda, que recorren toda la planta. Ambas alas son cuasi simétricas, por lo que se analizará sólo una. Justo al acceder al pasillo y al final de este, es decir, en los extremos, se encuentran

los baños. Las grandes estancias que hay en la parte central de cada ala son las aulas o seminarios. Y al final de cada pasillo, en el lado opuesto de los baños, se hallan las escaleras de acceso al resto de plantas del edificio.

Por último, se puede mencionar el hecho de que las aulas más grandes cuentan con dos puertas de acceso, mientras que las aulas más pequeñas sólo disponen de una. Sólo hay dos tamaños de aula: aulas grandes y aulas pequeñas. Las aulas grandes son del doble de tamaño que las pequeñas. La diferencia entre ambas alas radica en esto precisamente. El ala derecha cuenta con dos aulas grandes y cuatro pequeñas, mientras que el ala izquierda dispone de una única aula grande y de seis aulas pequeñas.

### 3.1.3. Planta primera del Aulario Esgueva

Reincidiendo una y otra vez en lo ya expuesto en varios puntos de este apartado, la planta primera es similar, cuando no idéntica, a la planta baja en multitud de aspectos. Dicho lo cual, conviene matizar algunas diferencias interesantes que sí existen. La superficie de la planta es la misma: 2304,55 m<sup>2</sup>. Antes de desarrollar explicación alguna, se muestra el plano de la planta, que ayudará a entender mejor todo lo que se comente después:



*Ilustración 10. Plano de la planta primera del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)*

En la parte superior de la parte central se hallan las escaleras que llegan desde la planta baja (aunque en este plano no aparecen representadas). Toda la parte inferior de dicha parte central está repleta de mesas y sillas, dispuestas para que la gente coma o almuerce. Asimismo, este espacio cuenta con máquinas expendedoras, como el vestíbulo de la planta baja, y con microondas, para que la gente pueda calentar sus comidas. Éste es un espacio muy concurrido a lo largo de todo el día, especialmente en época de exámenes, aunque los ventanales que tienen permiten su correcta ventilación, algo a lo que también ayuda que se trate de un espacio abierto y diáfano. Lógicamente, estos ventanales provocan que se trate de un sitio muy bien iluminado.

Al igual que en la planta baja, de esta zona central salen dos alas cuasi simétricas, recorridas transversalmente por un ancho pasillo. Los baños y las escaleras siguen una distribución idéntica a la expuesta en la planta baja. Sin embargo, sí que se pueden apreciar algunas diferencias en lo referente a las grandes estancias centrales. En el ala izquierdo hay cuatro aulas grandes, como las que había en la planta baja. Cada una



cuenta con dos puertas de acceso. Por el contrario, el ala derecha sí que sigue una distribución que varía notoriamente con respecto a las comentadas hasta ahora. Según se entra en el pasillo derecho, a mano izquierda hay dos estancias del mismo tamaño que las aulas grandes. Se trata de aulas de estudio cuya disposición se basa en los conocidos como “cubos”. Es decir, dispone de tres filas dobles formadas por compartimentos individuales que se hallan separados por tablas, que conforman una cadena con forma de diente de sierra si viera desde arriba. Por su parte, a mano derecha del pasillo, hay una estancia, del doble de tamaño de las aulas grandes. Se trata de una sala de estudio común, formada por grandes mesas dispuestas a lo largo de dos largas filas que atraviesan toda la sala.

Por último, la pequeña sala que hay antes de esta gran sala de estudio, es una sala de ordenadores. Antes era el único sitio en el que se podía trabajar con ordenador, ya que era la única estancia que disponía de enchufe en cada asiento. Sin embargo, la creciente demanda del uso de ordenadores por parte de los estudiantes ha provocado que en los últimos cursos se hayan instalado enchufes en cada puesto de estudio, tanto en la sala de estudio grande como en las dos salas de “cubos”.

Tras esta última valoración, se da por finalizado el análisis de las plantas del aulario y de su distribución.

#### 4.1.4. Cerramientos en el Aulario Esgueva

En este punto, para definir y caracterizar los cerramientos que componen el edificio, se atenderá al estudio llevado a cabo por Marta López Lorenzo en su Trabajo de Fin de Grado, titulado “Certificación Energética de un Edificio Universitario Existente”. Este es un punto de enorme trascendencia de cara a la adecuada evaluación energética del edificio, por lo que se tratará de exponer de la forma más detallada posible.

*“Para una correcta y real simulación del edificio, se han de definir los cerramientos del mismo de la forma más fiel posible. Para ello es necesario conocer los materiales que los componen, junto con sus características, espesores y orden de colocación de las diferentes capas. Los materiales empleados en la definición del edificio han sido tomados de la memoria constructiva del proyecto original, así como sus espesores y orden de colocación de las capas”.*

(López Lorenzo, 2017)

En primer lugar, se comenzará con la solera que, tal y como explica (ReformaSuCasa.es, 2017), se puede definir como el revestimiento natural del interior de los edificios. Generalmente, está formado por una capa resistente de hormigón en masa. Tal y como comenta (ReformaSuCasa.es, 2017), su función radica en separar el terreno (la tierra o superficie sobre la que se haya la edificación) y la propia construcción. En el caso del aulario Esgueva se tiene lo siguiente:



Nombre	Solera	
Capas	Hormigón armado	20 cm
	Polietileno	0,1 cm
	Arena y grava	15 cm
Transmitancia Térmica U	2,667 W/m <sup>2</sup> K	

Tabla 20. Composición por capas y transmitancia térmica de la solera. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

A continuación, se valorará la fachada, que es uno de los elementos más importantes de cualquier construcción; principalmente por el hecho de que es la parte más visible y aquella que debe agrupar en su diseño y confección criterios estéticos, energéticos, arquitectónicos, por otra parte, es el cerramiento exterior en contacto con el ambiente y principal foco de intercambio energético con este.

Nombre	Fachada	
Capas	Ladrillo perforado	11,5 cm
	Mortero de cemento	1,5 cm
	Cámara de aire sin ventilar	6 cm
	Poliestireno expandido	6 cm
	Ladrillo hueco doble	6cm
	Enlucido de yeso	1,5 cm
Transmitancia Térmica U	0,935 W/m <sup>2</sup> K	

Tabla 21. Composición por capas y transmitancia térmica de la fachada. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

El siguiente punto por comentar es el tabicón que conforma las particiones interiores del edificio, se caracteriza en el caso del Aulario Esgueva de la siguiente forma:

Nombre	Tabicón	
Capas	Enlucido de yeso	1,5 cm
	Ladrillo hueco doble	9 cm
	Enlucido de yeso	1,5 cm
Transmitancia Térmica U	1,81 W/m <sup>2</sup> K	

Tabla 22. Composición por capas y transmitancia térmica del tabicón. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Un tabicón se puede definir como sigue:

*“Elemento constructivo que conforma las particiones interiores de las zonas húmedas de un edificio (por la necesidad de practicar rozas para las instalaciones) o las divisiones entre estancias de distinto uso. Es una pared realizada con ladrillos cerámicos huecos dobles, recibidos en el caso de constituir particiones de zonas húmedas con mortero de cemento, enfoscados posteriormente y sobre los que se dispone un alicatado o pasta de yeso y*



*enlucidos para el resto de las divisiones. Al igual que en los tabiques, no tienen función estructural y no deben verse afectados por movimientos estructurales”.*

(Fundación Laboral de la Construcción, 2006)

Al tratarse de un término menos cotidiano que otros estudiados, como por ejemplo la fachada o la cubierta, se ha considerado interesante incluir una definición detallada de este elemento constructivo que, como se puede comprender, tiene una elevada importancia en este campo de los cerramientos.

Ya que se la acaba de mencionar, el siguiente elemento objeto de caracterización será la cubierta del aulario, que se describe en materia de cerramientos como sigue:

<b>Nombre</b>	Cubierta No Transitable	
<b>Capas</b>	Arena y grava	5 cm
	Mortero de cemento	5 cm
	Poliestirenoextruído	4 cm
	Lámina bituminosa	0,4 cm
	Hormigón ligero	30cm
<b>Transmitancia Térmica U</b>	0,38 W/m <sup>2</sup> K	

Tabla 23. Composición por capas y transmitancia térmica de la cubierta. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Por último, se valorará el tejado, que en el caso del Aulario Esgueva está formado por tres capas: una intermedia de espuma de poliuretano y otras dos de acero inoxidable que la cubren.

<b>Nombre</b>	Tejado	
<b>Capas</b>	Acero inoxidable	0,1 cm
	Espuma de poliuretano	3 cm
	Acero inoxidable	0,1 cm
<b>Transmitancia Térmica U</b>	0,825 W/m <sup>2</sup> K	

Tabla 24. Composición por capas y transmitancia térmica de la cubierta. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Tras la caracterización del tejado, se da por finalizada la exposición relativa a los cerramientos. A continuación, se dará paso al inventariado de las ventanas.



#### 4.1.5. Ventanas y puertas del Aulario Esgueva

A modo introductorio y explicativo, la autora del estudio comienza analizando las ventanas con las que se ha construido el Aulario Esgueva de la siguiente forma:

*“Todas las ventanas del edificio son del mismo tipo, aunque de distintas dimensiones dependiendo de la zona del edificio. Son ventanas de acristalamiento doble de tipo CLIMALIT, con dos hojas de 4 milímetros (una interior y otra exterior) y una cámara de aire entre medias de 6 milímetros (4/6/4). El marco de todas ellas será metálico, en concreto de aluminio lacado en color rojo. Las ventanas correspondientes a aulas y seminarios tienen persianas en este mismo color rojo”.*

(López Lorenzo, 2017)

La caracterización de las ventanas viene dada por la siguiente tabla:

<b>Nombre</b>	Ventana
<b>Acristalamiento</b>	Doble con cámara de aire 4 mm / 6 mm / 4 mm
<b>Marco</b>	Metálico sin rotura de puente térmico
<b>Transmitancia térmica del hueco</b>	2,665 W/m <sup>2</sup> K

Tabla 25. Composición y transmitancia térmica de las ventanas del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Es importante destacar que la superficie acristalada tiene un gran impacto energético, ya que es través de este componente y debido a la elevada transmisividad del vidrio, donde mayor intercambio energético se produce con el exterior, originando una mayor carga del edificio y originando un consumo energético superior.

Dentro de este subapartado es imprescindible hacer una breve mención al semisótano. Tal y como ya se ha comentado en anteriores subapartados de esta memoria, hay una parte de éste que se encuentra sobre rasante. En la fachada posterior, esta parte no está cubierta ni protegida de ninguna manera. Sin embargo, en la fachada principal sí. A ambos extremos de dicha fachada principal se encuentran dispuestas dos rejillas metálicas de ventilación. Éstas son de aluminio lacado en color rojo, siguiendo la estética de las ventanas del edificio. Su caracterización viene dada por medio de la siguiente tabla:

<b>Nombre</b>	Rejilla de Ventilación
<b>Material</b>	Aluminio
<b>Marco</b>	Metálico sin rotura de puente térmico
<b>Transmitancia térmica del hueco</b>	0,461 W/m <sup>2</sup> K

Tabla 26. Composición y transmitancia térmica de las rejillas de ventilación. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Con ello, ya se puede dar paso al último aspecto de este subapartado, que es el referente a las puertas. Sobre ellas se puede comentar lo siguiente:

*“Las puertas exteriores del edificio son de cristal con marco de aluminio lacado en rojo, al igual que las de entrada al vestíbulo principal. Las puertas interiores son de madera, exceptuando las de acceso a cuartos de instalaciones que son de chapa de acero”.*

(López Lorenzo, 2017)

Tras esta breve descripción, se da por finalizado el presente punto, dando paso a hablar de la iluminación, otro punto de especial relevancia a la hora de diseñar y planificar cualquier edificación.

#### 4.1.6. Iluminación del Aulario Esgueva

La iluminación instalada en el Aulario Esgueva se puede describir de la siguiente forma:

*“La iluminación artificial de todo el edificio se basa en fluorescentes empotrados de 36 W. A continuación, se muestra una imagen de la iluminación de uno de los pasillos”.*

(López Lorenzo, 2017)

En la imagen que se adjunta a continuación, se pueden ver las instalaciones de iluminación que cubren todas las estancias del aulario. En concreto, se trata de la sala de estudio grande, ubicada en el ala derecha de la segunda planta:



Ilustración 11. Interior de la sala de estudio del Aulario Esgueva. Fuente: (Foursquare, 2021)

#### 4.1.7. Instalaciones de calefacción y climatización del Aulario Esgueva

En primer lugar, se comentará todo lo referente a la instalación de calefacción de la que dispone el Aulario Esgueva. Ésta se puede subdividir en los radiadores y en las calderas. La red de radiadores, así como las calderas que los alimentan se pueden describir de la siguiente manera:

*“Estos radiadores están distribuidos en 3 circuitos: circuito norte, circuito sur y circuito zona de pasillos. La alimentación de estos circuitos se realizará a través de dos calderas, situadas en el semi-sótano, mediante tuberías de acero negro”.*

(López Lorenzo, 2017)

Para clarificar la descripción se adjunta el siguiente esquema de la instalación, en el que se muestran ambas calderas con la potencia de estas, alimentando los tres circuitos del edificio:

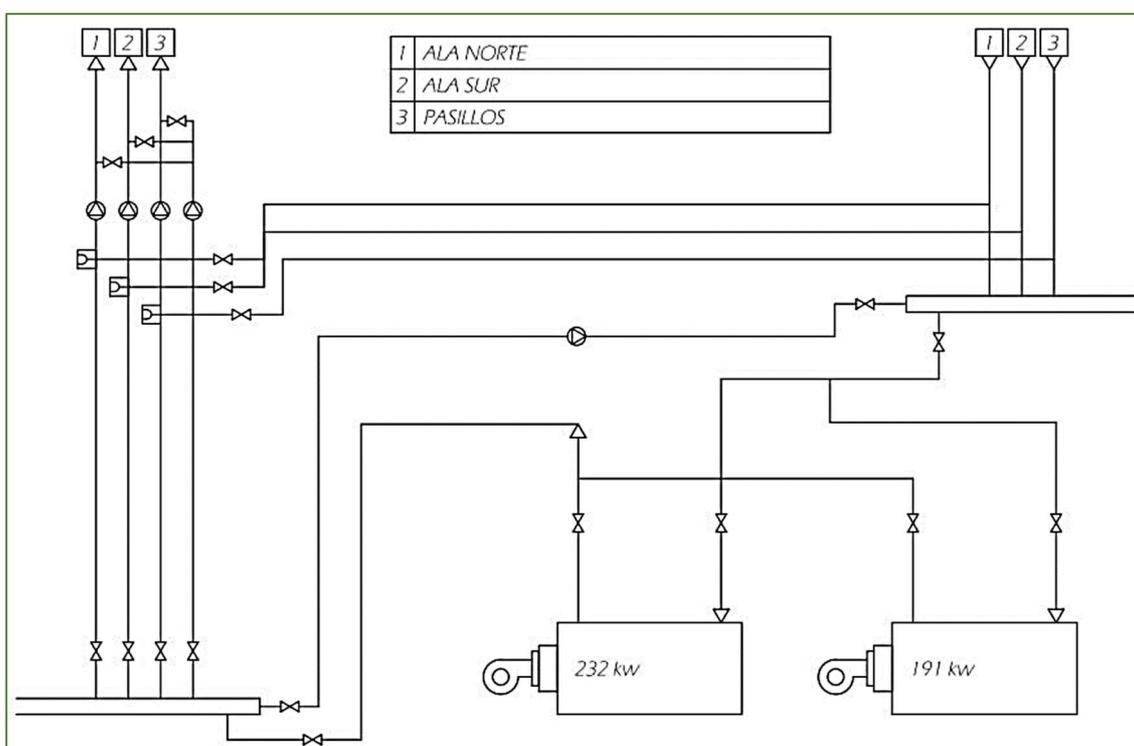


Ilustración 12. Instalación de calefacción del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Como se puede apreciar, la red de tuberías es considerablemente extensa, por lo que es uno de los puntos más importantes de esta instalación, al cual se le debe prestar especial atención. Por su parte, también destaca el hecho de que las dos calderas no están dimensionadas de forma simétrica. Una es capaz de proporcionar 232 kW, mientras que la otra sólo puede ofrecer 191 kW. Aunque la diferencia no sea grandísima, sí que resulta interesante comentarlo, aunque estas trabajen de forma paralela en el edificio para alimentar los circuitos.

Además de las numerosas válvulas de paso que hay dispuestas a lo largo de toda la red de tuberías, también conviene mencionar aquellas bombas que están dispuestas en diversos puntos estratégicos de la instalación. El último punto que se contemplará, en lo referente a la instalación de calefacción, es el relativo a los radiadores. Según explica (López Lorenzo, 2017) en su trabajo de fin de grado, se trata de radiadores de aluminio inyectado de la marca FERROLI y que presentan un frontal plano. En la siguiente tabla se pueden ver sus características:

Marca	FERROLI
Serie	EUROPA
Material	Aluminio
Dimensiones del elemento en mm (Ancho / Fondo / Altura)	80 / 100 / 781
Emisión calorífica del elemento Para un $\Delta T = 50^\circ C$	135,8 kcal/h

Tabla 27. Características de los radiadores del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)



Ilustración 13. Radiador Ferrolí del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Lo siguiente es hablar de las calderas. Sobre ellas, la autora comenta lo siguiente:

*“El edificio cuenta con dos unidades de calderas a gasóleo de la marca ROCA gobernadas por una central de regulación electrónica “SAUTER” modelo “EQUITHERM-M10” que distribuye el agua de calefacción en tres circuitos. Las calderas van equipadas cada una con su quemador correspondiente”.*

(López Lorenzo, 2017)

La primera caldera que se evaluará es la de 191 kW. Sus principales características vienen dadas en la tabla que se muestra a continuación:



Modelo	Roca NTD-165
Combustible	Gasóleo
Fluido caliente	Agua
Temperatura máxima	100 °C
Potencia	191 kW
Rendimiento	0,90

Tabla 28. Características de la caldera de 191 kW del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Por su parte, el quemador que acompaña a esta caldera, que también es del fabricante ROCA, reúne las siguientes características y propiedades:

Modelo	Roca Presomatic GO 30
Combustible	Gasóleo
Caudal	(15 – 30) kg/h
Potencia	(177 – 355) kW

Tabla 29. Características del quemador de la caldera de 191 kW. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Ahora procede hablar de la segunda caldera. Si bien la primera era un modelo ROCA NTD-165, ésta segunda es una caldera ROCA NTD-200. Tal y como ya se comentó, éste segundo modelo ofrece una potencia superior a la primera; concretamente es capaz de generar 232 kW. Sus características y propiedades se especifican a continuación:

Modelo	Roca NTD-200
Combustible	Gasóleo
Fluido caliente	Agua
Temperatura máxima	100 °C
Potencia	232 kW
Rendimiento	0,90

Tabla 30. Características de la caldera de 232 kW del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Como se puede apreciar, la única diferencia que hay entre los dos modelos es, precisamente, la potencia que pueden proporcionar a la red. Sin embargo, el resto de los parámetros son los mismo, pues ambas utilizan gasóleo como combustible y agua como fluido caliente. También tienen la misma temperatura máxima (igual a 100 °C) y un rendimiento de 0,9.

De igual forma que en el caso anterior, esta caldera también está acompañada por un quemador, cuyas características y propiedades se enumeran en la siguiente tabla:

Modelo	Roca Presomatic GO 32
Combustible	Gasóleo
Caudal	(15 - 30) kg/h
Potencia	(177 - 355) kW

Tabla 31. Características del quemador de la caldera de 232 kW. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

En lo referente a los quemadores, sí que podemos indicar que sus características son iguales. El primero es un quemador ROCA Presomatic GO 30. El segundo un ROCA Presomatic GO 32. Pese a no tratarse del mismo modelo, las tablas que ofrece la autora del estudio muestran que ambos emplean gasóleo como combustible y que ambos trabajan con un caudal que puede oscilar en un rango de entre 15 y 30 kg/h. Asimismo, también coinciden en el rango de potencias para el que están habilitados; éste va desde 177 kW hasta 355 kW. Puesto que las calderas generan 191 y 232 kW respectivamente.

Para finalizar el inventario del sistema de calefacción se muestra una foto de las calderas insitu:



Ilustración 14. Calderas del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Con ello, se da por completado el análisis de la instalación de calefacción del Aulario Esgueva. Seguidamente, se pasará a desarrollar el análisis de la instalación de climatización que tiene el edificio. Éste será el último punto de este apartado de descripción y caracterización del Aulario Esgueva.

Con respecto a la instalación de climatización con la que cuenta el Aulario Esgueva, la autora del estudio explica lo siguiente:

*“Esta instalación va a estar compuesta por sistemas de expansión directa, splits, compuestos por unidad exterior e interior, colocadas en las Aulas 21, 22, 24 y Sala de estudio de la planta primera.*

*Las unidades exteriores de estas máquinas se encuentran en la parte descubierta del garaje. Cada una de estas unidades exteriores tiene conectadas dos unidades interiores tipo cassette empotradas en el techo”.*

(López Lorenzo, 2017)

Las unidades interiores tipo cassette a 4 vías, que son la parte evaporadora del conjunto multi-split del edificio muestran la siguiente estética:



*Ilustración 15. Unidad interior del sistema de climatización del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)*

Por su parte, las unidades exteriores o condensadores se radican en el semisótano, en su parte descubierta, documentándose en la siguiente imagen:



*Ilustración 16. Unidad exterior del sistema de climatización del Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)*



Finalizando este apartado, y a modo de inventario, se ofrece una tabla en la que se detallan todos los modelos de las unidades de aire acondicionado con las que cuenta el sistema de climatización del edificio. Asimismo, se detallan sus principales características y propiedades:

ZONA	MARCA	Unid. Exterior	Unid. Interior	Pot. Calorífica (Kw)	Pot. Frigorífica (kw)
Aula 21	Mitsubishi Daiya	FDCP808HES3	FTD508A	22,40	20,00
Aula 24	Mitsubishi Daiya	FDCP1008HES3	FTD408A	28,00	25,00
Aula 22	Mitsubishi Daiya	FDCP808HES3	FTD408A	22,40	22,00
Sala de Estudio	Mitsubishi Electric	PUH 10 YE	PLH-5 AKS	28,40	26,00
Sala de Estudio	Mitsubishi Electric	PUH 10 YE	PLH-5 AKS	28,40	26,00

*Tabla 32. Unidades de aire acondicionado disponibles en el Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)*

Como se puede ver, los modelos que más potencia, tanto calorífica como frigorífica, pueden aportar son aquellos dispuestos en la Sala de Estudio grande. Se trata de modelos Mitsubishi Electric que pueden generar 28,4 kW de potencia calorífica y 26 kW de potencia frigorífica.

