



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE**  
**ARQUITECTURA**

**Grado en Fundamentos de la Arquitectura**  
**Curso 2020-2021**



**HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS EN**  
**LA REPRESENTACIÓN Y CÁLCULO DE**  
**LA DEMANDA TÉRMICA EN EDIFICIOS**

**AUTOR: MARIO ALEN FIGUEROA IZARRAULDE**

**TUTOR: ALBERTO JOSÉ MEISS RODRÍGUEZ**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia que siempre me ha apoyado y entendido, a los profesores de la escuela que han confiado en mí, a mi pareja por la paciencia y el cariño y a mi tutor por dirigir mis ideas y creer en este TFG.



# ÍNDICE

1.	EVOLUCIÓN DE BIM PARA LA ARQUITECTURA Y EL ANÁLISIS ENERGÉTICO .....	10
1.1.	¿QUÉ ES BIM? .....	10
1.2.	¿COMO SE CONSTRUYÓ? .....	11
1.3.	LOS PRIMEROS DISEÑOS POR ORDENADOR .....	12
1.4.	¿SOFTWARES DE DISEÑO PREVIOS A LA ACTUAL METODOLOGÍA BIM? .....	13
1.5.	TRANSVERSALIDAD Y ANÁLISIS EN BASE BIM .....	15
1.6.	EL MODELO ENERGÉTICO EN LA ACTUALIDAD .....	16
2.	CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN.....	19
2.1.	DESARROLLO DEL CONFORT TÉRMICO .....	19
2.2.	BIENESTAR HIGROTÉRMICO .....	21
2.3.	INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA .....	23
2.4.	CARGAS TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS.....	24
2.5.	EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	31
2.6.	CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN Y NORMATIVA .....	34
3.	GANANCIAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS: CASO PRÁCTICO .....	41
3.1.	REVIT Y DISCIPLINA MEP PARA EL ANÁLISIS DE LA CLIMATIZACIÓN .....	41
3.2.	DATOS DEL EDIFICIO .....	47
3.3.	VALORES ENERGÉTICOS PARA CÁLCULO DE GANANCIAS TÉRMICAS EN REVIT .....	53
3.3.1.	<i>Importación del modelo tridimensional para cálculo</i> .....	53
3.3.2.	<i>Datos del entorno físico y ambiental</i> .....	56
3.3.3.	<i>Resistencias térmicas en la composición de la envolvente</i> .....	60
3.3.4.	<i>Designación de espacios analíticos</i> .....	74
3.3.5.	<i>Tablas de contenido</i> .....	84
4.	ANÁLISIS ENERGÉTICO: GANANCIAS TÉRMICAS .....	88
4.1.	CÁLCULO DE VALORES ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO CON REVIT .....	88
4.2.	ANÁLISIS DE DATOS POR ESPACIO .....	96
4.2.1.	<i>Aula 2-3 años</i> .....	96
4.2.2.	<i>Sala del personal</i> .....	107
4.3.	COMPARATIVA GENERAL DE CÁLCULOS ENTRE PROGRAMAS .....	112
4.3.1.	<i>Comparativa de espacios interiores calculados con Revit y Calcula</i> .....	112
5.	ANÁLISIS DE VARIABLES DIRECCIONALES Y CONSTRUCTIVAS .....	119
5.1.	CAMBIO DE SENTIDO DEL EDIFICIO .....	119
5.2.	CAMBIO DE SENTIDO DE UN ESPACIO: AULA.....	127
5.3.	CAMBIO EN LOS COMPONENTES ARQUITECTÓNICOS DE LA ENVOLVENTE: SALA DE PERSONAL.....	136
5.3.1.	<i>Reducción de superficie vidriada (cálculo Atecyr)</i> .....	138
5.3.2.	<i>Lamas verticales en el exterior de la superficie vidriada</i> .....	139
5.3.3.	<i>Perdida de ganancia térmica por sombra del alero</i> .....	141
6.	CONCLUSIONES.....	144
	FUENTES .....	148
	BIBLIOGRAFÍA.....	149
	ANEXOS .....	150

## RESUMEN

Desde el conocimiento de los fenómenos físicos de la naturaleza y los alcances informáticos, el uso de los ordenadores, entre otras utilidades, son capaces de simular varios tipos de escenarios. Con el fin de crear o reproducir un contenido tridimensional a través del cálculo en software se logra integrar de manera eficiente estas situaciones en áreas muy diversas, como las proyectadas en una composición arquitectónica y más específicamente en la climatización de edificios.

En este trabajo de fin de grado se estudia y analizan las características constructivas y energéticas de un edificio; a partir de la composición de su envolvente, las variables de uso y datos climatológicos, que afecten a las dinámicas térmicas de sus espacios.

En ese estudio se analizan las características de climatización del edificio y se introducen los datos necesarios para tal objetivo, en programas informáticos de representación y cálculo; Revit MEP y Cargas de Atecyr.

Comparando entre sí las distintas variables de cálculo de ambos programas se demuestra la validez de su uso en este estudio. Utilizando estos resultados como punto de partida, se presentan variables al sistema arquitectónico; como la dirección del edificio y características de su envolvente. Finalmente se valoran cuánto afectan estas variables a los requerimientos para climatizar los distintos espacios del edificio.

## ABSTRACT

From the knowledge of the physical phenomena of nature and the computing scope, the use of computers, among other utilities, are capable of simulating various types of scenarios. In order to create or reproduce a three-dimensional content through the calculation in the software, it is possible to efficiently integrate these situations in very diverse areas, such as those projected in an architectural composition and more specifically in the air conditioning of buildings.

In this final degree project, the constructive and energetic characteristics of a building are studied and analyzed; based on the composition of its envelope, the variables of use and climatological data, which affect the thermal dynamics of its spaces.

In this study, the air conditioning characteristics of the building are analyzed and the necessary data for this purpose are entered into computer representation and calculation programs; Revit MEP and Atecyr Loads.

Comparing the different calculation variables of both programs with each other, the validity of their use in this study is demonstrated. Using these results as a starting point, variables are presented to the architectural system; such as the address of the building and characteristics of its envelope. Finally, the variables related to the requirements for air conditioning the different spaces of the building are evaluated.



PALABRAS CLAVE:

BIM, Revit, Energía, Climatización, Cargas térmicas.

## OBJETIVOS

A lo largo de este trabajo los objetivos que se persiguen son:

Determinar las distintas características arquitectónicas y energéticas de un edificio, estudiando cómo se vinculan estos datos en el desarrollo de las necesidades del sistema de climatización, mediante programas informáticos; Revit como software BIM y Cargas de (Atecyr).

Utilizar las condiciones atmosféricas del entorno, el sistema constructivo y las necesidades de las actividades del edificio, para desarrollar una metodología en la implantación de datos en los distintos softwares y obtener un modelo paramétrico inteligente que represente tridimensionalmente las características de estas situaciones.

Calcular las necesidades de climatización para el edificio, obteniendo las cargas térmicas en cada espacio, comparar sus resultados y plantear modificaciones en la composición arquitectónica inicial del edificio; con el fin de valorar cuanto afectan estas variables al sistema inicial de cálculo.

## METODOLOGÍA

**A partir de:**

- Un breve marco teórico sobre el origen y funcionalidad del método BIM para el análisis energético de los edificios.
- La fundamentación teórica de las características para el desarrollo del cálculo paramétrico en la climatización.
- El estudio de las cargas térmicas y análisis de los distintos valores y resultados de los cálculos obtenidos.
- Comparativa entre programas y la valoración de las distintas modificaciones en la composición arquitectónica desde los resultados iniciales.

**Cómo:**

- Estudiando la construcción y las instalaciones de un proyecto arquitectónico.
- Creando un modelo tridimensional paramétrico del edificio en Revit.
- Introduciendo los datos de cálculo en los programas informáticos.
- Del modelo inteligente, con los resultados obtenidos, plantear modificaciones y variaciones del edificio y sus espacios.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la carrera de arquitectura se me han planteado muchas situaciones difíciles de superar, varias de ellas tienen que ver con la capacidad de memorizar contenidos homogéneos y de entender temas con características abstractas. El esfuerzo por entender, resolver y contener los distintos temas, no fue para nada fácil.

Sin embargo, existen muchas maneras de enfrentar y resolver estas dificultades, por ejemplo, utilizando metodologías y estrategias de visualización de los contenidos de forma esquemática. Esto no es más que uno de tantos métodos gráficos de organización, como un mapa conceptual o infografía. Si podemos ver cada situación de otra manera, la forma y el fondo de un proyecto, la realidad de lo que vemos, se modula y simplifica, pudiendo ser capaces de establecer un vínculo con aquello que no podíamos ver.

La virtualización de la realidad dentro de un escenario informático se establece como la proyección física de un modelo tridimensional en el espacio infinito. Y las capacidades de este modelo dependen de los fundamentos de su creación, ya sea para ser un elemento visual, de carácter artístico o un producto paramétrico con características de cálculo interconectados.

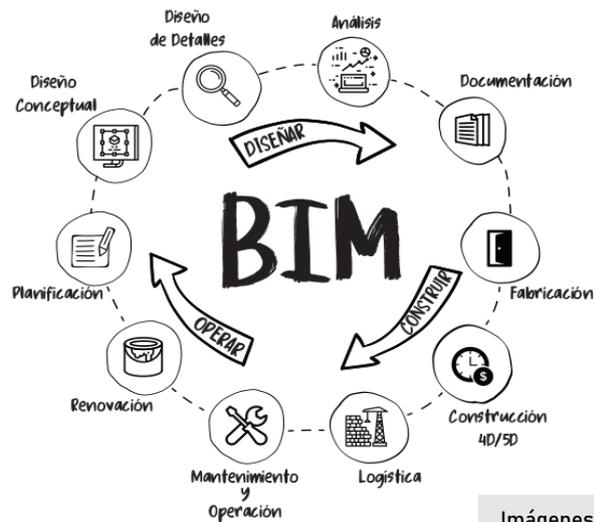
Para que un proyecto de arquitectura sea un soporte adecuado para el ser humano, no solo deben estar satisfechos los requerimientos de forma y espacio, sino que también deben estar presentes múltiples instalaciones, que sean capaces de otorgar la eficiencia necesaria para el uso de cada espacio del edificio.

El área de las instalaciones es bastante amplia, pero este trabajo se ha enfocado en el soporte de climatización de un edificio, desarrollando los fundamentos de este sistema y siendo la climatización uno más de los tantos necesarios para que el proyecto goce de una funcionalidad plena, como uno de los más importantes para definir el proyecto, en la fase de conceptualización, como los alcances de su forma, orientación y composición de su envolvente.

# 1. EVOLUCIÓN DE BIM PARA LA ARQUITECTURA Y EL ANALISIS ENERGÉTICO

## 1.1. ¿Qué es BIM?

Para los tiempos en los que vivimos, la correcta forma de ver la información de los proyectos de construcción representa una parte muy importante a la hora de entablar una relación integral que vincule al proyectista y cliente. En los últimos años, se ha desarrollado una estrategia de comunicación que represente un modelo de información y control en la construcción, este sistema es llamado **BIM (Building Information Modeling)**.



Es una nueva forma de presentar un proyecto, tendencia en España desde 2015, donde fuera ya implementado en el ámbito terciario. No obstante, las ideas y tecnologías informáticas detrás de BIM han estado evolucionando durante más de cincuenta años.

**El concepto de BIM no se atribuye a la individualidad, sino a una vasta historia de innovación en conjunto de varios agentes, que poco a poco se fue gestando y aplicando desde Estados Unidos, pasando por Europa Central y del Norte y hasta Japón.**

### Cronológicamente su evolución se puede sintetizar en:

1975: Se publica el primer trabajo sobre BIM, por el profesor Chuc Eastman.

1984: Se crea el ISO STEP, en donde se regula la forma Estándar del Modelo de Datos para el intercambio de productos. ArchiCAD, primer programa BIM.

1996: Comienza a funcionar el Consorcio Industrial IAI que asesora el desarrollo de aplicaciones integradas.

2000: Aparece Revit.

2002: Se crea el primer proyecto BIM integrado en Finlandia.

2006: Se lleva a cabo el primer proyecto IPD en Estados Unidos.

2007: Se crean en EE. UU. (GSA) y Finlandia (Senate Properties) las guías que hay que seguir para llevar a cabo un proyecto BIM.

2010: El Gobierno de Reino Unido anuncia los requisitos para la implantación.

2012: Finlandia publica los requerimientos BIM comunes a nivel nacional.

2015: Países como España han adoptado hojas de ruta para la implantación.

2016: Reino Unido hace obligatoria la implantación de la metodología BIM en los proyectos de obras públicas.

2018: Uso obligatorio de BIM en España en proyectos de Licitaciones Públicas de Edificación.

## 1.2. ¿Como se construyó?

Desde 1974, el concepto que actualmente conocemos como BIM apareció con Charles Eastman, quien con otros colaboradores (David Fisher, Gilles Lafue, Joseph Lividini, Douglas Stoker, Christos Yessios) presentó su investigación "An Outline of the Building Description System".

Proponiendo un sistema por ordenador con el que manejar la composición espacial del conjunto de las partes de un edificio, clasificando los elementos de la base de datos, de tal manera que se pueda obtener una cuantificación de estos por: atributos, tipo de material, proveedor o composición.

Eastman diseñó un método organizativo con el que vinculó el hardware y el sistema de definición geométrica virtual gracias a un software de procesamientos de datos.

*Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. Fuente: ¿Qué es BIM? por BuildingSmart España.*

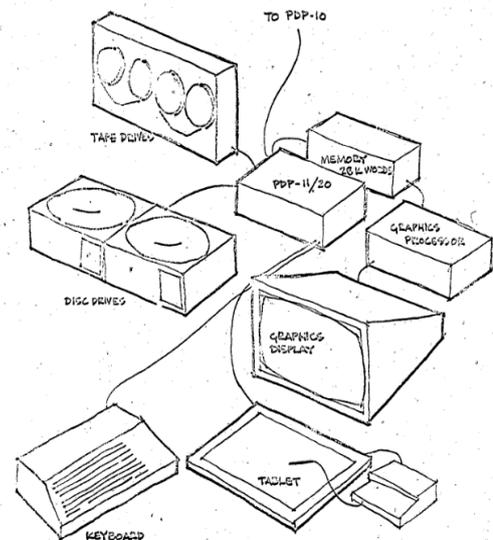


FIGURE A.1.

10

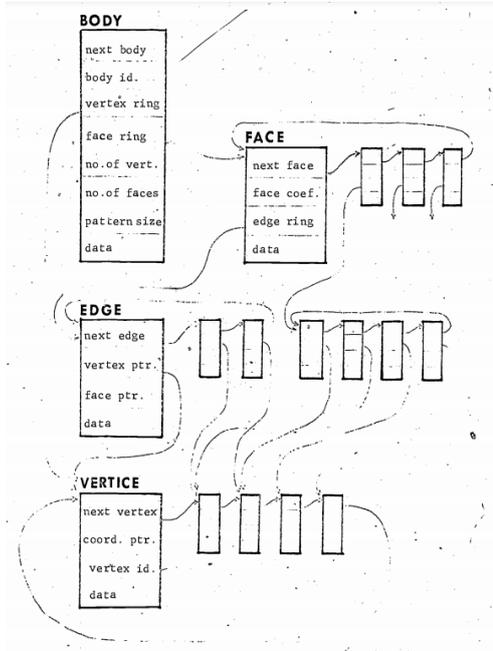


FIGURE B1  
Data structure for depicting the topology of an element shape.

En 1957, el Doctor Patrick J. Hanratty desarrolló el primer software comercial de fabricación asistida por ordenador (CAM), llamado "Pronto".

Era un método que generaba gráficos por control numérico a través del ordenador. En 1961 desarrolló el DAC (Design Automated by Computer), convirtiéndose así en el primer sistema CAM/CAD que utilizó gráficos interactivos.

Este sistema era principalmente utilizado por las fuerzas aéreas y la industria automovilística; posteriormente se amplió a distintos mercados, sobre todo de ámbito mecánico



Imágenes 4

### 1.3. Los primeros diseños por ordenador

En 1963 se creó el diseño por ordenador CAD, con la capacidad de visualizar su contenido de forma gráfica en una pantalla. Esta interfaz gráfica, "Sketchpad", fue desarrollada en una tesis doctoral en el MIT Lincoln Labs por Ivan Sutherland. Desde un TX-2, Sutherland creó uno de los primeros programas de diseño asistido por ordenador.

Este sistema era bastante rudimentario, pero ya utilizaba el lápiz de luz, herramienta que actualmente es todo un éxito en el diseño digital junto a la pantalla táctil.

En 1975, Charles Eastman describió un prototipo llamado Building Description System (BDS). En él, se discutieron ideas en torno al diseño paramétrico a través de representaciones 3D de alta calidad y una base de datos única integrada para análisis visuales y cuantitativos.

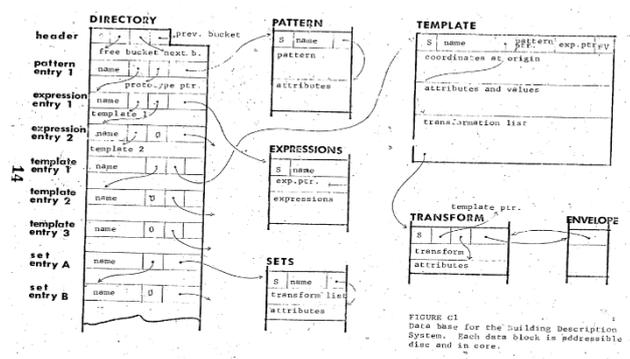


FIGURE C1 Data base for the building Description System. Each data block is addressable disc and in core.

Imágenes 5

El BDS fue pionero en los proyectos BIM creando con éxito una base de datos de edificios. Describía elementos individuales de la biblioteca para ser vinculados a un modelo. BDS consiste básicamente en una base de datos y mecanismos para gestionarlos. En ese entonces toda la información debía almacenarse cerca del

ordenador que lo crea, puesto que los costes y tiempos para el traslado sería muy altos.

Otra característica es que incluía la **modificación de los gráficos en tiempo real**, lo cual suponía una forma organizada de visualizar la base de datos y una fácil manera de modificarlos. Con esto se conseguía un proyecto con la capacidad de cambio sin establecer nuevos documentos añadidos al principal, de modo que permitía establecer una relación intrínseca entre el proyecto original y los cambios que pudiere tener sin desestimar sus parámetros originales. Estas características otorgaban ventajas económicas además de mayor eficiencia de trabajo.

En 1977, Charles Eastman creó GLIDE (Graphical Language for Interactive Design) en el CMU Lab y exhibió la mayoría de las características de la moderna plataforma BIM.

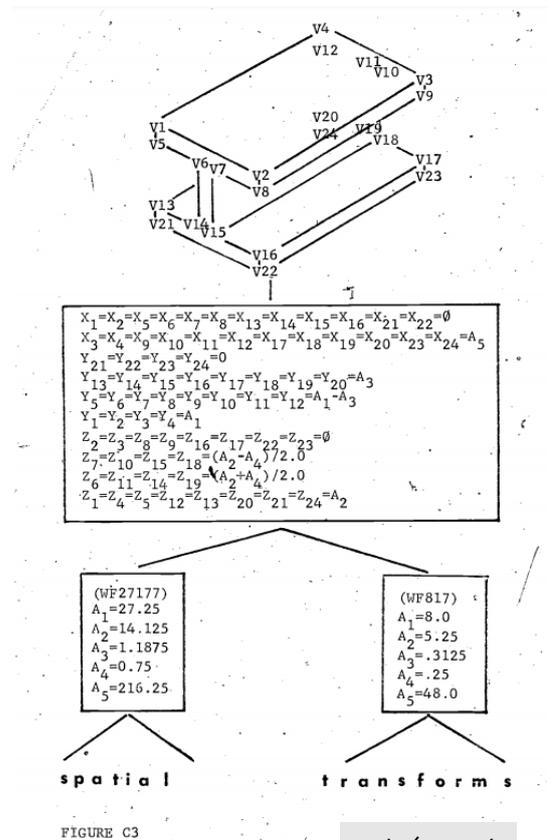


FIGURE C3

Imágenes 6

#### 1.4. ¿Softwares de diseño previos a la actual metodología BIM?

En la década de los 80 se desarrollaron varios sistemas de creación tridimensional y se popularizaron en la industria y algunos aplicados a proyectos de arquitectura.

En 1982, Gábor Bojár comenzó a desarrollar ArchiCAD, con tecnología similar a la del BDS. Tras haber previamente situado el programa para la creación de sistemas de tuberías y conductos industriales, Bojár lanzó en 1984 Radar CH de Graphisoft, software actualizado y renombrado en 1987, ArchiCAD, convirtiéndose así en el **primer software BIM para ser utilizado de forma personal**.

Mientras ArchiCAD se implementaba bajo el concepto de edificio virtual, como muchos en 1987, Tekla completó su base de datos combinada de gráficos para su primera versión de un sistema de BIM.

Este tipo de edificio inteligente estuvo vinculado a la amistad que desde los orígenes de GRAPHISOFT con Steve Jobs (fundador de Apple).

Vectorworks se desarrolló en Estados Unidos en 1985, por Diehl Graphsoft, uno de los primeros programas de modelado y aplicación CAD que introdujo las capacidades de BIM en multiplataforma.

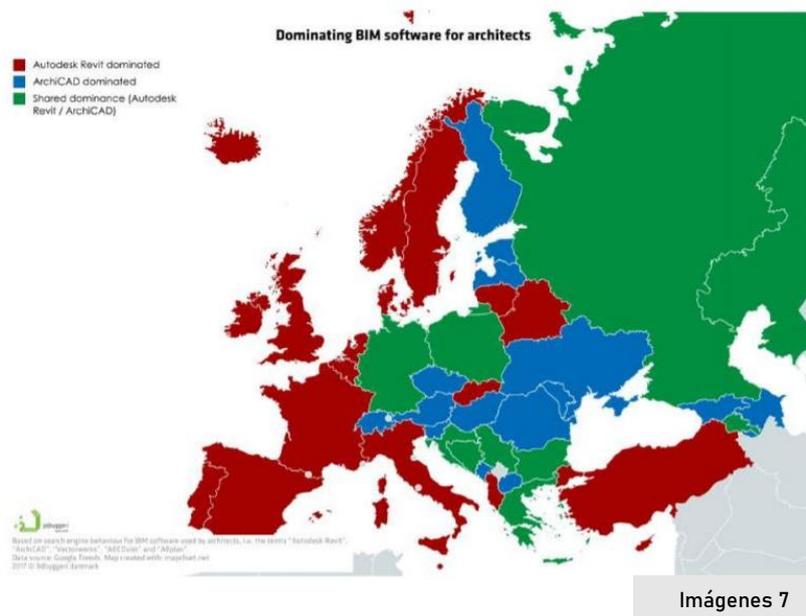
En 1988 se lanzó Pro/Engineer, software de diseño paramétrico, este programa BIM multiplataforma fue el primero en la historia en ser comercializado.