A continuación, se procederá hacer un estudio similar al que se ha hecho para el Aulario Esgueva para el nuevo Aulario IndUVa.



#### 4.2. NUEVO AULARIO INDUVA

El nuevo aulario IndUVA, perteneciente a la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid, surge por la necesidad de agrupar, en una misma sede, la docencia de todos los grados que se imparten en la Escuela. Los grados que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales son los siguientes:

- Grado en Ingeniería Biomédica.
- Grado en Ingeniería Eléctrica.
- Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.
- Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática.
- Grado en Ingeniería en Organización Industrial.
- Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.
- Grado en Ingeniería Energética.
- Grado en Ingeniería Mecánica.
- Grado en Ingeniería Química.

Además, el nuevo aulario IndUVA también acoge parte de la docencia de algunos de los másteres que se imparten en la Escuela. El listado de másteres es el que se enumera a continuación:

- Máster en Ingeniería Industrial.
- Máster en Dirección de Proyectos.
- Máster en Electrónica Industrial y Automática.
- Máster en Energía: Generación, Gestión y Uso Eficiente.
- Máster en Gestión de la Prevención de R. Laborales, Calidad y M. Ambiente.
- Máster en Ingeniería Ambiental.
- Máster en Ingeniería de Automoción.
- Máster en Ingeniería de Diseño Industrial.
- Máster en Ingeniería Química.
- Máster en Investigación en Ingeniería de Procesos y Sistemas Industriales.
- Máster en Logística.

Se ha considerado de sumo interés incluir el listado, tanto de los grados como de los másteres que se pueden cursar en la Escuela de Ingenierías Industriales, para hacer hincapié en la gran cantidad de alumnos que, cada curso, acuden a las instalaciones de la Escuela. Anteriormente, la docencia de los grados se dividía entre la sede del Paseo del Cauce (donde se incluye el Aulario Esgueva, que también acogía parte la docencia) y la sede de Francisco Mendizábal. El objetivo era agrupar a los estudiantes de ambas sedes en una única, y éste fue el nacimiento del aulario IndUVA.

Pese a lo indicado, la sede de Paseo del Cauce sigue en funcionamiento, pues en ella se siguen ubicando los despachos de los profesores (aunque también está en proyecto que sean trasladados a la nueva sede), la biblioteca, el negociado y varias aulas de



ordenadores y laboratorios. Todo ello, por el momento, se seguirá cursando en Paseo del Cauce. Además, a diferencia de los grados (que se impartirán en su totalidad en el aulaario IndUVa), los másteres sí que siguen dando toda o parte de su docencia en la sede del Paseo del Cauce, como ya se ha indicado.

Para cuantificar esto, se puede acudir a la página web de la Escuela de Ingenierías Industriales (<https://eii.uva.es/>), donde hay una sección dedicada al nuevo aulaario IndUVa. En dicha sección, se indica que el aulaario dispone de 34 aulas, capaces de acoger en torno a 2500 alumnos. Si se acude a la ficha técnica que, a modo de resumen, podemos encontrar en la citada web, se pueden ver algunos datos de interés acerca del edificio. En primer lugar, la distribución de las 34 aulas es como se indica a continuación:

- 18 aulas grandes – con capacidad para 80 alumnos.
- 6 aulas medianas – con capacidad para 60 alumnos.
- 10 aulas pequeñas – con capacidad para 40 alumnos.

Asimismo, se especifica que todas las aulas cuentan con el equipamiento necesario para potenciar el trabajo del alumno, así como todo lo necesario para desarrollar una docencia multimedia (como por ejemplo conexión Wifi en todo el edificio).

La fecha de puesta en servicio del nuevo aulaario IndUVa fue el 10 de septiembre de 2018. Por su parte, la superficie construida es de 5845 m<sup>2</sup>. Seguidamente, en la ficha técnica resumen se incluyen una serie de características que permiten definir mejor cuales son las principales ventajas de este edificio con respecto a otros de usos similares. Dichas características son las siguientes:

- *“Integrado con el edificio histórico en rehabilitación.*
- *Sostenible.*
- *Entorno natural por la biodiversidad de la parcela y por la integración de cubiertas vegetales que crean hábitats de vida silvestre.*
- *Materiales de construcción de baja toxicidad o “saludables”.*
- *Iluminación interior natural.*
- *Integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos.*
- *Calentamiento mediante la red de calor por biomasa de la UVa (District Heating).*
- *Energéticamente eficiente”.*

(Escuela de Ingenierías Industriales, 2016)

La ficha técnica también habla del objeto de estudio y análisis de este TFG, es decir, del ámbito de la eficiencia energética. A su respecto, comenta lo siguiente:

*“En el aspecto energético, aborda un especial reto: conseguir una máxima eficiencia para esta alta ocupación con patrón de uso discontinuo y variable utilizando una combinación de sistemas pasivos y activos, los recursos energéticos renovables de la parcela, una muy especial gestión de la demanda*



*para adaptarse al peculiar programa, y soluciones innovadoras en sistemas pasivos que complementan a los convencionales, como son el incremento de iluminación natural por fibra óptica y materiales de cambio de fase en situaciones puntuales.*

*La eficiencia energética se consigue con una combinación de energías renovables y sistemas: un cuidadísimo control y gestión del edificio (BMS) para el ajuste del sistema de ventilación, refrigeración e iluminación DALI, calefacción por distrito, tubos geotérmicos y fotovoltaica. Presenta además avances en temas como el uso del agua, la protección de elementos con alto valor ecológico y cultural, biodiversidad y contribución a la economía circular. El edificio será certificado externamente mediante la certificación LEED y VERDEGBCe”.*

(Escuela de Ingenierías Industriales, 2016)

Si bien se tomó como referencia el estudio llevado a cabo por Marta López Lorenzo en su Trabajo de Fin de Grado para el análisis y descripción del Aulario Esgueva, en el caso del nuevo Aulario IndUVa no se dispone de trabajos de fin de grado o fin de máster o estudios similares para poder abordar el estudio de este edificio. Esto puede complicar el trabajo o hacerlo más complejo, aunque también puede ser una oportunidad para acudir a documentos oficiales que permitan describir y estudiar este edificio convenientemente. Además, recalcando nuevamente la falta de estudios académicos sobre este edificio (principalmente por el hecho de que es una construcción muy nueva y, por consiguiente, no ha habido tiempo para ello), este TFG ha de servir como base o soporte para futuras consultas, por lo que se desarrollará este análisis tratando de ofrecer la mayor precisión, exactitud y rigor posibles.

Principalmente se consultarán tres documentos oficiales del aulario IndUVa, todos ellos fechados en diciembre del año 2015:

- El proyecto de ejecución.
- La relación de planos del edificio.
- Y la memoria de las instalaciones, anexa al proyecto de ejecución.

Acudiendo primeramente al proyecto de ejecución del edificio, podemos determinar que, como promotor de la obra, figura la propia Universidad de Valladolid y que, como arquitecto y director de la obra, figura D. Francisco Valbuena García. Por su parte, en el subapartado de antecedentes y condicionantes de partida, se pueden destacar algunas explicaciones como las que se muestran a continuación:

*“Se ha realizado un extenso análisis del clima, de la parcela del edificio y de sus alrededores para aprovechar los recursos disponibles en el sitio, tales como energía solar, del terreno, la vegetación y el agua. Se contrarrestarán las cargas externas a través de soluciones de diseño pasivo, y las cargas internas (personas y equipos) a través de sofisticadas instalaciones de climatización y ventilación automática de alta eficiencia, iluminación de bajo consumo con*



*sistema de gestión de la luz automático, etc. incorporando de manera efectiva las tecnologías de energías renovables.*

*El diseño incorpora la utilización de materiales saludables (sin formaldehídos añadidos o sin compuestos orgánicos volátiles (COV)...); prescribe productos con declaraciones ambientales, materiales ecológicos, que incorporen reciclado, así como productos para la construcción de origen y de fabricación local; incentiva la entrada de luz natural; todo ello para generar un ambiente interior saludable, aumentando la calidad ambiental interior, mejorando el control y confort térmico, reduciendo tanto los riesgos para la salud de los usuarios, como la huella ecológica del edificio.*

*También se diseña una envolvente del edificio de alto rendimiento, con fachadas con parasoles reflectantes hacia el techo interior, y cubiertas vegetales que ayudan a disminuir ganancias térmicas en verano y el efecto de isla de calor en el entorno.*

*Se maximizan los ahorros de energía y de consumo de agua, y se reduce la generación de residuos tanto en la fase de construcción como durante todo el ciclo de vida del edificio”.*

(Valbuena García F. , 2015)

En los siguientes subapartados del proyecto de ejecución se comentan aspectos tales como el emplazamiento del edificio y el entorno físico del mismo, la normativa urbanística de aplicación y el marco normativo (de ámbito nacional, autonómico y municipal). Son aspectos sumamente interesantes, pero a fin de no extenderse en exceso, no se valorarán en el presente punto del trabajo. No obstante, se recuerda que ya se desarrolló un punto entero relativo a la normativa de vigente aplicación en España. En cuanto al entorno físico del edificio se puede indicar lo siguiente:

*“Dentro de la intervención se plantea el acondicionamiento del patio existente entre el edificio objeto del proyecto y el edificio principal en U (401,12 m<sup>2</sup>) y de la zona de parcela asignada (8.996,79 m<sup>2</sup>) entre el edificio y la valla exterior. Así la superficie de área total de intervención incluyendo espacios libres y edificación es de 10.627,64 m<sup>2</sup>.”*

(Valbuena García F. , 2015)

El siguiente, trata sobre la descripción del proyecto. En la descripción general se indica que las aulas grandes tienen capacidad para albergar a 96 estudiantes; algo que difiere con la ficha técnica resumen que hay disponible en la página web de la Escuela de Ingenierías Industriales, en la que se indica que dicha capacidad es de 80 alumnos. Lógicamente, en lo sucesivo, se hará caso al dato del proyecto de ejecución, y se tomará el dato de 96 alumnos por si hiciera falta en algún análisis posterior. En lo referente a la distribución del edificio, se indica lo siguiente:

*“El programa de necesidades se desarrolla en 6 plantas sobre rasante (baja+5) con una planta sótano bajo rasante (que ocupa parcialmente la superficie en planta del resto del edificio). El edificio se estructura en tres*



*bandas longitudinales: las dos laterales (fachadas noreste y suroeste) agrupan los espacios de aulas (e instalaciones en planta baja), mientras que la banda central corresponde al espacio de distribución.*

*Un corredor acristalado permite la conexión (en todas las plantas) del edificio con el existente. Dicho corredor alberga el núcleo de comunicaciones (escalera y dos ascensores accesibles) y dos aseos accesibles por planta. No se incorpora mayor número de aseos dado que dichas necesidades están resueltas en el edificio actual, complejo del que, en última instancia, forma parte el aquí proyectado. Se propone una altura de planta mayor a la actual por necesidades de estructura e instalaciones. Los desniveles aparecidos de este modo en las conexiones quedan resueltos en cada planta mediante rampas de pendiente y dimensiones inferiores a las permitidas por la normativa de accesibilidad.*

*Existe una escalera exterior en la fachada sureste que permite la evacuación de todas las plantas, así como el acceso a cubierta para mantenimiento”.*

(Valbuena García F. , 2015)

Desde un punto de vista volumétrico, y tal y como se especifica en la vigésimo segunda página del proyecto de ejecución, el edificio puede ser descrito como un paralelepípedo de base rectangular (base con dimensiones 33,10 x 28,70 m) y seis plantas de altura.

A continuación, y siguiendo parcialmente el esquema bajo el que se ha descrito al Aulario Esgueva, se pasará a desarrollar el análisis de cada una de las plantas del edificio. Mostrando, a parte de la información detallada en el proyecto de ejecución, los planos correspondientes, tal y como se hizo para el Aulario Esgueva. Se comenzará con el sótano.

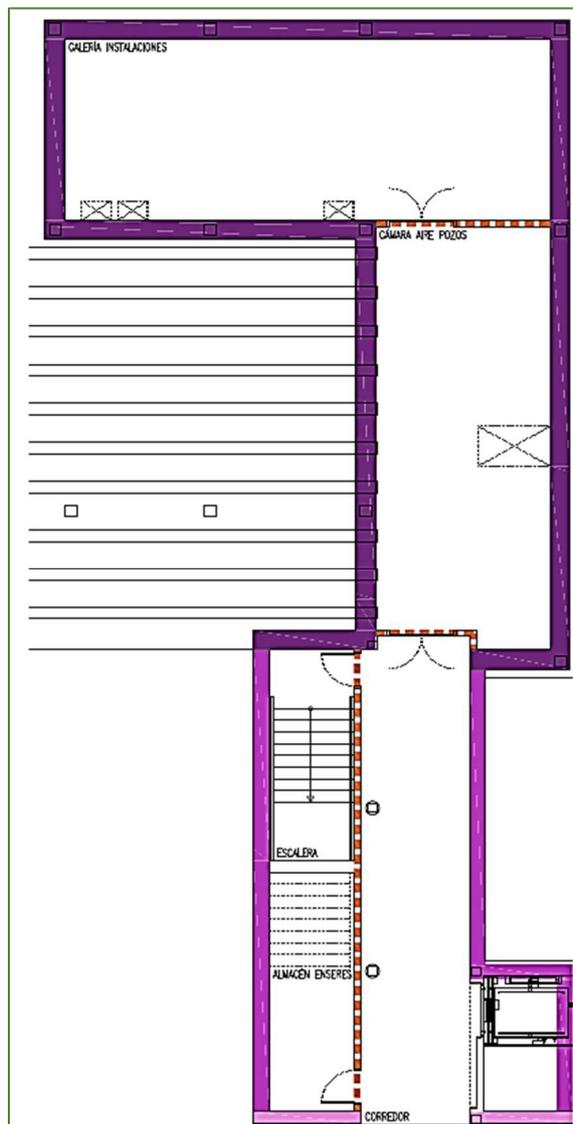
#### 4.2.1. Sótano del Aulario IndUVa

Tal y como se indica en el proyecto de ejecución, se trata de una planta destinada a albergar las instalaciones técnicas del edificio y a ofrecer un almacén de enseres. Sus dimensiones son las que vienen descritas en la siguiente tabla:

PLANTA SÓTANO	S.ÚTIL	S.CONSTR.
ESPACIOS	117,69 m <sup>2</sup>	
GALERÍA INSTALACIONES	57,43 m <sup>2</sup>	
CÁMARA AIRE POZOS	47,08 m <sup>2</sup>	
ALMACÉN ENSERES	13,18 m <sup>2</sup>	
CIRCULACIONES	46,21 m <sup>2</sup>	
CORREDOR	34,60 m <sup>2</sup>	
ESCALERA	11,61	
<b>TOTAL PLANTA SÓTANO</b>	<b>163,90 m<sup>2</sup></b>	<b>218,06 m<sup>2</sup></b>

Tabla 33. Dimensiones y superficies del sótano del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)

Una vez se han mostrado las dimensiones y superficies del sótano, procede ver el plano de la planta. Para ello se recurrirá al noveno plano del documento de planos del proyecto de ejecución del nuevo Aulario IndUVa, correspondiente a los planos de albañilería y acabados. El plano correspondiente al sótano es el que se muestra a continuación:



*Ilustración 17. Plano del sótano del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)*

Hay que destacar como información independiente que dentro de esta planta se encuentra la cámara de los pozos canadienses instalados en el edificio, este sistema se desarrollara con más profundidad dentro de este mismo punto, siendo el mismo un sistema de climatización geotérmico

Con ello, se da por finalizada la exposición relativa al sótano del edificio. A continuación, se analizará de forma análoga la planta baja.

### 3.2.2. Planta baja del Aulario IndUVa

En la planta baja de la edificación se halla la entrada principal al nuevo edificio y la entrada de acceso al edificio ya existente (antigua Sede Mergelina), el vestíbulo (donde se ubica la conserjería y una zona o espacio destinado para situar máquinas expendedoras de café, bebida y aperitivos, etc.), tres aulas grandes y un aula mediana, los cuartos de instalaciones y aseos. Sus dimensiones y un ejemplo del tipo de aula son las que se describen a continuación:

PLANTA BAJA	S.ÚTIL	S.CONSTR.
<b>ESPACIOS DE TRABAJO</b>	<b>619,39 m<sup>2</sup></b>	
CONSERJERÍA	13,11 m <sup>2</sup>	
MÁQUINAS VENDING	8,37 m <sup>2</sup>	
AULA B.1.	133,05 m <sup>2</sup>	
AULA B.2.	94,25 m <sup>2</sup>	
AULA B.3.	128,17 m <sup>2</sup>	
AULA B.4.	124,00 m <sup>2</sup>	
CLIMATIZACIÓN	52,28 m <sup>2</sup>	
FONTANERÍA	26,02 m <sup>2</sup>	
ELECTRICIDAD	16,48 m <sup>2</sup>	
TELECOMUNICACIONES	9,92 m <sup>2</sup>	
ASEO 1	4,33 m <sup>2</sup>	
ASEO 2	4,20 m <sup>2</sup>	
RECICLAJE	2,41 m <sup>2</sup>	
<b>CIRCULACIONES</b>	<b>402,22 m<sup>2</sup></b>	
CORTAVIENTOS	21,00 m <sup>2</sup>	
VESTÍBULO	89,74 m <sup>2</sup>	
GALERÍA PATIO	60,36 m <sup>2</sup>	
VESTÍBULO INDEPENDENCIA 1	5,58 m <sup>2</sup>	
VESTÍBULO INDEPENDENCIA 2	3,81 m <sup>2</sup>	
PASILLO	9,53 m <sup>2</sup>	
DISTRIBUIDOR AULAS	99,78 m <sup>2</sup>	
RAMPA	12,06 m <sup>2</sup>	
VESTÍBULO INSTALACIONES	4,54 m <sup>2</sup>	
CORREDOR 1	44,68 m <sup>2</sup>	
ESCALERA 1	33,24 m <sup>2</sup>	
CORTAVIENTOS ESCALERA	17,90 m <sup>2</sup>	
<b>TOTAL PLANTA BAJA</b>	<b>1.018,61 m<sup>2</sup></b>	<b>1.123,82 m<sup>2</sup></b>
<b>EXTERIORES PLANTA BAJA</b>	<b>S.ÚTIL</b>	<b>S.CONSTR.</b>
CORREDOR 2	31,35 m <sup>2</sup>	
ESCALERA 2	15,02 m <sup>2</sup>	
<b>TOTAL EXTERIORES PLANTA BAJA</b>	<b>46,37 m<sup>2</sup></b>	<b>69,43 m<sup>2</sup></b>

Tabla 34. Dimensiones y superficies de la planta baja del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)



Ilustración 18. Aula tipo IndUVa (Elaboración propia. Octubre 2021)

Seguidamente, se muestra el plano de albañilería y acabados correspondiente a la planta baja del Aulario IndUVa:

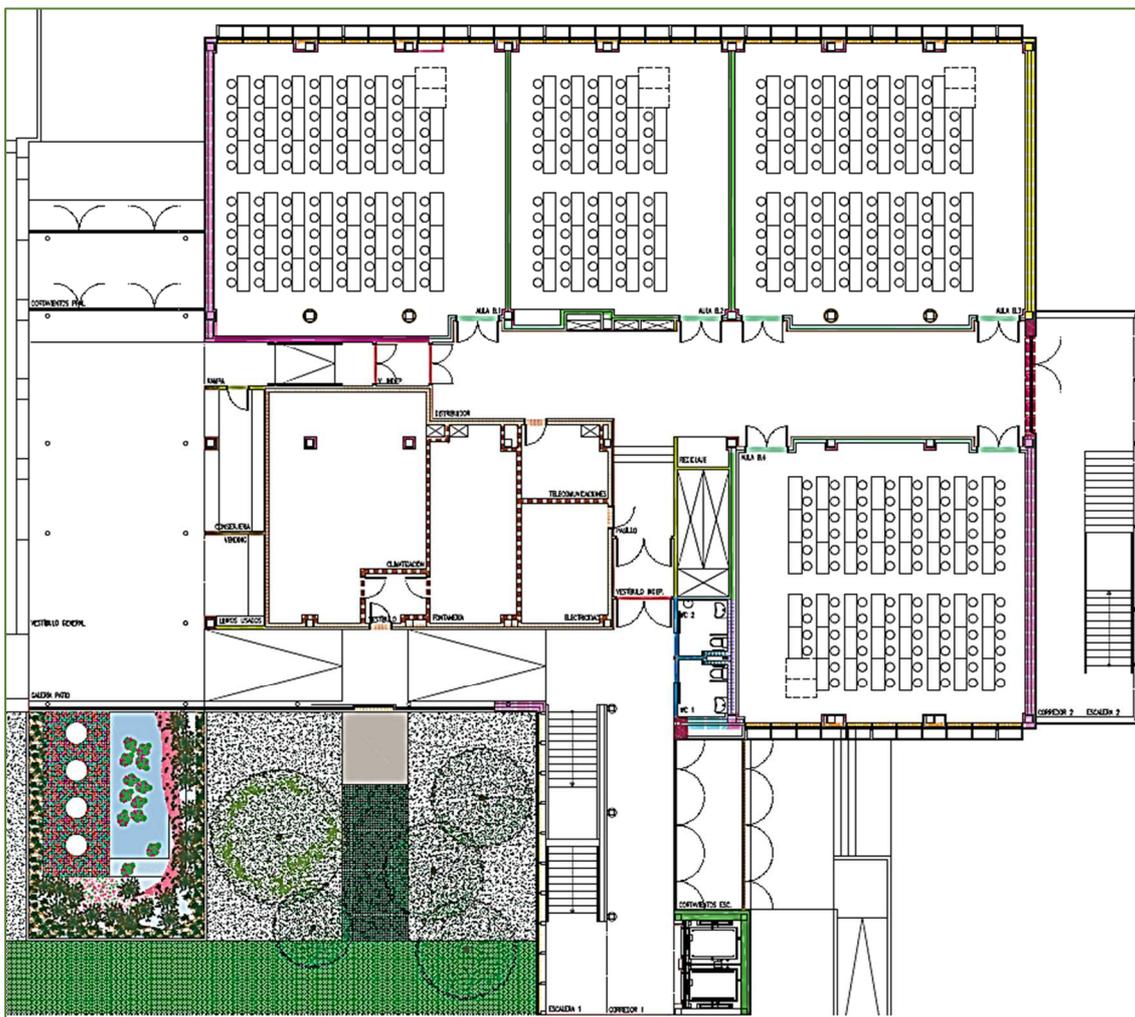


Ilustración 19. Plano de la planta baja del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)

Desde esta planta se ejecuta el acceso al edificio, teniendo un grado de conexión con las zonas ajardinadas situadas en el exterior, con ello se consigue la inmersión del edificio en el entorno, reduciendo el impacto de este en su ejecución

Con ello, se da por finalizado lo referente a la planta baja del aulario IndUVa. A continuación, se describirán de la primera planta a la quinta.



#### 4.2.3. Planta primera a quinta del Aulario IndUVa

Las plantas primera, segunda, tercera, cuarta y quinta siguen una misma distribución. Por consiguiente, se analizarán y estudiarán de forma conjunta. Atendiendo a lo indicado en el proyecto de ejecución, estas plantas cuentan con tres aulas grandes, un aula mediana y dos aulas pequeñas. Asimismo, cada una dispone aseos y de los pertinentes espacios de circulación. Las dimensiones de estas plantas son las que aparecen reflejadas en la tabla que se muestra a continuación (que es la correspondiente a la primera planta, que será igual en el resto):

PLANTA PRIMERA	S.ÚTIL	S.CONSTR.
ESPACIOS DE TRABAJO	599,05 m <sup>2</sup>	
AULA 1.1.	128,21 m <sup>2</sup>	
AULA 1.2.	125,95 m <sup>2</sup>	
AULA 1.3.	96,33 m <sup>2</sup>	
AULA 1.4.	125,86 m <sup>2</sup>	
AULA 1.5.	55,38 m <sup>2</sup>	
AULA 1.6.	56,38 m <sup>2</sup>	
ASEO 1	4,33 m <sup>2</sup>	
ASEO 2	4,20 m <sup>2</sup>	
RECICLAJE	2,41 m <sup>2</sup>	
CIRCULACIONES	236,42 m <sup>2</sup>	
DISTRIBUIDOR	143,04 m <sup>2</sup>	
PASILLO	15,40 m <sup>2</sup>	
CORREDOR 1	44,69 m <sup>2</sup>	
ESCALERA 1	33,29 m <sup>2</sup>	
TOTAL PLANTA PRIMERA	835,47 m <sup>2</sup>	929,73 m <sup>2</sup>
EXTERIORES PLANTA PRIMERA	S.ÚTIL	S.CONSTR.
CORREDOR 2	31,35 m <sup>2</sup>	
ESCALERA 2	31,79 m <sup>2</sup>	
TOTAL EXTERIORES PLANTA PRIMERA	63,14 m <sup>2</sup>	69,43 m <sup>2</sup>

Tabla 35. Dimensiones y superficies de la primera planta del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)

Cabe destacar que dentro de esta distribución no existe variabilidad en el espacio útil por planta, pero si en la distribución dentro de las mismas, existiendo pequeñas diferencias en el reparto de superficie por aula, pero respetando el número y designación asignado a las mismas, por lo tanto, no afecta de forma drástica a los datos que se trataran de representar en el presente trabajo, como el propio arquitecto indica al inicio del proyecto.

Ahora se mostrará el plano de la primera planta, teniendo en cuenta las pequeñas diferencias mencionadas anteriormente entre todas las plantas que restan hasta la llegar a la quinta:



*Ilustración 20. Plano de la primera planta del Aulario IndUva. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUva. Proyecto de Ejecución, 2015)*

Con ello, se da por finalizado el análisis y estudio de las plantas primera a quinta del aulario IndUva. A continuación, se hablará de la planta de cubiertas del edificio.

#### 4.2.4. Planta de cubiertas del Aulario IndUva

Esta última planta del Aulario IndUva se distancia del resto por lo relativo a su uso. Tal y como se indica, éste será exclusivo para la realización y el desarrollo de labores técnicas de mantenimiento. Lógicamente, será en esta planta donde se alojen los equipos técnicos de las diversas instalaciones del edificio, en el plano inicial se indica la huella para una enfriadora, climatizador, torre de refrigeración y el acceso al patinillo de instalaciones. Al igual que para las plantas anteriores, se muestra en la siguiente tabla las dimensiones que presenta:

	S.ÚTIL	S.CONSTR.
TOTAL PLANTAS SOBRE RASANTE	5.177,64 m <sup>2</sup>	5.754,23 m <sup>2</sup>
TOTAL PLANTAS BAJO RASANTE	163,90 m <sup>2</sup>	218,06 m <sup>2</sup>
TOTAL EXTERIORES	362,07 m <sup>2</sup>	416,58 m <sup>2</sup>

Tabla 36. Dimensiones y superficies de la planta de cubiertas del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)

Esta planta es diferente al resto y no dispone, lógicamente, de plano de albañilería y acabados, como se puede apreciar presenta la cubierta ajardinada, anteriormente mencionada, incluida en el proyecto por un punto de vista energético:

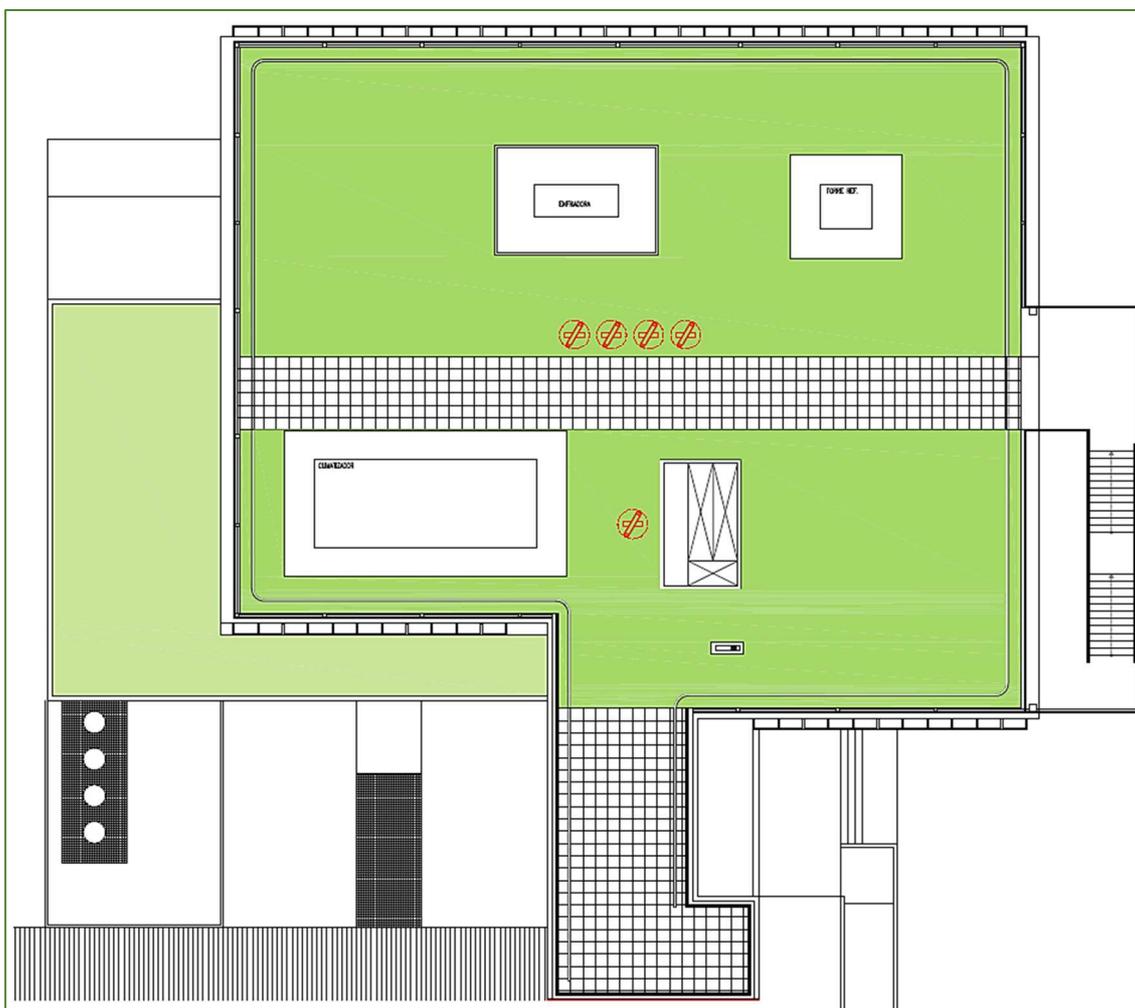


Ilustración 21. Plano de techos de la planta de cubiertas del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)

Con ello, se da por finalizado el estudio de las plantas del Aulario IndUVa. Seguidamente se procederá a exponer los distintos puntos del inventariado del edificio, tratando de seguir el esquema utilizado en el análisis del Aulario Esgueva.



4.2.5. Estrategias utilizadas para reducir el consumo de energía en el Aulario IndUVa  
A diferencia del Aulario Esgueva, el cual ya ha sido analizado y estudiado en el subapartado anterior, el nuevo Aulario IndUVa es un edificio nZEB. Es decir, se trata de una construcción de consumo energético casi nulo. Para lograr esto, se han seguido una serie de estrategias o pautas para lograr reducir de forma significativa el consumo de energía en todo el edificio. Éstas se enumeran en el punto 4.3 del proyecto de ejecución (página 25 y siguientes) y se pueden subdividir en dos categorías: sistemas pasivos y sistemas activos. Comenzaremos, siguiendo el orden de la memoria citada, con los sistemas pasivos.

### **Sistemas Pasivos para la reducción del consumo de energía**

Según explica (Revista Mundo HVAC&R, 2015), los sistemas pasivos se pueden definir como un método de diseño implementado en la arquitectura de carácter sostenible. Su finalidad principal consiste en lograr el adecuado acondicionamiento de un edificio utilizando para ello recursos arquitectónicos tales como la orientación del edificio, el viento y el sol, los materiales empleados, etc. Todo ello, con el objetivo de minimizar el uso de los sistemas de energía convencionales (como la iluminación artificial o el aire acondicionado, por ejemplo). En el caso del Aulario IndUVa, los sistemas pasivos que se han desarrollado son los que se citan a continuación extraídos de la memoria descriptiva del proyecto:

1. *Diseño compacto.*
2. *Optimización de la luz natural.*
3. *Control de soleamiento con parasoles.*
4. *Cerramiento ciego al norte (minimizar pérdidas térmicas en invierno), y al sur (para minimizar ganancias térmicas solares en primavera y verano).*
5. *Ventilación nocturna, renovación de aire y enfriamiento por ventilación natural.*
6. *Sistema de pozos canadienses (geotermia).*
7. *Incremento de la iluminación natural interior mediante fibra óptica.*
8. *Gran aislamiento térmico ( $U=0.20/0.15 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ), eliminando puentes térmicos, y con carpinterías de alto aislamiento y vidrio de baja emisividad y transmitancia cercana a  $U=1,40 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , para un mayor control térmico con el objetivo de reducir el consumo en calefacción y electricidad.*
9. *Empleo de sistemas de cambio de fase.*
10. *La reducción del coste energético y de las emisiones del edificio en la fase de construcción, favoreciendo la utilización de materiales de baja energía de producción y/o con certificados de bajas emisiones en su fabricación. Incluso con el uso de materiales reciclados y elementos constructivos reutilizados, reduciendo en todo lo posible los residuos generados por el proceso de construcción (convenio de colaboración con la empresa de gestión de escombros RECSO)."*

(Valbuena García F. , 2015)



### Sistemas Activos para la reducción del consumo de energía

Seguidamente, en el proyecto de ejecución se citan cuáles son los sistemas activos que se han implementado en el Aulario IndUVa. Los sistemas activos, en contraposición a los pasivos, se pueden definir, tal y como explica (Gutiérrez Lopez, 2017), como aquellos sistemas de acondicionamiento de aire o generación de energía que requieren un suministro de energía constante para funcionar. En el caso del aulario IndUVa, se tienen los siguientes:

*“1. Utilización de energías renovables: combustibles de bajas emisiones (biomasa), placas solares fotovoltaicas, energía geotérmica (mediante la utilización de tubos o pozos canadienses o provenzales en apoyo del sistema de ventilación mecánica), en sistemas de trigeneración para su utilización global en el Campus, dando servicio de calor y frío a edificios como el aulario, biblioteca...”*

*2. Recogida y reutilización del agua de pluviales, redes separativas, aparatos sanitarios de bajo consumo, etc. Se prevé asimismo el estudio de una cubierta vegetal.*

*3. Fachada ventilada fotovoltaica.”*

(Valbuena García F. , 2015)

#### 4.2.6. Sistema Envolvente del Aulario IndUVa

Tal y como se define en el apéndice A del DB HE correspondiente, el proyecto de ejecución de la Torre Aulario IndUVa ofrece las definiciones de envolvente edificatoria y de envolvente térmica. Son las siguientes:

*“Envolvente edificatoria: Se compone de todos los cerramientos del edificio.*

*Envolvente térmica: Se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.”*

(Valbuena García F. , 2015)

### Fachadas

Se comenzará hablando de los sistemas envolventes relativos a las fachadas del edificio. Tal y como desarrolla (Valbuena García F. , 2015) en el punto 3.1 de la memoria constructiva, una parte de las fachadas del Aulario IndUVa que forman la envolvente de este están diseñadas mediante un sistema ventilado. Se trata de las fachadas noroeste y sureste.

En estas fachadas, el panel exterior está formado por dos láminas de aleación de aluminio de medio milímetro de espesor y por un núcleo de resinas termoplásticas de tres milímetros de espesor. Asimismo, el aislamiento consiste en un panel rígido de lana de roca con un espesor de ciento cuarenta milímetros.

Tal y como se indica en la memoria, el coeficiente de transmisión térmica del cerramiento presentado es de aproximadamente  $0,157 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Las expuestas hasta ahora son las fachadas ventiladas con acabado composite. En la parte de estas fachadas que colindan con el distribuidor de planta, varía el acabado interior de la hoja interior. En este caso, el coeficiente de transmisión térmica se estima en  $0,158 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

También varía el acabado interior de la hoja interior de los cerramientos colindantes con los aseos. De nuevo, el coeficiente de transmisión térmica del cerramiento es de aproximadamente  $0,157 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

En lo referente al cerramiento del ascensor, simplemente cabe destacar que éste no forma parte de la envolvente térmica del edificio. Por lo tanto, no se detallará aspecto alguno de dicho cerramiento.

La que sí que forma parte de la envolvente térmica del edificio es la fachada ventilada fotovoltaica. Ésta, tal y como se explica en la memoria, es idéntica a las expuestas anteriormente, sustituyendo el panel exterior composite de aleación de aluminio por un vidrio fotovoltaico de capa fina, nuevamente el coeficiente de transmisión térmica de este cerramiento es de aproximadamente  $0,157 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Finalmente, las fachadas suroeste, noreste y el corredor de conexión, se han resuelto con un muro cortina de aluminio que, tal y como explica (Valbuena García F. , 2015), está compuesto de una estructura autoportante de perfiles de aluminio.

Dentro de la documentación disponible del proyecto, se encuentran el detalle constructivo de todas las fachadas citadas anteriormente:

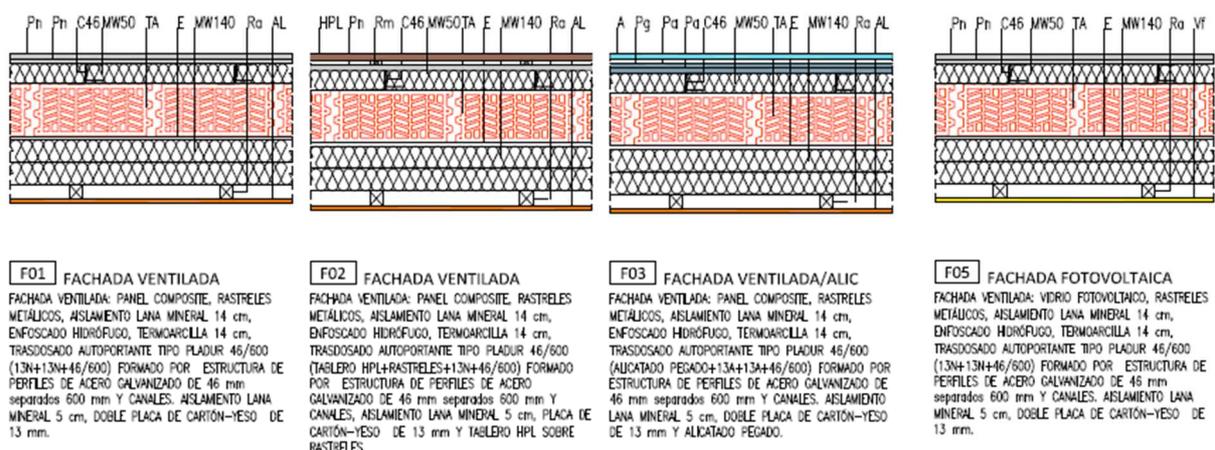


Ilustración 22. Detalle constructivo de las fachadas ventiladas instaladas en el Aulario IndUVa Fuente: (Valbuena García F. J., Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución, 2015)

A continuación se documenta un par de ilustraciones de las fachadas de elaboración propia:



*Ilustración 23. Fachada ventilada IndUVa (Elaboración propia. Octubre 2021)*



*Ilustración 24. Fachada fotovoltaica IndUVa (Elaboración propia. Octubre 2021)*



## Cubiertas

En el punto 3.2 de la memoria constructiva, se expone el sistema envolvente del aulario IndUva relativo a la cubierta del edificio.

Según expone (Valbuena García F. , 2015), la cubierta es plana invertida, dominada por una serie de áreas de ajardinamiento extensivo acompañadas por los correspondientes espacios habilitados para el tránsito de personas que acudan a la cubierta únicamente para llevar a cabo tareas de mantenimiento. Sobre la formación de esta, el autor expone lo siguiente:

*“Consistente en una capa de hormigón no estructural HNE-15/P/20 aligerado con arlita G-3, según anejo 18 de la EHE, densidad final igual o menor a 1.000 kg/m<sup>3</sup> y resistencia mínima a compresión 200 kPa. Sobre esta capa se aplicará un mortero M-5 (1:0:6) según norma UNE-EN 998-2 con acabado fratasado, para regularización de los planos de pendiente con un espesor medio de 20 mm.”*

(Valbuena García F. , 2015)

Asimismo, la cubierta consta de una capa auxiliar antipunzonamiento, que se basa en una lámina separadora de tipo geotextil. También se dispone de una membrana impermeabilizante, que consiste en una doble lámina calandrada flexible de PVC-P que, tal y como explica (Valbuena García F. , 2015), se halla armada con un fieltro sintético de fibra de vidrio no tejido y cuyo espesor es de 1,2 milímetros. De igual forma, la cubierta también dispone de capa auxiliar separadora, capa aislante, capa drenante y capa vegetal y de plantación.

Según se explica en la memoria constructiva, existe un sistema sifónico para el adecuado drenaje de la cubierta. Éste funciona gracias a la creación de una depresión en la bajante, que se produce al llenarse por completo la canalización existente.

## Paredes interiores sobre rasante en contacto con espacios habitables

Dentro de este subapartado, se ha de hablar de dos tipos de particiones interiores. El primer tipo lo forman las particiones interiores de placas de yeso laminado. Según expone (Valbuena García F. , 2015), éstas se hallan fijadas sobre perfilera galvanizada (lo comúnmente conocido como sistemas tipo ‘pladur’) y el aislante que contienen en su interior es de lana mineral. El sistema utilizado es de doble placa de yeso laminado, cuyo espesor es de trece milímetros.

El segundo tipo son las particiones interiores de termoarcilla. Estas particiones serán de catorce centímetros y, dependiendo de su ubicación, se hallarán enfoscadas, guarnecidas y enlucidas de yeso o trasdosadas de pladur, tal y como explica (Valbuena García F. , 2015) en la memoria constructiva del proyecto de ejecución.

## Suelos

En los siguientes puntos habla de los suelos interiores sobre rasante que se hallan en contacto con espacios habitables. (Valbuena García F. , 2015) explica que son suelos de linóleo, que se encuentran pegados sobre una solera de mortero autonivelante de tres centímetros de espesor; ejecutada sobre una lámina de poliestireno extruido elastificado de cuatro centímetros de espesor. Por su parte, en los baños el pavimento será de gres porcelánico. El suelo sobre rasante que no se encuentra en contacto con espacios habitables se construirá con hormigón pulido sobre una capa de aislamiento térmico de diez centímetros de espesor.

El último punto es el referente al suelo bajo rasante que se encuentra en contacto con el terreno. Sobre este suelo cabe destacar la disposición de una capa de filme de polietileno cuya función consiste en evitar el ascenso de la humedad capilar del terreno.

### 4.2.7. Iluminación del Aulario IndUVa

El sistema de iluminación utilizado en el aulario IndUVa se puede definir por varias etapas, todas ellas destinadas al ahorro y optimización de los recursos energéticos.

En primer lugar, la configuración del edificio en el entorno se ha realizado para favorecer la captación solar y la iluminación natural, al mismo tiempo se asegura un sombreado adecuado mediante una estructura para proteger de la radiación directa.

Para continuar toda la iluminación interior se ha gestionado por medio de fibra óptica, transportando la luz natural captada del exterior y transportándola a través de la fibra hasta una distancia de 100 metros, teniendo como resultado una iluminación más agradable y menos dañina para la utilización de las instalaciones.



*Ilustración 25. Iluminación instalada en el aulario IndUVa en un pasillo (Elaboración propia. Octubre 2021)*



Ilustración 26. Esquema funcionamiento iluminación con fibra óptica. Fuente: (Fundación CONAMA, 2016)

Por último, en referencia al sistema de iluminación, pero no menos importante, se ha instalado un sistema de gestión de la iluminación denominado DALI (DIGITAL ADDRESSABLE LIGHTING INTERFACE): Interfaz digital de iluminación direccionable, este sistema de control permite una regulación de las luminarias tanto de forma individual como por grupos asociados, así como la adaptación continua en base a la iluminación exterior proporcionando adicionalmente la luz suficiente para llegar a los niveles marcados por la normativa para desarrollar la actividad, en resumen el autor detalla en la memoria de instalaciones las siguiente funciones de este sistema premium:

- Regulación de carga Arquitectónica.: Permite a los usuarios regular fuentes de luz tradiciones, como incandescentes, halógenas, bajo voltaje y LED.
- Regulación Fluorescente: Regulación de alta eficacia que permite a los usuarios regular luces fluorescentes.
- Conmutación: Permite al usuario encender o apagar las fuentes de luz no reguladas utilizando reles de 1 millón de ciclos.
- Ajuste de Nivel Óptimo: Ajusta el nivel alto objetivo según los requisitos del cliente en cada espacio.
- Control de Escenas y Zona: Los usuarios pueden seleccionar escenas de luz preprogramadas o subir y bajar zonas de luces individuales.
- Control de Escenas: Los usuarios pueden seleccionar escenas de luz preprogramadas con sólo tocar un botón.
- Control de luz personal: Permite a los usuarios del espacio seleccionar el nivel de luz correcto para el trabajo deseado. Con frecuencia, es mucho menor que la intensidad máxima.
- Detección de presencia: Apaga automáticamente las luces cuando el espacio no esta ocupado.
- Recogida de luz natural: Ajusta automáticamente los niveles de luz según la cantidad de luz en el espacio.
- Programa: Las luces se apagan o se regulan y las cortinas se ajustan automáticamente en determinados momentos del día o en relación con el amanecer y la puesta de sol.
- Particiones: Adaptan automáticamente los controles de iluminación a los cambios en las configuraciones de las salas.
- Integración en BMS: Permite una integración sencilla con el sistema de gestión del edificio.
- Monitorización y control remoto: Permite la gestión de las luces del edificio desde cualquier punto del mundo.