Los creadores de Pro/Engineer, Irwin Jungreis y Leonid Raiz formaron una nueva compañía de software, Charles River Software. Esta pareja quiso desarrollar un programa adaptado a la arquitectura con base en Pro/ENGINEER que pudiera superar a ArchiCAD en cuanto a complejidad y desempeño.

Cerca del año 2000 lograron desarrollar un programa llamado Revit. Revit significa "Revise it" or "Revise Instantly", verbo inglés que significa hacer cambios o revisiones al proyecto; "revise it" = cambiar, actualizar, haciendo referencia a las vistas en Revit, estas se actualizan en tiempo real para cualquier cambio en alguna de ellas.

**Revit utiliza el BIM con un motor de cálculo paramétrico, asociado a la variable del tiempo, logró diseñar un modelo capaz de cambiar de acuerdo con las etapas de un proyecto.**

Pasado el tiempo y en conjunto a las colaboraciones de BIM y CAD se ha convertido en uno de los productos más utilizados en Europa. Autodesk Revit, como se conoce hoy, fue comprado en 2002 por Autodesk por 133 millones de dólares.



Las actualizaciones como las múltiples versiones del propio programa, han aportado a lo largo de las últimas décadas nuevas capacidades al software, es así como desde que se unió a la familia Autodesk los avances en sus algoritmos de diseño y cálculo le otorgan la posibilidad vincular un proyecto de modelado, a la cuantía de sus materiales o al cálculo y organización de la información del edificio de forma actualizada y fiable, siendo este un programa valido para los agentes más exigentes en el área de la construcción.

## 1.5. Transversalidad y análisis en base BIM

Antes de centrarnos en el trabajo de BIM y principalmente con Revit, cabe destacar que en la historia de BIM el desarrollo del Building Design Advisor en Lawrence Berkeley National Lab en 1993 el cual se trataba de un **software que realizaba simulaciones** y sugería soluciones basadas en un modelo, permitiendo la interacción de parámetros con el tiempo y de forma procedural de acuerdo con los datos de origen.

La capacidad de un modelo tridimensional generado por vectores y que estén las partes creadas propiamente documentadas, permitieron añadir participaciones de otros programas, que, como base en el modelo inicial, determinan otras variables de este, añadiendo nuevos alcances y **complementando el producto de forma transversal para la arquitectura**.

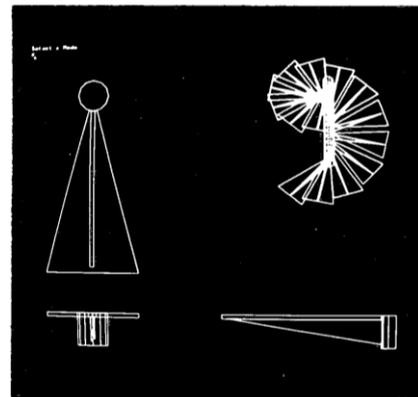
En 1995, se desarrolló el formato de archivo International Foundation Class (IFC) que permite la transversalidad con diferentes programas de visualización y construcción, como el análisis estructural o energético.

En 1999 en Japón, Onuma expandió la forma de trabajar en BIM incorporando un sistema de conexión virtual para trabajar en el desde internet, creando un sistema de planificación basado en base de datos, permitiendo el acceso a la parametrización de mejor manera entre programas. En 2001, NavisWorks desarrolló y comercializó JetStream, un software de revisión de diseño en 3D que ofrecía un conjunto de herramientas para la navegación, colaboración y coordinación en CAD 3D. JetStream básicamente recopilaba y coordinaba los datos de los diferentes formatos del archivo y generaba la simulación de la construcción y la detección de problemas con el modelo.

### Simulación energética en BIM

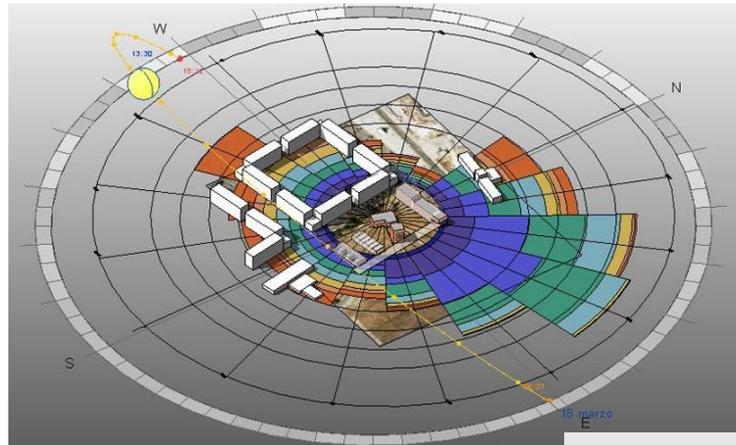
Con un motor de software que admite el uso integrado de múltiples herramientas de análisis y visualización, a lo largo del proceso de diseño del edificio, desde las fases iniciales de diseño esquemático hasta la especificación detallada de los componentes y sistemas del edificio, Building Design Advisor (BDA), los programas de simulación como Ecotect, Energy Plus, IES y Green Building Studio permiten que el modelo BIM con IFC se importe directamente a ellos.

```
POLY PROCEDURE spiral.step(POLY centre;  
  REAL riser,radius,r,angle,th)=  
  BEGIN  
  POLY support =  
    triangle(radius*0.95,-riser*0.8,th);  
  POLY collar = column(12,riser,r);  
  POLY plate = wedge(radius,th,angle);  
  ! return the result of shape operations;  
  CUT centre FROM COMBINE collar WITH  
    COMBINE support WITH plate  
  END;  
  
! To make spiral staircase, (dimensions in inches)  
SET PROCEDURE spiral.stair(ht,radius,angle)=  
  BSET; INTEGER numsteps; REAL riser;  
  numsteps = ht/8.0;  
  riser = ht/numsteps;  
  POLY centre = column(12,ht+32.0,5.0);  
  POLY step = spiral.step(centre,  
    riser,radius,3.0,angle,0.625);  
  FOR i TO numsteps  
    DO COPY step=i,riser*i \0,angle;i  
  ESET;  
  
SET stair1 = spiral.stair(100.0,46.0,30.0);
```



Imágenes 8

Varios programas son capaces de generar simulaciones dentro de su propio software base, como es el caso de Revit. Este método de visualización para la iteración del diseño se introdujo en el 2012 con Autodesk's Vasari, donde se pudieron hacer numerosos tipos de análisis de rendimiento de edificios (BPA), incluido el análisis de energía, la



Imágenes 9

radiación solar, los estudios solares, el túnel de viento (flujo de aire exterior) y algunos otros similares al paquete Ecotect Autodesk (discontinuado en el 2015).

## 1.6. El modelo energético en la actualidad

Las tendencias arquitectónicas actuales, así como el software avanzado de modelado informativo de construcción (BIM), facilitan el diseño y la construcción de edificios.

**El análisis de las formas tridimensionales** va mucho más allá de los modelos típicos de caja de zapatos (la masa hueca) que se utilizaban comúnmente para la simulación energética. En el apéndice G de ASHRAE 90.1 acrónimo de American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers proporciona pautas sobre cómo modelar zonas térmicas en edificios de acuerdo con los sistemas y zonas de HVAC en conjunto a lo ya propuesto en el 2004, ASHRAE 90.1 donde las características de la envolvente, el ACS, potencia, densidad de iluminación y los equipos anexos tuvieran una eficiencia y características mínimas para el proyecto.

**Al empezar el diseño de un edificio**, en su fase inicial y conceptual, se deben adoptar decisiones sobre el lugar, forma básica, orientación y materialidad; factores que tienen una gran consecuencia en el uso de la energía, sin embargo, el análisis energético del edificio no son situaciones regulares que se consideren para este proceso de diseño.

Sin duda utilizar un programa de ordenador en el proceso de diseño, que logre reducir el consumo de energía del edificio, incluirá una mayor dependencia de software para diseño y en consecuencia la libertad de este se ve atrofiada por los límites del software con el diseño arquitectónico. Por lo que aprovechar un software con capacidades de diseño y gestión de la demanda energética sería la clave en esta encrucijada. Sin bien los alcances del diseño arquitectónico no parece tener límites, si el de los materiales y sistemas constructivos, para esto y subrayando la importancia de los primeros estudios sobre el uso de energía, en septiembre de 2011, el USGBC (US Green Building Council) introdujo un nuevo crédito LEED acrónimo de

Leadership in Energy & Environmental Design para alentar a los equipos para realizar análisis, incluida la reducción de la carga de energía, para que puedan comprender los problemas de la composición arquitectónica antes de que se tomen las decisiones de diseño.

Hoy en día ya no se utilizan simples representaciones extruidas de la geometría del edificio para el modelado energético, sino más bien complejos volúmenes generados por retículas tridimensionales, llamadas “Mesh” capaces de ser leídos y analizados por los distintos softwares de cálculo energético.

### Modelado energético

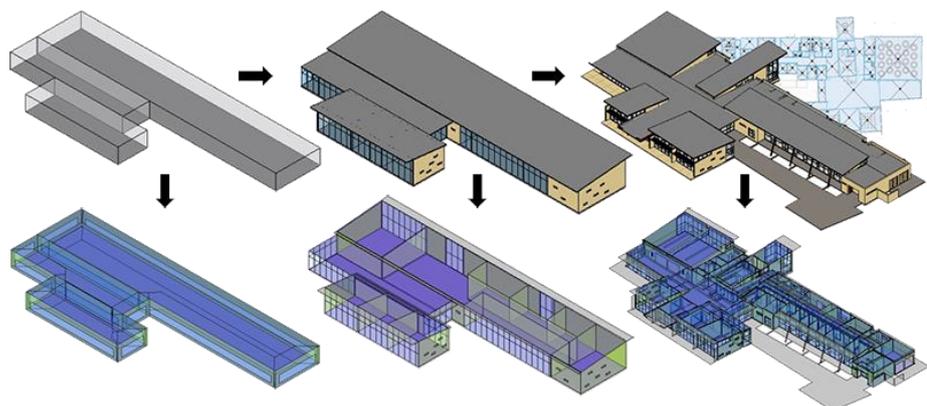
El modelado energético de programas como Revit proporcionan plantillas para zonificar y con varias configuraciones diferentes los distintos espacios a analizar, dentro del edificio, como pueden ser los de una planta en concreto o un ala de una nave industrial.

Los avances en software de modelado de edificios, así como tendencias de diseño, están haciendo que los edificios proyectados tengan formas más complejas y sean más fáciles de diseñar y construir. Estos dependen también de que las geometrías complejas sean más fáciles de analizar para el uso de energía.

Los recientes softwares proporcionan funcionalidad para crear automáticamente un modelo energético a partir de un modelo conceptual, en el caso de Revit establece 3 enfoques con los que desarrollar en análisis energético: Mediante la masa, que tiene en cuenta la orientación y forma. Mediante el diseño combinado y el de Modelo arquitectónico detallado. Consiguiente así que los nuevos algoritmos puedan dividir automáticamente la geometría más compleja en zonas específicas de la geometría en cada piso, basado en ASHRAE 90.1 apéndice G “requisitos de modelado de bloques térmicos”.

Es por eso por lo que una de las claves para una optimización de energía de forma adecuada y satisfactoria es la creación automática de un modelo energético completo y preciso directamente desde un modelo arquitectónico.

Este enfoque significa que no se requiere la creación de modelos especiales para el análisis. Funciona a partir de un estilo de modelado



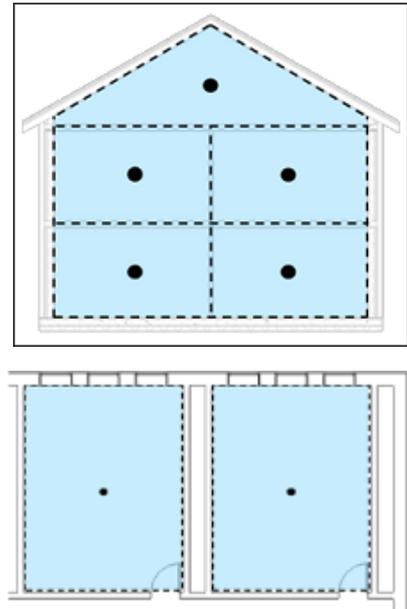
y niveles adecuados de detalle, este sistema se representa de forma gráfica y de acuerdo con la composición constructiva del modelo arquitectónico, siendo esta la forma más fiable de realizar una arquitectura compleja con la posibilidad de incorporar un modelo energético fiable y con los estándares adecuados.

### **Los elementos de Revit para el modelo energético**

Para poder ejecutar los cálculos se necesita definir los espacios con una delimitación de su volumen y relación con el resto del edificio, para ello, Revit utiliza los siguientes elementos para crear el modelo energético:

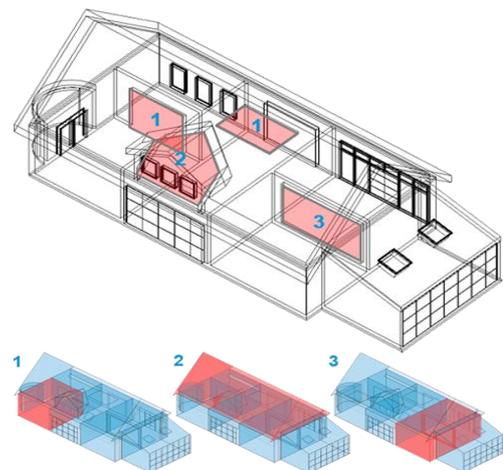
Techos, pilares, paneles de muro cortina, sistemas de muro cortina, montantes de muro cortina, puertas, suelos, masa, cubiertas: bordes comunes, líneas ocultas, bordes interiores, cielos rasos de cubierta aberturas de agujero, plataformas y ventanas.

Para permitir la creación de un modelo energético completo, el proyecto de Revit debe cumplir dos requisitos:



Los espacios y elementos de la construcción edificatoria deben estar razonablemente cerrados. Sin embargo, los errores durante el modelado son comunes y algo previsto, puesto que la construcción real de un edificio también tiene estas brechas definitorias, no hace falta que el modelo sea hermético, pero sí que se defina muy bien los volúmenes habitables para los distintos cálculos, como también el tipo de abertura si lo hubiere.

Por último, para crear este modelo energético no hace falta que el modelo arquitectónico contenga elementos dentro de la habitación o el espacio (aunque en un análisis exhaustivo si hubiera que tenerlos en cuenta, puesto que las masas determinan la capacidad de un espacio de generar diferencias de inercia térmica al interior). La geometría tridimensional de un espacio se determina directamente a partir de los elementos arquitectónicos, al margen de habitaciones o espacios en 2D o 3D.



## 2. CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN

La climatización se entiende como el control de las condiciones de temperatura, humedad, calidad e higiene del aire, mediante sistemas mecánicos que necesiten energía. El objetivo es conseguir y mantener las condiciones de confort para los ocupantes de un espacio y proporcionar los requerimientos termo higrométricos y la calidad de aire para los procesos productivos. Los costes de la energía y la repercusión en el medio que genera la producción de este hacen imprescindible el uso racional y eficiente del diseño de climatización en el ciclo de vida del edificio.

Por lo que conocer las características del sistema y definirlo certeramente contribuyen a diagnosticar y poder aplicar las soluciones a las necesidades de los distintos espacios.

### 2.1. Desarrollo del confort térmico

**La arquitectura** a lo largo de la historia evolucionó por variaciones derivadas del entorno biótico y abiótico.

La forma de vida y movilidad su especie y animales, en la época nómada, el humano uso las cavernas y los árboles, próximo a lo que hoy en día es la arquitectura efímera.

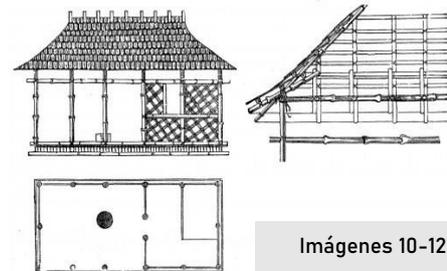
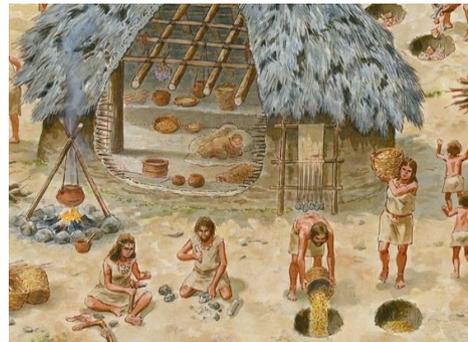
**Como respuesta al clima** y la evolución como sociedad, el hombre desarrollo estrategias de conciliación para el resguardo y la conservación de su especie.

En el camino de la evolución, el humano tuvo que desarrollar capacidades de supervivencia y con ello el resguardo fue un factor determinante.

**El cobijo adecuado**, la alimentación y su almacenaje como también el confort, eran sinónimo de longevidad y prosperidad.

La cueva y el fuego, como herramientas de supervivencia en la sociedad nómada.

Posteriormente, el humano construyó bajo techo y limitó con muros un espacio íntimo, creo mecanismos para resguardarse del entorno y separarse del suelo, abrió huecos por lo que dominó el viento y reguló la luz.



Imágenes 10-12

**El fuego consolidado** termo-reguló el espacio y se permitió manipular libremente la temperatura y la humedad.

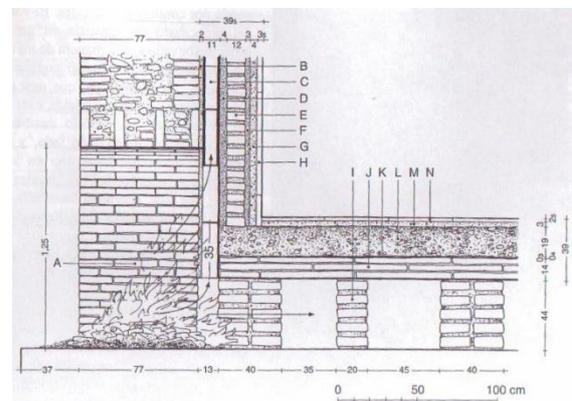
**Los cambios ambientales** dejaron de ser directos y se permitió establecer un equilibrio entre el ser y el espacio próximo con un medio espacial construido.

**Las evoluciones culturales** demandaron una mayor complejidad de asentamientos, se generaron las derivaciones de clase y las hegemonías geopolíticas, con todo ello el confort adecuado era y es para quienes se lo podía permitir.

**La sociedad empezó a preocuparse del confort** (sensación de bienestar, del ánimo y consuelo) pues conciliar los esfuerzos de la vida con la comodidad y el resguardo del exterior era fundamental para mantener el equilibrio<sup>1</sup>.

**La búsqueda del confort térmico** estuvo presente en lugares donde la estancia era un lugar de uso cotidiano, se buscaba una comodidad térmica óptima en los espacios interiores.

Hacia el siglo I a.c el invento Romano introdujo calor a los espacios mediante suelo radiante, este mecanismo llamado Hipocausto es un sistema de calefacción por convección, construido bajo plataformas de piezas refractarias. Estas soportaban placas cerámicas como pavimento, por el cual se hacía pasar aire caliente desde un horno.



Imágenes 13

**En la edad media el concepto de casa** no era más que para el almacenaje y taller de trabajo, las estancias eran multipropósitos y en muchos casos se dormía en el mismo lugar que el de uso diario; que era el de la chimenea o cocina. La conciencia individual fue encontrando lo íntimo y privado, también se dirigió a la casa “domestica”.

En el siglo XVII la casa se llenó de adornos y exposiciones religiosas, se organizó la cocina como un sector de trabajo separado del comedor.

<sup>1</sup> Con esta palabra se desarrollará todo un complot de situaciones que tendrán por objetivo y fundamento la definición de esta (al menos en el ámbito de la física): Del lat. *aequilibrium*. Estado en el que se encuentra una partícula si la suma de todas las fuerzas que actúan sobre ella es cero. Fuente <https://dle.rae.es>

La revolución industrial abarato los costes y amplio los materiales de construcción, se realizaron espacios adaptados al estilo de vida, en muchos casos estancias muy pequeñas en un mismo edificio.

El movimiento moderno trajo consigo grandes avances entre otros científicos y arquitectónicos. Por ejemplo, el muro Trombe-Michel, presentado en 1881 (muro Trombe) es un muro o pared orientada al sol y con una cámara de aire limitada por una pared de cristal por el exterior.

“La casa con la respiración exacta” de Le Corbusier, París, 1929, fue una propuesta universal, que mejoraría el confort térmico de los espacios interiores, gracias a un “muro neutralizante”. Dos láminas de vidrio entre las que circularía aire, generando una barrera entre dos espacios con diferencias térmicas.

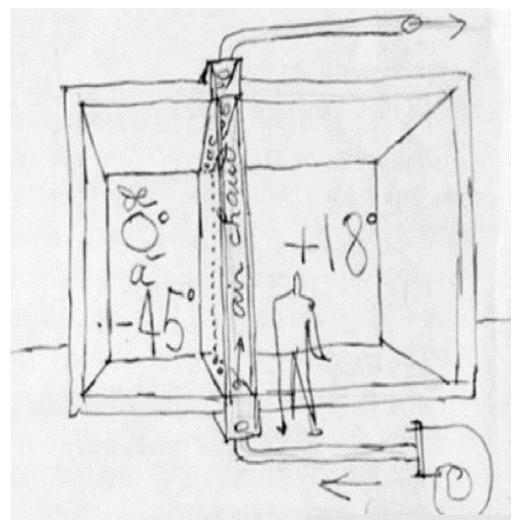
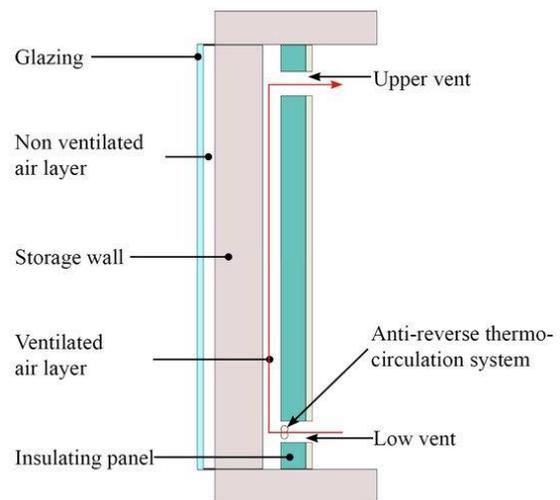
En la actualidad la configuración arquitectónica y la variedad de los elementos constructivos responde a varias consideraciones, estas tienen que ver con el contexto, forma y uso.