Ilustración 27. Característica del sistema DALI instalado en el Aulario IndUVa Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)



Además de lo citado en la imagen anterior este sistema permite la monitorización de todo el estado del sistema, ya sea por sectores, aulas o incluso elementos individuales pudiendo analizar el consumo eléctrico de los mismos y haciendo ajustes. Este ajuste se realiza desde el control central en el cual se integra este sistema y que en su momento se dota de un protocolo de comunicación TCP/IP para su conexión.

Para finalizar, dentro de la memoria de instalaciones se detalla, basándose en instalaciones similares, que la adopción de todas estas medidas suponen un ahorro potencial del 60 % de forma directa, en el consumo eléctrico asociado a la iluminación, pero de forma adicional habría que tener en cuenta un impacto indirecto, asociado al aumento de la vida útil de las luminarias y reducción del consumo de refrigeración al disipar menos calor la iluminación no teniendo el sistema que compensar estas cargas.



#### 4.2.8. Instalaciones climatización del Aulario IndUVa

Desde el punto de vista de la climatización, el aulario dispone de muchas características que deben ser mencionadas desde la producción hasta la propia gestión de la ventilación realizada por ppm de CO<sub>2</sub>, pasando por los elementos de recuperación y tratamiento de la calidad del aire.

Comenzando por los conceptos más genéricos, se dispone de una producción de calefacción mediante el sistema District Heating, el autor del proyecto indica en (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015) que las necesidades de calefacción y ventilación son 405 kW (teniendo en cuenta en el cálculo un mínimo del 64 % de calor recuperado en la ventilación) estas necesidades se satisfacen por medio de la subestación de calor ya existente con una potencia actual de hasta 765 kW.

En cuanto a las necesidades de refrigeración y ventilación se estiman 455 kW (teniendo en cuenta en el cálculo un mínimo del 64 % de calor recuperador en la ventilación). A nivel de proyecto para la producción de frío se propone una enfriadora condensada por agua de la marca Carrier o equivalente como se detalla en las imágenes inferiores:

##### **Refrigeración:**

Enfriadora agua-agua marca Carrier modelo 30XWH-0452 o marca Trane modelo equivalente (RTWD xx HE). Enfriadora de agua de condensación por agua y recuperación de calor, con compresores de doble tornillo silenciosos y con mínimo nivel de vibración, para R-134a (refrigerante ecológico con un potencial de calentamiento global de 1430), intercambiadores de calor de tipo multitubular, válvula corredera 10-100% de capacidad de carga del compresor, válvulas de expansión electrónicas, control numérico por microprocesador, totalmente automático, auto-adaptativo, con funciones de diagnóstico e históricos de funcionamiento. Fabricada según normas CE y certificaciones ISO-9001. ESEER 5,62. Con capacidad mínima de:

- Capacidad frigorífica de 454,8 KW a 7/12 °C con recuperación de calor en circuito de condensación de 541,9 KW a 35/30 °C y un consumo eléctrico de 95,70 KW.
- Capacidad frigorífica de 327,2 KW a 7/12 °C con recuperación de calor en circuito de condensación de 452,7 KW a 60/55 °C y un consumo eléctrico de 138,12 KW. (ERR 4,75 y COP 4,5).

Se incluye la opción 150 para salida de agua de condensación con temperatura de hasta 63°C y la opción 152 para el control de la válvula de agua de condensación con señal 0-10V. Con prueba de funcionamiento antes de salir de fábrica. Evaporador y condensador limpiables mecánicamente y compresores con mantenimiento mínimo. Conexiones eléctricas simplificadas.

*Ilustración 28. Características de proyecto del equipo de producción condensado por agua. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)*

En modo refrigeración, el calor generado en la parte de condensación del ciclo frigorífico es disipado por medio de una torre de enfriamiento, tal y como se comenta en este punto:

##### **Torre de refrigeración:**

Torre de refrigeración de circuito abierto marca Teva o equivalente aprobado modelo TVAP 058 que elimina un mínimo de 554,4 KW dotada de envolvente exterior, rejas de entrada de aire, relleno de intercambio, sección de ventilación, motor eléctrico con variador, sistema de distribución de agua separador de gota y accesorios (resistencia eléctrica, termostato y controlador de nivel para la resistencia, dosificación automática del antiincrustante e inhibidor de corrosión, dosificación automática temporizada del biocida antilegionella, conjunto de purga automática por conductividad con electroválvula y productos químicos necesarios).

*Ilustración 29. Característica de proyecto de la torre de refrigeración. Fuente (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)*

Como complemento a la información anterior, parte de la recuperación procede de los pozos canadienses instalados, como se verá más adelante estos suplementan la recuperación de calor realizada en el recuperador rotativo de sorción del climatizador, el mecanismo de funcionamiento de estos intercambiadores Tierra-Aire varia conforme la época del año, aprovechándose de la inercia térmica del terreno para el almacenamiento de energía, ya que este estará una temperatura superior al ambiente en invierno e inferior en verano, sirviendo como sistema de apoyo al sistema de ventilación según se detalla en (Fundación CONAMA, 2016), se estima una producción anual de 5025 kWh (calor) y 7805 kWh (frío) en esta misma publicación, a continuación se adjuntan una serie de imágenes sobre este sistema:

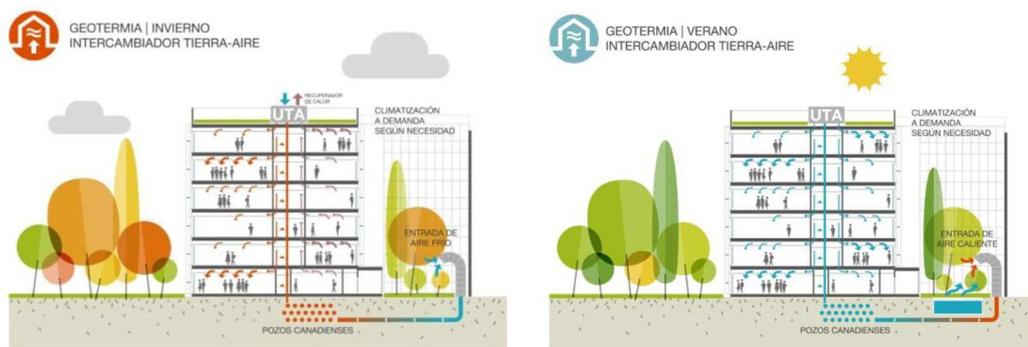


Ilustración 30. Funcionamiento pozos canadienses según época del año. Fuente: (Fundación CONAMA, 2016)



Ilustración 31. Instalación de tubos geotérmicos en el aula IndUVa. Fuente: FACHADFA INTEGRADA FOTOVOLTAICA BIPV.pdf



Ilustración 32. Entrada de aire en el recuperador de pozos canadienses. Fuente: Elaboración propia. Octubre 2021

Como se ha mencionado anteriormente, sirven como apoyo al sistema de climatización central, compuesto principalmente por una unidad de tratamiento de aire con recuperador rotativo de sorción, en el que también se realiza una recuperación de calor del aire de ventilación, además de un tratamiento del aire para introducirlo en las condiciones de salubridad adecuadas, en el proyecto se define un equipo de las siguientes características:

**Ventilación:**

La ventilación de los locales se consigue con un climatizador todo aire exterior (sin recirculación), cuyas características principales son:

Climatizador para intemperie marca Carrier, Trox o equivalente aprobado, modelo YA39E-72, dotado de impulsión y retorno, con colocación de secciones una sobre la otra, formado por:

<> Sección de impulsión:

- \* Prefiltro G4
- \* Filtro F7
- \* Recuperador rotativo de sorción con eficiencia mínima del 64 % (calor total).
- \* Batería de frío para 80,2 KW (7/12 °C) y bandeja de recogida de condensados.
- \* Batería de calor para 349,1 KW (50/40 °C)
- \* Ventilador plug fan EC sin tornillo para 101262 m<sup>3</sup>/h (Pdisp: 720 Pa) dotado de variador de velocidad.  
(consumo estimado toma aire exterior 2x30 KW para 350 Pa disponible - consumo 2x37 KW para 350red+370 Pa tubos canadienses)
- \* Silenciador en impulsión
- \* Filtro salida F9
- \* Sección de humidificación (previsto).
- \* Servomotores accionamiento de compuertas

<> Sección de retorno

- \* Prefiltro F6
- \* Silenciador en retorno
- \* Ventilador plug fan EC sin tornillo para 101262 m<sup>3</sup>/h (Pdisp: 350 Pa) dotado de variador de velocidad.  
(consumo estimado 2x30 KW para 350 Pa disponible).
- \* Posibilidad de free-cooling bajo demanda.
- \* Equipo completo para enfriamiento adiabático en recuperador, colocado a la entrada del aire de retorno del edificio.  
(se incluye la sección de enfriamiento y el propio sistema de enfriamiento adiabático por panel de fibra de vidrio).
- \* Servomotores accionamiento de compuertas

Ilustración 33. Detalles de unidad de tratamiento de aire indicados en el proyecto. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)

El funcionamiento principal de este equipo tras la toma de aire exterior es el de tratar el aire acorde a las condiciones dimensionadas en el cálculo de ventilación. Detallando de forma más extensa el proceso seguido dentro de un climatizador se puede acudir al siguiente esquema realizado en base a la medición del proyecto y que representa el instalado en el IndUVA:

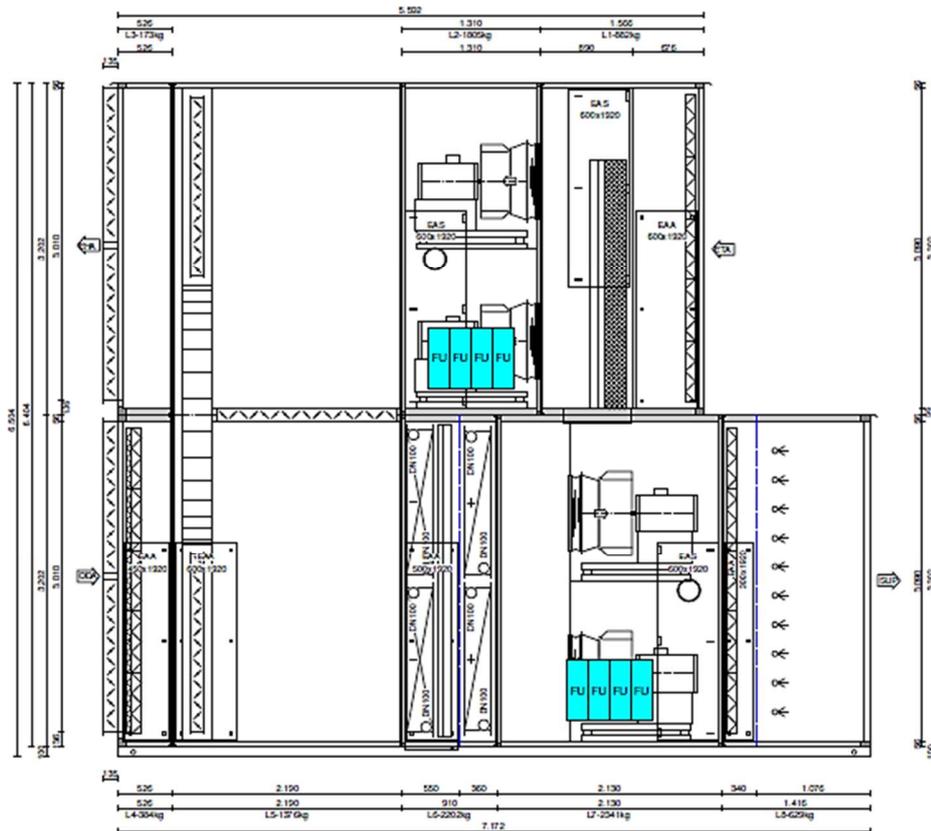


Ilustración 34. Esquema del climatizador instalado en IndUVA, según proyecto. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021)

Ejemplificando el proceso seguido en invierno, se encuentran dos corrientes de aire implicadas, una de retorno procedente del edificio y una de aire nuevo procedente del exterior. En primer lugar, la corriente de retorno sufre una filtración a través de un filtro clase F6 para retirar posibles partículas adquiridas durante la climatización del edificio. Continuando la circulación por el equipo de esta corriente se realiza un aporte de humedad a través del humectador adiabático, con ello se consigue elevar la eficiencia en el intercambio del recuperador, pasando a la corriente de impulsión y comenzando desde la toma de aire exterior. En primer lugar, se somete a la misma a una filtración para retirar contaminante del aire exterior, en el recuperador rotativo de sorción, ambas corrientes realizan un trasvase de energía tanto a nivel sensible como latente, dirigiéndose esta energía del aire de retorno, que posteriormente se expulsara al ambiente, al aire de impulsión con ello se consigue disminuir la dimensión de las baterías de agua proyectadas, así como un posible humectador terminal para un mayor aporte de humedad. En el caso del proceso en invierno el punto de salida del recuperador

deberá ser tratado térmicamente por las baterías de agua caliente, elevando la temperatura de impulsión del aire, en condiciones de diseño, esta temperatura de impulsión aporta un aire neutro al ambiente, únicamente debiendo compensarse las pérdidas de temperatura originadas en la distribución del mismo, para finalizar el proceso, se ejecutaría un aporte de humedad de ser requerido, Valladolid posee un clima seco, por lo tanto no es de extrañar un aporte de humedad en invierno para conseguir una condiciones operativas interiores entre un 40 – 50 % como indica el RITE.

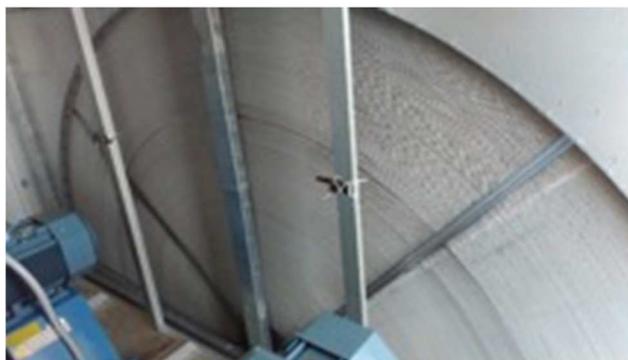


Ilustración 36. Recuperador rotativo de sorción IndUVa. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021)



Ilustración 35. Climatizador instalado en servicio en el aula IndUVa. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021)

Adicionalmente, los pozos canadienses hacen llegar una corriente tratada previamente en el intercambio con el terreno, con ello se pretende reducir el aporte que debe hacer el climatizador a la corriente de ventilación, el ventilador de impulsión tiene presión disponible suficiente para hacer llegar la corriente al interior del edificio.

En el interior existen unidades de tratamiento de aire de baja silueta tipo *fancoil*, que actúan como elementos terminales de climatización según se indica en el proyecto:

**Unidad de tratamiento de aire de baja silueta**

• **Equipo:** Unidad de tratamiento de aire de baja silueta marca Trox o equivalente, modelo TBS-EC xx, con o sin ventilador (según situación), modelo con bastidor a base de perfiles de chapa de acero galvanizado, pintado, con esquinas de aluminio inyectado y con junta de estanqueidad perimetral. Panel tipo sandwich -25mm- exterior en chapa prelacada color gris. Marco metu en sección de aspiración, filtro plano, batería de frío de 4 filas y batería de calor de 2 filas. Registros por la derecha/izquierda según situación y conexión baterías por la derecha. Bandeja de recogida de condensados. Marco metu en sección de impulsión en ejecución estándar. Colgado del techo con soportes antivibratorios. Se incluyen llaves de corte, equilibrados dinámicos motorizados y a aislamiento.

Ilustración 37. Unidades tratamiento de aire baja silueta indicadas en el proyecto. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)

Acudiendo a la página del fabricante (TROX), el aspecto visual de estos equipos es el siguiente:



Ilustración 38. Unidad tratamiento de aire baja silueta, modelo proyecto. Fuente: (TROX, 2021)

La instalación hidráulica realizada en el IndUVa es de 4 tubos, esto indica que existe un circuito independiente para la climatización de frío y de calor, pudiendo atender demandas simultáneas, en edificios de gran tamaño es posible que durante el mismo periodo estacional esto suceda, para ello los equipos terminales deben disponer de baterías independientes para frío y calor como se indica en el proyecto, pudiendo ser alimentadas de forma independiente según la demanda del área a climatizar.

Para finalizar, a nivel de instalación de climatización la regulación individual por espacio climatizado de la ventilación se hace por medio de un medidor de CO<sub>2</sub> en ppm, detectando cuando es necesario introducir aire renovado. Para una adecuada ventilación, según las condiciones indicadas en el proyecto, este medidor tiene un código de colores que detecta la calidad el aire ambiente (de verde a rojo), haciendo una regulación continua en el tiempo permitiendo incluso en situaciones de emergencia sanitaria un ambiente saludable para los ocupantes:



Ilustración 39. Sensor de CO<sub>2</sub> instalado en las aulas del IndUVa. Fuente: Elaboración propia (Noviembre 2021)



#### 4.2.9. Sistema de suministro de agua y fontanería del Aulario IndUVA

En el cuarto punto de la memoria de instalaciones se habla sobre el suministro de agua y la instalación de fontanería del edificio. La dotación en los diferentes puntos de consumo será de agua fría, no habiendo dotación alguna de agua caliente. En el subapartado 4.4 se describen las necesidades del edificio, donde se tabulan los diferentes puntos de consumo que se han instalado.

PLANTA: BAJA		
LOCAL DE SUMINISTRO	TIPO DE APARATO	UNIDADES
Cuartos instalaciones	Grifo	1
Aseo adaptado hombres	Lavabo	1
	Urinario c/ grifo tempor.	1
	Inodoro con cisterna	1
Aseo adaptado mujeres	Lavabo	1
	Inodoro con cisterna	1
Dispensador de agua	Grifo temporizado	1

PLANTAS: PRIMERA A QUINTA		
LOCAL DE SUMINISTRO	TIPO DE APARTO	UNIDADES POR PLANTA
Aseo adaptado hombres	Lavabo	1
	Urinario c/ grifo tempor.	1
	Inodoro con cisterna	1
Aseo adaptado mujeres	Lavabo	1
	Inodoro con cisterna	1
Dispensador de agua	Grifo temporizado	1

PLANTA: CUBIERTA		
LOCAL DE SUMINISTRO	TIPO DE APARTO	UNIDADES
Torre de refrigeración	Grifo	1

Tabla 37. Puntos de consumo de agua instalados en el Aulario IndUVA. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)

Asimismo, en el subapartado 4.7 se desarrolla la previsión de volúmenes de agua consumida y que son reemplazables por aguas grises y/o por lluvia y la producción anual de aguas grises. También se detalla la previsión anual de recogida de agua procedente de la lluvia. Todas estas previsiones, que se hacen en función de la ocupación prevista (2523 personas) se muestran en las tablas que se ofrecen a continuación:

CONSUMO ANUAL DE AGUA EN USOS REEMPLAZABLES POR AGUAS GRISES/LLUVIA					personas	litros
Mujeres	inodoro	3 usos/día	4,5 l/uso	13,5 l/d-pers	1262	17.037,0
Hombres	inodoro	1 uso/día	4,5 l/uso	4,5 l/d-pers	1261	5.674,5
	urinario	2 usos/día	0,4 l/uso	0,8 l/d-pers	1261	1.008,8
TOTAL CONSUMO DIARIO EN USOS REEMPLAZABLES POR AGUAS GRISES/LLUVIA: litros						<b>23.720,3</b>
TOTAL CONSUMO ANUAL REEMPLAZABLE: 213 días laborables/año: litros						<b>5.052.423,9</b>

Tabla 38. Previsión de consumo anual de agua en el Aulario IndUVA. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)



#### 4.2.10. Instalación de Baja Tensión del Aulario IndUVA

En el undécimo punto de la memoria de instalaciones del proyecto de ejecución del nuevo Aulario IndUVA, se describe de forma reducida la instalación de baja tensión con la que se ha dotado al edificio. En primer lugar, el autor comenta su origen:

*“Nuestra instalación de BT partirá del Cuadro General de Baja Tensión del edificio principal que está previsto reformar (Sede Mergelina de la Escuela de las Ingenierías Industriales, en adelante SMEII), en el que estarán ubicadas las instalaciones generales de electricidad, y el Centro de Transformación. La alimentación eléctrica será trifásica a 400 V.”*

(Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)

En dicho punto se ofrece, además, el resumen de las potencias eléctricas del edificio; cuya tabulación se muestra a continuación:

#### RESUMEN DE POTENCIAS ELÉCTRICAS

SUMINISTRO RED NORMAL						
TIPO	ALUMBRADO (W)	FUERZA (W)	PREVISIÓN (W)	TOTAL (W)	SIMULTANEIDAD EN PLANTA	POTENCIA TOTAL (W)
PLANTA BAJA	4.065	35.300	5.000	44.365	0,65	28.837
PLANTA PRIMERA	2.642	39.800		42.442	0,65	27.587
PLANTA SEGUNDA	2.642	39.800		42.442	0,65	27.587
PLANTA TERCERA	2.642	39.800		42.442	0,65	27.587
PLANTA CUARTA	2.642	39.800		42.442	0,65	27.587
PLANTA QUINTA	2.642	39.800		42.442	0,65	27.587
CLIMATIZACIÓN	304	308.620		308.924	1,00	308.924
<b>TOTALES</b>	<b>17.579</b>	<b>542.920</b>	<b>5.000</b>	<b>565.499</b>		<b>475.698</b>
SIMULTANEIDAD ENTRE PLANTAS						0,85
<b>TOTAL POTENCIA RED-NORMAL</b>						<b>404.343,09</b>
COEFICIENTE SIMULTANEIDAD TOTAL						0,72

SUMINISTRO GRUPO COMPLEMENTARIO (SOCORRO)					
TIPO	ALUMBRADO (W)	SERVICIOS SEGURIDAD (W)	TOTAL (W)	SIMULTANEIDAD EN PLANTA	POTENCIA TOTAL (W)
PLANTA BAJA	1.348	3.650	4.998	1,00	4.998
PLANTA PRIMERA	1.276	350	1.626	1,00	1.626
PLANTA SEGUNDA	1.276	350	1.626	1,00	1.626
PLANTA TERCERA	1.276	350	1.626	1,00	1.626
PLANTA CUARTA	1.276	350	1.626	1,00	1.626
PLANTA QUINTA	1.276	350	1.626	1,00	1.626
ASCENSORES		17.600	17.600	1,00	17.600
<b>TOTALES</b>	<b>7.728</b>	<b>23.000</b>	<b>30.728</b>		<b>30.728</b>
SIMULTANEIDAD ENTRE PLANTAS					1,00
<b>TOTAL POTENCIA GRUPO-COMPLEMENTARIO</b>					<b>30.728,00</b>
COEFICIENTE SIMULTANEIDAD TOTAL					1,00

Tabla 39. Resumen de Potencias Eléctricas instaladas en el Aulario IndUVA. Fuente: (Valbuena García F. J., Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución, 2015)



#### 4.2.11. Cálculo de la ocupación del Aulario IndUVa

Dentro de la memoria normativa, en el segundo punto del CTE-DB-SI (de seguridad ante incendios) se calcula la ocupación de las distintas estancias del Aulario IndUVa. Se mostrará en la siguiente tabla los datos resumidos de la quinta planta (se ofrece esa a modo de ejemplo, puesto que los datos son idénticos para la primera, la segunda, la tercera y la cuarta planta) y de la planta baja, así como los datos totales:

RECINTO	USO	S. ÚTIL (m <sup>2</sup> )	DENSIDAD (m <sup>2</sup> /personas)	OCUPACIÓN Según norma (personas)	OCUPACIÓN Real (personas)
<b>PLANTA QUINTA</b>					
AULA 5.1	Aula	95,57	1,5	64	61
AULA 5.2	Aula	125,93	1,5	84	97
AULA 5.3	Aula	128,17	1,5	86	97
AULA 5.4	Aula	125,86	1,5	84	97
AULA 5.5	Aula	55,38	1,5	37	41
AULA 5.6	Aula	56,38	1,5	38	41
<b>TOTAL PLANTA QUINTA</b>				<b>393</b>	<b>434</b>
<b>PLANTA BAJA</b>					
AULA B.1	Aula	133,05	1,5	89	97
AULA B.2	Aula	94,25	1,5	63	61
AULA B.3	Aula	128,17	1,5	86	97
AULA B.4	Aula	124,00	1,5	83	97
CONSERJERIA	Conserje	10,29			1
<b>TOTAL PLANTA BAJA</b>				<b>321</b>	<b>353</b>
<b>TOTAL</b>				<b>2.289</b>	<b>2.523</b>

Tabla 40. Cuadro resumen de los cálculos de ocupación de las estancias del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. , 2015)

#### 4.2.12. Protección frente al ruido en el Aulario IndUVa

Dentro de la memoria normativa, en el apartado CTE-DB-HR, relativo a la protección frente al ruido, se desarrollan aspectos tales como la determinación de los índices de ruido-día, la zonificación del edificio y las pertinentes exigencias de aislamiento acústico y, finalmente, las fichas justificativas.