El muro en la época actual es en contraposición al muro clásico, uno que se construye con varias capas, asociando cada material y técnica constructiva a unas características higrotérmicas necesarias para el confort que requieren los espacios interiores.

## 2.2. Bienestar higrotérmico

La sensación humana de bienestar que se aprecia en un espacio se produce por la combinación de un sistema de varios agentes ambientales y carácter físico; como los higrotérmicos (calor y humedad), acústicos, lumínicos, olfativos, velocidad del aire, etc.

En la arquitectura de los edificios con espacios interiores se deben determinar los parámetros adecuados, que otorguen la adecuada sensación de bienestar, las condiciones de diseño se representan en los siguientes términos:

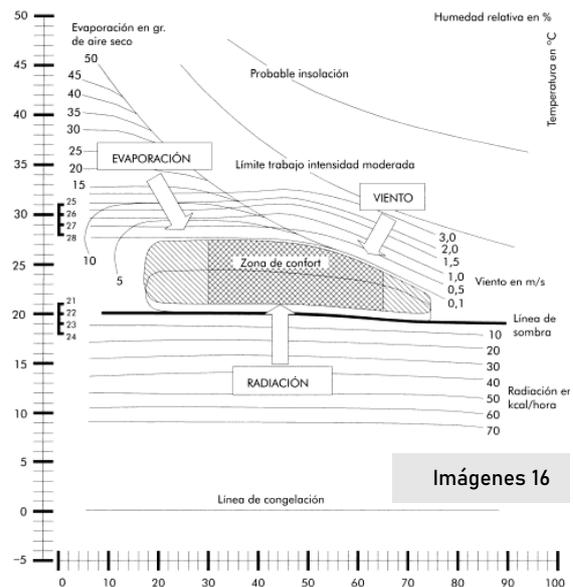


Imágenes 14-15

- Condiciones de ambiente luminoso.
- Condiciones de ambiente acústico.
- Condiciones de ambiente higrotérmico.
- Condiciones vinculadas a la calidad del aire.

**El metabolismo humano**, en respuesta a la necesidad del intercambio de energía para vivir, necesita estar aproximadamente a 37°C de temperatura corporal, calor que se genera por la quema interna de calorías, carbohidratos, grasas, etc.

**La temperatura ambiental** que nos rodea, la actividad y los distintos estados psicológicos en conjunto con las sensaciones que nos provocan, determinan la cantidad de gasto energético que necesita el cuerpo para estar a la temperatura de rigor para un cuerpo sano. Es así como a una temperatura ambiental precipitada, el cuerpo utiliza estrategias para conseguir estar a una temperatura adecuada, como el sudor en ambiente caliente o los espasmos involuntarios para elevar metabolismo y subir la temperatura en ambientes fríos.



Imágenes 16

**El bienestar higrotérmico** se consigue cuando el cuerpo es capaz de establecer un equilibrio entre las condiciones externas del medio y las internas, es así como las velocidades de intercambio de temperatura se presentan de forma gradual y delimitadas por la capacidad de asimilación de este.

Si bien cada persona en cada lugar y sensación es diferente, se establecen unas características comunes a el estado de confort.

Estas se representan en diagramas con variables como: el calor por radiación, el calor latente, velocidad del viento, etc.

**En la construcción de edificios** se han llevado a cabo muchas consideraciones para lograr el bienestar higrotérmico, la adecuación de la envolvente al entorno, por ejemplo, significa separar dos espacios con distintas condiciones higrotérmicas, el interior de un edificio quiere mantener las características de confort, sin que los factores externos sean influyentes o al menos no directas.

### 2.3. Introducción a la energía

La energía está asociada a nuestro universo visible e invisible desde el inicio de su crecimiento, ya exista como tal en algún lugar, pero no se dio a conocer hasta pocos microsegundos luego del Big Bang o inflación cósmica...

En cualquier caso, cada partícula es la que cede y absorbe energía de una a otra mediante sus interacciones y el medio; existe la materia oscura que se reconoce que interactúa con la gravedad y también la energía oscura que se cree que puede ser la responsable del aceleramiento de los desplazamientos de las galaxias del universo.

**La energía radiante es el continente de las frecuencias lumínicas** como la del sol, de las que otras dependen.

Las que conocemos y utilizamos actualmente que en un principio son de transformación como: la energía mecánica empleada para hacer mover a otro cuerpo, la energía hidráulica es la que se produce mover unas turbinas con la caída del agua gracias a la gravedad. La energía térmica es la cantidad y movimiento de calor entre las partículas. La energía eólica es aquella que se obtiene a través del viento, gracias a la energía cinética generada por el efecto corriente de aire. La energía geotérmica es la obtenida por la radiación almacenada en forma de calor por la tierra. La energía mareomotriz que resulta del movimiento de mareas y el uso de rotores para aprovechamiento de la inercia. La energía química se genera por la interacción y reacción de moléculas, estas intrínsecamente contienen energía, pudiendo absorber o ceder parte de esa energía a otro sistema.

En consecuencia, podemos pensar que la energía elemental se “genera” de manera natural gracias a los fenómenos naturales del universo, estos tienen sus causas desde el inicio de esta era cosmológica.

Las fuentes de energía elemental las podemos clasificar según las leyes que constituyen todo lo que vemos y sentimos, como por ejemplo la gravedad que nos atrae a la tierra y ella a la vez al sol (la atracción realmente no es una fuerza, sino un fenómeno producido por la pendiente gravitatoria generada por deformación de la masa de los astros en el tejido del universo).

La energía electromagnética es una fuerza elemental, junto con la gravitatoria, la nuclear fuerte y nuclear débil, forma parte de las fuerzas fundamentales del universo y afecta a toda partícula que tenga carga eléctrica.

Es así como el sol, no solo nos calienta, sino que también nos entrega energía radiante en un abanico de frecuencias tanto visibles como invisibles, pero casi todas son de utilidad en la tierra para el uso de los humanos como de la propia naturaleza.

## 2.4. Cargas térmicas en los edificios

Las instalaciones de climatización en un edificio tienen por objetivo **mantener las condiciones de bienestar** en las zonas internas habitables.

**Las necesidades de la mente y cuerpo humano** para tal situación se establecen con el equilibrio ambiental de: la temperatura seca, humedad relativa, calidad de aire, nivel de ruido y la cantidad de personas en la actividad desarrollada para el espacio ocupado.

Para el cálculo convencional de cargas térmicas se utiliza la temperatura seca y la humedad interior, determinando el intercambio de energía (julio o joule) y la masa del vapor de agua (kg) con la unidad de tiempo (s), kilo Vatio (kW) y kilogramo/segundo (kg/s) respectivamente.

Estos intercambios se dan en darán en diferentes escalas espaciales, ya sea por tipo de edificio, zona y espacio, para así determinar la potencia necesaria para mantener las condiciones antes dichas de bienestar. Y los distintos sistemas de regulación deberán estar siempre por debajo de los valores demandados.

Se reconocerá entonces que la carga térmica se referirá al calor o vapor de agua transferido al ambiente (aire interior) de un espacio que tienda a modificar su temperatura seca y/o humedad relativa.

La temperatura y humedad del aire (vapor de agua) de un espacio se ve modificado solo por el calor convectivo, para tal característica se pueden distinguir dos tipos de intercambios de calor entre medios, los que se transfieren al aire (calor convectivo) y los que se transfieren directamente entre las superficies (calor radiante) y este último no afectan directamente a la temperatura del aire.

**Es así, como, por ejemplo, el suelo radiante aporta suma calor al ambiente por la transmisión de calor convectivo que provoca su superficie y no por el calor operativo del sistema radiante.**

El intercambio de vapor de agua debido a su composición física, de partículas en estado gaseoso se considera que se transfiere directamente al aire. Por lo que es convectivo y contribuye a la carga térmica.

Por lo que se distingue el calor sensible como el aumento de temperatura seca y calor latente como la energía necesaria para el cambio de fase (liquido-gaseoso). Ambas situaciones se deben abordar de forma independiente, para la compensación higrótérmica correspondiente por los equipos de climatización.

## **Dinámicas higrotérmicas de calefacción y refrigeración**

**Podremos agrupar las distintas aportaciones higrotérmicas en función de su procedencia (exterior / interior) y de su tipo.**

Para el cálculo de estas aportaciones se debe contemplar cuales transmiten por calor sensible, latente y cuales generan una acumulación de energía (inercia térmica) en su masa.

Por ejemplo, en la transmisión de calor desde el exterior del cerramiento opaco y semitransparente hacia el interior de un espacio, conlleva un aporte de calor sensible y genera acumulación de energía en su desarrollo. Pero no así en la ventilación, infiltración e instalación propiamente, cual aporte es sensible y no genera acumulación. Para el caso de las aportaciones por ocupación, estas si aportan además del calor sensible y latente la acumulación de energía en su desarrollo.

Por lo general y de acuerdo con el tipo de clima del territorio se establece que es necesario aportar o restar calor a un espacio interior con mayor o menor intensidad. De tal forma se considerará la necesidad de calcular las cargas correspondientes al servicio de calefacción y refrigeración de forma independiente, obteniendo máximos para cada uno de los sistemas de los regímenes de climatización.

**Para la calefacción** se estimará en el día donde la temperatura exterior sea la más baja, con la humedad correspondiente y sin aporte de radiación solar apreciable. Por lo general será en los días de enero y en las primeras horas del amanecer.

**En refrigeración** se estimará el día donde la temperatura exterior sea la más alta con el correspondiente nivel de humedad relativa y con una radiación solar muy elevada.

**Para cualquier cálculo de cargas térmicas** se deben establecer unas condiciones interiores y exteriores con respecto a la ubicación del proyecto, determinar las actividades a desarrollar en el edificio, como las dinámicas de uso. Y una metodología de cálculo para el intercambio de calor que se realizara en el edificio, con tal de obtener unos valores en detalle del comportamiento energético del edificio como de sus espacios interiores. Para este trabajo se ha optado por utilizar el de Método de las Series Temporales Radiantes que recomienda ASHRAE.

## **Método de las Series Temporales Radiantes (RTS)**

Este método tiene como objetivo determinar cuánto es la aportación energética de los elementos de forma independiente, para posteriormente estimar cuanto de ellas y la suma de todas, se transforma en energía térmica convectiva al interior de un espacio.

Según DTIE 7.05 (cálculo de cargas térmicas, Atecyr) **se definirá la ganancia** de cada aportación como la cantidad de energía que entra al recinto, sea cual sea su mecanismo de entrada (convección, conducción, radiación).

**Y se definirá la carga térmica** también por DTIE 7.05 como aquella parte de energía que se comunica al aire (solo la parte convectiva).

Para determinar la carga térmica, se debe de separar las ganancias vinculadas al espacio en cuestión, en una cantidad de energía aportada por convección (aire calentado). La convección en sí es el transporte de calor por medio del movimiento del fluido.

**Los mecanismos de intercambio de calor, como es la conducción y radiación deben transformarse necesariamente en convectivos para aportar calor al aire.**

Siendo esta la hipótesis; la conducción entre medios solidos opacos<sup>2</sup> provoca la irradiación de calor sobre la superficie contraria al foco de la ganancia exterior, para transformarse finalmente en calor convectivo en el interior.

Como explicación más detallada de este proceso podemos definir que: el calor adquirido por radiación al exterior del muro es provocado por el Sol, este emite energía radiativa de onda corta ( $\lambda < 3\mu$ ) que atraviesa el aire sin calentarlo, efecto llamado diatérmica. En el espacio que separa el muro, la energía emitida por la superficie interior es de onda larga ( $\lambda > 3\mu$ ) y algunos gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O) pueden absorberla provocando su calentamiento y el movimiento de estos gracias al efecto convectivo.

Como consecuencia esta radiación de onda larga vuelve a calentar los demás cerramientos o superficies interiores, provocando finalmente que otra fracción de esta energía se convierta también en convección.

Añadiendo la temporalidad a este proceso de transformación, habría que tener en cuenta el factor de respuesta del cerramiento.

De acuerdo con la resistencia térmica a la transferencia de calor de los materiales y el espesor de estos en la dirección del flujo de calor positivo, se determina el tiempo y cantidad de transmisión de calor por el cerramiento.

La transformación de la parte radiante de la ganancia en carga se representa en la siguiente ecuación<sup>3</sup>:

---

<sup>2</sup> En el caso de los semitransparentes el planteamiento es semejante, donde la onda corta incidirá en el interior del espacio, calentando y produciendo el fenómeno descrito en zonas puntualizadas.

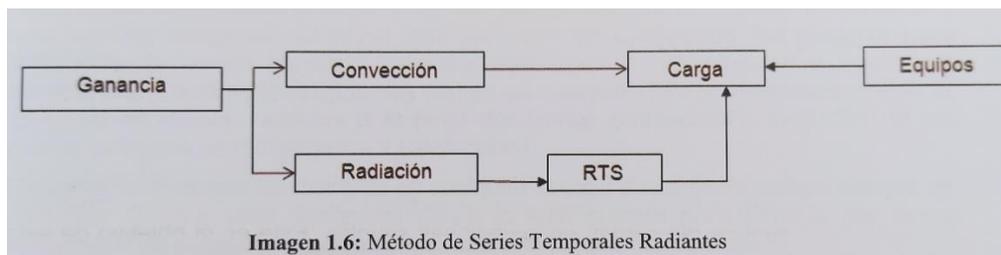
<sup>3</sup> Todas las imágenes siguientes para el apartado 2.4 "cargas térmicas" estas sacadas del libro DTIE 7.05, apartados 4-9 respectivamente.

$$Q(n) = C G(n) + \sum_{j=0}^{23} (1-C) G(n-j) RTS(j) \quad [5]$$

Donde:

- n instante considerado (hora de cálculo)
- (n-j) horas anteriores desde la hora de cálculo (si es negativo se entiende que es el correspondiente del día anterior – uso de la periodicidad de 24h -).
- Q(n) carga (W) en el instante “n”
- G(n) ganancia (W) en el instante “n”.
- C fracción de energía (en tanto por uno) que es convectiva de la ganancia. Tabla 1.2.
- RTS (j) Radiation Time Series. (instante “j”). Tabla 1.3, 1.4 ó 1.5.

Es así como este método, propuesto y recomendado por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) para el cálculo de las cargas térmicas de refrigeración y en detalle por el manual 2010 Load Calculation Applications, es el método más utilizado para la estimación de las cargas térmicas y el que se utilizará en este trabajo, el esquema que resume este método es:



## Cálculo de las cargas térmicas

En este apartado se verá cómo se consigue calcular cada una de las consideraciones necesarias para establecer las cargas térmicas de los espacios del edificio según DTIE 7.05: cálculo de ganancias térmicas.

Una primera clasificación de estos fenómenos será:

### Exteriores

- A través de superficies semitransparentes:

Una por la conducto-convección de las ventanas. Y otra por la radiación solar directa a través de la ventana.

- Por los cerramientos opacos

- Ganancias introducidas a través de la ventilación e infiltración

### Interiores

- Cargas generadas por el calor humano desprendido

- Cargas por el calor de las luminarias
- Cargas generadas por equipos eléctricos, informáticos
- Otras cargas generadas en el interior

Para obtener la carga térmica tanto en verano (refrigeración) o invierno (calefacción) se debe establecer unos datos ambientales de acuerdo con las condiciones exteriores: temperatura seca (°C) y húmeda (°C), velocidad y dirección del viento (m/s), radiación solar global sobre superficie (W/m<sup>2</sup>), posición del sol, temperatura del cielo (°C) y la temperatura del terreno (°C).

El cálculo se debe realizar en el momento de máxima demanda; que por ejemplo en el régimen de refrigeración suele producirse en julio a las 16:00 horas solares y en enero, para calefacción al salir el sol. Sin embargo, para poder contabilizar las inercias y poder estimar las cargas en cualquier hora del día, se necesita prever la evolución de estas variables a lo largo de 24hr.

Los datos de las condiciones interiores tienen por objetivo establecer unos valores de temperatura y humedad relativos al bienestar humano. Según RITE IT 1.4.1.1 las temperaturas de confort tanto en verano como en invierno son entre los 21 °C y los 25 °C, la humedad relativa de entre los 40% a 50%. La calidad de aire también es un factor importante, por lo que se debe renovar el aire de acuerdo con el espacio y actividad.

Se establecerán entonces las distintas ganancias térmicas del edificio con el fin de calcular la carga térmica de los espacios a climatizar:

- **La ganancia de calor por conducción de un cerramiento opaco por factores de respuesta en la cara interior es:**

$$G_{cerr}(n) = A_{cerr} \sum_{i=0}^{\infty} T_{s,ext}(n-i)Y(i) + A_{cerr} \sum_{i=0}^{\infty} T_{s,int}(n-i)Z(i)$$

Donde la transmitancia térmica en régimen estacionario se define en la siguiente ecuación:

$$U = \sum_{i=0}^{\infty} Y(i) = -\sum_{i=0}^{\infty} Z(i) = \frac{1}{R_{si} + \sum_{capas} R_{capa} + R_{se}} = \frac{1}{\frac{1}{hcr_{int}} + \sum_{capas} \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{hcr_{ext}}}$$

- **El coeficiente global de convección-radiación en el interior de recintos se define como la cantidad de calor que un cerramiento intercambia en un recinto con un componente convectivo y otro radiante y se puede expresar como:**

$$Q_{int}(n) = A_{cerr} hc_{int} (T_{cerr,int}(n) - T_{s,int}(n)) + \sum_{cerrs} \sigma \frac{T_{cerr,int}(n)^4 - T_{pi}(n)^4}{R_{cerr-pi}}$$

En resumen, se podrá decir que el flujo de calor (W) que se transfiere a través de la superficie exterior de un cerramiento se puede estimar mediante:

$$Q_{int}(n) = A_{cerr} hc_{int} (T_{cerr,int}(n) - T_{s,int}(n))$$

- **Muros, techos y suelos a otros locales no calefactados.**

Calor transferido desde el exterior y desde el terreno a dicho local

$$Q_{local,ady,ext} = AU_{local,ady,ext} (T_{s,ext,mes} - T_{local,ady}) + AU_{local,ady,terr} (T_{terreno} - T_{local,ady}) \quad [51]$$

Calor intercambiado por ventilación del local

$$Q_{local,ady,vent} = nr_{local,ady,ext} V_{local,ady,ext} \rho Cp (T_{s,ext,mes} - T_{local,ady}) \quad [52]$$

donde :

- nr es el número de renovaciones (tened en cuenta las dimensiones de la fórmula, así en el sistema internacional introducir renov/s)
- $\rho$  densidad del aire ( $m^3/kg$  as)
- Cp calor específico aire (1000 J/kg K)

- **La ganancia de calor por conducción-convección para cerramiento semitransparente es:**

$$G_{hueco,cond}(n) = A_H U_H (T_{s,ext}(n) - T_{s,int})$$

- **Ganancia por radiación solar debido a diferentes aportes existente en la parte soleada (radiación total) y en la parte en sombra (radiación difusa).**

$$G_{rad} = F_{sombra} A_H F_{S_{H,m}} I_{Norte} + (1 - F_{sombra}) F_{S_{H,m}} A_H I_{Orien}$$

- **Los distintos puentes térmicos del edificio** de acuerdo a su valor de coeficiente de transferencia de calor lineal (W/mK), cual depende de la zona climática de una localidad, de acuerdo con el CTE-HE1.

- **Ganancia o carga por ventilación de acuerdo a la carga sensible como latente:**

$$Q_{vent,sen} = V_{vent} (T_{s,vent} - T_{s,int}) \frac{Cp_{as} + W_{vent} Cp_v}{ve_{vent}} \approx 1200 V_{vent} (T_{s,vent} - T_{s,int})$$

$$Q_{vent,lat} = V_{vent} (W_{vent} - W_{int}) \frac{Cf + T_{s,int} Cp_v}{ve_{vent}} \approx 3002400 V_{vent} (W_{vent} - W_{int})$$

[79] y [80]

donde

- $V_{vent}$  Caudal de aire de ventilación en m<sup>3</sup>/s
- $W$  Humedad específica en kg/kg<sub>as</sub>
- $T$  Temperaturas en °C
- $Q$  Calor (potencia térmica) en W.
- $Cp_{as}$  Calor específico aire seco (1000 J/kgK)
- $Cp_v$  Calor específico vapor de agua (1860 J/kgK)
- $Cf$  Calor cambio estado vapor agua a 0°C y 610,5 Pa (2501000 J/kg)
- $ve_{vent}$  Volumen específico del aire de ventilación (m<sup>3</sup>/kg<sub>as</sub>)

- **Ganancia o carga por infiltración de acuerdo a la carga sensible como latente:**

$$Q_{inf,sen} = V_{inf} (T_{s,ext} - T_{s,int}) \frac{Cp_{as} + W_{ext} Cp_v}{ve_{ext}} \approx 1200 V_{inf} (T_{s,ext} - T_{s,int})$$

$$Q_{inf,lat} = V_{inf} (W_{ext} - W_{int}) \frac{Cp_{as} + T_{s,int} Cp_v}{ve_{ext}} \approx 3002400 V_{inf} (W_{ext} - W_{int})$$

- **Ganancia y carga por ocupación:**

$$Q_{ocup,lat}(n) = np(n)G_{lat}$$

$$Q_{ocup,sen}(n) = Cnp(n)G_{sen} + \sum_{j=0}^{23} (1-C)np(n-j)G_{sen} TRS_{NoSolar}(j)$$

Con el factor de simultaneidad de ocupantes la ecuación se transforma en:

$$Q_{ocup,lat}(n) = fsim_{ocup} np(n)G_{lat}$$

$$Q_{ocup,sen}(n) = fsim_{ocup} np(n)G_{sen}$$

- **Ganancia y carga por iluminación:**

$$Q_{ilum,sen}(n) = (0,2 + C)P_{ilum}(n) + \sum_{j=0}^{23} (1-C)P_{ilum}(n-j)RTS_{NoSolar}(j)$$

[93]

Donde

- $P_{ilum}$  Potencia de la iluminación (que está encendida)
- $RTS_{NoSolar}(j)$  Que son función de si el espacio da al exterior o no, ver tablas 1.3 y 1.4

- **Ganancia y carga por el equipamiento:**

La carga que producen los equipos puede ser sensible o latente en función del tipo de máquina, habrá que tener en cuenta que no toda la potencia que se consumirá para el funcionamiento será transferida al recinto, por lo que se debería primero distinguir el tipo de equipo. Además de que también se deberá aplicar el concepto de RTS en cuanto a la parte calorífica radiante y convectiva.

- **Ganancia o carga por la propia instalación:**

$$Q_{sen,p,inst} = \frac{\Delta P_{imp} \sum_{cargas} Q_{sen}}{\rho C_p \eta_{vent} \Delta T_{imp}}$$

- **Carga por mayoración:**

Existen dos formas de contabilizarlas: por calculo preciso, donde las perdidas se obtienen en la transferencia de calor en estado estacionario.

y asumir perdidas de acuerdo al RITE del 4% y no mayores al 5% para ambos casos

## 2.5. Eficiencia energética

La eficiencia energética de los edificios se ha convertido hoy en día en una prioridad en la sociedad mercantil y doméstica, en el intento de usar los recursos disponibles de una manera más sostenible y abaratar los gastos de la facturación energética.

El 18,7% de la energía que se gasta en España se consume en el ámbito residencial, según datos del IDAE, organismo del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.

El 47% de ese consumo en España se utiliza en calefacción, según este organismo, aunque un estudio de Eurostat (Oficina Estadística de la Unión Europea) eleva ese porcentaje al 65% en el territorio de la Unión Europea.

La vivienda antigua sufre en mayor medida las problemáticas del consumo energético para acondicionar su interior. No es hasta 1981 cuando entra en vigor la primera



Imágenes 17

normativa de construcción que se implanta en España (NBE-CT-79) e incluye algunos criterios de Eficiencia Energética.

Se debe considerar, que casi el 60% de las viviendas construidas en España se construyeron antes de la entrada en vigor de la NBE-CT-79. De los 9,7 millones de edificios residenciales en España, el 95,8% no cumplen las medidas de consideración para la eficiencia energética.

Al menos, la legislación en vigor para edificios de nueva construcción, tanto en España como en el resto de Europa, tratan de reducir el consumo de energía, manteniendo la misma calidad de vida y el mismo confort de las personas.

La actual legislación en vigor regula las características de nueva construcción con el fin de reducir el consumo de energía y aprovechar las renovables, esta última se plantea como una solución al exceso de consumo de energías fósiles y a la posibilidad de generar edificios con 0 gasto energético externo.

No es menos problema el cambio climático acelerado que estamos viviendo, sus consecuencias provocan grandes brechas térmicas, no solo en las temporadas invernales y estivales, sino también a lo largo del día, alrededor de 20 grados Celsius de diferencia.

Por ejemplo, según el periódico ABC MADRID 24/11/2020 en Molina de Aragón (Guadalajara), registró en ese día la mínima más pronunciada del país, pasaron de los -6,6°C a las 8 de la mañana, a llegar a los 17, 2° a las 15.40 horas. Casi 24 grados de diferencia entre la mañana y la primera hora de la tarde.

La necesidad de climatizar los espacios como respuesta al bienestar higrotérmico contra las imperantes temperaturas exteriores, da lugar a sistemas de climatización adecuados para conseguir acondicionar el espacio de la forma más exacta y medida posible. Es en este entonces cuando la eficiencia en los edificios, el uso de energías renovables y la eficacia de los equipos es de gran importancia para disminuir la potencia necesaria en un sistema de climatización.

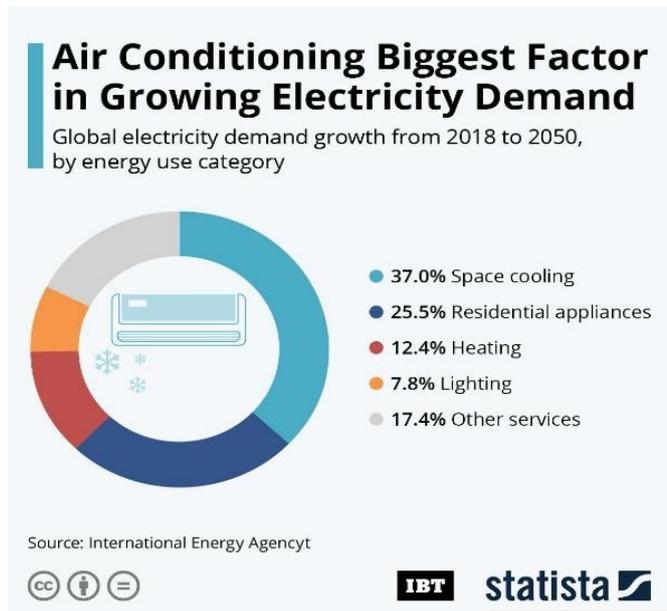
Por ejemplo y en el caso de la refrigeración, según cifras del (2020), se estima que hay 1,9 mil millones de unidades de aire acondicionado en el mundo. Estos están concentrados principalmente en los Estados Unidos, China, Japón y Corea del Sur. Sin embargo, para los próximos 30 años, las proyecciones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) predicen un aumento a 5,5 mil millones de unidades en todo el mundo para 2050. Aunque en el 2020 París, 13 oct. por causas de la pandemia se predijo que se reducirá la demanda de energía cayendo un 5 % en 2020 y las emisiones un 7 %.

Para los fabricantes de aires acondicionados la predicción es ideal, aunque el aumento de la demanda de energía que esto causará es una problemática muy seria para el mundo. Fatih Birol, director ejecutivo de AIE nos dice que: "La creciente demanda de aires acondicionados es uno de los puntos ciegos más críticos en el

debate energético actual". Agrega la necesidad de que los gobiernos establezcan estándares de eficiencia mayores para la refrigeración y climatización en general.

Se espera que la demanda de energía debido al aire acondicionado casi se triplique para 2050, alcanzando los 6.205 TWh.

La infografía muestra que ese crecimiento equivale a un enorme 37 por ciento de todo el crecimiento previsto en la demanda de electricidad durante el período. La AIE pronostica que con políticas en vigor que duplican la eficiencia promedio de CA, la demanda global podría ser de solo 3,407 TWh.



Para hacer frente a esta problemática, el sector de la arquitectura juega un papel determinante, puesto que la "arquitectura pasiva" tiene como objetivo reducir significativamente el uso de energía para climatizar el edificio, tanto así que con la ayuda de la captación de energías renovables se podría no necesitar más que de apoyo y no de soporte para el sistema principal de electricidad en un edificio.

Es así como la relación entre el coste (gasto energético) y la eficacia para climatizar un edificio no depende solo de la eficiencia de las máquinas, sino también del diseño del proyecto y de las instalaciones de climatización. Este debe ser entendido como un gran sistema de elementos independientes pero vinculados entre sí, permitiendo la sinergia y no como partes individuales que trabajen de forma aislada. Para ello se deberán tener en cuenta características del territorio y del edificio.

En el edificio tienen que diferenciar áreas de mayor o menor carga energética, determinado por el soleamiento, usos, volúmenes, tipo de cerramiento, etc.

Y así poder determinar el mejor sistema de climatización, que tenga en cuenta los costes de la instalación, el gasto y el mantenimiento del sistema, para uno o varios espacios.

## **2.6. Características de la climatización y normativa**

### **Características del acondicionamiento**

La climatización en un sentido amplio pretende dar a un espacio cerrado las condiciones higrotérmicas adecuadas de confort, limpieza y pureza de aire, necesarias para el buen uso y salud de las personas al interior de un edificio.

Según la tabla 1.0. que corresponde a la tabla 1.4.1.1 del RITE, las condiciones de confort en temperatura y humedad para invierno los 21-23 grados 40-50 de humedad relativa y en verano son 23-25 grados y 45-60 de humedad relativa.

Los sistemas involucrados se constituyen por equipos e instalaciones, que tienen por finalidad otorgar mediante transformaciones y conducción de energía las condiciones requeridas.

Regulando la temperatura, la humedad y otorgando las renovaciones de aire necesarias para cada instancia, se logra controlar las condiciones de confort e higiene necesarias. Para tal causa se utilizan sistemas mecánicos adecuados para el uso en tiempos de verano e invierno. Esto otorga mayor eficacia, aumentando las diferencias higrotérmicas del exterior e interior del edificio y conseguir una mayor eficiencia en el uso de las energías en climatización.

En el caso del verano, es necesario acondicionar mediante la refrigeración y en invierno la calefacción.

### **Acondicionamiento del espacio**

Para acondicionar los espacios debemos conocer la cantidad de energía que tenemos tanto al exterior como interior de un edificio y cada espacio de este, para ello se deben considerar unos valores de iniciales de cálculo, relacionando estos con unos parámetros físicos, se obtienen valores de uso, relativos a las necesidades de transformación, trabajo efectuado por instrumentos mecánicos posteriormente.

Podemos considerar condiciones de temperatura, humedad y de aire externas al edificio y las internas provocadas dentro de su envolvente.

**Las variables externas para un edificio son:**

El clima, la topografía y la dirección y sentido de su construcción.

También se tendrá en cuenta su factor de forma, característica propia del diseño del edificio, que determinará las superficies en contacto con el soleamiento y aire exterior.

**En el interior del edificio se consideran factores de carga energética**

La cantidad de personas en unas actividades metabólicas, como la de estar sentados o practicando algún deporte.

También el aporte de calor derivado del trabajo de máquinas y tipo de iluminación.

### Para los cálculos de transmitancia

Se necesita conocer los tipos de cerramientos, los materiales y el diseño de la envolvente. Estos valores determinan la capacidad de este para resistir el traspaso de energía de un lugar a otro, como también su reflexión y el retardo en ceder esa energía a los distintos espacios.

### El uso de un espacio

La cantidad de personas que se mantendrán al interior manteniendo una actividad, determinará la capacidad del sistema de renovación de aire exterior, recuperación y limpieza de su retorno, puesto que las condiciones de higiene son necesarias en todo momento.

### Calidad del aire

El aire es una mezcla de gases presente dentro de la atmosfera, su composición química tiene como principales gases: Nitrógeno, Oxígeno, Argón, CO<sub>2</sub>.

Gas	% en volumen
N <sub>2</sub>	78,084
O <sub>2</sub>	20,946
Ar	0,934
CO <sub>2</sub>	0,033
H <sub>2</sub>	0,00005

El aire al interior debe renovarse convenientemente porque en él se pueden dar altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. La ONU establece un límite de 1000 ppm, con el aumento de este valor pueden aparecer dolores de cabeza, falta de concentración, etc.

La falta de ventilación y su consecuente baja movilidad del aire interior, puede crear altas humedades, perjudiciales para la salud y el comportamiento de materiales.

Según un estudio de la Plataforma de Edificación Passivhaus (PEP) a lo largo de un año de análisis en centros educativos (Estudio de monitorización de colegios, 2020) se extraen conclusiones relativas al confort higrotérmico y niveles de CO<sub>2</sub>. Donde solo el 68% del tiempo se estudia en condiciones de confort, eso quiere decir que pasan un tercio del tiempo de sus horarios escolares estudiando en circunstancias no aconsejables.

En cuanto a los niveles de CO<sub>2</sub> (ppm) Solo el 32% se hace en condiciones adecuadas. Esto quiere decir que el 84% del tiempo los niveles están por sobre el recomendado.

	MEDITERRÁNEO CONTINENTAL	MEDITERRÁNEO COSTA	CÁLIDO	ATLÁNTICO COSTA	ATLÁNTICO CONTINENTAL	GLOBAL ESPAÑA
NÚM. MEDICIONES REGISTRADAS	25.789	35.828	20.283	22.007	37.768	141.675
% EN RANGO HIGROTÉRMICO	76,28%	55,82%	56,15%	74,93%	77,10%	68,06%
% EN RANGO CO <sub>2</sub> <1000 PPM	37,14%	40,07%	38,26%	27,27%	19,28%	32,40%
% EN RANGO DE CONFORT REAL	20,54%	17,90%	15,69%	15,17%	11,49%	16,16%

Tabla elaborada por P.E.P, agosto 2020, pag.3 <http://www.plataforma-pep.org/>

Si bien nos acostumbramos a ventilar por las mañanas, el resto del día se mantiene el aire interior sin movimiento, ni renovación, siendo esta una solución a medias. Primero porque al incorporar aire del exterior, el espacio sufre un cambio de temperatura por mezcla, que en cualquier de los casos determina una variación de la temperatura controlada que hemos conseguido mediante el método que utilizamos para calefaccionar o refrigerar. Y segundo porque el resto del día, no se vuelve a ventilar y por consecuencia el espacio se vuelve a cargar negativamente.

### **SARS-COV-19 (COVID)**

Entre otras muchas cuestiones, la pandemia derivada del virus SARS-COV-19, nos ha hecho conscientes de la importancia de la calidad del aire en los espacios en los que desarrollamos nuestro día a día.

Previamente a esta situación en la que nos encontramos inmersos, ya se encontraban disponibles numerosos estudios y regulaciones pertinentes incluidas en el Documento Básico HS3 en ámbito residencial, que expone las *exigencias básicas de salubridad* o el RITE para otros sectores, IT 1.1.4.2. *Exigencia de calidad del aire interior*, en esta línea; no obstante, no habían alcanzado un significativo interés en la población en general, ni tampoco un control riguroso en los sistemas de ventilación.

Por ejemplo, el uso de las estufas catalíticas se utiliza el oxígeno del espacio en el que se sitúa para la combustión de la llama, encareciendo dicho gas en el interior de los espacios. También hemos tenido en cuenta que el consumo de tabaco en locales era perjudicial para los que al interior se encontraban.

### **Reglamento instalaciones térmicas en los edificios (RITE)**

La Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, de eficiencia energética de los edificios y la aprobación del Código Técnico de la Edificación por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, sustituye al antiguo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio incorporando las experiencias de los años posteriores.

El Real Decreto 1027/2007 se aprueba el nuevo RITE incorporando al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio juntamente con el Ministerio de la Vivienda.

Este Reglamento establece las condiciones y requisitos que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía, fomentando la eficiencia energética en los edificios teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas del contexto y la relación de coste-eficacia.

Se resume en unos objetivos que marcan metodologías de cálculo, requisitos mínimos para nuevos proyectos como para reformas en edificios existentes, certificación energética e inspecciones de calderas, la documentación pertinente a todas estas y el fomento del uso de la energía solar para la producción de agua caliente sanitaria.

El alcance de esta normativa es de carácter nacional según el artículo 12.5 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria. Según la versión actualizada del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. <<El cual dispone que los reglamentos de seguridad de ámbito estatal se aprobarán por el Gobierno de la Nación, sin perjuicio de que las Comunidades Autónomas, con competencia legislativa sobre industria, puedan introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio>>

### **Exigencias técnicas RITE**

En el capítulo II de este documento contiene las exigencias técnicas de las instalaciones térmicas. De ellas hablaremos de los artículos 11: Bienestar e higiene, artículo 12: Eficiencia energética y artículo 13: Seguridad.

Del artículo 11: Bienestar e higiene podemos decir que solicita la regulación de: la calidad del aire, el agua caliente sanitaria y control acústico de los espacios, para que cumplan unos requisitos tales que se pueda asegurar:

- Calidad térmica adecuada para los usuarios con valores de temperatura, humedad y velocidad del aire acordes al “confort”.

<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 1.0. Corresponde a la tabla 1.4.1.1 del RITE: Condiciones interiores de diseño, 43.

**En cuanto a la velocidad del aire se tiene en cuenta la actividad, vestimenta, temperatura e intensidad de la turbulencia.**

Para valores de la temperatura seca  $t$  del aire dentro de los márgenes de 20 °C a 27 °C, se calculará con las siguientes ecuaciones:

- a) Con difusión por mezcla, intensidad de la turbulencia del 40 % y PPD por corrientes de aire del 15 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,07 \quad m/s$$

- b) Con difusión por desplazamiento, intensidad de la turbulencia del 15 % y PPD por corrientes de aire menor que el 10 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,10 \quad m/s$$

Tabla 1.1. Corresponde a IT 1.1.4.1.3 del RITE: Velocidad media del aire, 44.

- Calidad del aire interior, que se determine por la higiene y el olor, eliminando el viciado y la renovando de aire fresco y sano el ambiente cuando se necesite.

Para ello se han determinado unas categorías de aire en función del uso de los edificios, teniendo en cuenta la calidad del uso interior (IDA).

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4 (aire de calidad baja)

Tabla 1.2. Corresponde a IT 1.1.4.2.2 del RITE: Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios, 45.

Y para este TFG se utilizará el método de cálculo indirecto determinado por el caudal mínimo de aire exterior de ventilación, de acuerdo con la actividad metabólica de las personas en ese espacio. Tabla 1.3

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

Tabla 1.3. Corresponde la Tabla 1.4.2.1 del RITE: Caudales de aire exterior, en dm<sup>3</sup>/s por persona, 46.

Añadiendo y sin exclusión del método antes planteado, el método de dilución asociado a las emisiones de contaminantes en partículas sólidas y gaseosas del interior del local.

Determinando unas clases para de filtración mínimas exteriores (ODA) y calidad del aire en el interior (IDA). Tabla 1.4

ODA 1: aire puro que se ensucia sólo temporalmente (por ejemplo polen).

ODA 2: aire con concentraciones altas de partículas y, o de gases contaminantes.

ODA 3: aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) y, o de partículas (ODA 3P).

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF (*)+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Tabla 1.3. Corresponde la Tabla 1.4.2.5 del RITE: Clases de filtración, 48.

También se tendrá en cuenta la clasificación de la extracción de aire de los espacios interiores, considerándose oportuno de acuerdo con la situación epidemiológica que actualmente estamos viviendo, recurso descrito en la parte II instrucción técnica (IT) del RITE. De acuerdo con el uso del local o edificio, el aire se clasifica en las categorías nombradas en la tabla IT 1.1.4.2.5. RITE: Aire de expulsión, p 49.

- La dotación de agua caliente sanitaria, necesaria para la higiene de las personas.
- Calidad del ambiente acústico, donde el ruido, intensidad y vibraciones no sean una causa de molestias y enfermedades para las personas.

### **Eficiencia energética en el RITE**

Del RITE en el capítulo II, artículo 12. Eficiencia energética: se incorporan deberes en las instalaciones térmicas, que contemplen el diseño, cálculo, ejecución, mantención y de uso, de cara al uso eficiente de energías utilizadas para acondicionar espacios. Además de reducir el consumo de energías convencionales en las instalaciones, se promueve la reutilización de la energía consumida y el uso de energías renovables.

#### **Sus puntos son:**

Rendimiento energético: en los equipos de generación de frío y calor, según este mismo artículo <<en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo>>

Sin embargo, las normativas para el control de estas cargas ambientales y sus consecuentes efectos negativos para la salud, no se hicieron efectivas hasta hace no mucho tiempo.

Se ha regulado el uso de las calderas atmosféricas al interior de los espacios, como también el consumo de tabaco en los establecimientos. Actividades normalizadas por muchos años en la sociedad.

Hoy en día la necesidad de respirar “aire limpio” es imperativo, para reducir los contagios de COVID y en consecuencia los virus de la gripe o el resfriado común. Nos parecía extraño que el uso de mascarillas nos dé una mejor salud, porque nos resta aire directo, pero al filtrar a través de varias capas de tejidos microfibra UNE0065, se logra reducir la absorción al nuestro cuerpo de partículas nocivas presentes en el ambiente.

Está claro que la higiene ambiental es clave para la salud y que ventilar debe ser obligación para espacios interiores sanos, pero la economía que controla la higrotérmica es algo a considerar, puesto que también hace depender la calidad

medioambiental del planeta, es por eso por lo que las propuestas de climatización determinan que:

- La mejora de la envolvente térmica en los edificios reduce la demanda de energía y garantiza una mayor brecha térmica entre exterior e interior de los espacios, permitiendo mayores niveles de confort higrotérmico.
- Las instalaciones de ventilación mecánica deben tener un eficiente control en la renovación de aire exterior con la capacidad de recuperación energética de forma continua. Permitan además tener filtros que reduzcan la presencia de compuestos orgánicos volátiles, partículas, alérgenos y otros elementos nocivos.
- A su vez habría que indicar que la ventilación provoca un movimiento de aire, que en su dirección y sentido entrega a otros espacios parte de la composición que en su inicio contenga. Esto quiere decir que el lugar hacia donde se ventila debe ser considerado como receptor de tal gestión.

### **Climatización en el sector terciario**

Los edificios del sector terciario se ven afectados por las normativas de reducción del consumo energético propuestas en el RITE, que esta aplicado principalmente en las instalaciones de calefacción, climatización, ACS e iluminación como también la condición de incluir renovables en el sistema; aportando parte de la demanda total de energía para calefacción y refrigeración, además se deben aprovechar las energías residuales del sistema. Como también la necesidad de la renovación de aire exterior para solucionar la acumulación de CO<sub>2</sub> en el ambiente interior.

La ubicación, las características técnicas y el su uso del edificio determinan las características del sistema de climatización y tratamiento de la higiene ambiental.

Un proyecto de arquitectura que funciona integralmente con el de climatización, tiene asegurado una mejor eficiencia energética, puesto que los mecanismos para la climatización no son aislados e independientes, funcionando mucho mejor cuando estos trabajan conjuntamente.

Esto establece una correspondencia Pasiva-Activa del control higrotérmico entre Arquitectura y Mecanismos de climatización, la arquitectura aporta sistemas pasivos como pueden ser los muros de acumulación dinámicos, cubiertas ajardinadas, chimeneas de calor, etc., y las máquinas el activo mediante el uso de combustibles que otorgan energía a las calderas, bombas de calor, resistencias, etc

### 3. GANANCIAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS: CASO PRÁCTICO

Se estudiará una escuela infantil, proyecto construido y ubicado en Guadalajara, España.

Se calcularán las cargas energéticas de climatización con dos programas informáticos, para así poder determinar sus alcances y capacidades en las distintas situaciones de refrigeración y calefacción.

De cara al uso de energías para la climatización, la actual normativa (RITE 2021) tiene entre otros, como objetivo reducir el consumo energético; mediante mecanismos de ahorro, utilización de energías residuales y la incorporación de energías renovables.