Tal y como se ha comentado, no se desarrollará ningún análisis ni estudio sobre la memoria normativa. Sin embargo, sí que se considera sumamente interesante incluir, a modo de ejemplo ilustrativo, una de estas fichas justificativas. En este caso, se incluirá la ficha justificativa del cálculo de un recinto superpuesto con cuatro aristas comunes. La ficha es la siguiente:

**CTE**  
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

### Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
**Caso:** Recintos superpuestos con 4 aristas comunes.

<b>Proyecto</b>	TORRE AULARIO. SEDE MERGELINA EII	
<b>Autor</b>	Ana I. Jiménez	
<b>Fecha</b>	15 de diciembre de 2015	
<b>Referencia</b>	AULA 1.4	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	348				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
<b>Separador</b>	Forjado genérico de masa 225 kg/m <sup>2</sup>						
<b>Pared F1</b>	YL 2x15 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x15 (perfiles arriostrados)						
<b>Pared F2</b>	RE + BC 140 + SP + AT + YL 15 (valores medios)						
<b>Pared F3</b>	YL 2x15 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x15 (perfiles arriostrados)						
<b>Pared F4</b>	Muro Cortina M1 vidrio 4+4/16/3+3						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	l <sub>i</sub> (m)	m <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>n,w</sub> (dB)	Δ R <sub>A</sub> (dBA)	Δ L <sub>w</sub> (dB)
<b>Separador</b>	120		225	47	82	19	30
<b>Pared F1</b>	31.61	10.9	65	65	82	-	-
<b>Pared F2</b>	31.61	10.9	157	47	82	14	-
<b>Pared F3</b>	33.64	11.6	65	65		-	-
<b>Pared F4</b>	33.64	11.6	80	39		-	-

Tabla 41. Ficha justificativa del cálculo relativo a la protección frente al ruido. Fuente: (Valbuena García F., 2015)



## 5. CONSUMOS DE ENERGÍA E INDICADORES ENERGETICOS

Es necesario establecer un límite o un indicador numérico, para el diseño y la comparación de edificios, ya sea entre dos alternativas de nueva construcción o con edificios ya existentes. Con ello, cobran importancia los indicadores energéticos o valores de referencia numéricos para la efectucción de cálculos cuantitativos.

Actualmente existe una falta de consenso internacional en torno a los edificios ZEB, pero muchos esfuerzos dirigidos en el desarrollo de nuevas metodologías y definiciones, como se podrá ver en este punto del trabajo.

### 5.1 Indicadores energéticos aplicados

En el inicio de este documento a modo introductorio se mencionó una pequeña tabla resumen a la que nuevamente se puede recurrir:

ZONA	VIVIENDAS			EDIFICIOS NO RESIDENCIALES		
	$E_p$ no renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ neta kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ no renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ renovable kWh/m <sup>2</sup> año	$E_p$ neta kWh/m <sup>2</sup> año
MEDITERRÁNEA	50-65	50	0-15	80-90	60	20-30
OCEÁNICA	50-65	35	15-30	85-100	45	40-55
CONTINENTAL	50-70	30	20-40	85-100	45	40-55
NÓRDICA	65-90	25	40-65	85-100	30	55-70

Tabla 42. Valores de referencia de energía primaria para edificios nZEB en la UE Fuente: (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010)

En ella se reflejan los valores de referencia aplicables a la eficiencia energética de los edificios nZEB situándolo por escalas dependiendo de la zona climática de la UE, extraído de las recomendaciones (UE) 2016/1318 de la Comisión, de 29 de Julio de 2016.

En la lectura de la tabla, por zona climática se indican los valores en Energía primaria no renovable, renovable y neta, resultado de la resta de ambas, dando como valor final un límite como Energía primaria neta en kWh por metro cuadrado y año.

Pero como se ha mencionado anteriormente, existe una falta de consenso, principalmente debida a la complejidad y análisis de todos los factores que participan en el cálculo de los consumos de energía de los edificios.

Según la (DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE, 2010) y la EN 15603:2008 para definición y cálculo de un edificio nZEB se utiliza el indicador de energía anterior. En cambio, para los cálculos cuantitativos en la EN 15603:2008 se especifica los siguientes puntos:



- Límites del sistema edificio, a fin de establecer los balances de energía entregada y exportada.
- Balances de energía estándar para calcular los datos de entrada.
- Factores de conversión de energía final a energía primaria dependiendo del tipo de fuente energética usada en el país (según tabla).
- Indicadores de energía relevantes para establecer un edificio estándar nZEB en la UE.

Según esta norma y la definición de REHVA (Federación Europea del acondicionamiento del aire, ventilación y calefacción) un edificio NZEB es aquel cuyo indicador de energía primaria no renovable es 0, mientras que los edificios nZEB será mayor que 0, como se puede apreciar en la siguiente ecuación y los valores de la tabla anterior:

$$E_{p,nren} = \sum_i (E_{del,i} f_{del,nren,i}) - \sum_i (E_{exp,i} f_{del,exp,i}) ; EP_p = \frac{E_{p,nren}}{A_{net}}$$

Los valores utilizados en la fórmula tienen el siguiente significado:

$EP_p$  : Indicador de energía primaria no renovable (kWh/m<sup>2</sup>año).

$E_{p,nren}$ : energía primaria no renovable (kWh/año).

$E_{del,i}$ : energía suministrada in situ o en las cercanías (kWh/año) para el tipo de energía  $i$ .

$f_{del,exp,i}$ : factor de energía primaria no renovable de la energía suministrada compensado por la energía exportada para el tipo de energía  $i$ , que es por defecto igual al factor de energía suministrada, si no está definido a escala nacional de otra manera.

$f_{del,nren,i}$ : factor de energía primaria no renovable para el tipo de energía  $i$ .

$E_{exp,i}$ : energía exportada in situ o en las cercanías (kWh/año) para el tipo de energía aportada  $i$ .

$A_{net}$ : área útil del edificio objeto de estudio.

Por medio de las fórmulas anteriores se obtiene el resultado de la energía primaria no renovable, que como se indica, en el caso del edificio nZEB puede ser superior a 0, con ello y dividiendo entre el área útil del edificio de estudio se obtiene como resultado el indicador de energía primaria no renovable, uno de los valores tabulados en la tabla 1 como valores de referencia.

De forma similar se obtiene el valor del indicador energético de energía primaria renovable.



El proceso de transformación de energías para poder relacionarlas entre sí es realizado por medio de los factores de conversión  $f_i$ , de energía final a primaria, para ello se hace uso de la siguiente tabla:

	$E_p$ renov/ $E_p$ final	$E_p$ no renov/ $E_p$ final	$E_p$ total/ $E_p$ final
<b>Electricidad convencional nacional</b>	0,396	2,007	2,403
<b>Electricidad convencional peninsular</b>	0,414	1,954	2,368
<b>Electricidad convencional extrapeninsular</b>	0,075	2,937	3,011
<b>Electricidad convencional Baleares</b>	0,082	2,968	3,049
<b>Electricidad convencional Canarias</b>	0,070	2,924	2,994
<b>Electricidad Convencional Ceuta y Melilla</b>	0,072	2,718	2,79
<b>Gasóleo</b>	0,003	1,179	1,182
<b>GLP</b>	0,003	1,201	1,204
<b>Gas Natural</b>	0,005	1,19	1,195
<b>Carbón</b>	0,002	1,082	1,084
<b>Biomasa no densificada</b>	1,003	0,034	1,037
<b>Biomasa densificada</b>	1,028	0,085	1,113

Tabla 43. Factores de conversión  $f_i$  de energía final a primaria en España Fuente: (Rey Martinez & Velasco Gomez, 2020)

Adicionalmente a los dos indicadores anteriores, es necesario complementar con un tercero para realizar el análisis según la metodología propuesta por la UE. Este indicador denominado RER (ratio de energía renovable) muestra el valor de contribución de las energías renovables al edificio, su fórmula desarrollada es la siguiente:

$$RER_p = \frac{\sum i E_{ren,i} + \sum i ((f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i})}{\sum i E_{ren,i} + \sum i (E_{del,i} f_{del,tot,i}) - \sum i (E_{exp,i} f_{exp,tot,i})}$$

$RER_p$ : ratio de energía primaria renovable.

$E_{ren,i}$ : energía renovable generada in situ o cerca (kWh/año).

$f_{del,tot,i}$ : factor de energía primaria importada.

$f_{exp,tot,i}$ : factor de energía primaria importada compensada con la energía exportada.

$f_{del,nren,i}$ : factor de energía primaria no renovable importada.



$E_{del,i}$ : energía importada in situ o cerca (kWh/año).

$E_{exp,i}$ : energía exportada in situ o cerca (kWh/año).

Con la unión de estos tres indicadores, previamente definidos por la normativa europea vigente, se puede obtener un resultado para clasificar el edificio objeto de análisis dentro de la definición de edificio nZEB comparándolos con los valores de referencia adscrita a las EPBD europea.

En Valladolid lugar en el que se radican los dos edificios mencionados en este estudio es un área de clima continental, en este, los umbrales máximos de energía primaria no renovable definidos están comprendidos entre 85 kWh/m<sup>2</sup> y 100 kWh/m<sup>2</sup> para el sector de la edificación no residencial. Dentro de este límite el umbral máximo se establece un valor como mínimo de 45 kWh/m<sup>2</sup> de energía primaria no renovable, teniendo como resultado en energía primaria neta un umbral entre 40 kWh/m<sup>2</sup> y 55 kWh/m<sup>2</sup>.

Por otra parte, resulta interesante por qué Europa apuesta por los edificios nZEB en lugar de los edificios NZEB, en los cuales la energía primaria neta es igual a cero. Principalmente esta decisión reside en el análisis del coste de vida del ciclo del edificio frente al consumo de energía primaria no renovable del mismo para diferentes climatologías, demostrando que los materiales y tecnologías eficientes actuales de un edificio NZEB no son viables económicamente.

## 5.2 Indicadores energéticos Aulario Esgueva

Acudiendo nuevamente al proyecto ya citado de (López Lorenzo, 2017) "Certificación energética de un edificio universitario existente", de este se pueden extraer una serie de datos para emular como afectaría aplicar al edificio los mismos requisitos que a un edificio nZEB.

En la parte final del proyecto, la superficie de suelo acondicionado se refleja en una tabla resumen con otras superficies relevantes del edificio, esta es utilizada para los cálculos de la demanda del edificio y la obtención de los indicadores energéticos anteriormente mencionados:

### Building Area

	Area [m <sup>2</sup> ]
Total Building Area	10297.62
Net Conditioned Building Area	4693.38
Unconditioned Building Area	5604.23

Tabla 44. Superficies utilizadas para la simulación aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Para el presente estudio el dato utilizado en cuanto a superficie es 4693,38 m<sup>2</sup> el correspondiente al suelo acondicionado neto del edificio.



En el siguiente punto se realiza un estudio de la demanda del edificio, reflejando la autora, mediante 3 motores de cálculo distintos con los siguientes resultados:

Demandas	Simulación con DESIGNBUILDER [kWh]	Simulación con ENERGYPLUS [kWh]	Simulación con CALENER VYP [kWh]
Calefacción	298.630,38	330.777,90	358.570,58
Refrigeración	5.410,00	20.047,20	102.513,83

Tabla 45. Demandas aulario Esgueva con 3 motores de cálculo distintos. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Las diferencias entre los distintos motores, como remarca la autora, pueden deberse al fallo en la introducción de los datos en los perfiles de utilización de los edificios, utilizando el caso más conservador en esta hipótesis se aplican los resultados mostrados por el programa CALENER entendiéndose que toda la demanda se encuentra satisfecha según los datos de simulación.

Para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración son utilizados los equipos mencionados en el punto 3.1.7 “Instalaciones de calefacción y climatización del Aulario Esgueva” desarrollado anteriormente en este proyecto, un par de calderas para la demanda correspondiente a calefacción y bombas de calor alimentadas por electricidad para la demanda correspondiente a refrigeración, por lo tanto el factor de conversión a utilizar para transformar de energía primaria a energía final es el siguiente:

Energía	Energía primaria /Energía final (kWh)
Electricidad convencional peninsular	2,368
Gasóleo	1,182

Tabla 46. Factores conversión utilizados para transformación en energía final. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Con los datos indicados la autora realiza una tabla de consumos de energía final, ante los defectos encontrados en los resultados del software, para este estudio se entiende satisfecha completamente la demanda de refrigeración, mediante equipos de bomba de calor con un rendimiento en modo refrigeración de 2.5, de ello se obtiene la siguiente tabla resumen de consumos del edificio mediante el programa CALENER en conjunción con esta hipótesis adoptada:

Consumo de Energía Final	Simulación con CALENER VYP (kWh)
Calefacción	316.653,82
Refrigeración	41.005,2
Iluminación	181.335,57
<b>Total</b>	<b>538.994,59</b>

Tabla 47. Consumos de energía final aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)



Utilizando la anterior Tabla 49 y la Tabla 48 de factores de conversión, se obtienen los consumos en energía primaria del edificio, con los cuales se puede sacar el primer indicador energético del mismo:

Consumo de Energía Primaria	Simulación con CALENER VYP (kWh)
<b>Calefacción</b>	374.284,82
<b>Refrigeración</b>	97.100,31
<b>Iluminación</b>	429.402,63
<b>Total</b>	<b>900.787,76</b>

Tabla 48. Consumos de Energía Primaria total aulario Esgueva. Fuente: Elaboración propia

El primer indicador de los datos anteriores es la energía primaria total dividiendo entre la superficie útil acondicionada del edificio (4.693,38 m<sup>2</sup>), se obtiene un resultado de 191,93 kWh/m<sup>2</sup> año.

Pero verdaderamente este resultado considera que toda la energía procede de fuentes de energía no renovable, cuando el edificio satisface la demanda de refrigeración por medio bombas de calor, considerándose estas una fuente de energía renovable. Además, se han incorporado en los últimos años parasoles en la fachada sur de silicio monocristalino, realizando los mismos una aportación a la electricidad del edificio que puede ser repercutida directamente en una disminución de consumo en energía final de la iluminación, las características de estos vienen dadas por la siguiente tabla:

TECNOLOGÍA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	NÚMERO DE MÓDULOS	TAMAÑO MÓDULOS/VIDRIOS (m)	Potencia nominal (Wp)	Potencia unitaria (Wp/m <sup>2</sup> )	ORIENTACIÓN	INCLINACIÓN
SILICIO MONOCRISTALINO DE ONYX SOLAR	106	28	0,65 X 0,85	9.700	89,59	14° SUR	31°
		72	1,43 X 0,85		95,43		

Tabla 49. Características parasoles fotovoltaicos instalados aulario Esgueva. Fuente: Oficina de Calidad Ambiental (Sergio Lorenzo)

Según los datos proporcionados a través de la oficina de calidad ambiental de la universidad de Valladolid, la aportación anual de estos parasoles para el año 2020 fue de 12864 kWh, lo que supone en energía primaria 30.461,92 kWh adicionalmente con la demanda de refrigeración satisfecha, se realiza una deducción de la tabla anterior, obteniendo un resultado de la parte de energía primaria que es satisfecha por medio de fuente de carácter renovable, para así poder obtener un indicador de energía primaria neta.



En resumen, con los datos aportados en el apartado anterior, se obtiene una pequeña tabla resumen:

<b>Energía primaria con fuente renovable</b>	<b>Cálculo de energía con fuente renovable (kWh)</b>
<b>Calefacción</b>	0
<b>Refrigeración</b>	97.100,31
<b>Iluminación</b>	30.461,92
<b>Total</b>	<b>127.562,23</b>

Tabla 50. Consumos de Energía Primaria renovable aulario Esgueva. Fuente: Elaboración propia

El indicador de energía primaria renovable obtenido del resultado de la tabla anterior y dividido entre la superficie útil acondicionada del edificio es de 27,18 kWh/m<sup>2</sup> año. El restante del edificio procede como energía primaria no renovable con un resultado de 164,75 kWh/m<sup>2</sup> año. Por lo tanto, en combinación con el anterior indicador el resultado global del edificio se muestra en la siguiente tabla resumen:

<b>Indicador</b>	<b>Resultado indicador (kWh/m<sup>2</sup> año)</b>
<b>Energía primaria no renovable</b>	164,75
<b>Energía primaria renovable</b>	27,18
<b>Energía primaria neta</b>	137,57

Tabla 51. Resultados indicadores energéticos aulario Esgueva. Fuente: Elaboración propia

Este valor obtenido como resultado para el edificio dista mucho del umbral máximo para edificios *nZEB* en Valladolid, situado como anteriormente se ha mencionado, entre 40 y 55 kWh/m<sup>2</sup>año en energía primaria neta.

De igual forma sobre el edificio caben actuaciones para reducir el impacto de consumo y aumentar la eficiencia por parte de la universidad, durante los últimos años se ha dispuesto el abandono de la dependencia del gasoil por la biomasa y la incorporación a la red *Distric Heating* de la universidad.

Con todo ello, los datos obtenidos en este estudio a modo ejemplificativo se realizan con la última simulación expuesta y desarrollada en el trabajo de (López Lorenzo, 2017), complementando el mismo con nuevas hipótesis y actuaciones que ciertamente podían haberse encontrado en el trabajo original para dar un resultado más aproximado a la realidad. Esta información pretende destacar la posibilidad de que edificios ya existentes, puedan evolucionar, aunque independientemente de la normativa consiguen mejorar sus valores originales, dotando de mayor confort a los usuarios, consiguiendo el autoabastecimiento, mejorando la eficiencia de estos, todo ello hacia una transición futura en el que el impacto de estos se vea reducido, aunque no sean edificios de nueva construcción.



### 5.3 Certificación energética Aulario Esgueva

Como conclusión del análisis del Aulario Esgueva, la autora (López Lorenzo, 2017) en las páginas finales del proyecto menciona la certificación energética obtenida por medio de los distintos softwares de cálculo utilizados, indicando que el resultado se obtendrá a partir del IEE (Índice de Eficiencia Global) de las emisiones de CO<sub>2</sub>, al redactar dicho trabajo los valores se recogen según el Real Decreto 235/2013 de 5 de abril:

$$IEE = \text{Emisiones totales Edificio Simulado} / \text{Emisiones totales Edificio Referencia}$$

Los límites de la escala en términos de IEE son:

- ❖ Clase A si  $IEE < 0.2$
- ❖ Clase B si  $0.2 \leq IEE \leq 0.5$
- ❖ Clase C si  $0.5 \leq IEE \leq 1.0$
- ❖ Clase D si  $1.0 \leq IEE \leq 1.65$
- ❖ Clase E si  $1.65 \leq IEE$

	DesignBuilder		EnergyPlus		Calener VYP	
	Valor numérico IEE	Calificación de Eficiencia Energética	Valor numérico IEE	Calificación de Eficiencia Energética	Valor numérico IEE	Calificación de Eficiencia Energética
Emisiones Totales [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	0,88	C	0,83	C	0,73	C

Ilustración 40. Resultado Software simulación Aulario Esgueva. Fuente: (López Lorenzo, 2017)

Tras el resultado final de simulación mediante el software DesignBuilder el resultado corresponde a una letra C con unas emisiones anuales de 56.16 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

Cabe destacar que en este punto la normativa y métodos de evaluación ha evolucionado desde la redacción del proyecto, pudiendo no considerarse un valor valido actualmente, ya que como se vera mas adelante, edificios mas modernos arrojan mayores valores superiores a este obteniendo una calificación más elevada.