En la arquitectura se trata la eficiencia desde los mecanismos pasivos para climatización; proyectar la envolvente con multi-hojas, necesarias para obtener bajas transmitancias térmicas en el cerramiento, sistemas constructivos de sombreado y en sinergia para un correcto flujo de energías, materiales de baja transmisividad, etc.

Los datos para obtener las ganancias térmicas en el edificio se realizan mediante la incorporación de estos en un modelo diseñado previamente en Revit, desde allí se planifica y determinan las características de cada espacio, para posteriormente desarrollar los cálculos energéticos.

#### 3.1. Revit y disciplina MEP para el análisis de la climatización

**Autodesk Revit** es un software de construcción arquitectónica e ingenieril CAD BIM, donde colaboran diferentes disciplinas. Disciplinas como la del diseño arquitectónico y constructivo, estructural, eléctrico, sanitario y mecánico.

##### Características de Revit MEP

**Revit MEP** es una de las disciplinas que aborda el diseño y cálculo de **instalaciones** mediante la creación de modelos paramétricos que permitan una documentación adecuada del proyecto.

Revit MEP ofrece herramientas que permiten mejorar la productividad, como los análisis del rendimiento de una construcción, la documentación del edificio, los cálculos de presión y flujo de



imágenes 19

las instalaciones, las relaciones de pérdida de presión, los componentes paramétricos y muchas herramientas más.

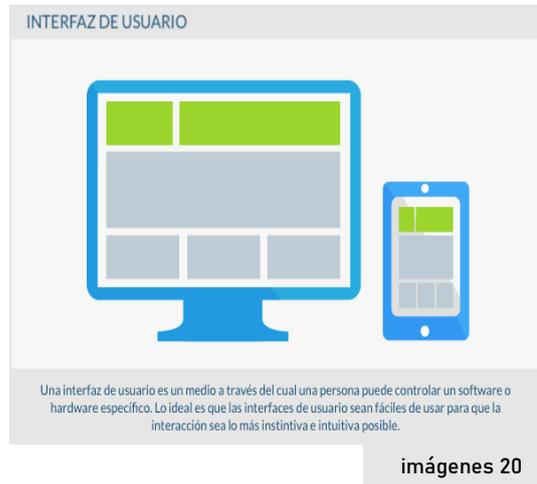
Revit MEP permite diseñar el sistema de climatización de edificios a través de la incorporación de objetos y conductos a un proyecto de arquitectura.

### **Recursos y requerimientos para un proyecto de instalaciones**

El programa Revit tiene una interfaz de usuario muy simple y en español.

Al abrir el programa nos encontramos con la posibilidad de comenzar con una plantilla de trabajo, como puede ser la mecánica asociada al proyecto de instalaciones.

La plantilla es la que determina los estándares del proyecto, reúne la configuración de las unidades y vistas, la forma de representación y el tipo de familias que utilizaremos para desarrollar el proyecto.



Se pueden visualizar las vistas básicas del proyecto agrupadas por plantas, alzados y secciones, como también en 3d.

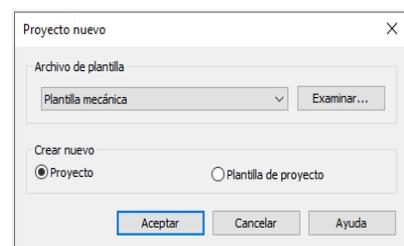
Es necesario que el proyecto tridimensional este modelado previamente, puesto que tendrá que poder albergar en dimensiones y diseño el desarrollo del proyecto de instalaciones, ya sea para el tamaño y recorrido de conductos como también tener los espacios correspondientes para soportar elementos mecánicos, relacionados plenamente.

### **Planificación general de un proyecto de instalaciones en Revit MEP**

Para empezar un proyecto de instalaciones se necesita configurar previamente el diseño de la interfaz de usuario, organizar las vistas de cada plano, establecer las unidades correspondientes, con tal de otorgar al programa unos recursos óptimos para la creación del sistema de climatización.

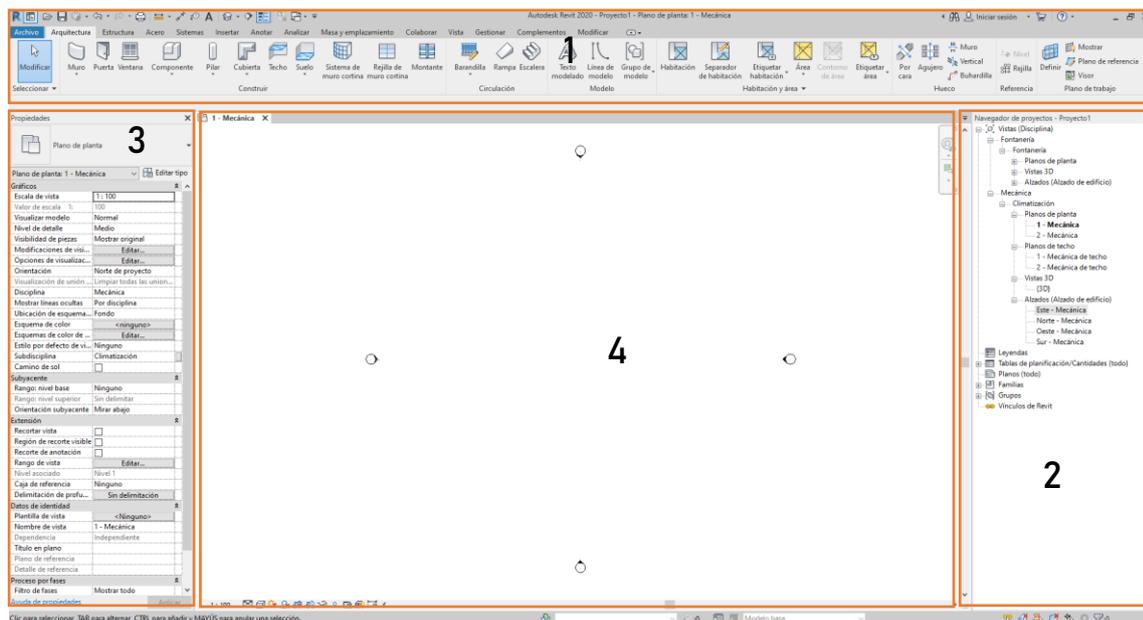
### **Espacio de trabajo en la interfaz**

Al iniciar el programa se despliega una ventana con plantillas de trabajo: arquitectónica, constructiva, estructural y en el caso de las instalaciones la de **mecánica**.



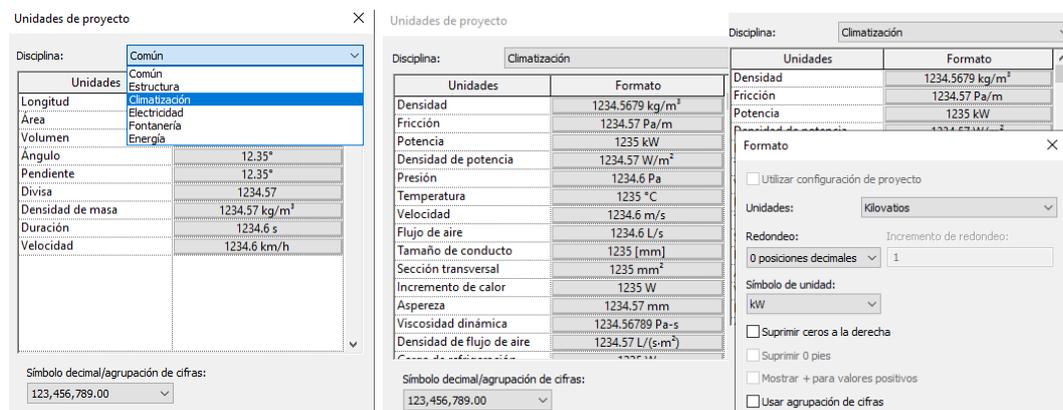
Una vez elegido el tipo de plantilla que queremos utilizar, en la pantalla aparece un escenario con 3 bandas y un escenario central.

La banda superior 1, presenta pestañas con cada una de las disciplinas. La banda lateral derecha 2, contiene el navegador de proyectos. La banda lateral derecha 3, las propiedades generales de los elementos del programa y el cuadro central 4 es donde se trabaja con cada una de las vistas del proyecto.



Para la correcta visualización de cálculos se deben incorporar datos en unidades de medida que representen magnitudes correspondientes al sistema internacional de unidades (SI).

Las unidades están agrupadas por disciplinas y se pueden establecer las distintas escalas de magnitud, las posiciones decimales y el símbolo de la unidad.



## **Navegador de proyectos**

El Navegador de proyectos muestra una jerarquía lógica de todas las vistas, tablas de planificación, planos, familias, grupos y vínculos con otros proyectos compatibles con el proyecto. Al expandir o contraer categoría, aparecen o se ocultan los elementos del árbol organizativo de cada agrupación.

El navegador contiene:

**Vistas:** En ellas, las de planos estructurales, planos de planta, planos de techo, vistas tridimensionales, alzados y secciones.

Para el proyecto de instalaciones se incluirán vistas de áreas y zonas de climatización. Se crearán subdisciplinas, que corresponderán a la agrupación de elementos necesarios para su desarrollo y la gráfica correspondiente de los elementos de climatización, como puede ser las maquinas, conductos, tuberías, etc.

**Tablas de Planificación:** Las tablas son celdas en filas y columnas con información organizada como en Excel. Se pueden cuantificar cantidades y cálculos de materiales, analizar los componentes y los materiales utilizados en un proyecto. Una tabla de planificación es otra vista del modelo.

Las tablas tendrán que mostrar los datos de cada espacio, en unidades de dimensión, número de ocupantes, carga térmica, etc.

**Planos:** Son necesarios para preparar la documentación gráfica fuera del modelo BIM mediante la creación de láminas a escala y con la información correspondiente al tipo de plano generado.

**Grupos:** Se crean al vincular dos o más elementos del dibujo en uno solo, pudiendo ser gestionado desde esta pestaña.

**Familias:** Se encuentran todas las categorías de elementos para la creación del proyecto.

**Vínculos:** Se muestran todos los archivos vinculados al proyecto, en sus distintos formatos como: Revit, DWG, PDF, etc.

Como un proyecto de instalaciones necesita previamente un edificio al que construir un sistema de climatización, se deben vincular archivos de este edificio en formato compatible

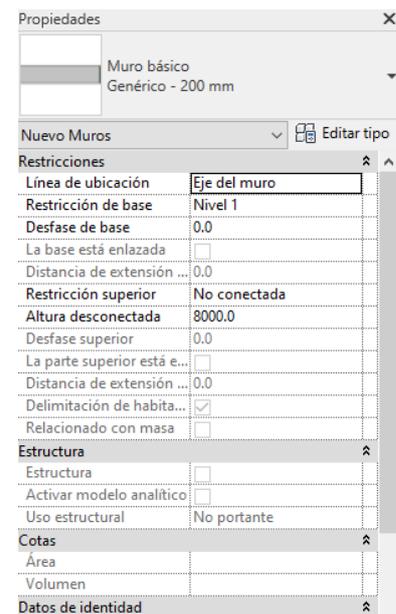
## Ventana de propiedades

La ventana de propiedades es un cuadro de diálogo que permite visualizar y modificar los parámetros de las propiedades de los elementos y vistas.

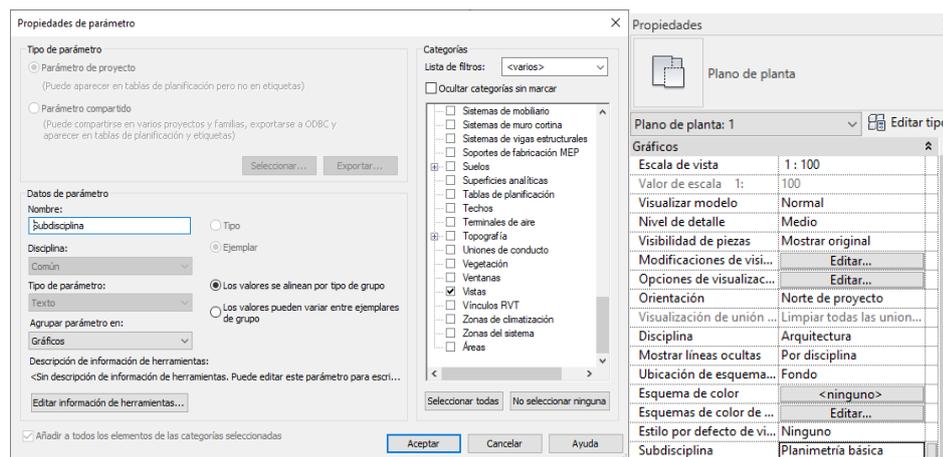
Esta paleta está incluida en la parte izquierda de la interfaz de usuario del programa al ser abierto en defecto.

Estas propiedades también pueden utilizarse para **organizar vistas** en el navegador de proyectos, otorgando parámetros adicionales a las disciplinas básicas.

Para crear una subdisciplina y su correcta visualización en las propiedades del plano, se necesita establecer en el tipo de parámetro la inserción en vistas de las propiedades.



## Propiedades del parámetro



## Disciplinas y subdisciplinas

Las propiedades de una disciplina determinan cómo se muestran los elementos específicos de un proyecto en una vista.

Por defecto en Revit existen cinco disciplinas:

- Arquitectónico
- Estructural
- mecánica
- Eléctrica
- Coordinación

Sin embargo, es posible crear **subdisciplinas** pudiendo generar especialidades de trabajo en cada una de ellas.

Las subdisciplinas existen por defecto en todos los tipos de Revit, Arquitectura, Estructura y MEP, a estas se pueden asociar subdisciplinas.

**Mecánica** puede tener **subdisciplinas** como: Equipos mecánicos, Tuberías de vapor, Conductos, Terminales de difusión, etc. Eléctrica puede abarcar: Iluminación, fuerza, sistemas de control, sonido, CCTV, etc.

## Jerarquía de planos

En un proyecto de climatización se establecerán como mínimo 2 disciplinas principales; la de Arquitectura y Mecánica.

**Arquitectura** albergará el proyecto volumétrico del edificio, incluyendo en él todo su sistema constructivo; muros, pavimentos y cubiertas de la envolvente, muros de separación interior y carpinterías.

En esta disciplina se generarán las vistas de las planimetrías básicas del proyecto.

Planimetría básica

**En Mecánica** se delimitarán las zonas y construirán los elementos necesarios para desarrollar el proyecto de instalaciones de climatización.

En la disciplina de Mecánica se generan las vistas para los distintos sistemas, donde se han agrupado por subsistema de trabajo en la climatización, como también por el tipo de elemento y su vínculo el resto.

Captación solar

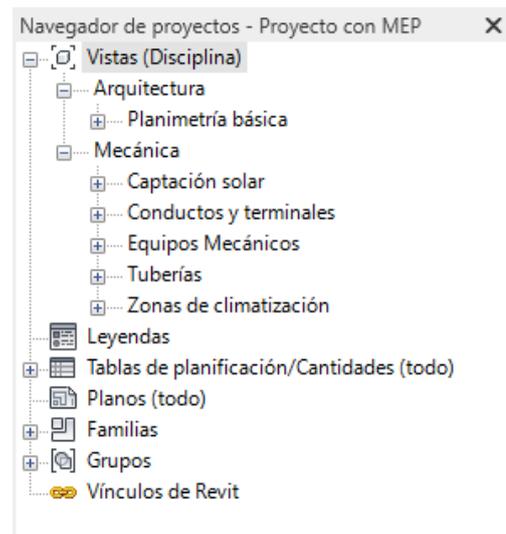
Conductos y terminales

Equipos mecánicos

Tuberías

Zonas de Climatización

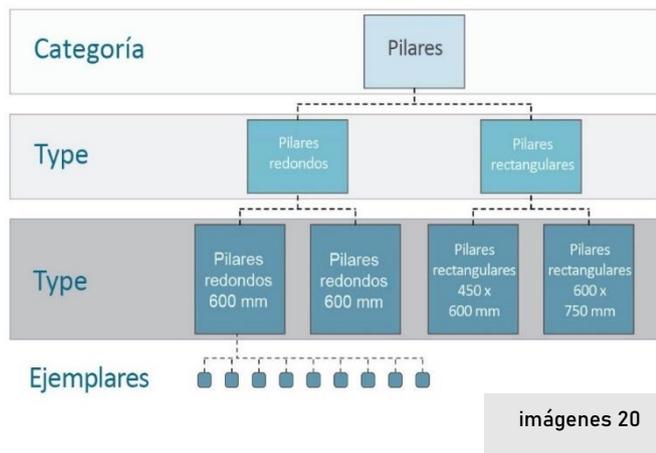
En otros proyectos, como pueden ser los de fontanería se incluirían como subdisciplina los aparatos sanitarios, por ejemplo.



## Familias

Se procede Las familias son un conjunto de elementos de similares características y funcionamiento.

Estos elementos son un bloque paramétrico que asocia un uso particular con otros elementos, con tal de poder ser modificado individualmente o como parte de un sistema mayor, cuantificando y cualificando las variables calculadas.



Se utilizan para crear elementos básicos del modelo de construcción (muros, techos, escaleras, etc.) como también elementos varios (tuberías o terminales de aire) o sistemas constructivos como un muro cortina o sistema de vigas estructurales. La jerarquía de elementos en Revit se resuelve con la elección de la categoría de elemento, el tipo y las dimensiones el elemento elegido.

### 3.2. Datos del edificio

Se pretende estudiar y analizar las características constructivas y energéticas de un edificio existente.

La planificación del análisis que se ejecutará será la siguiente manera:

- Para un entendimiento integral del edificio, de su programa y capacidades propias de cada espacio, se realizará el modelo tridimensional del edificio en Revit, con la capacidad de ser utilizado posteriormente para el cálculo de las cargas térmicas.
- Se realizará el análisis energético a partir de las características espaciales y constructivas del edificio, con el objetivo de obtener las ganancias térmicas de cada espacio y sus correspondientes valores de calefacción y refrigeración para los periodos estivales e invernales.

El proyecto ejemplo es un edificio con programa educativo de dimensiones controladas y programa útil para las características a desarrollar en climatización, ubicado en el pueblo de Pioz asentado sobre el páramo alcarreño, integrado dentro de la provincia de Guadalajara, en la comarca de la Alcarria Baja, a una altitud media de 856 m sobre el nivel del mar, entre los valles del Henares y del Tajuña.

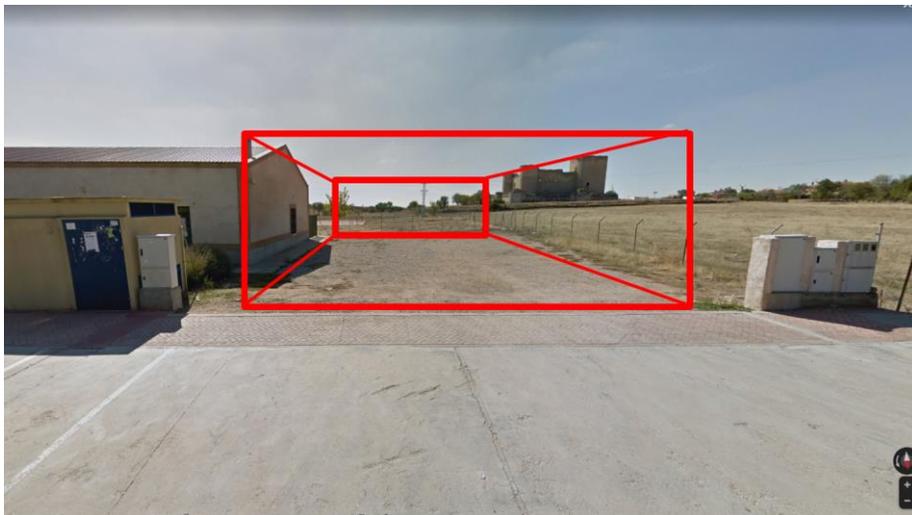
El edificio es una Escuela infantil, proyectada en el 2011, por el Arquitecto Mariano Rodríguez Sánchez.

Las fotografías de su ubicación y entorno están hechas desde Google maps, con fecha previa a su construcción, por lo que se dibujará la delimitación del edificio en el espacio donde se ha proyectado.

### Guadalajara, Pioz, ubicación del edificio.

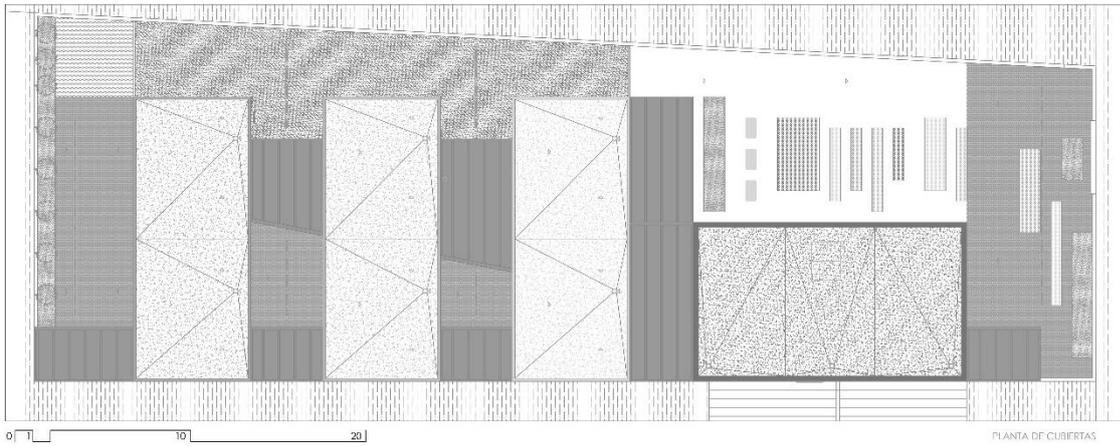


### Vista norte, con la proyección del edificio.





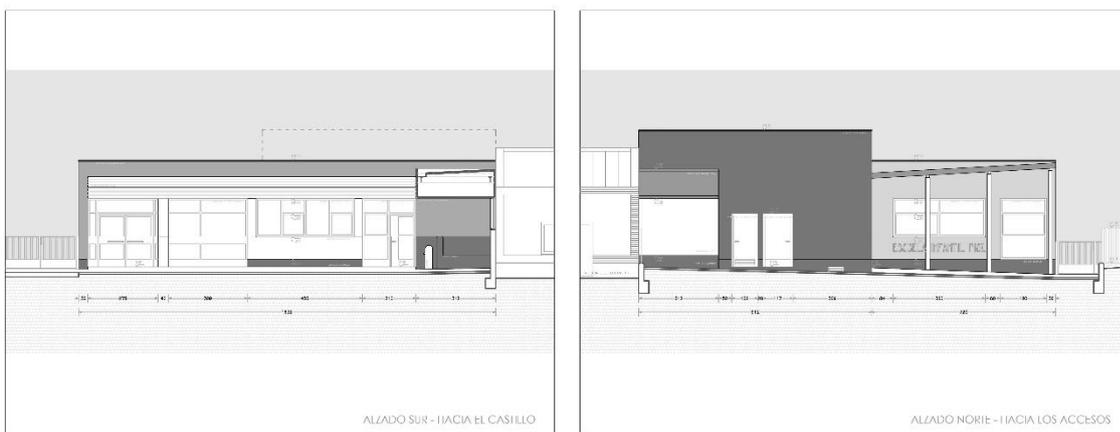
## Planta de cubiertas



## Alzado Oeste



## Alzado sur y norte



## **Memoria descriptiva**

El edificio tiene una geometría rectangular de pastillas acompasadas en paralelo con entrada principal al norte, es de planta baja con una superficie total construida de 588.87 m<sup>2</sup> y útil de 455.97 m<sup>2</sup>.