#### 5.4 Indicadores energéticos Aulario IndUva

El aulario IndUva realiza la sustitución del edificio anteriormente mencionado como un edificio *nZEB* por lo tanto su aportación mínima mediante el indicador energético de energía primaria renovable debe ser 60 kWh/m<sup>2</sup>año con un límite de 80 – 90 kWh/m<sup>2</sup>año como indicador de energía primaria no renovable para la zona mediterránea en edificios no residenciales.

La construcción es integrada por 34 aulas de distintos tamaños y sufre un patrón de uso discontinuo con una ocupación variable de 100 alumnos a 2523 alumnos con un área útil de 4897,2 m<sup>2</sup>.

Para poder obtener los indicadores energéticos es necesario acudir a las simulaciones energéticas realizadas, estas se han ejecutado durante la fase de desarrollo del proyecto y en distintos artículos de divulgación científica con datos actualizados, tomando como referencia la última publicación de (Arquitectura y Construcción Interempresas, 2019) se extrae una tabla resumen:

Edificio de referencia CTE						
	Demanda	EF	Coef. paso EP	EP no renv	Coef paso CO <sub>2</sub>	Emisiones CO <sub>2</sub>
	kWh	kWh	kWh/kWh	kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kgCO <sub>2</sub>
Calefacción	699170,17	998.814,5	1,179	1.177.602,3	0,311	310.631,3
Refrigeración	578237,07	340.139,5		664.632,5		112.586,2
Iluminación		107.614,9	1,954	210.279,5	0,331	35.620,5
Equipos misc.		117.512,1		229.618,6		38.896,5
<b>TOTALES</b>		<b>1.564.081,0</b>	<b>kWh</b>	<b>2.282.132,9</b>	<b>kWh</b>	<b>497.734,5</b>
		<b>319,4</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>466,1</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>101,6</b>
						<b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>

Edificio de referencia LEED						
	Demanda	EF	Coef. paso EP	EP no renv	Coef paso CO <sub>2</sub>	Emisiones CO <sub>2</sub>
	kWh	kWh	kWh/kWh	kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kgCO <sub>2</sub>
Calefacción		328.222,4	1,179	641.346,6	0,000	0,0
Refrigeración		71.478,2		139.668,3		23.659,3
Ventiladores		422.439,0		825.445,7		139.827,3
Iluminación		80.038,7	1,954	156.395,7	0,331	26.492,8
Bombas		60.580,4		118.374,0		20.052,1
Equipos misc.		117.512,1		229.618,6		38.896,5
<b>TOTALES</b>		<b>1.080.270,7</b>	<b>kWh</b>	<b>2.110.848,9</b>	<b>kWh</b>	<b>248.928,0</b>
		<b>220,6</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>431,1</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>50,8</b>
						<b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>

Torre IndUva						
	Demanda	EF	Coef. paso EP	EP no renv	Coef paso CO <sub>2</sub>	Emisiones CO <sub>2</sub>
	kWh	kWh	kWh/kWh	kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kgCO <sub>2</sub>
Calefacción		21.553,9	1,179	25.412,0	0	0,0
Refrigeración		54.275,6		106.054,5		17.965,2
Ventiladores		119.041,61		232.607,3		39.402,8
Iluminación		27.440,0	1,954	53.617,8	0,331	9.082,6
Recuperación		4.900,0		9.574,6		1.621,9
Bombas		11.068,56		21.628,0		3.663,7
Equipos misc.		117.512,1		229.618,6		38.896,5
Generación FV		-24.438,7		-47.753,3		-8.089,2
<b>TOTALES</b>		<b>331.353,1</b>	<b>kWh</b>	<b>630.759,6</b>	<b>kWh</b>	<b>102.543,5</b>
		<b>67,7</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>128,8</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>20,4</b>
						<b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>

Actualizado a mayo de 2019

Ilustración 41. Resultados Simulación Energética mediante EnergyPlus Versión 8.5. Fuente: (Arquitectura y Construcción Interempresas, 2019)



Estos datos han sido publicados en la iniciativa de AEICE “Estrategias de Edificios de Energía Casi Nula” dentro de este manual técnico se indica el resumen de características del edificio, en él se menciona los componentes más relevantes y que hacen una aportación a la reducción tanto del consumo como autosuficiente energética de la construcción.

Es relevante mencionar que la fachada suroeste integra un muro fotovoltaico con una producción anual de 24.438,7 kWh lo que dota al edificio de una pequeña autosuficiencia eléctrica en conjunto con la aportación de los pozos canadienses en torno a 30.000 kWh térmicos como se indica en (AEICE, 2018)

Los indicadores de demanda en energía primaria se sitúan en 5,19 kWh/m<sup>2</sup>año y 21,6 kWh/m<sup>2</sup>año para la demanda de calefacción y refrigeración respectivamente, la baja demanda de calefacción procede principalmente del uso del caudal mínimo de ventilación para garantizar el aporte de calefacción necesario, aunque el edificio debe satisfacer demanda refrigeración prácticamente en todas las épocas del año. Todo esto se consigue por medio de un buen aislamiento a nivel de cerramientos (muros, cubierta, carpintería, suelos y vidrios) del edificio reduciendo las cargas por transmisión de calor con el exterior.

De la tabla de la Ilustración 41 y para realizar el cálculo de indicadores se deducen los equipos misceláneos de los cuales no se tiene en cuenta el consumo, por ello el resultado final del indicador de energía primaria no renovable del edificio se sitúa en 81,9 kWh/m<sup>2</sup>año, estando entre los valores admisibles para considerar el edificio *nZEB* según la zona mediterránea.

El resto de los datos no tiene soporte en una fuente documental ni análisis continuo del edificio para visualizar los indicadores de energía primaria renovable (los cuales sustentan el resto de los consumos) ni el indicador de energía prima neta, resultado de la resta de ambos valores.

El edificio posee calificación energética A, certificación *LEED Platinum* y puntuación de 4,2 sobre 5 hojas certificado por el Consejo de Edificios Verdes de España (*GBCe*), dotando al edificio de los mismos reconocimientos a nivel de diseño de edificios *nZEB* que un edificio similar construido en la misma ciudad de Valladolid, el edificio LUCIA.

### 5.5 Certificación energética Aulario IndUVa

En las páginas 142 a 154 del proyecto de ejecución se incluye el estudio relativo al ahorro de energía; siguiendo los parámetros recogidos por el CTE en la versión de redacción del proyecto. Asimismo, la certificación energética del aulario se incluye en el octavo punto de la ya citada memoria normativa. Los resultados de indicadores energéticos anuales y de etiquetación en función de los valores totales obtenidos se muestran a continuación:

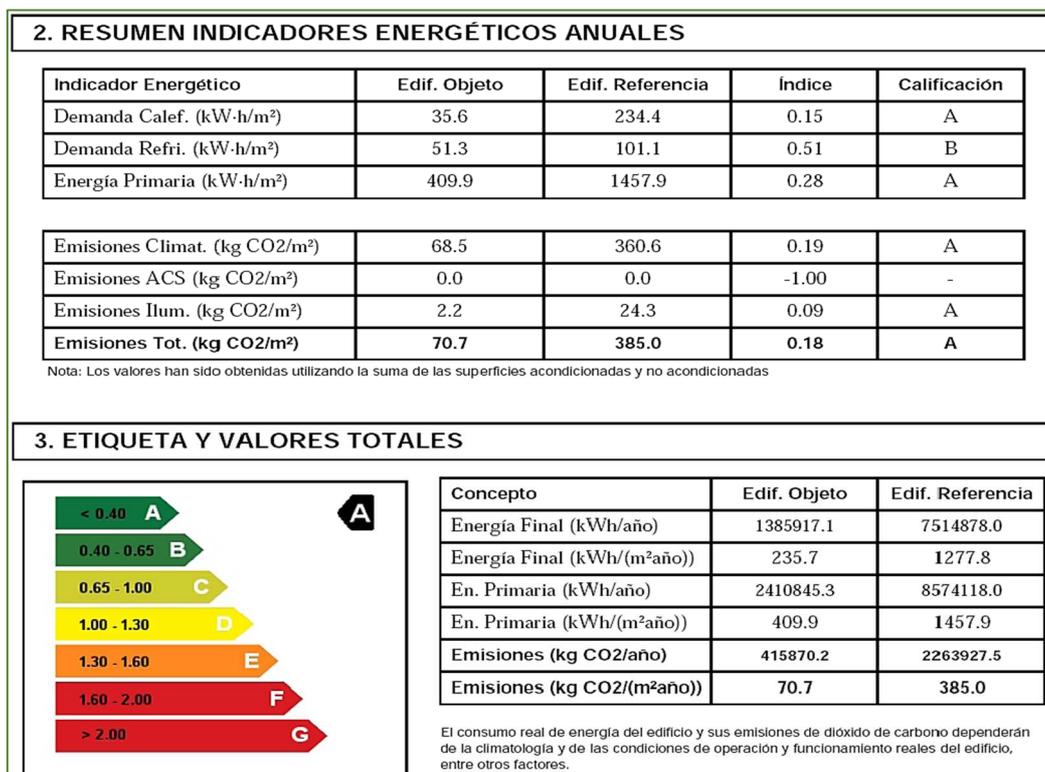


Ilustración 42. Certificación Energética del Aulario IndUVa. Fuente: (Valbuena García F. , 2015)

El informe completo de la calificación obtenida por la Torre Aulario se detalla seguidamente, en las páginas 159 a 193 del proyecto de ejecución. Pero como se observa no coincide con el análisis de simulación realizado y mencionado en este punto, aun habiendo sido realizado por el mismo autor (Valbuena García F. , 2015).

La diferencia entre ambos radica en los programas utilizados y el objeto de los datos a presentar, teniendo por objeto los realizados durante la simulación la obtención del indicador de energía primaria no renovable, para demostrar que el edificio se encuentra por debajo del límite admisible.





## 6. TOMA DE MEDIDAS INDUVA

### 6.1 Introducción medida de consumo eléctrico aulario IndUVa

En este apartado, se desarrollan los datos tomados de forma experimental del aulario IndUVa en un periodo de análisis que abarca desde septiembre de 2019 a marzo 2020; en el momento inicial de la pandemia del COVID. Se toma este periodo de análisis debido a que desde la puesta en servicio del edificio no se tomaron datos continuados y tras comenzar el retorno a la nueva normalidad no ha tenido el uso normal acorde a su diseño inicial.

Estos datos proceden de la oficina de calidad ambiental de la Universidad de Valladolid, siendo necesario un tratamiento previo de los mismos antes de sacar una serie de conclusiones.

Retornando a los datos mostrados en la ilustración 41, el consumo total de origen eléctrico del edificio se sitúa en 334.237,87 kWh con el siguiente desglose:

Origen Consumo	Consumo (kWh)
Refrigeración	54.275,6
Ventiladores	119.041,61
Iluminación	27.440
Recuperación	4.900
Bombas	11.068,56
Equipos misceláneos	117.512,1
<b>Total</b>	<b>334.237,87</b>

Tabla 52. Distribución consumo eléctrico aulario IndUVa. Fuente: (Escuela de Ingenierías Industriales, 2016)

Junto a los comentarios del punto anterior para realizar dichos cálculos hay que tener en cuenta que los datos mostrados no coinciden con los de la imagen inicial de simulación (Ilustración 41), ya que no se tiene en cuenta la parte de calefacción que no se cubre con energía eléctrica, ni el aporte de generación de energía fotovoltaica, además para valorar la similitud de los datos de simulación con los datos reales aportados se retira también el consumo de los equipos misceláneos, obteniendo como resultado final para el análisis un consumo eléctrico total de 216.725,77 kWh.

Por lo tanto, el punto de partida del análisis y objetivo de este es conseguir la mayor similitud entre este consumo de electricidad simulado respecto al consumo del periodo de análisis con datos fiables, como el periodo de análisis abarca medio año, es necesario tomar como referencia la mitad del valor numérico siendo el resultado de 108.362,89 kWh.

## 6.2 Tratamiento medida de consumo eléctrico aulario IndUVa

Los datos proporcionados se han transmitido en un paquete documental junto con los datos de los paneles fotovoltaicos del aulario Esgueva (mencionados en el anterior apartado), como se puede observar, no existe en este momento, un gran volumen de datos a los cuales se pueda tener acceso para realizar análisis del edificio, probablemente por la poca madurez del mismo y dificultades técnicas ocurridas en su funcionamiento, por ejemplo, la avería del recuperador rotativo en el primer año en funcionamiento.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
ELECTRICIDAD AULARIO IndUVa	20/11/2021 19:19	Carpeta de archivos	
Aulario Esgueva.xlsx	12/03/2020 13:27	Hoja de cálculo d...	5.262 KB
Consumo DH IndUVa.xlsx	20/11/2021 19:18	Hoja de cálculo d...	21 KB
FOTOVOLTAICA AULARIO ESGUEVA.xlsx	06/04/2020 14:41	Hoja de cálculo d...	19 KB

Ilustración 43. Documentación análisis de consumo. Fuente: Oficina calidad ambiental Universidad de Valladolid

Accediendo a la primera carpeta, se encuentran una serie de ficheros con la recopilación de datos aproximadamente por periodos mensuales, en ficheros separados y en muchas ocasiones no continuos, debido al fallo en la lectura de dispositivos o la nula configuración de los elementos encargados de la recopilación de estos datos:

1.GENERAL 23_5 AL 18_6_2019.xlsx	20/09/2020 18:24	Hoja de cálculo d...	56 KB
2.GENERAL 19_6 AL 27_6_2019.xlsx	20/09/2020 18:13	Hoja de cálculo d...	29 KB
3.GENERAL 11_8_2019 AL 31_8_2019.xlsx	20/09/2020 18:25	Hoja de cálculo d...	50 KB
4.GENERAL 1_9_2019 AL 29_9_2019.xlsx	20/09/2020 18:26	Hoja de cálculo d...	56 KB
5.GENERAL 30_9 AL 30_10_2019.xlsx	20/09/2020 18:22	Hoja de cálculo d...	59 KB
6.GENERAL 31_10_19 AL 31_12_19.xlsx	20/09/2020 18:27	Hoja de cálculo d...	104 KB
7.GENERAL 1_1_2020 AL 3_2_2020.xlsx	20/09/2020 18:27	Hoja de cálculo d...	64 KB
8.GENERAL 4_2_2020 AL 18_2_2020.xlsx	20/09/2020 18:29	Hoja de cálculo d...	88 KB
9.GENERAL 19_2_2020 AL 28_2_2020.xlsx	20/09/2020 18:30	Hoja de cálculo d...	135 KB
10.GENERAL 29_2_2020 AL 2_3_2020.xlsx	20/09/2020 18:33	Hoja de cálculo d...	36 KB
11.GENERAL 3_3_2020 AL 14_3_2020.xlsx	20/09/2020 18:33	Hoja de cálculo d...	107 KB
12.GENERAL 15_3_2020 AL 31_3_2020.xlsx	20/09/2020 17:32	Hoja de cálculo d...	146 KB
ARCHIVO DISTINTO GENERAL 23_5_2019 ...	20/09/2020 16:43	Hoja de cálculo d...	214 KB

Ilustración 44. Documentos periodos análisis consumo eléctrico IndUVa. Fuente: Oficina calidad ambiental Universidad de Valladolid

Con los datos presentados, para realizar un análisis válido de estos ficheros, es necesario retirar los periodos de descarte en los cuales los datos no son continuos, por lo tanto, los tres primeros ficheros y el último, por presentar datos erróneos, son suprimidos para el periodo de análisis de este trabajo, dejando como resultado el periodo inicialmente citado entre septiembre de 2019 a marzo de 2020 en los cuales los datos son continuos y permiten una conexión real entre ellos para su estudio.



Tomando como ejemplo uno de los ficheros se encuentran ciertas dificultades para la lectura de estos, ya que no todos presentan la misma información como campos de lectura, presentan toma de registro fallidos o duplican sus entradas, a modos de ejemplo se muestran estos errores en las siguientes imágenes:

Fecha	ME_05_Energia_Act.Present Value [kWh]	ME_05_Potencia_Ac.Present Value [kW]	ME_05_Potencia_Ac.Present Value [kW]
04/02/2020 0:15	<no entry>	<no entry>	5,69074
04/02/2020 0:15	197435	<no entry>	5,69074

Fecha	ME_05_Energia_Act.Present Value [kWh]
01/09/2019 0:02	121119
01/09/2019 0:17	121120

Ilustración 45. Errores datos consumo aulario IndUVa. Fuente: Oficina calidad ambiental Universidad de Valladolid

La primera depuración efectuada consiste en eliminar de cada uno de los ficheros los datos que no permiten la conexión continua entre los mismos, así como retirar la columna de la potencia activa instantánea por no encontrarse presente en todos los archivos y carecer de relevancia para un análisis de consumo, durante el proceso, se encuentra otro fallo siendo este que el output presentado por el programa de recopilación de datos no guarda el formato de fecha con las mismas propiedades, con lo cual se pierde su referencia en el espacio de tiempo. Para subsanar este último error basta con copiar las propiedades de casilla entre los ficheros, dando un formato homogéneo a todos los ficheros.

Finalmente, se fusionan todos los ficheros en un único archivo con la información contenida para el periodo de análisis, eliminando las entradas duplicadas entre el inicio de un fichero y el final de otro, el fichero finalmente muestra tomas de medida cíclicas con un periodo de repetición de 15 minutos, desde el día 1 de septiembre de 2019 al 31 de marzo de 2020:

Fecha	ME_05_Energia_Act.Present Value [kWh]
01/09/2019 0:02	121119
01/09/2019 0:17	121120
01/09/2019 0:32	121122
01/09/2019 0:47	121123
01/09/2019 1:02	121124
01/09/2019 1:17	121126
01/09/2019 1:32	121127
01/09/2019 1:47	121129
01/09/2019 2:02	121130

Ilustración 46. Resultado final archivo consumos aulario IndUVa. Fuente. Elaboración propia

Con este resultado finaliza el apartado del tratamiento de las tomas de medida del aulario IndUVa, pasando al apartado de la muestra de resultados obtenidos y conclusiones sobre este análisis.

### 6.3 Resultado medida de consumo eléctrico aulario IndUVa

Después del tratamiento de datos, se realiza una agrupación de estos por meses para presentar como resultado, los resultados se presentan tanto en forma de tabla como gráfico para facilitar su interpretación:

Meses	Consumo (kWh)
Septiembre	17331
Octubre	16816
Noviembre	12695
Diciembre	9887
Enero	18387
Febrero	16755
Marzo	16163

Tabla 53. Consumo mensual eléctrico aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia

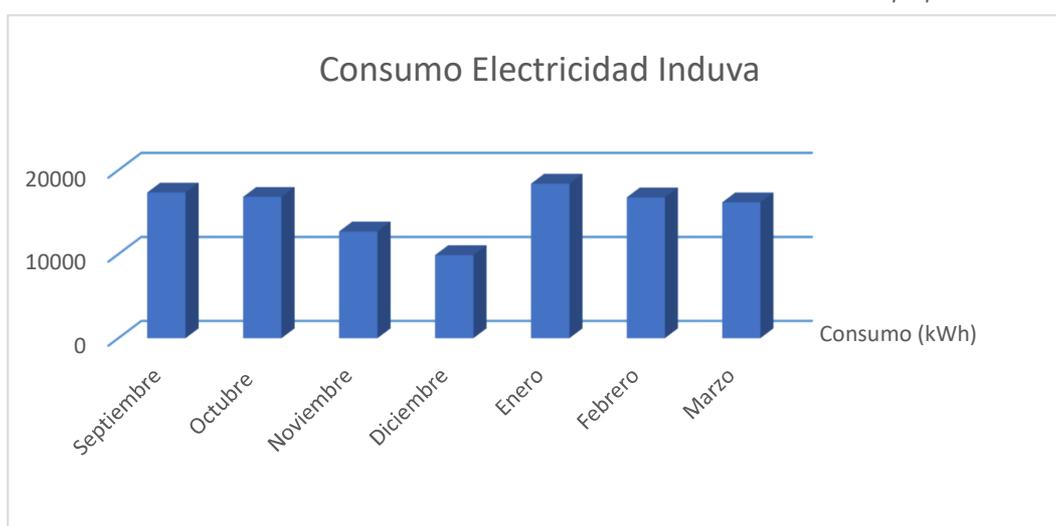


Ilustración 47. Análisis mensual consumo eléctrico aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia

Discriminando el consumo por meses se muestran resultados que previsiblemente resultaban esperables, como un mayor consumo eléctrico en los meses en los que se dispone de menos horas de luz natural.

Resulta interesante la reducción de consumo en los meses de noviembre y diciembre, siendo este el periodo de final del cuatrimestre, en el que se encuentra el desarrollo de pruebas finales, laboratorios realizados en otros edificios (sede Francisco Mendizábal y sede Paseo del Cauce), el fin de la asistencia a clases presenciales y, por último, coincidiendo con el periodo vacacional de Navidad.

Durante el periodo de diciembre si se dispusiera de datos de análisis de consumo eléctrico mensual del aulario esgueva, este se vería incrementado ya que el alumnado pasa a realizar las actividades de estudio en este, aun siendo un edificio menos confortable a efectos de climatización, dispone de mejores instalaciones para el desarrollo del estudio en el periodo de exámenes preparándose para los mismos que posteriormente se desarrollan entre estos dos edificios.



Tras el regreso del periodo vacacional de navidad, nuevamente el consumo se incrementa superando los consumos mensuales acumulados anteriormente, esto es debido a dos razones: el menor número de horas de luz natural y la ocupación humana. Ésta última resulta mayor históricamente en el periodo de exámenes ya que muchos estudiantes no acuden a las clases, pero si al examen final de las asignaturas. Con ello, y como se puede observar, se genera un patrón de uso mayor en este periodo, tanto en el horario (el edificio se encuentra ocupado un mayor periodo de tiempo) como en el volumen (más gente acude a los exámenes que a las clases).

Aun así, el análisis con periodos discriminados mensualmente tiene en cuenta el acumulado por mes, pero no todos los meses tienen el mismo número de días, un análisis más preciso es mostrar el resultado por día:

Meses	Consumo diario (kWh)
Septiembre	577,7
Octubre	542,45
Noviembre	423,16
Diciembre	318,93
Enero	593,12
Febrero	577,75
Marzo	521,39

Tabla 54. Análisis consumo eléctrico diario aulario IndUVA. Fuente: Elaboración propia

Con este resultado el mes de enero sigue siendo el mes con mayor consumo diario, lo que respalda la hipótesis de la mayor utilización por la realización de exámenes en el edificio, a partir de enero, se observa una tendencia bajista en el consumo diario con el crecimiento de las horas de luz y el retorno a un patrón de utilización de menor ocupación humana.

Para finalizar la presentación de resultados en la toma de medidas real del consumo eléctrico, se realiza una comparación con el consumo indicado en la introducción de este punto según la simulación realizada en el edificio:

Origen Consumo	Total Consumo (kWh)
Simulación	108.362,89
Medida real	108.034

Tabla 55. Comparación consumo simulación y consumo real IndUVA. Fuente: Elaboración propia

Resulta curioso como los datos obtenidos de una simulación llegan a un nivel de coincidencia casi exacta, con los datos obtenidos mediante una medición real de consumos. Por ello, nuevas tendencias informáticas como el análisis mediante gemelos digitales cobra importancia en un mundo digitalizado en el que previamente a la construcción de un edificio, prototipo o producto pueden ser recreados digitalmente evitando los costes de desarrollo o penalizaciones en una etapa final.



Para finalizar este apartado, adicionalmente, se pueden obtener una serie de ratios relevantes en la utilización del edificio, estos estos son el ratio de consumo por alumno (ocupación) y ratio de consumo por metro cuadrado (superficie):

Ratio	Consumo (kWh)
<b>Consumo por alumno</b>	42,82
<b>Consumo por m<sup>2</sup></b>	22,06

*Tabla 56. Ratios consumo eléctrico aulario IndUVa. Fuente: Elaboración propia*

Estos ratios son interesantes ya que el edificio tiene como principal uso la ocupación de alumnos en la realización de sus tareas, pudiendo comparar de esta forma con edificios de un uso similar para evaluar que edificio cumple mejor la normativa de cara a la función que realiza.

El ratio de consumo por m<sup>2</sup> resulta útil para comparar con todo tipo de edificios de carácter no residencial independiente de su uso, para determinar la adaptación normativa que este edificio.



## 7. CONCLUSIONES Y FUTUROS RESULTADOS

Como finalización del trabajo en primer lugar debe considerarse que la comparativa de datos se ha realizado en distintos momentos del tiempo, por lo tanto, los límites para los edificios y el método de cálculo empleado entre ambos estudios ha variado.

La comparación e inventariado realizado al aula Esgueva y al aula IndUVa sirve para confirmar el gran avance que se ha logrado en materia de diseño de edificios en apenas unos decenios, aun quedando trabajo por realizar, el avance ha sido muy considerable y los efectos directos como a nivel de eficiencia ya son plausibles, aunque con ello pueden aparecer nuevos problemas, como el síndrome por ejemplo el síndrome del edificio enfermo debido a su hermeticidad.

Una conclusión interesante extraída de esto es que se debe aprovechar el conocimiento previo y empírico del que se dispone para poder mejorar en las labores de diseño y construcción de las futuras infraestructuras que se establezcan. En otras palabras, se debe considerar que es sumamente recomendable realizar comparativas energéticas entre los edificios existentes en una determinada área, con el objetivo de extraer conclusiones más fiables y poder así aplicar las mejoras que se consideren oportunas a la hora de diseñar un nuevo edificio.

Además, el estudio y comparación de las construcciones ya existentes frente a nuevos edificios ahorran una importante cantidad de horas y de recursos, ya que, por medio de los programas actuales de simulación energética, como se puede apreciar se obtienen resultados muy fiables desde el primer minuto que se plantea el proyecto. Incluso gracias a los softwares de simulación, podemos encontrar los errores en las primeras fases del proyecto, punto en el cual los estudios tienen una penalización económica inferior.

Sobre el edificio objeto del trabajo, el nuevo aula IndUVa. Es un edificio de un gran interés para cualquier ingeniero y para cualquier arquitecto, por las novedosas características de las que dispone y por los innumerables avances que ofrece en materia de confort, climatización, ventilación y, por supuesto, eficiencia energética y ahorro de energía. En los sucesivos párrafos se exponen algunas de las principales conclusiones a las que se ha llegado por medio de la realización del trabajo.

Tal y como se puede observar, el nuevo edificio IndUVa goza de las mejores infraestructuras desarrolladas en materia de eficiencia y edificios *nZEB*. Como propuestas de mejora, el edificio puede realizar la transición en el futuro a un edificio *ZEB*, aunque, como se ha comentado durante el desarrollo del trabajo, esto implica un impacto económico que en este momento no compensa realizar. Por lo tanto lo más lógico sigue siendo impulsar la mejora en edificios ya existentes, para tratar de acercarlos lo más posible a los valores mostrados en edificios *nZEB*.



Por otra parte, para realizar este estudio se ha teniendo en cuenta la anterior normativa en materia del CTE, aunque se mencione el nuevo código técnico, con los nuevos valores el edificio supera el límite indicado para el indicador de energía primaria no renovable , pero por otra parte, existe una mayoración de este límite basándose en la carga interna del edificio y como se ha mencionado anteriormente, el edificio sufre de un patrón de uso discontinuo y épocas del año con una ocupación rozando el límite de su diseño, por lo tanto se puede aplicar esta mayoración como carga interna alta.

Mi opinión es que he tenido pocos datos empíricos del edificio. De haber dispuesto de más información, el análisis hubiera sido más exhaustivo y probablemente habría arrojado un mejor resultado, esto es debido a la carencia en el acceso a los datos exactos y los puntos de toma de medida del edificio para evaluar su monitorización.

Por último y como propuesta de nuevos trabajos de fin de grado, la realización de un análisis continuando el punto de partida de este, pudiendo trabajar con datos más exactos. Pero teniendo en cuenta la situación sanitaria excepcional, creo que esta propuesta debe esperar hasta recuperar la normalidad que permita observar el edificio en su uso durante al menos un par de años, con el patrón de uso para el que verdaderamente fue concebido.

También como complemento al anterior párrafo, se debe finalizar la construcción total del complejo y el traslado de todos los servicios restantes, para que así poder evaluar la sustitución de las anteriores facultades de ingeniería por un campus actualizado y comprometido en materia de sostenibilidad y eficiencia, concienciando a los nuevos estudiantes de la importancia en el desarrollo de sus estudios, desde un punto de vista de compromiso con la reducción de emisiones de los edificios diseñados por los nuevos ingenieros.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- AEICE. (Mayo de 2018). *Estrategias para Edificios de Energía Casi Nula*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2021, de [https://www.aeice.org/wp-content/uploads/2018/06/E3CN\\_manual.pdf](https://www.aeice.org/wp-content/uploads/2018/06/E3CN_manual.pdf)
- Arquitectura y Construcción Interempresas. (14 de Junio de 2019). <https://www.interempresas.net/>. Recuperado el 20 de Noviembre de 2021, de <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/247647-Aulario-IndUVa.html>
- DIRECTIVA 2002/91/CE. (2002 de Diciembre de 2002). *DIRECTIVA 2002/91/CE Parlamento Europeo y del Consejo. Relativa a la eficiencia energética de los edificios*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2021, de Diario Oficial de las Comunidades Europeas: <https://www.boe.es/doue/2003/001/L00065-00071.pdf>
- DIRECTIVA EPBD 2010/31/UE. (19 de Mayo de 2010). *DIRECTIVA 2010/31/UE Parlamento Europeo y del Consejo. Relativa a la eficiencia Energética de los edificios*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2021, de Diario Oficial de la Unión Europea: <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
- DIRECTIVA EPBD 2012/27/UE. (14 de Noviembre de 2012). *DIRECTIVA EPBD 2012/27/UE Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2021, de Diario Oficial de la Unión Europea: <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
- DIRECTIVA EPBD 2018/844/UE. (30 de Mayo de 2018). *DIRECTIVA EPBD 2018/844/UE Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo. Modifica la Directiva 2010/31/UE y Directiva 2012/27/UE*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2021, de Diario Oficial de la Unión Europea: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>
- Escuela de Ingenierías Industriales. (2016). *Aulario IndUVa. FICHA TÉCNICA*. Obtenido de Escuela de Ingenierías Industriales : <https://www.eii.uva.es/escuela/IndUVa/EDIFICIO.pdf>
- Foursquare. (2021). *Aulario Campus del Esgueva*. Obtenido de Foursquare City Guide: <https://es.foursquare.com/v/aulario-campus-del-esgueva/4bfec67368c7a5938eaa3f44>
- Fundación CONAMA. (Noviembre de 2016). *Fundación CONAMA*. Obtenido de <http://www.fundacionconama.org/>: <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2016/CT%20016/1998973528.pdf>



- Fundación Laboral de la Construcción. (2006). *Tabicón*. Obtenido de DICCIONARIO DE LA CONSTRUCCIÓN:  
<http://www.diccionariodelaconstruccion.com/estructuras/albanileria/tabicon>
- Gutiérrez Lopez, C. (8 de Octubre de 2017). *Sistemas activos*. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de SlideShare:  
<https://www.slideshare.net/carlagutierrezlopez/sistemas-activos>
- López Lorenzo, M. (Junio de 2017). Certificación Energética de un Edificio Universitario Existente. *Trabajo de Fin de Grado*. Valladolid, Castilla y León, España: Universidad de Valladolid.
- Ministerio de Fomento. (20 de Diciembre de 2019). *Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2021, de BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO:  
<https://www.boe.es/boe/dias/2019/12/27/pdfs/BOE-A-2019-18528.pdf>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (Septiembre de 2013). *REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS*. Recuperado el 19 de Julio de 2021, de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:  
<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (20 de Diciembre de 2019). *Ahorro de energía*. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de Código Técnico de la Edificación: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
- RECOMENDACIÓN 2016/1318/UE. (29 de Julio de 2016). *RECOMENDACIÓN 2016/1318/UE DE LA COMISIÓN EUROPEA. sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores*. Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <https://www.boe.es/doue/2016/208/L00046-00057.pdf>
- ReformaSuCasa.es. (12 de Enero de 2017). *Construcción: ¿Qué es la solera?* Obtenido de Reforma Su Casa Blog: <http://reformasucasa.es/construccion-que-es-la-solera/>
- Revista Mundo HVAC&R. (Noviembre de 2015). *Sistemas activos y pasivos, la combinación más eficiente en la proyección de espacios*. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de Mundo HVAC&R:  
<https://www.mundohvacr.com.mx/2015/11/sistemas-activos-y-pasivos-la-combinacion-mas-eficiente-en-la-proyeccion-de-espacios/>
- Rey Martinez, F. J., & Velasco Gomez, E. (2020). *Diseño y gestión de edificios de consumo de energía casi nulo nZEB*. Valladolid: Parainfo.
- Tribuna Valladolid. (9 de Septiembre de 2016). 904 estudiantes del distrito UVA se presentarán a las Pruebas de Acceso a la Universidad. *Tribuna Valladolid*.



TROX. (02 de Noviembre de 2021). *TBS-EC | TROX España, S.A.* Obtenido de <https://www.trox.es/unidades-de-tratamiento-de-aire/tbs-ec-f4cc32739e99f010>

Valbuena García, F. (Diciembre de 2015). Memoria Aulario. Proyecto de Ejecución. *Torre Aulario. Sede Mergelina de la Escuela de Ingenierías Industriales.* Valladolid, Castilla y León, España: Universidad de Valladolid. Unidad Técnica de Arquitectura.

Valbuena García, F. J. (Diciembre de 2015). Memoria de Instalaciones. Proyecto de Ejecución. *Torre Aulario. Sede Mergelina de la Escuela de Ingenierías Industriales.* Valladolid, Castilla y León, España: Universidad de Valladolid.

Valbuena García, F. J. (Diciembre de 2015). Planos IndUVa. Proyecto de Ejecución. *Torre Aulario. Sede Mergelina de la Escuela de Ingenierías Industriales.* Valladolid, Castilla y León, España: Universidad de Valladolid.



## 9. ANEXOS

### 9.1 Ficha técnica enfriadora Carrier 0452B Modo Frío



## Informe estándar

BORJA PERALVO (24/10/2021 12:59:02)

### 30XW 0452B

Enfriador de tornillo refrigerado por agua

Información sobre rendimiento		
Modo		Refrigeración
Potencia frigorífica <sup>(1)</sup>	kW	458
Eficacia de refrigeración (EER) <sup>(1)</sup>	kW/kW	4.75
Potencia calorífica para evacuar <sup>(1)</sup>	kW	545
Potencia absorbida por la unidad <sup>(1)</sup>	kW	96.3
Nivel de potencia sonora (LwA) <sup>(1)</sup>	dB(A)	96.0
Nivel de presión acústica a 1.0m (LpA) <sup>(1)</sup>	dB(A)	78.0
Potencia mínima <sup>(2)</sup>	kW	161
Potencia máxima	kW	458

(1) Todas las actuaciones cumplen con la norma EN 14811-3:2018. Nivel de potencia de sonido según ISO 10898-1.  
(2) Debido al caudal mínimo admisible, puede tener que especificarse una temperatura inferior del agua de entrada para alcanzar este rendimiento.



Cuadro no controlado

Condiciones de funcionamiento			
Elemento del sistema		Refrigeración	
<b>Evaporador</b>			
Fluido	Tipo de fluido	Agua dulce	
	Factor de suciedad (sqm-K)/kW	0	
	Temperatura de salida °C	7.0	
	Temperatura de entrada °C	12.0	
	Caudal de fluido l/s	21.8	
	Pérdida de carga total kPa	37.8	
<b>Condenser</b>			
Fluido	Tipo de fluido	Agua dulce	
	Factor de suciedad (sqm-K)/kW	0	
	Temperatura de salida °C	35.0	
	Temperatura de entrada °C	30.0	
	Caudal de fluido l/s	26.2	
Pérdida de carga total kPa	47		
Altura m	0		

Eficacia estacional <sup>(3)</sup>			
Aplicaciones permitidas para la marca CE:			
Baja temperatura. Calefacción Confort : T<55°C	SCOP 30/35°C   η <sub>s</sub> heat	5.43   209	
Refrigeración de confort : T>=2°C	SEER 12/7°C   η <sub>s</sub> cool	5.71   225	
Temp. media Refrigeración del proceso : T<2°C*	SEPR -2/-8°C	3.75	
Temp. alta Refrigeración del proceso : T>=2°C	SEPR 12/7°C	6.31	

\* Cumple con ECODESIGN según la regulación (UE) Nº 2015/1095  
(3) Todos los datos referidos a la eficiencia estacional se indican para unidades estándar y con las opciones principales (glicol, bomba, eficiencia energética...).

Información acerca del equipo	
Lugar de fabricación	Montluel
Tipo de refrigerante	R134a
Carga de refrigerante	kg 92
Toneladas equivalentes de CO2	Tonnes 132
Número de circuitos refrigerantes	1
Número de pasadas (evaporador / condensador)	1 / 2
Diámetro de conexión (evaporador)	mm 168.3
Diámetro de conexión (condensador)	mm 168.3
Número de compresor	1
Peso en funcionamiento/envío	kg 2609/2457
Dimensiones de la unidad (LxWxH)	mm 2743x936x1693

Información eléctrica		
Tensión de la unidad	V-Ph-Hz	400-3-50
Potencia en modo de espera	kW	0.050
Factor de potencia		0.850
Circuito eléctrico		Alimentación 1
Intensidad Máxima	A	275
Corriente de arranque	A	587

Documentación	
	PSD
	IOM
	Technical drawing
	Revit file

Configuración de la unidad	
150	Temperatura de condensación alta
152	Regulación para temperatura de condensación baja
257	Bajo nivel sonoro
266	Kit para la conexión soldada del evaporador
267	Kit de conexión soldada del agua del condensador
6	Glicol bajo con turbuladores hasta -15 °C
CS	Recargo en productos
EU	Aplicación europea

9.2 Ficha técnica enfriadora Carrier 0452B Modo Calor



Informe estándar

BORJA PERALVO (24/10/2021 12:57:06)

**30XWH 0452B**

Enfriador de tornillo refrigerado por agua

Información sobre rendimiento		
Modo		Calefacción
Capacidad Calorífica <sup>(1)</sup>	kW	535
Capacidad frigorífica al origen <sup>(1)</sup>	kW	449
Eficiencia en la calefacción (COP) <sup>(1)</sup>	kW/kW	5.59
Potencia absorbida por la unidad <sup>(1)</sup>	kW	95.7
Nivel de potencia sonora (LwA) <sup>(1)</sup>	dB(A)	96.0
Nivel de presión acústica a 1.0m (LpA) <sup>(1)</sup>	dB(A)	78.0
Potencia mínima <sup>(2)</sup>	kW	197
Potencia máxima	kW	535

(1) Todos los actuadores cumplen con la norma EN 14811-3:2018. Nivel de potencia de sonido según ISO 9096:14-1.  
(2) Debido al caudal mínimo admisible, puede tener que especificarse una temperatura inferior del agua de entrada para alcanzar este rendimiento.



Cuadro no contractual

Condiciones de funcionamiento		
Elemento del sistema		Calefacción
<b>Evaporador</b>		
Fluido		
Tipo de fluido		Agua dulce
Factor de suciedad (sqm-K)/kW		0
Temperatura de salida	°C	7.0
Temperatura de entrada	°C	12.0
Caudal de fluido	l/s	21.4
Pérdida de carga total	kPa	35.6
<b>Condensador</b>		
Fluido		
Tipo de fluido		Agua dulce
Factor de suciedad (sqm-K)/kW		0
Temperatura de salida	°C	35.0
Temperatura de entrada	°C	30.0
Caudal de fluido	l/s	25.7
Pérdida de carga total	kPa	46.9
Altura	m	0

Configuración de la unidad	
150	Temperatura de condensación alta
152	Regulación para temperatura de condensación baja
257	Bajo nivel sonoro
266	Kit para la conexión soldada del evaporador
267	Kit de conexión soldada del agua del condensador
CS	Recargo en productos
EU	Aplicación europea

Eficacia estacional <sup>(3)</sup>		
Aplicaciones permitidas para la marca CE:		
Baja temperatura. Calefacción Confort : T<55°C	SCOP 30/35°C   η <sub>s</sub> heat	5.77   223
Temperatura media. Calefacción Confort : T>=55°C	SCOP 47/55°C   η <sub>s</sub> heat	4.42   169

(3) Todos los datos relativos a la eficiencia estacional se indican para unidades estándar y con las opciones principales (glicol, bomba, eficiencia energética...).

Información acerca del equipo	
Lugar de fabricación	Montluel
Tipo de refrigerante	R134a
Carga de refrigerante	kg 92
Toneladas equivalentes de CO2	Tonnes 132
Número de circuitos refrigerantes	1
Número de pasadas (evaporador / condensador)	2 / 2
Diámetro de conexión (evaporador)	mm 141.3
Diámetro de conexión (condensador)	mm 141.3
Número de compresor	1
Peso en funcionamiento/envío	kg 2575/2423
Dimensiones de la unidad (LxWxH)	mm 2743x936x1693

Información eléctrica		
Tensión de la unidad	V-Ph-Hz	400-3-50
Potencia en modo de espera	kW	0.050
Factor de potencia		0.850
Circuito eléctrico		Alimentación 1
Intensidad Máxima	A	275
Corriente de arranque	A	587

Documentación	
	PSD
	IOM
	Technical drawing
	Revit file



9.3 Cálculo Climatizador YA39E-72

 <b>Carrier España</b> Technical-Commercial Department Avenida Real del Pinto ES 28021 Madrid Tel.: +34 915 209 375	Propuesta Fecha <b>24/10/2021</b> Proyecto <b>CLIMATIZADOR YA39E-72 INDUVA</b> Posición <b>YA39E-72</b>	 Versión de Soft. 3.20.200 Version Date: 17.05.2021 www.carrier.es http://www.carrier.es/contact
	LV-Posición Cantidad <b>1</b> Fecha de impr <b>24/10/2021</b> Colaborador Oficina / Contac	

INFORMACIÓN GENERAL

Serie **39YA-**

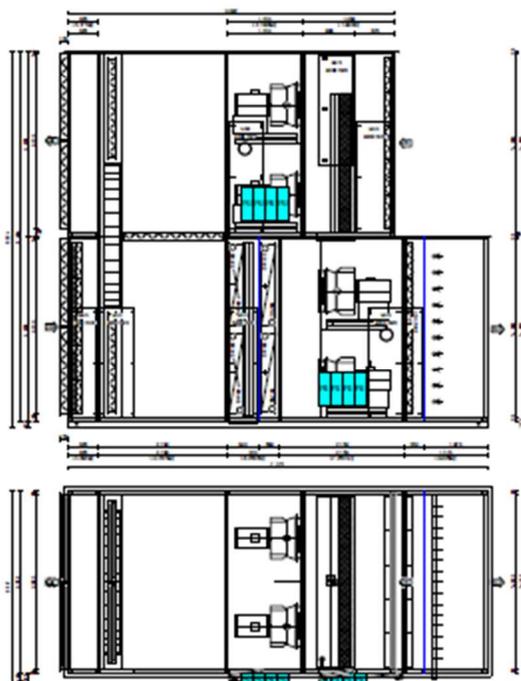


Densidad del aire [kg/m³]	<b>1,20</b>	 EIR 2018 Ready
SFPint (Vent. Comp.) [w/(m³/s)]	<b>1,082</b>	
Peso total [kg]	<b>~9.790</b>	
Temp. de diseño exterior (invierno) [°C]	<b>-15,00</b>	
Ratio de mezcla (RCA/SUP)	<b>75</b>	
Unidad (Reglamento UE 1253/2014)	<b>NRVU;BVU</b>	
Tipo de accionamiento	<b>Variable Speed</b>	
Max. SFP int. [w/(m³/s)]	<b>845</b>	
Min. Thermal efficiency [%]	<b>73</b>	
Min./Max. Temperatura-Humedad Relativa [°C-%]	<b>-20-0/50-50</b>	

Modelo	Caudal [m³/h]	Velocidad Air [m/s]	Presión Externa [Pa]	Pot. Abs. [kW]	Ef. Estática (Sistema)* [%]	Config. Base Pérd. de carga* [Pa]
<b>Impulsión</b> 39YA- 9.11	101.262	2,98	350	65,050	63,78	372
<b>Retorno</b> 39YA- 9.11	101.262	2,98	350	56,420	60,32	301

\* Según Configuración Base. (Reg. 1253/2014)

\*\*Energy label class designed for wet conditions.



La pérdida de carga de filtros en este informe se fija según norma UNE 13053. La pérdida de carga final (mostrada) ha de ser respetada para asegurar el rendimiento y la eficiencia energética de la unidad.