Consta de 3 zonas programáticas separadas por un pasillo central, en las que se encuentran principalmente los espacios de: Aulas, aseos y cunas. Cocina, vestuarios, despensa y residuos. Salas administrativas, sala de personal, almacén, aseos y calderas.

En el edificio se desarrollan actividades en múltiples espacios, separados por carpinterías y muros ciegos, también cuenta con dos patios interiores abiertos y practicables.

## **Memoria constructiva**

El sistema estructural está compuesto por cimientos de zapatas, vigas y pilares metálicos, forjados de suelo y cubierta de losas alveolares.

### **Cimientos**

Se construye mediante zapata excéntrica perimetral y zapatas centradas con vigas de atado de HA-25.

### **Forjado de planta baja**

El forjado es sanitario, sobre muros de fábrica de L.P de losas alveolares 25+5.

### **Pilares**

Los soportes verticales son pilares metálicos HEB 140. Anclados a zapata mediante placa de apoyo y anclaje.

### **Cubierta**

La estructura está compuesta de forjado de losas alveolares sobre vigas metálicas en perímetros IPE 200-240 y HEB 160-200 al interior.

La cubierta invertida no transitable, esta pendiente de hormigón aligerado, poliestireno extruido y graba redondeada.

La cubierta en rastrelada utiliza paneles de doble chapa de acero con alma rigidizante de poliestireno extruido, sobre forjado de losa alveolar 25+5.

## **Carpintería exterior**

Perfilería de aluminio con rotura de puente térmico de 10mm entre elementos de perfil mediante almas continuas en poliamida con fibra de vidrio.

Vidrio 6+10+6mm (ext+cam+int), o laminar en zonas con riesgo de impacto según DB SU de 3/3+10+3/3mm.

### **Memoria de los sistemas de climatización**

Los sistemas descritos a continuación podrían funcionar de forma independiente, dado que son 3 sistemas que trabajan aisladamente en términos de energía requerida, si bien se complementan para la calefacción y refrigeración, basan su trabajo energético en mecanismos muy distintos.

El edificio cuenta con 3 sistemas de instalación para el control térmico del edificio. En calefacción utiliza una caldera de biomasa apoyado por 2 colectores solares que entregan agua caliente al sistema de radiadores, suelo radiante y ACS, para refrigeración una bomba de calor VRV y con terminales de cassette empotrados y en ventilación un sistema de impulsión de aire con retorno.

1.- Sistema de calefacción y refrigeración por unidad exterior VRV bomba de calor DAIKIN de refrigerante, modelo RXYHQ12P8 inverter aire-aire.

El refrigerante se distribuye a través de tuberías de cobre a 19 unidades interiores de cassette empotrados, de dos filtros y bomba de drenaje, de dimensiones adecuadas para los m<sup>2</sup> de cada espacio en el que se encuentran.

Son equipos autónomos, que se instalan en falso techo, con un rango de caudales de 400 m<sup>3</sup>/h a 2.000 m<sup>3</sup>/h.

2.- Sistema de calefacción por caldera de biomasa (pellets) HARGASSNER WTH HSV80, que otorga energía a tanto por radiadores en la zona administrativa como por suelo radiante a la zona de aulas con una potencia útil de 68.800 Kcal/h y depósito de inercia 1000 litros de capacidad.

La energía térmica solar de 200 litros se capta a través de 2 colectores solares TOPSON F3-1, 4,00m<sup>2</sup> en total, que entregan agua caliente a la sala de calderas mediante tubos Ø16/18.

3.- En ventilación se ha utilizado 3 impulsores con retorno, utiliza conductos tubulares para el transporte de aire, terminales difusores radiales, rejillas de entrada en fachada y bocas de expulsión en cubierta para para 3 zonas distintas. Estas unidades de purificación están formadas con cuatro etapas de filtración.

### 3.3. Valores energéticos para cálculo de ganancias térmicas en Revit

Para diseñar un sistema de climatización adecuado para un edificio, se necesita conocer las características de este y el lugar de implantación. El diseño de un sistema de climatización se determina principalmente por las condiciones ambientales de su entorno, a las características constructivas del edificio, a las actividades a desarrollar y el número de personas para cada espacio.

Cada lugar geográfico tiene unas condiciones higrotérmicas distintas y la envolvente del edificio determina sus transmitancias térmicas que determinan su resistencia a los cambios exteriores del edificio; esta es la capacidad de un conjunto de superficies de transmitir y a la vez resistir el intercambio de temperatura y humedad al interior de una volumetría espacial.

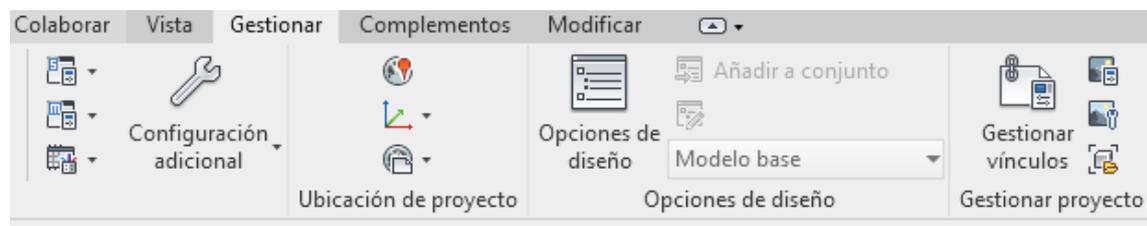
Para determinar las necesidades de cada espacio<sup>4</sup> se tendrán que evaluar estos parámetros con tal de obtener los datos necesarios para disponer los generadores y conductores para cada uno de los sistemas de climatización.

#### 3.3.1. Importación del modelo tridimensional para cálculo

Para comenzar a desarrollar los análisis, es necesario vincular el modelo tridimensional previamente diseñado a la plantilla de Revit MEP.

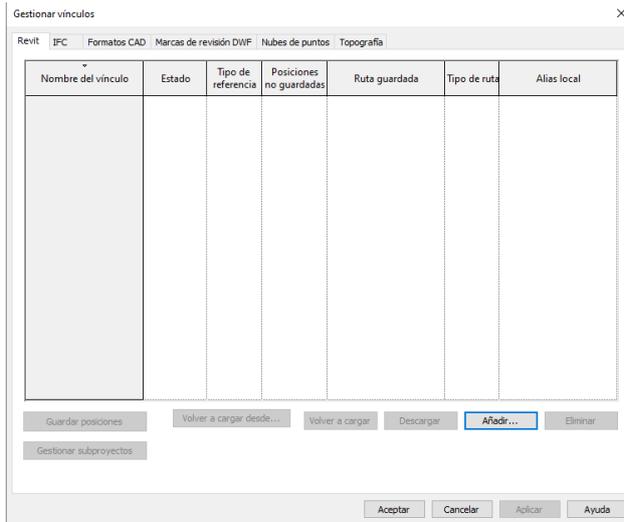
Dentro del programa, en la plantilla MEP, en la banda superior se encuentra la carpeta “Gestionar” allí se introduce el dibujo en el formato correspondiente, que en este caso es un modelo previamente creado en Revit.

#### Pestaña “Gestionar”

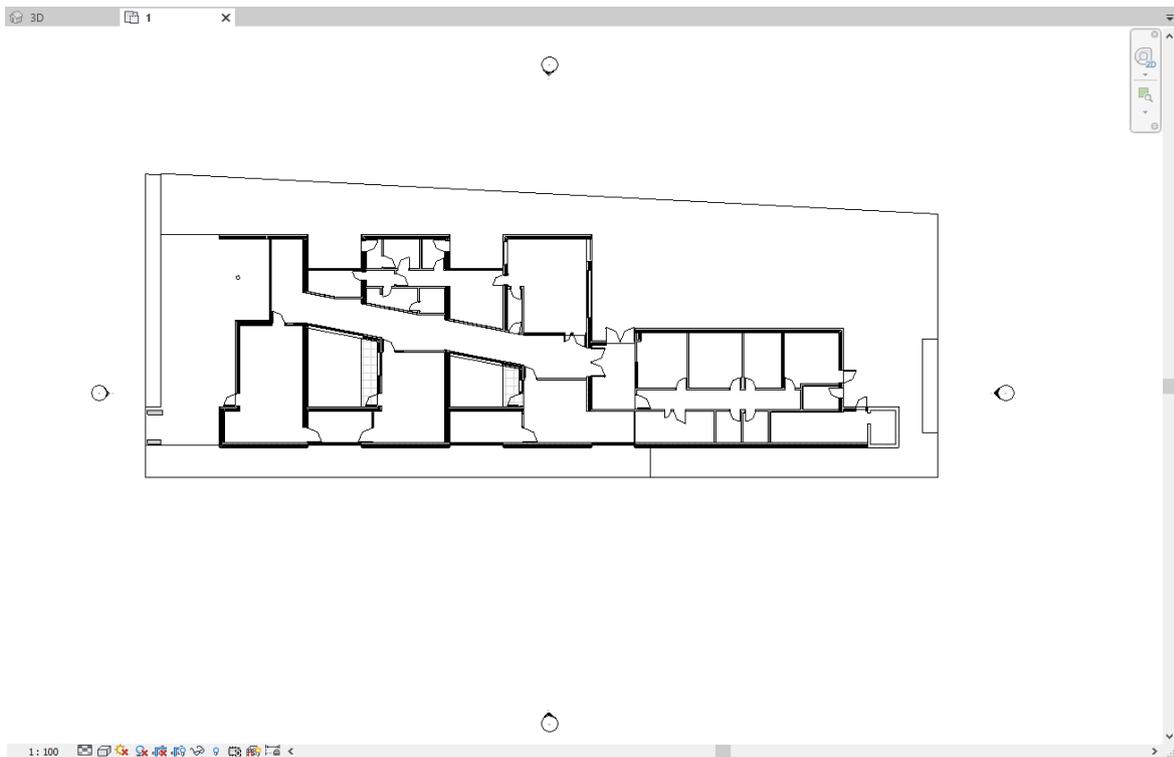


<sup>4</sup> Se comprobarán los resultados de la resistencia térmica por el sistema BIM Revit y con la fórmula general de la transmitancia de superficies compuestas.

## Gestionar vínculos

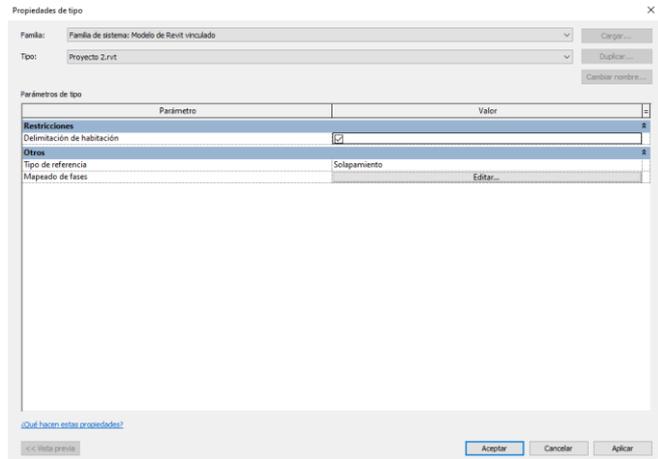


## Planta de AutoCAD vinculada



El edificio tiene que estar situado al centro del plano de trabajo, en cualquier caso, es posible moverlo de donde este, para dejarlo en el centro.

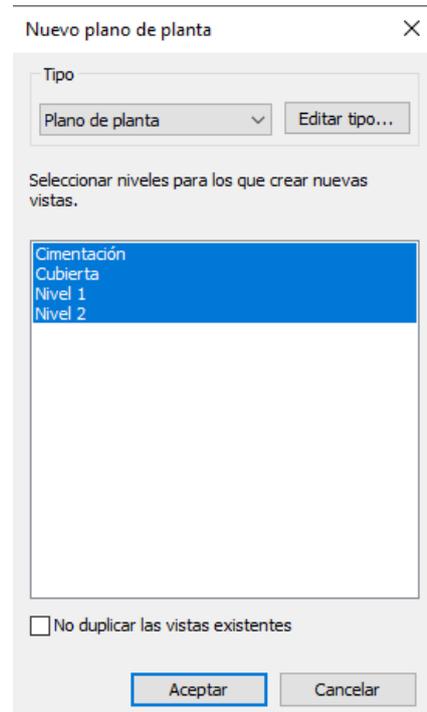
La delimitación de espacios es necesaria para poder utilizar la medición de cada área y volumen de los escenarios a analizar.



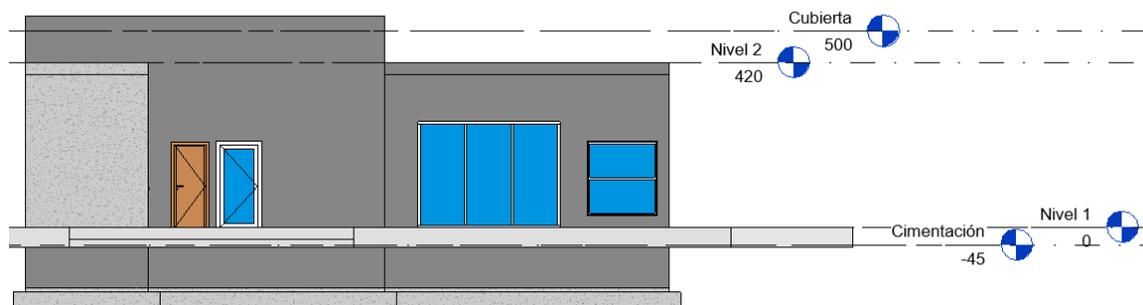
Para poder establecer los niveles correspondientes al edificio se utiliza la herramienta "Copiar/supervisar" para gestionar los cambios entre proyecto anfitrión y elemento vinculado.

Luego se tienen que asociar las vistas al proyecto para poder utilizar las vistas copiadas al proyecto vinculado.

Los niveles de trabajo y visualización se utilizan para vincular los distintos elementos constructivos al proyecto arquitectónico.

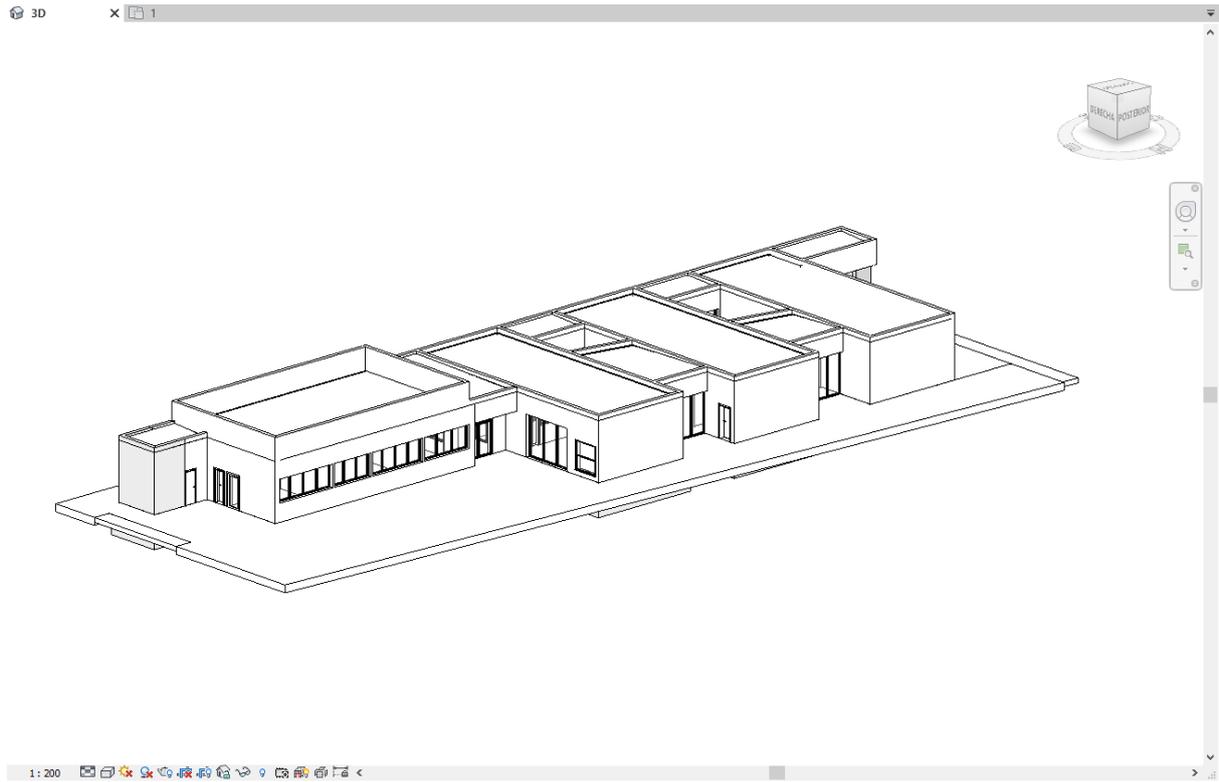


### Niveles de trabajo en el edificio



El edificio es un modelo tridimensional, de manera que incorpora los elementos arquitectónicos necesarios para su análisis energético.

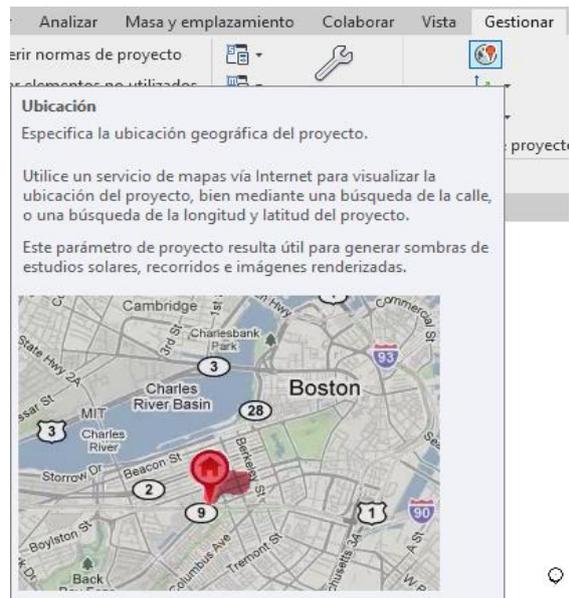
## Axonométrica del edificio (modelo tridimensional)



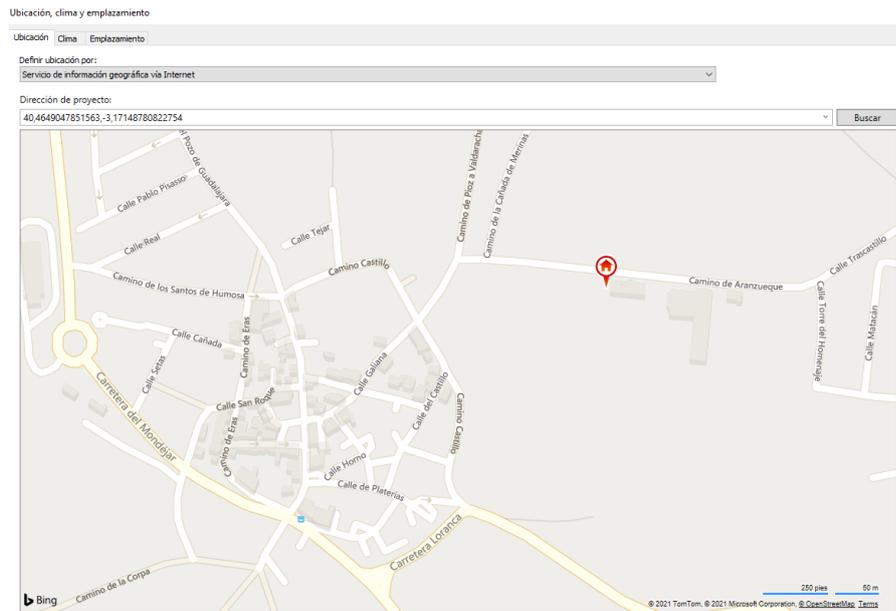
### 3.3.2. Datos del entorno físico y ambiental

Para una mejor interacción del edificio con su entorno y una correcta formulación de sus parámetros para los cálculos correspondientes a las energías higrotérmicas se debe ubicar y direccionar el edificio en su posición real.

La ubicación y dirección del edificio se determinan en Revit mediante la opción de “ubicación”

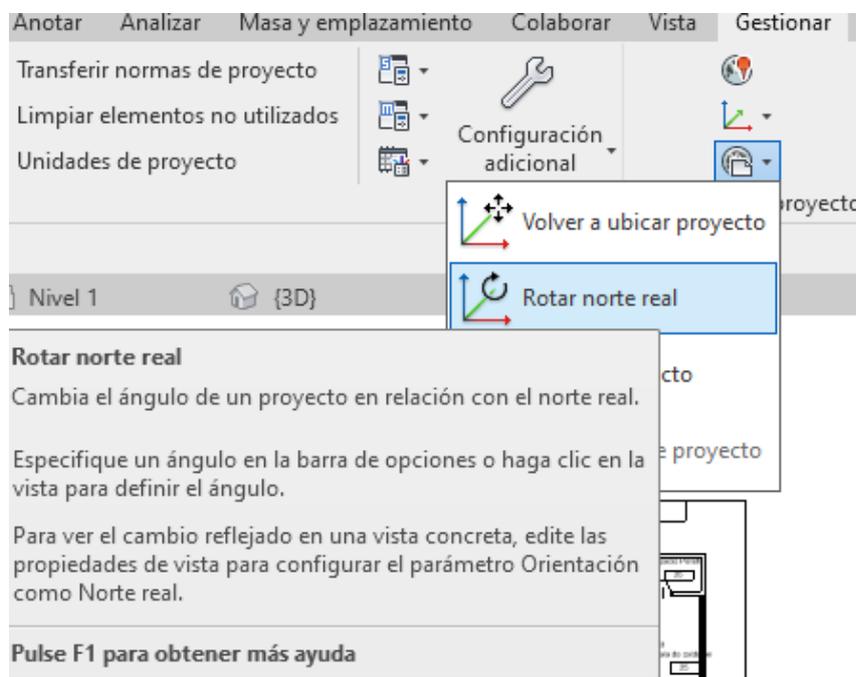


## Emplazamiento del edificio



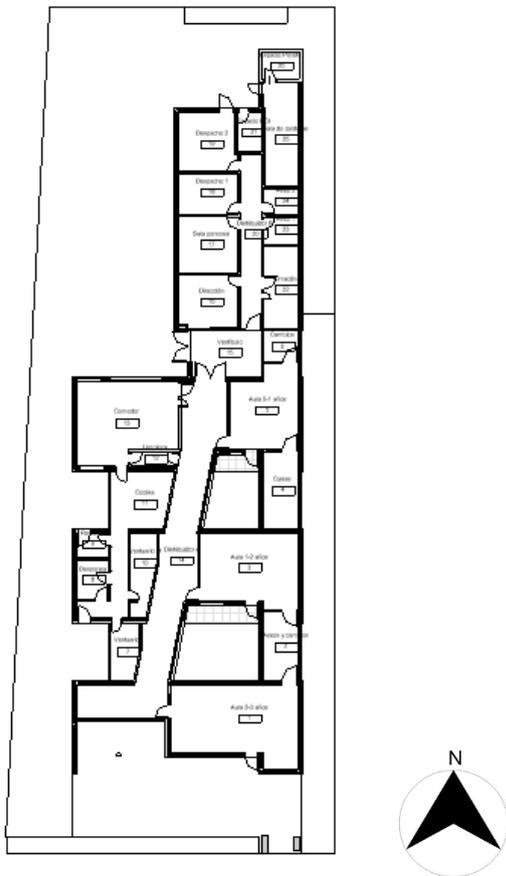
## Ganancias térmicas por soleamiento

### Configuración del norte real del edificio



Para determinar las ganancias por soleamiento se debe configurar el modelo en su proyección de norte real con la dirección del edificio.

## Planta con norte



### **El clima promedio en Pioz:**

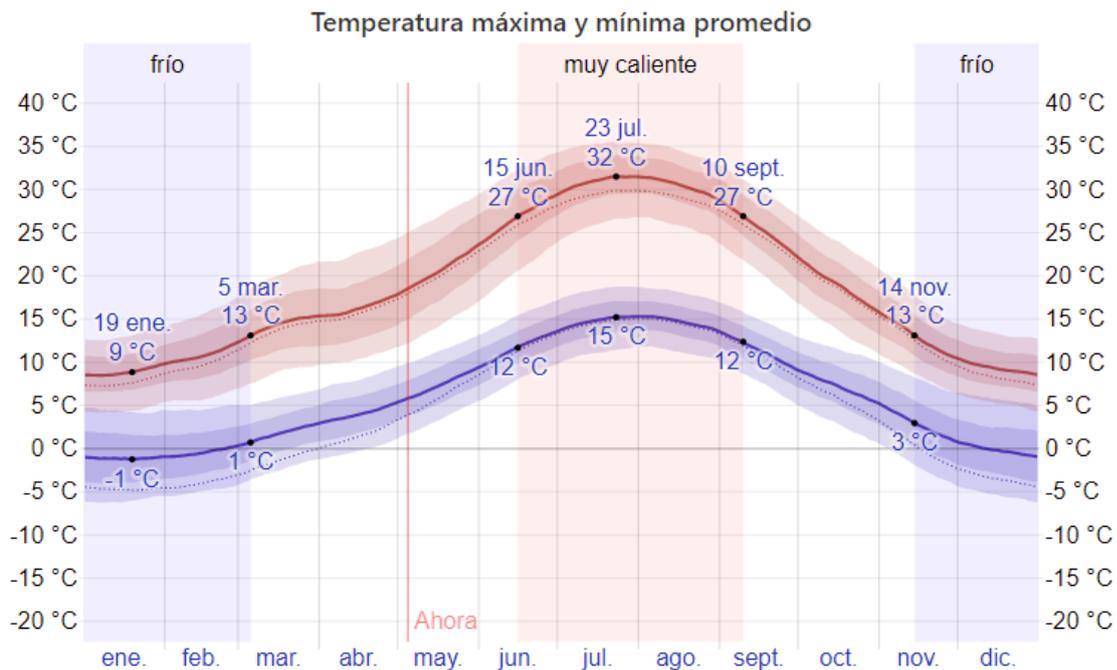
En Pioz, los veranos son cortos, muy caliente y mayormente despejados; los inviernos son largos, muy frío y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  y rara vez baja a menos de  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  o sube a más de  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A una distancia de 24 kilómetros de Pioz, más cerca de nuestro límite de 150 kilómetros, esta estación se considera suficientemente cerca para confiarnos en ella como nuestra fuente principal de registros de temperatura y punto de rocío<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Según estación meteorológica, Aeropuerto de Madrid-Torrejón

## Temperaturas en Pioz, Guadalajara.



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Gráfico de temperaturas en Pioz, Guadalajara, fuente: <https://es.weatherspark.com/>

Revit aporta su propia tabla, también y según la estación meteorológica de Torrejón USAFB.<sup>6</sup>

## Temperaturas en estación meteorológica de Torrejón, por la USAFB

Ubicación  Emplazamiento

Usar estación meteorológica más próxima (TORREJON (USAFB))

Temperaturas de diseño de refrigeración												
	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura seca	14 °C	18 °C	22 °C	25 °C	29 °C	35 °C	38 °C	37 °C	34 °C	27 °C	19 °C	15 °C
Temperatura húmeda	10 °C	12 °C	13 °C	15 °C	17 °C	21 °C	22 °C	22 °C	20 °C	17 °C	14 °C	11 °C
Oscilación media diaria	10 °C	12 °C	13 °C	12 °C	14 °C	16 °C	17 °C	16 °C	15 °C	12 °C	10 °C	9 °C

<sup>6</sup> Los datos de esta tabla se pueden modificar

### 3.3.3. Resistencias térmicas en la composición de la envolvente

Los materiales en Revit pueden albergar datos relativos a sus características térmicas y físicas en unidades internacionales, incluyendo principalmente datos como:

- El comportamiento del flujo térmico, en sentido isótropo y ortotrópo.
- La conductividad térmica que en el (SI) se mide en vatios / (metro × Kelvin) (W/(m·K)).
- El calor específico (J / Kg.K) (Joule por kilogramo y Kelvin)
- Densidad (kg/m3)

Nos interesa obtener la resistencia térmica de la envolvente del edificio para así utilizar esos datos y obtener las ganancias térmicas del edificio y sus espacios.

#### Formula general para obtener las resistencias térmicas

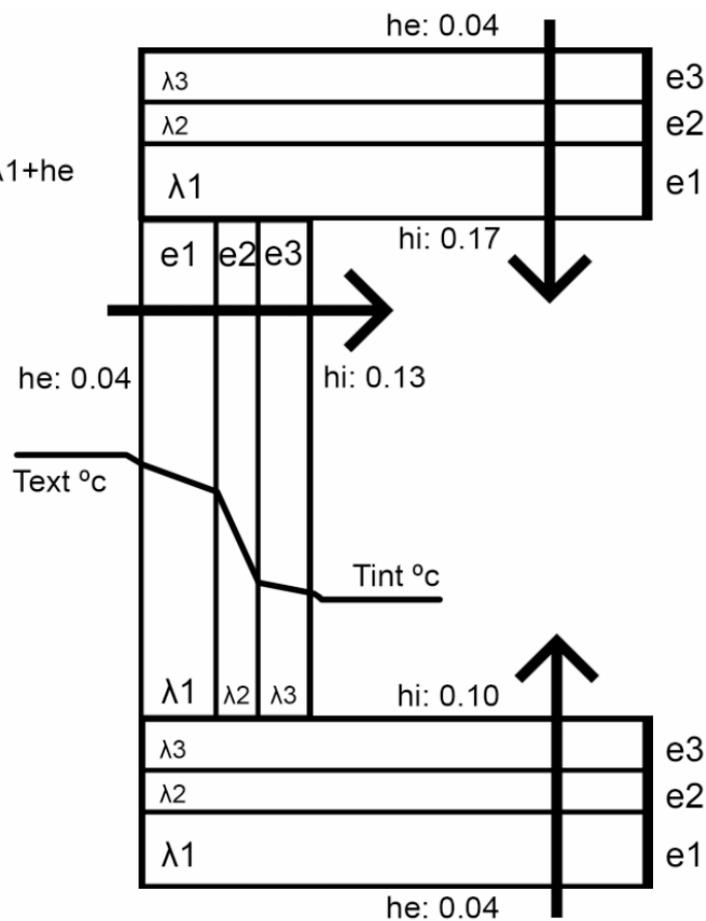
Resistencia térmica de la envolvente

$$RT = h_i + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + e_3/\lambda_3 + h_e$$

$\lambda$ : conductividad térmica del material.

e: espesor del material.

$h_i$ ,  $h_e$ : resistencia térmica superficial en cerramiento interior y exterior por lugar y dirección del flujo de calor.



## La envolvente del edificio está compuesta por:

Pavimento interior, en los muros de fachada está el principal ciego y con paños acristalados y el de almacenaje, cubierta invertida no transitable y arrastrelada.

### Pavimento interior.

- Forjado sanitario compuesto por losa alveolar 25+5
- Lámina aislante frente a impactos de 10 mm.
- Tendido de mortero de cemento fratasado de 3 cm
- Mortero de cemento fratasado para nivelación, puede incluir sistema de suelo radiante.
- Pavimento de caucho homogéneo de 4mm.

Una vez seleccionado el suelo<sup>7</sup> del nivel correspondiente, se puede acceder a la ventana de propiedades y así determinar distintas características del sistema constructivo.

### Pavimento interior



<sup>7</sup> Se ha reducido a solo un tipo de pavimento para simplificar el cálculo.

Una vez seleccionado “*Editar tipo*” en la ventana de propiedades se despliega la ventana resumen del elemento constructivo con valores relativos para la transferencia de calor, resistencia térmica<sup>8</sup>, masa térmica, etc.

Familia:	Familia de sistema: Suelo	Cargar...
Tipo:	Forjado sanit.c/suelo radiante- 45 cm	Duplicar...
		Cambiar nombre...
Parámetros de tipo		
Parámetro	Valor	
<b>Construcción</b>		
Estructura	Editar...	
Grosor predeterminado	0.4500	
Función	Interior	
<b>Gráficos</b>		
Patrón de relleno de detalle bajo		
Color de relleno de detalle bajo	Negro	
<b>Materiales y acabados</b>		
Material estructural	Hormigón - Bloques - Losa alveolar	
<b>Propiedades analíticas</b>		
Coefficiente de transferencia de calor (U)	0.9848 W/(m²·K)	
Resistencia térmica (R)	1.0154 (m²·K)/W	
Masa térmica	63.74 kJ/K	
Absortancia	0.700000	
Aspereza	3	

Para poder acceder a las capas del elemento constructivo se selecciona “*Editar*” en el apartado de estructura.

Dentro del editor de montaje, se pueden cambiar los parámetros y el orden de los elementos, cada uno tiene un espesor y tipo de material.

Se debe determinar la función del elemento, como puede ser: Estructura<sup>9</sup>, sustrato, acabado, capa de aire o aislante y membrana<sup>10</sup>, el tipo de material y grosor.

### Detalle de su composición

Editar montaje

Familia:	Suelo		
Tipo:	Forjado sanit.c/suelo radiante- 45 cm		
Grosor total:	0.4500 (Por defecto)		
Resistencia (R):	1.0154 (m²·K)/W		
Masa térmica:	63.74 kJ/K		
Capas			
Función	Material	Grosor	Envoltorio
1 Contorno del núcleo	Capas de envoltorio por encima	0.0000	
2 Acabado 1 [4]	CAUCHO	0.0400	
3 Substrato [2]	Hormigón, Moldeado in situ, gris	0.0900	
4 Capa térmica/de air	Aislamiento térmico	0.0100	
5 Capa térmica/de air	Aislamiento térmico	0.0100	
6 Estructura [1]	Mortero de hormigón	0.0500	
7 Estructura [1]	Hormigón - Bloques - Losa alveolar	0.2500	
8 Contorno del núcleo	Capas de envoltorio por debajo	0.0000	

Inserir Suprimir Arriba Abajo

En el explorador de materiales podemos agregar las características térmicas y físicas, asociadas a su composición y de acuerdo con los materiales del catálogo de materiales del CTE, en el caso de que estos difieran con el banco de materiales que viene por defecto en Revit<sup>11</sup>.

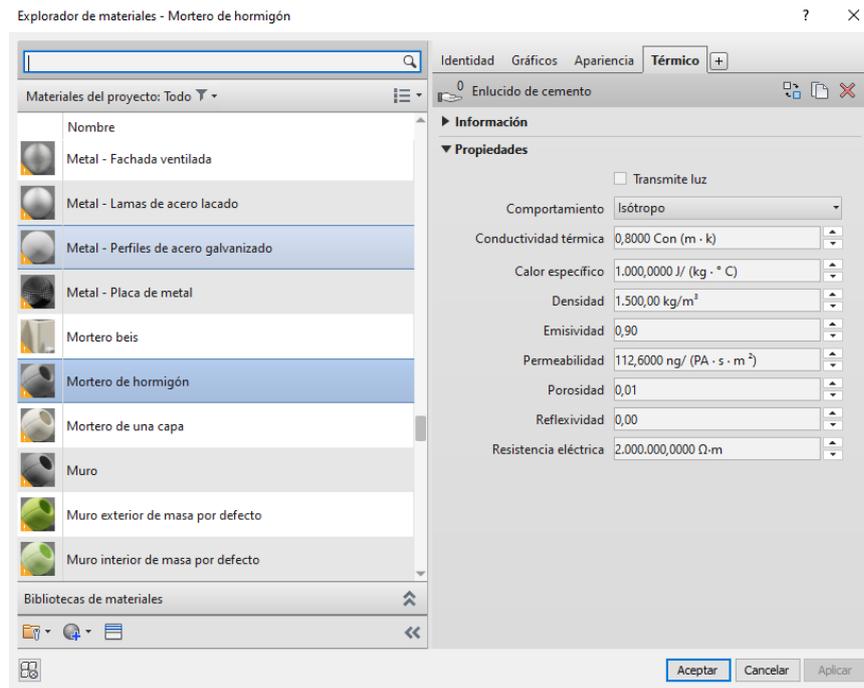
<sup>8</sup> Es la resistencia térmica bruta del muro multihojas, para el cálculo del cerramiento hará que tener en cuenta la suma de las resistencias térmicas superficiales del lugar del cerramiento.

<sup>9</sup> Para hacer análisis estructural se tomará este elemento para el cálculo.

<sup>10</sup> Esta no debe tener un espesor mayor a 10mm.

<sup>11</sup> En este caso la biblioteca de materiales es para la versión 2021 de Revit.

## Explorador de materiales



Para los otros elementos constructivos de la envolvente y tabiques interiores se utilizará la misma metodología.

## Fachada principal

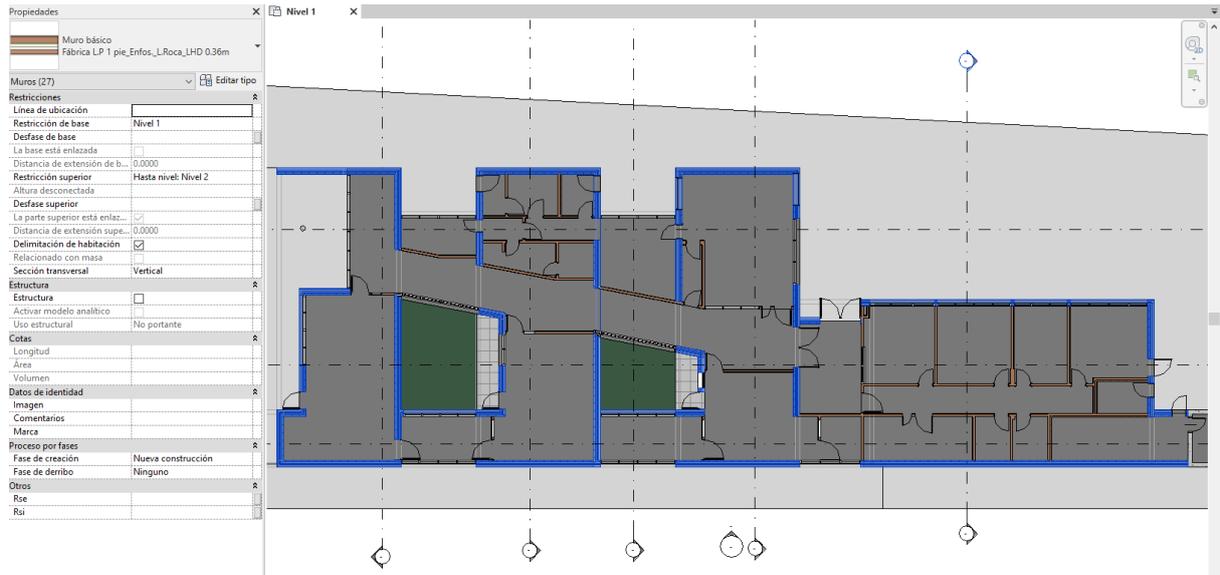
### Propiedades físicas

- Mortero monocapa
- 1 pie de fábrica de ladrillo perforado
- Enfoscado de mortero hidrófugo
- Panel de lana de roca 60mm
- Cámara de aire 60mm
- Trasdoso de LH doble 8cm
- Guarnecido y enlucido de yeso

Parámetro	Valor
<b>Construcción</b>	
Estructura	Editar...
Envolvente en inserciones	Exterior
Envolvente en extremos	Exterior
Anchura	0.3600
Función	Exterior
<b>Gráficos</b>	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
<b>Materiales y acabados</b>	
Material estructural	Ladrillo cerámico perforado
<b>Propiedades analíticas</b>	
Coefficiente de transferencia de calor (U)	0.2110 W/(m²·K)
Resistencia térmica (R)	4.7401 (m²·K)/W
Masa térmica	20.56 kJ/K
Absortancia	0.700000
Aspereza	3

La envolvente vertical se compone de muros ciegos y carpinterías de aluminio lacado con rotura de puente térmico 10mm y vidrios 6+10+6 mm.

## Paramentos exteriores



El muro se compone de 2 hojas principales de fábrica de ladrillo con aislamiento y cámara de aire. El espesor total es de 36cm. Y la resistencia térmica sin tener en cuenta la resistencias térmicas superficiales es de  $4.7401 \text{ (m}^2\text{+K) /W}$ .

## Composición del muro ciego

Editar montaje

Familia: Muro básico  
 Tipo: Fábrica L.P 1 pie\_Enfos\_L\_Roca\_LHD 0.36m  
 Grosor total: 0.3600  
 Resistencia (R): 4.7401 (m²K)/W  
 Masa térmica: 20.56 kJ/K

Altura de muestra: 6.0000

CARA EXTERIOR			
Función	Material	Grosor	Envolt
1 Contorno del núcleo	Capas de envoltante por encima	0.0000	
2 Acabado 1 [4]	Hormigón - Mortero	0.0150	
3 Estructura [1]	Ladrillo cerámico perforado	0.1150	
4 Acabado 1 [4]	Mortero de hormigón	0.0150	
5 Capa térmica/de aire [3]	Aislamiento - Fibra mineral	0.0600	
6 Capa térmica/de aire [3]	Aire	0.0600	
7 Estructura [1]	Ladrillo hueco	0.0800	
8 Acabado 2 [5]	Enlucido - Blanco	0.0150	
9 Contorno del núcleo	Capas de envoltante por debajo	0.0000	

< CARA INTERIOR >

Insertar    Suprimir    Arriba    Abajo

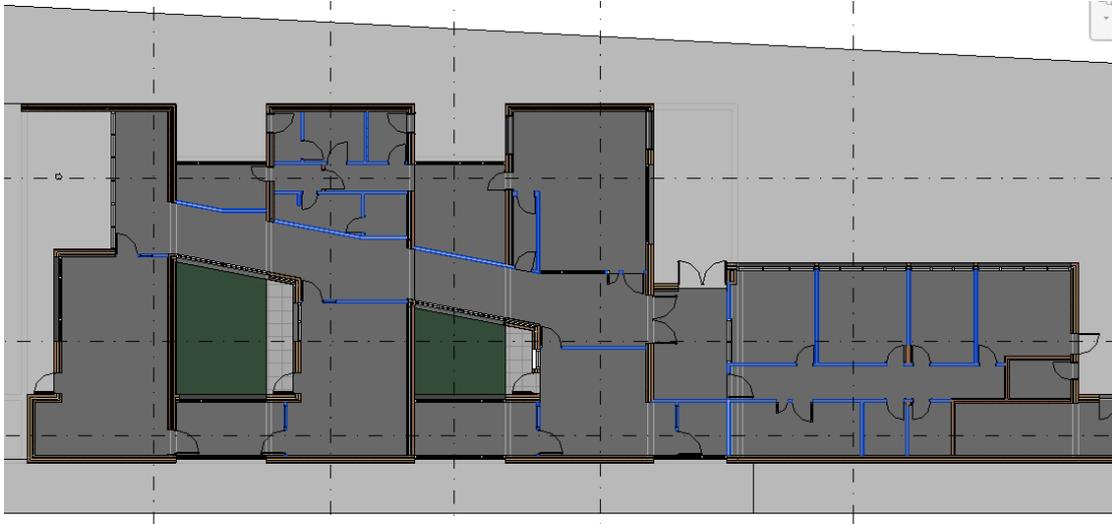
Envoltante por defecto  
 En las inserciones: Exterior  
 En los extremos: Exterior

Modificar estructura vertical (sólo en vista previa de sección)  
 Modificar    Fusionar regiones    Barridos  
 Asignar capas    Dividir región    Telares

Vista: Sección: Modificar atributos de 1    Vista previa >>    Aceptar    Cancelar    Ayuda

## Muros interiores "A"

Los muros de división interior "A" se componen de ladrillo cerámico perforado y enfoscado de yeso a ambas caras.