24/10/2021

13:41

AirCalc++ (Version N° 3.20.200 - Version Date 17.05.2021)

Página 1 / 9



		Proyecto Nr.:	
		Dibujo:	
		Posición:	YA39E-72
		Responsable:	Carrier User
		Pieza:	8
		Fecha:	24/10/2021
		Página:	2 / 9

### Aire de impulsión

#### Definición de la unidad

Presión externa [Pa]	350	Espesor	Poliuretano	50,0 mm	Largo [mm]	7.172,0	
Presión total [Pa]	1.568	Panel interno	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Ancho [mm]	3.162,0
Class DIN EN 13053	V7	Panel externo	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Altura [mm]	3.202,0
Ext. leakage -400 Pa (RU - EN 1886)	L2(R)	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Peso [kg]	~6.932,0
Ext. leakage +400 Pa (RU - EN 1886)	L2(R)	Perfiles	Aluminio				
Max. Fuga interna [%]	1,94	Mat. Interior	Galvanizado				
Construcción de la unidad	P 155-50 PS TB	MB Rating (EN 1886)	D1/L1/L1/T2/TB2				

Compact Filter section with Prefilter		Aire de impulsión	526,0 mm	6,69 m2	384,00 kg	332 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	48,0			
Tipo	CAMPLIS-QEG-48	Superficie de filtro [m2]				
Clase	G4	Celdas Pzs x Tamaño	25 x 592,0x 592,0			
PdC Limpio [Pa]	69					
PdC Diseño [Pa]	94					
PdC Sucio [Pa]	119					
Caudal [m³/h]	101.262					
Clasif. energética de filtro						
Filter class (EN-16890)	Coarse 50%					
	Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0		
	Tipo	ECOPLEAT-F7-98	Superficie de filtro [m2]	275,00		
	Clase	F7	Celdas Pzs x Tamaño	25 x 592,0 x 592,0		
	PdC Limpio [Pa]	180				
	PdC Diseño [Pa]	230				
	PdC Sucio [Pa]	280				
	Caudal [m³/h]	101.262				
	Extracción de filtro	Lateral				
	Clasif. energética de filtro	G				
Filter class (EN-16890)	ePM1 55%					
Puerta extraíble		Dimensiones [mm]	450,0 x 1.920,0			
Compuerta		Dimensiones [mm]	3.050,0 x 3.010,0 x 135,0			
Accionamiento por	Eje libre	Marco	Aluminio			
Ctd. Cierres	1	Lamas	Aluminio			
Torque [Nm]	41,860	Tipo	Class 3 - AI			
		Velocidad del aire [m/s]	3,06			
		Pérdida de carga [Pa]	8			



		Proyecto Nr.: Dibujo: Posición: <b>YA39E-72</b> Responsable: <b>Carrier User</b> Pieza: <b>8</b>
		Fecha: <b>24/10/2021</b> Página: <b>3 / 9</b>

Recuperador rotativo	Aire de impulsión	2.190,0 mm	41,89 m <sup>2</sup>	1.376,00 kg			
<b>Modelo RE AR 2400 C 1 TR K 2500-2500 V12 (Adsorción)</b>							
Modo de calentamiento		Modo de enfriamiento					
Impulsión [m <sup>3</sup> /h]	25.000	Dp [Pa]	192	Impulsión [m <sup>3</sup> /h]	25.000	Dp [Pa]	220
Entrada [°C]	0,00	Humed. [%]	90,0	Entrada [°C]	35,00	Humed. [%]	40,0
Salida [°C]	15,65	Humed. [%]	58,0	Salida [°C]	26,80	Humed. [%]	49,8
Extracción [m <sup>3</sup> /h]	25.000	Dp [Pa]	196	Extracción [m <sup>3</sup> /h]	25.000	Dp [Pa]	218
Entrada [°C]	21,00	Humed. [%]	50,0	Entrada [°C]	24,00	Humed. [%]	50,0
Salida [°C]	5,35	Humed. [%]	85,0	Salida [°C]	32,20	Humed. [%]	41,3
Capacidad de recup. tot. [kW]	195,75		Capacidad de recup. tot. [kW]	137,63			
Capacidad sensible [kW]	131,92		Capacidad sensible [kW]	70,46			
Ef. en Temp. Flujo seco balanceado [	74,50	RPM rotor [RPM]	20				
Ef. en Temperatura. EN 308 [%]	74,50	Clase energética	H1				
Ef. en temperatura (Calor) [%]	74,54	Regulación					
Ef. en humedad (Calor) [%]	69,67	Potencia Nom. [kW]	0,370				
Ef. en temperatura (Frio) [%]	74,54	Corriente nominal [A]	1,00				
Ef. en humedad (Frio) [%]	65,28	Tensión nominal [V]	3x400				
Puerta extraíble	Dimensiones [mm]				600,0 x 1.920,0		
Compuerta bypass aire de e	Dimensiones [mm]			2.800,0 x 1.710,0 x 135,0			
Accionamiento por	Eje libre	Marco	Aluminio				
Ctd. Cierres	1	Lamas	Aluminio				
Torque [Nm]	23,290	Tipo	Class 3 - AI				
Velocidad del aire [m/s]	1,45						
Pérdida de carga [Pa]	2						
Compuerta de recirculación	Dimensiones [mm]			2.800,0 x 1.710,0 x 135,0			
Accionamiento por	Eje libre	Marco	Aluminio				
Ctd. Cierres	1	Lamas	Aluminio				
Torque [Nm]	23,290	Tipo	Class 3 - AI				
Velocidad del aire [m/s]	1,45						
Pérdida de carga [Pa]	2						
Compuerta bypass aire imp	Dimensiones [mm]			2.800,0 x 1.710,0 x 135,0			
Accionamiento por	Eje libre	Marco	Aluminio				
Ctd. Cierres	1	Lamas	Aluminio				
Torque [Nm]	23,290	Tipo	Class 3 - AI				
Velocidad del aire [m/s]	1,45						
Pérdida de carga [Pa]	2						
Connection box for wheel motor	1	Set					
Los módulos de dimensión superior a 2500 mm serán suministrados en varias secciones							



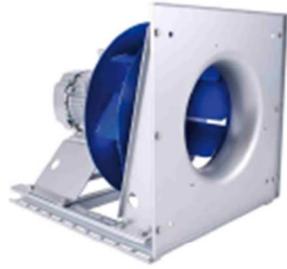
 	Proyecto Nr.: Dibujo: Posición: <b>YA39E-72</b> Responsable: <b>Carrier User</b> Pieza: <b>8</b> Fecha: <b>24/10/2021</b> Página: <b>4 / 9</b>
---	--

Enfriamiento	Aire de impulsión	550,0 mm	7 m2	1.433,00 kg	304 Pa
<b>H2O / Glicol</b>					
Caudal [m³/h]	101.262	Fluido	Agua		
Velocidad del aire [m/s]	3,59	Caudal de fluido [l/s]	31,7200		
Aire de entrada [°C]	35,00	Velocidad del fluido [m/s]	1,18		
Aire de salida [°C]	20,00	Fluido de entrada [°C]	7,00		
Capacidad total [kW]	665,82	Fluido de salida [°C]	12,00		
Capacidad sensible [kW]	512,68	Pérdida de carga del fluido [kPa]	19,08		
Perda de pres.del aire [Pa]	277	Volumen Int. [l]	213,200		
	Seco [Pa] 183	SHR	0,77		
2xCu-Al-FeZn P40AR 4R-35T-2800A-2.0pa 70C 4* (.11-.4-1.5)		Materiales:			
Filas	4	Aletas	Aluminio		
Circuitos	70	Filas	Cobre		
Separación de aletas [mm]	2,00	Colector	Cobre		
Conexión entrada	DN 100	Marco	Galvanizado		
Conexión salida	DN 100	Protección de la aleta	-		
Puerta extraíble		Dimensiones [mm] 500,0 x 1.920,0			
Bandeja de condensados		Calidad	Acero inoxidable 304	Conexión de drenaje	1 0/0"
Eliminador de gotas	Modelo	1P	Marco	Aluminio	Aletas PPTV 27 Pa

Calentamiento	Aire de impulsión	360,0 mm	4,58 m2	769,00 kg	33 Pa
<b>H2O / Glicol</b>					
Caudal [m³/h]	101.262	Fluido	Agua		
Velocidad del aire [m/s]	3,64	Caudal de fluido [l/s]	24,6200		
Aire de entrada [°C]	-15,00	Velocidad del fluido [m/s]	1,39		
Aire de salida [°C]	0,00	Fluido de entrada [°C]	45,00		
Potencia [kW]	509,72	Fluido de salida [°C]	40,00		
Perda de pres.del aire [Pa]	33	Pérdida de carga del fluido [kPa]	16,30		
		Volumen Int. [l]	157,200		
2xCu-Al-FeZn P60AC 4R-23T-2800A-4.0pa 46C 4* (.11-.4-1.5)		Materiales:			
Filas	4	Circuitos	46	Aletas	Aluminio
Separación de aletas [mm]	4,00			Filas	Cobre
Conexión entrada	DN 100	Conexión salida	DN 100	Colector	Cobre
Posición de la conexión	Straight, standard			Marco	Galvanizado
Número de int. Alt/Anch	2 / 1			Protección de la aleta	-



		Proyecto Nr.:	
		Dibujo:	
		Posición:	YA39E-72
		Responsable:	Carrier User
		Pieza:	8
		Fecha:	24/10/2021
		Página:	5 / 9

Plugfan	Aire de impulsión	2.130,0 mm	27,12 m <sup>2</sup>	2.341,00 kg	Pa				
<b>INFORMACIÓN DEL VENTILADOR</b>			<b>INFORMACIÓN DE MOTOR</b>						
Ventilador	4xER80C-4DN.M7.1R	Motor	4x1LE1-IE3-50-180-4-22						
Proveedor	Ziehl-Abegg	Protección	IP55						
Caudal [m <sup>3</sup> /h]	101.262	Clase de aislamiento	F						
Internal pressure [Pa]	1.125	Potencia [kW]	4x22,00						
Presión adicional [Pa]		RPM [1/min]	1.470						
Presión externa [Pa]	350	Corriente +-5% [A]	4x41,00						
Presión dinámica [Pa]	93	Eficiencia	93 IE3						
Presión estática total [Pa]	1.475	Tensión	3x400 V / 50 Hz						
Presión total [Pa]	1.568	Tipo de motor	AC						
RPM [1/min]	1.458	El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador.							
Eficiencia del ventilador [%]	75,2								
Potencia en el eje [kW]	4x14,670								
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>			Punto de trabajo [Hz]	49,6					
Potencia absorbida (Selección) [kW]	65,050	Frecuencia máxima [Hz]	55						
Potencia específica (Selección) [w/(m <sup>3</sup> /s)]	2.243	K factor	620						
Potencia absorbida (Validación) [kW]	55,470								
Potencia específica (Validación) [w/(m <sup>3</sup> /s)]	1.913								
									
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB									
Ot. Frq. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Aspiración	73,0	89,0	85,0	84,0	87,0	87,0	82,0	79,0	
Salida	82,0	91,0	91,0	93,0	92,0	92,0	86,0	81,0	
Potencia sonora [dB (A)]	97,6								
Puerta con bisagras y cierres			Dimensiones [mm]		600,0 x 1.920,0				
Mirilla			Círcular		Diámetro [mm]		218,0		
Variador de frecuencia						montiert			No
Proveedor	ABB		Tensión [V]		3x400		Repair switch		SI
Descripción	ACH550-01-059-4		Potencia máx. del		30,000		Protección		IP54
Tipo	ACH 550		Corriente [A]		95,00		Frecuencia [Hz]		50



 	Proyecto Nr.: Dibujo: Posición: <b>YA39E-72</b> Responsable: <b>Carrier User</b> Pieza: <b>8</b> Fecha: <b>24/10/2021</b> Página: <b>6 / 9</b>
--	--

Filtro	Aire de impulsión	<b>340,0 mm</b>	<b>4,33 m2</b>	<b>273,00 kg</b>	<b>236 Pa</b>
Fabricante	<b>Camfil</b>	Longitud del filtro [mm]	<b>98,0</b>		
Tipo	<b>ECOPLEAT-F9-98</b>	Superficie de filtro [m2]	<b>275,00</b>		
Clase	<b>F9</b>	Celdas Pzs x Tamaño	<b>25 x 592,0x 592,0</b>		
PdC Limpio [Pa]	<b>186</b>				
PdC Diseño [Pa]	<b>236</b>				
PdC Sucio [Pa]	<b>286</b>				
Caudal [m³/h]	<b>101.262</b>				
Clasif. energética de filtro					
Filter class (EN-16890)	<b>ePM1 80%</b>				
Puerta extraíble		Dimensiones [mm]	<b>300,0 x 1.920,0</b>		
Toma de medición		<b>1</b>	<b>Set</b>		

Humid. Vapor	Aire de impulsión	<b>1.076,0 mm</b>	<b>13,69 m2</b>	<b>356,00 kg</b>	<b>Pa</b>
	Temperatura de entrada [°C]	<b>0,00</b>		Tensión [V]	<b>Estánd</b>
Número de distribuidores	Humedad entrada [%]			Potencia Nom. [kW]	
Longitud de la lanza [mm]	Humedad de salida [%]	<b>1,0</b>		humidificación [kg/h]	<b>4,00</b>
Equipo productor de vapor no válido para instalación en intemperie	<b>1</b>	<b>Uni.</b>			

Cálculo del nivel sonoro										
	Potencia sonora [dB]									
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Aspiración	79,0	95,0	86,0	79,0	86,0	78,0	79,0	78,0	89,0	
Salida	88,0	96	90	93,0	94,0	93,0	81,0	79,0	98,2	
Carcasa	80,0	85,0	84,0	90,0	89,0	74,0	58,0	39,0	91,3	
	Nivel de presión sonora [dB]									
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición <b>2 m</b> Distancia
Aspiración	65,0	81,0	72,0	65,0	72,0	64,0	65,0	64,0	75,0	
Salida	74,0	82,0	76,0	79,0	80,0	79,0	67,0	65,0	84,2	
Carcasa	66,0	71,0	70,0	76,0	75,0	60,0	44,0	25,0	77,3	
Tolerancia +/- 4 dB										

Aire de extracción							
<b>Definición de la unidad</b>							
Presión externa [Pa]	<b>350</b>	Espesor	<b>Poliuretano</b>	<b>50,0 mm</b>	Largo [mm]	<b>5.592,0</b>	
Presión total [Pa]	<b>1.368</b>	Panel interno	<b>Galvanizado pintado</b>	<b>White 0,50 mm</b>	Ancho [mm]	<b>3.162,0</b>	
Class DIN EN 13053	<b>V7</b>	Panel externo	<b>Galvanizado pintado</b>	<b>White 0,50 mm</b>	Altura [mm]	<b>3.202,0</b>	
Ext. leakage -400 Pa (RU - EN 1886)	<b>L2(R)</b>	Panel interno (suelo)	<b>Galvanizado pintado</b>	<b>White 0,50 mm</b>	Peso [kg]	<b>~2.860,0</b>	
Ext. leakage +400 Pa (RU - EN 1886)	<b>L2(R)</b>	Perfiles	<b>Aluminio</b>				
Max. Fuga interna [%]	<b>1,94</b>	Mat. Interior	<b>Galvanizado</b>				
Construcción de la unidad	<b>P 155-50 PS TB</b>	MB Rating (EN 1886)	<b>D1/L1/L1/T2/TB2</b>				



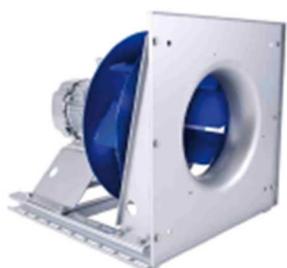
		Proyecto Nr.: Dibujo: Posición: <b>YA39E-72</b> Responsable: <b>Carrier User</b> Pieza: <b>8</b>
		Fecha: <b>24/10/2021</b> Página: <b>7 / 9</b>

Filtro	Aire de extracción	<b>676,0 mm</b>	<b>8,61 m2</b>	<b>309,00 kg</b>	<b>155 Pa</b>
Fabricante	<b>Camfil</b>	Longitud del filtro [mm]	<b>98,0</b>		
Tipo	<b>ECOPLEAT-M5-98</b>	Superficie de filtro [m2]	<b>275,00</b>		
Clase	<b>M5</b>	Celdas Pzs x Tamaño	<b>25 x 592,0x 592,0</b>		
PdC Limpio [Pa]	<b>105</b>				
PdC Diseño [Pa]	<b>155</b>				
PdC Sucio [Pa]	<b>205</b>				
Caudal [m³/h]	<b>101.262</b>				
Clasif. energética de filtro					
Filter class (EN-16890)	<b>ePM10 60%</b>				
Puerta extraíble		Dimensiones [mm]	<b>600,0 x 1.920,0</b>		
Toma de medición		<b>1</b>	Set		

Humidificador adiabático	Aire de extracción	<b>890,0 mm</b>	<b>11,32 m2</b>	<b>573,00 kg</b>	<b>479 Pa</b>
Tipo	<b>2.400,0-2.975,0-Panel 200,0mm [Cellulose]</b>				
Temperatura de entrada [°C]	<b>28,00</b>	Humedad [%]	<b>5,0</b>		
Temperatura de salida [°C]	<b>13,21</b>	Humedad exteri	<b>75,0</b>		
Eficiencia [%]	<b>85,2</b>				
Separador de gotas	<b>SI</b>				
		Tipo	<b>-</b>		
		Potencia Nom. [kW]	<b>0,240</b>		
		Corriente [A]			
		Tensión nominal [V]	<b>3x400</b>		
		RPM [1/min]			
Panel de control básico		<b>1</b>	Set		
Puerta con bisagras y cierres		Dimensiones [mm]	<b>600,0 x 1.920,0</b>		



		Proyecto Nr.:	
		Dibujo:	
		Posición:	YA39E-72
		Responsable:	Carrier User
		Pieza:	8
		Fecha:	24/10/2021
		Página:	8 / 9

Plugfan	Aire de extracción	1.310,0 mm	16,67 m2	1.805,00 kg	Pa			
<b>INFORMACIÓN DEL VENTILADOR</b>			<b>INFORMACIÓN DE MOTOR</b>					
Ventilador	4xER71C-4DN.L7.1R	Motor	4x1LE1-IE3-50-180-4-18.5					
Proveedor	Ziehl-Abegg	Protección	IP55					
Caudal [m³/h]	101.262	Clase de aislamiento	F					
Internal pressure [Pa]	860	Potencia [kW]	4x18,50					
Presión adicional [Pa]		RPM [1/min]	1.470					
Presión externa [Pa]	350	Corriente +5% [A]	4x35,50					
Presión dinámica [Pa]	158	Eficiencia	92,6 IE3					
Presión estática total [Pa]	1.210	Tensión	3x400 V / 50 Hz					
Presión total [Pa]	1.368	Tipo de motor	AC					
RPM [1/min]	1.714	El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador.						
Eficiencia del ventilador [%]	75,9							
Potencia en el eje [kW]	4x12,670							
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>		Punto de trabajo [Hz]	58,3					
Potencia absorbida (Selección) [kW]	56,420	Frecuencia máxima [Hz]	63					
Potencia específica (Selección) [w/(m3/s)]	1.946 SFP4	K factor	490					
Potencia absorbida (Validación) [kW]	53,540							
Potencia específica (Validación) [w/(m3/s)]	1.846 SFP4							
								
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB								
Ot. Frq. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Aspiración	76,0	84,0	92,0	87,0	88,0	87,0	85,0	82,0
Salida	84,0	87,0	95,0	97,0	95,0	93,0	91,0	84,0
Potencia sonora [dB (A)]	99,9							
Puerta con bisagras y cierres		Dimensiones [mm]		600,0 x 1.920,0				
Mirilla	Circular	Diámetro [mm]		218,0				
Variador de frecuencia								
Proveedor	ABB	Tensión [V]	3x400		montiert	No		
Descripción	ACH550-01-059-4	Potencia máx. del	30,000		Repair switch	SI		
Tipo	ACH 550	Corriente [A]	95,00		Protección	IP54		
					Frecuencia [Hz]	50		
Recuperador rotativo	Aire de extracción	2.190,0 mm	41,89 m2	1.376,00 kg				
Módulo de aspiración/descarga	Aire de extracción	526,0 mm	6,69 m2	173,00 kg	8 Pa			
Compuerta			Dimensiones [mm] 3.050,0 x 3.010,0 x 135,0					
Accionamiento por	Eje libre			Marco	Aluminio			
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	3,06	Lamas	Aluminio			
Torque [Nm]	41,860	Pérdida de carga [Pa]	8	Tipo	Class 3 - Al			



		Proyecto Nr.: Dibujo: Posición: <b>YA39E-72</b> Responsable: <b>Carrier User</b> Pieza: <b>8</b> Fecha: <b>24/10/2021</b> Página: <b>9 / 9</b>
--	--	--

Cálculo del nivel sonoro												
Frc. Hz	Potencia sonora [dB]								Suma [dB(A)]	Punto de medición	2 m	Distancia
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000				
Aspiración	82,0	87,0	89,0	85,0	87,0	84,0	73,0	67,0	90,6			
Salida	90,0	93	101	103,0	101,0	99,0	97,0	90,0	106,2			
Carcasa	82,0	81,0	88,0	94,0	92,0	75,0	63,0	42,0	94,7			
Frc. Hz	Nivel de presión sonora [dB]								Suma [dB(A)]	Punto de medición	2 m	Distancia
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000				
Aspiración	68,0	73,0	75,0	71,0	73,0	70,0	59,0	53,0	76,6			
Salida	76,0	79,0	87,0	89,0	87,0	85,0	83,0	76,0	92,2			
Carcasa	68,0	67,0	74,0	80,0	78,0	61,0	49,0	28,0	80,7			
Tolerancia +/- 4 dB												

Bancada	<b>0411</b>	Material	<b>Galvanizado</b>	Aislado	<b>No</b>
Agujeros [mm]	<b>40,0</b>	Altura [mm]	<b>100,0</b>	Soldado	<b>No</b>
tejadillo			<b>1 Set</b>		

Los componentes que aparecen en este informe pueden ser reemplazados por marcas equivalentes en función del stock existente y el tiempo de entrega requeridos para esta unidad.

Módulos para transporte	Nr	Ancho	Altura	Largo	Peso
A confirmar.	1	3.162,0	3.202,0	1.566,0	882,00
A confirmar.	2	3.162,0	3.202,0	1.310,0	1.805,00
A confirmar.	3	3.162,0	3.202,0	526,0	173,00
A confirmar.	4	3.162,0	3.202,0	526,0	384,00
A confirmar.	5	3.162,0	6.404,0	2.190,0	1.376,00
A confirmar.	6	3.162,0	3.202,0	910,0	2.202,00
A confirmar.	7	3.162,0	3.202,0	2.130,0	2.341,00
A confirmar.	8	3.162,0	3.202,0	1.416,0	629,00