## Propiedades físicas

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor	=	^
<b>Construcción</b> ^			
Estructura	Editar...		
Envolvente en inserciones	Interior		
Envolvente en extremos	Interior		
Anchura	0.1500		
Función	Interior		
<b>Gráficos</b> ^			
Patrón de relleno de detalle bajo			
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro		
<b>Materiales y acabados</b> ^			
Material estructural	Ladrillo cerámico perforado		
<b>Propiedades analíticas</b> ^			
Coefficiente de transferencia de calor	2.4895 W/(m <sup>2</sup> ·K)		
Resistencia térmica (R)	0.4017 (m <sup>2</sup> ·K)/W		
Masa térmica	11.69 kJ/K		
Absortancia	0.700000		
Aspereza	3		

## Composición del muro divisorio "A"

Editar montaje

Familia: Muro básico  
Tipo: Partición L.P con capa de yeso e=0.15m  
Grosor total: 0.1500  
Resistencia (R): 0.4017 (m<sup>2</sup>·K)/W  
Masa térmica: 11.69 kJ/K

Altura de muestra: 6.0000

Capas

CARA EXTERIOR

	Función	Material	Grosor	Envoltentes
1	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por encima	0.0000	
2	Acabado 2 [5]	Enlucido - Blanco	0.0150	
3	Estructura [1]	Ladrillo cerámico perforado	0.1200	
4	Acabado 2 [5]	Enlucido - Blanco	0.0150	
5	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por debajo	0.0000	

CARA INTERIOR

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Envoltente por defecto

En las inserciones: Interior En los extremos: Interior

Modificar estructura vertical (sólo en vista previa de sección)

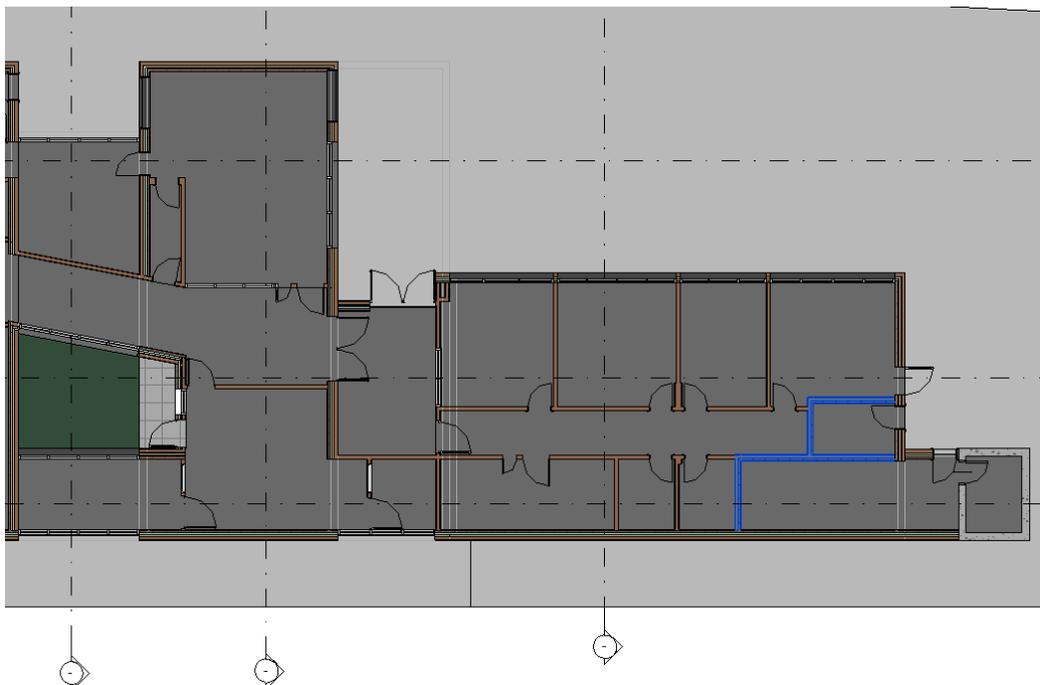
Modificar Fusionar regiones Barridos

Asignar capas Dividir región Telares

Vista: Plano de planta: Modificar atrib... Vista previa >> Aceptar Cancelar Ayuda

## Muros interiores "B"

Los muros de división interior "B" se componen de ladrillo cerámico perforado y ladrillo hueco doble con enfoscado de yeso a ambas caras.

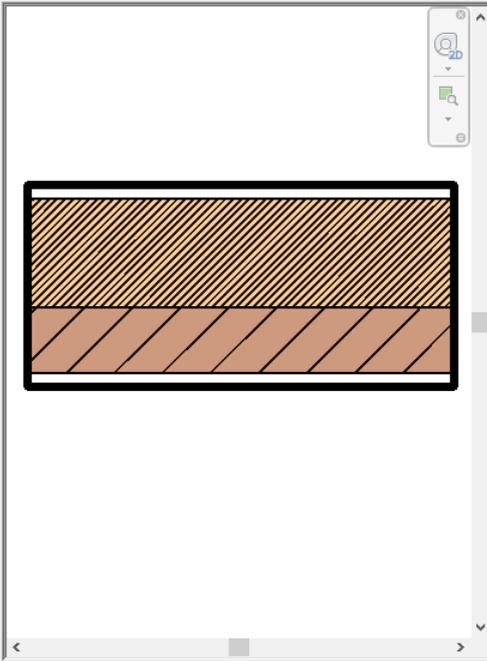


## Propiedades físicas

Parámetro	Valor
<b>Construcción</b>	
Estructura	Editar...
Envolvente en inserciones	Interior
Envolvente en extremos	Interior
Anchura	0.2150
Función	Interior
<b>Gráficos</b>	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
<b>Materiales y acabados</b>	
Material estructural	Ladrillo cerámico perforado
<b>Propiedades analíticas</b>	
Coefficiente de transferencia de calor	1.8418 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Resistencia térmica (R)	0.5430 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Masa térmica	16.34 kJ/K
Absortancia	0.700000
Aspereza	3

## Composición del muro divisorio "B"

Editar montaje



Familia: Muro básico  
 Tipo: Partición L.P+L.H.D con capa de yeso e=0.20m  
 Grosor total: 0.2150      Altura de muestra: 6.0000  
 Resistencia (R): 0.5430 (m<sup>2</sup>·K)/W  
 Masa térmica: 16.34 kJ/K

Capas

CARA EXTERIOR			
Función	Material	Grosor	Envolve
1	Contorno del Capas de envolvente por encim	0.0000	
2	Acabado 2 [5] Enlucido - Blanco	0.0150	
3	Estructura [1] Ladrillo cerámico perforado	0.1150	
4	Estructura [1] Ladrillo hueco	0.0700	
5	Acabado 2 [5] Enlucido - Blanco	0.0150	
6	Contorno del Capas de envolvente por debaj	0.0000	

CARA INTERIOR

Envolvente por defecto

En las inserciones: Interior      En los extremos: Interior

Modificar estructura vertical (sólo en vista previa de sección)

## **Cubierta invertida no transitable**

- Fajeado de escayola o panel de cartón yeso
- Falso techo registrable de placas 60x60cm
- Enfoscado de mortero maestrado
- Aislante multicapa de 7mm
- Forjado de losa alveolar 25+5 cm
- Formado de pendiente de hormigón celular 10cm
- Tendido de mortero fratasado de 2cm
- Imprimación asfáltica
- Lámina geotextil
- Poliestireno extrusionado 60mm
- Lámina geotextil
- Grava Limpia de canto rodado 30-50mm

Las cubiertas en azul son las invertidas no transitables, las 3 que están en paralelo están a una altura de 3.90m desde cota de calle y el antepecho a 4.20m. El resto de las cubiertas (zonas en blanco) son arrastreladas.

## **Cubierta plana invertida no transitable**



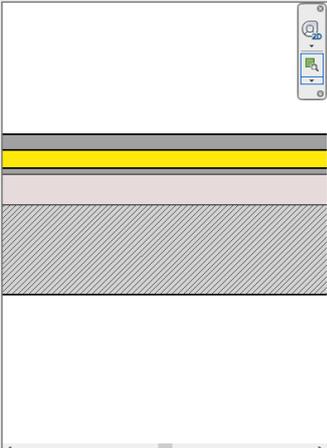
La cubierta se compone de una estructura de losa alveolar 25+5, con una cobertura de protección de grava. El espesor total es de 53 cm. Y la resistencia térmica sin tener en cuenta la resistencias térmicas superficiales es de 2.8104 (m<sup>2</sup>+K)/W.

## Propiedades físicas

Parámetros de tipo	
Parámetro	Valor
<b>Construcción</b>	
Estructura	Editar...
Grosor predeterminado	0.5300
<b>Gráficos</b>	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
<b>Propiedades analíticas</b>	
Coefficiente de transferencia de calor (U)	0.3558 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Resistencia térmica (R)	2.8104 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Masa térmica	51.57 kJ/K
Absortancia	0.700000
Aspereza	3

## Composición de la cubierta invertida

Editar montaje



Familia: Cubierta básica  
 Tipo: Plano con protección de grava  
 Grosor total: 0.5330 (Por defecto)  
 Resistencia (R): 2.7463 (m<sup>2</sup>·K)/W  
 Masa térmica: 50.29 kJ/K

Función	Material	Grosor
1 Contorno del núcleo	Capas de envolvente por encima	0.0000
2 Acabado 1 [4]	Cubiertas - Grava aglomerada	0.0500
3 Capa membrana	Cubiertas - Geotextil de poliéster	0.0010
4 Capa membrana	Cubiertas - Membrana de asfalto con	0.0010
5 Capa térmica/de aire [3]	Aislamiento - Paneles	0.0600
6 Capa membrana	Cubiertas - Lámina de asfalto reforzad	0.0010
7 Substrato [2]	Mortero de hormigón	0.0200
8 Substrato [2]	Hormigón CELULAR	0.1000
9 Estructura [1]	Hormigón - Bloques - Losa alveolar	0.3000
10 Contorno del núcleo	Capas de envolvente por debajo	0.0000

Vista: Sección: Modificar atributos de 1

## Datos de cálculo

Para poder obtener la información térmica real del edificio y sus espacios, se tienen que asociar en las plantillas de información los datos correspondientes a los cerramientos y necesidades térmicas del tipo de edificio y de acuerdo con el uso de cada espacio.

## Configuración por tipo de edificio.

Configuración de tipo de edificio/espacio

Filtro:

Tipo de edificio  Tipo de espacio

Almacén

Ayuntamiento

Biblioteca

Cafetería/Platos combinados

Centro de congresos

Centro deportivo

**Centro educativo**

Cine

Comercio

Comisaría

Correos

Edificio religioso

Estadio

Fábrica

Garaje

Gimnasio

Hospital o Centro médico

Hotel

Instalaciones automovilísticas

Jugadero

Motel

Museo

Oficina

Parque de bomberos

Plurifamiliar

Prisión

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	5,000 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	58.61 W
Densidad de carga de iluminación	12.92 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	16.15 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plenum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de centro educativo - 8 AM a 9 PM
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de centro educativo - 7 AM a 9 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de centro educativo - 7 AM a 9 PM
Aire exterior por persona	4.72 L/s
Aire exterior por área	0.61 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Hora de apertura	7:00
Hora de cierre	21:00
Posición de ajuste de refrigeración sin ocupación	27.78 °C

Aceptar Cancelar

- Ocupación de espacios por persona

Según la tabla 2.1. densidades de ocupación del CTE DB SI se determinará que el área por persona en la planta del edificio tipo de espacio.

<i>Administrativo</i>	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestíbulos generales y zonas de uso público	2
<i>Docente</i>	Conjunto de la planta o del edificio	10
	Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc.	5
	Aulas (excepto de escuelas infantiles)	1,5
	Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas	2

- Calor latente y sensible desprendido por persona de acuerdo con la actividad existente en el local, para el caso de una escuela infantil será de 24 grados, **60 kcal/h sensible y 30 kcal/h latente.**

Para transformar kcal/h se debe multiplicar por 1.163

Calor sensible: 34.89 w

Calor latente: 69.78w

ACTIVIDAD REALIZADA	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo. Escuela.	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero. Instituto.	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista, actividad ligera.	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie. Tienda.	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea. Banco.	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario.	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero taller.	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina.	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila.	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso.	115	250	120	250	125	245	130	230

Según tabla 3 <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>

- Se establecerá una densidad de carga de iluminación en: **4.5 W/m<sup>2</sup>** como valor máximo diario.

Según CTE DB-HE3 Apéndice C Perfiles de uso

Y una densidad de carga de potencia en: **15 W/m<sup>2</sup>** como valor máximo diario.

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

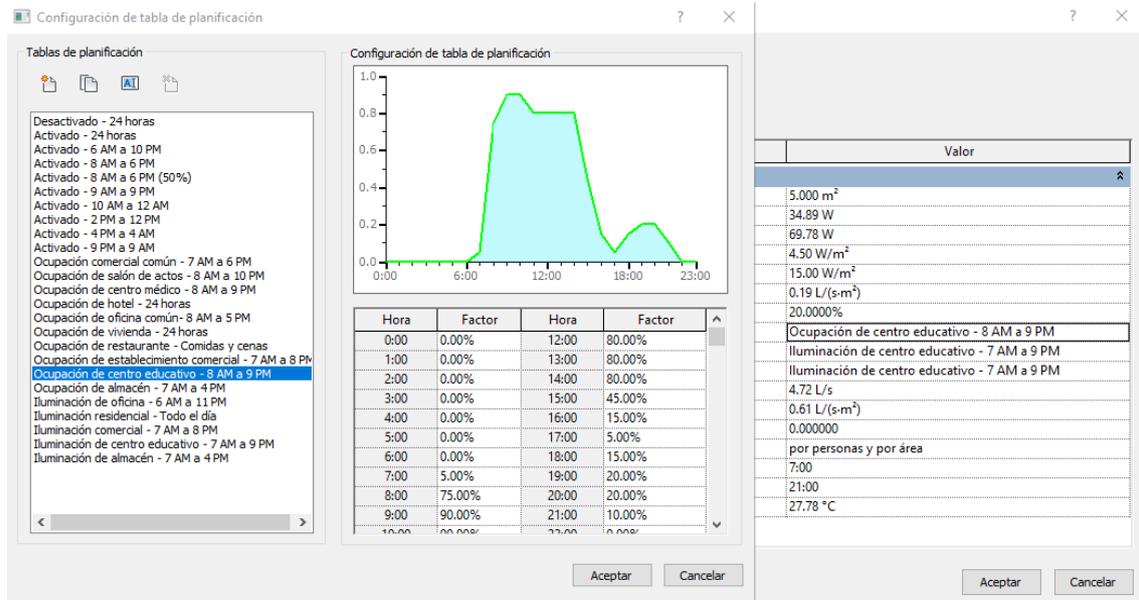
Valores de potencia máxima DB HE 3 Año 2013

- Contribución de iluminación de plénum

Se trata de qué porcentaje de calor generado por la iluminación es traspasado al plénum. En este caso quedará establecido el valor por **defecto del 20%**.

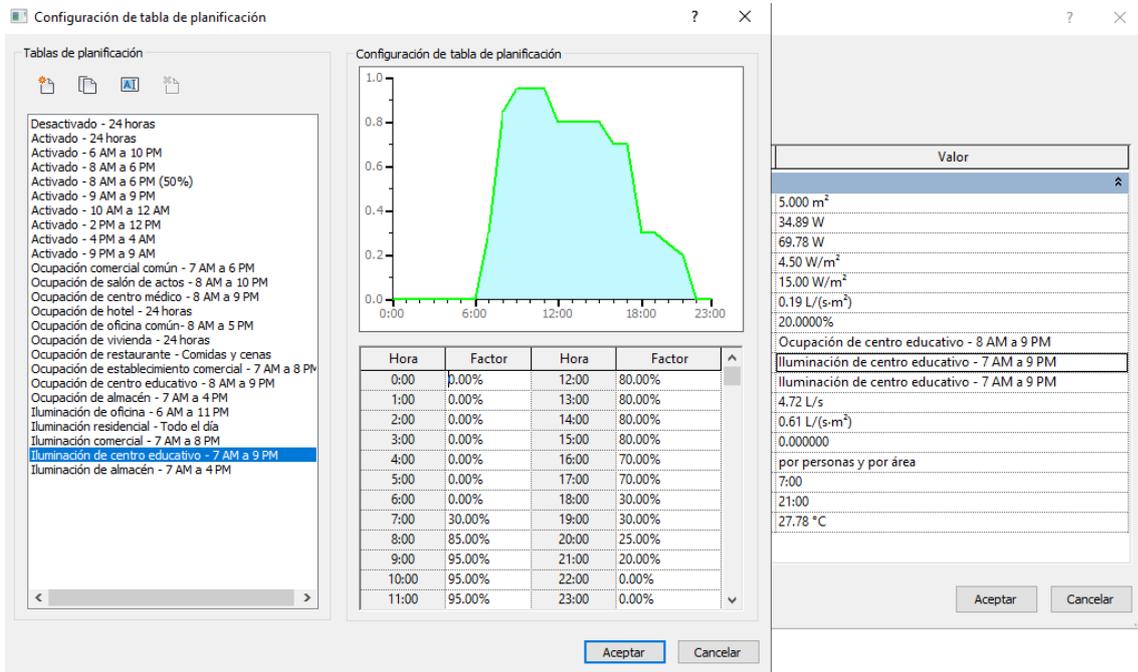
- Tabla de planificación para la ocupación

Se aprecia el inicio de actividades sobre las 7:30 para subir en ocupación a su límite sobre toda la mañana, desciende al terminar la jornada académica de los alumnos, y se retoma en escasa participación por las tardes para el trabajo extraescolar.



- **Tabla de planificación para la iluminación**

Se encienden las luces generales para el inicio de la actividad y se mantienen hasta que se acaba el día académico, luego se apagan progresivamente hasta el término del día. Teniendo en cuenta la luz natural de la mañana y la escasa iluminación y ocupación por la noche.



- **Aire exterior por persona**

Según RITE. IT 1.1.4.2.2. *Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios*

En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) y utilizando el método indirecto de (l/s por persona); es un procedimiento que se aplica especialmente en locales que tienen una baja producción de contaminantes provenientes de fuentes diferentes del ser humano, será en el caso de este edificio, donde hay niños y niñas de 0 a 3 años, será de guardería, con la siguiente denominación:

**IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.**

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

Será de **20 dm<sup>3</sup>/s por persona**.

- Renovaciones de aire por hora

La calidad de aire interior depende de la higiene de este, se consigue principalmente con renovaciones de aire exterior, necesarios para conseguir un Co2 bajo.

Para saber el número de renovaciones necesarias o caudales de aporte de aire exterior, hay que partir del uso a que se va a destinar el edificio.

Por ejemplo, en la siguiente tabla se indica el número de renovaciones a la hora, para cada tipo de establecimiento o local, según la norma DIN 1946.

**Tabla orientativa para las renovaciones por hora**

Tipo de Local	Nº de renovaciones de aire por hora	
WC, inodoros	Privados	4-5
	Públicos	8-15
Aseos y baños		5-7
Duchas		15-25
Bibliotecas		4-5
Oficinas		4-8
Tintorerías		5-15
Cabinas de pintura		25-50
Garajes y parkings		5
Salas de decapado		5-15
Locales de acumuladores		5-10
Armarios roperos		4-6
Restaurantes y casinos		8-12
Industrias de Fundiciones		8-15
Remojos		70-80
Auditorios		6-8

Salas de cines y de teatros		5-8
Aulas		5-7
Salas de conferencias		6-8
Cocinas	Privadas	15-25
	Colectivas	15-30
Laboratorios		8-15
Locales de aerografías		10-20
Salas de fotocopias		10-15
Cuartos de máquinas		10-40
Talleres de montaje		4-8
Salas de laminación		8-12
Talleres de soldadura		20-30
Piscinas cubiertas		3-4
Despachos de reuniones		6-8
Cámaras blindadas		3-6
Vestuarios		6-8
Gimnasios		4-6
Tiendas y comercios		4-8
Salas de reuniones		5-10
Salas de espera		4-6

### 3.3.4. Designación de espacios analíticos

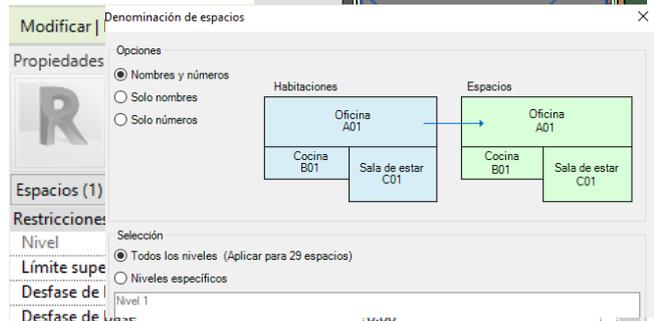
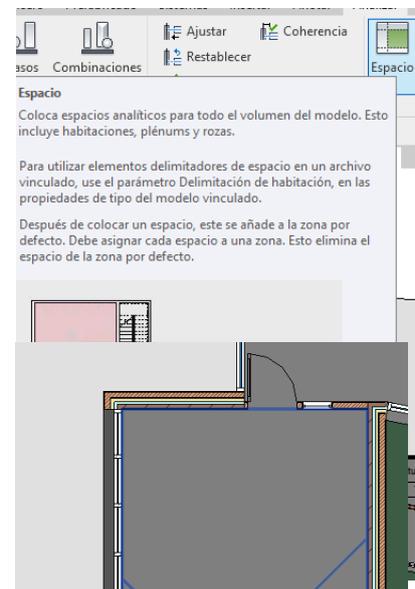
Para diagnosticar los espacios interiores del edificio se debe delimitar cada superficie, de tal manera que al señalarlos se puedan obtener datos relativos al uso y necesidades higrotermicas.

En la planta que se quiere definir un espacio, se debe señalar cada uno de ellos. En la pestaña “*analizar*” se puede seleccionar “*Espacios*”

Al seleccionar un espacio, el programa automaticamente reconoce la delimitación del mismo, teniendo en cuenta los cerramientos perimetrales de sus paramentos.

Se pueden denominar espacio con la nomenclatura deseada en la misma pestaña de Analizar.

Una vez definido el espacio, se procede a determinar sus características, en la ventana de “*propiedades*”.

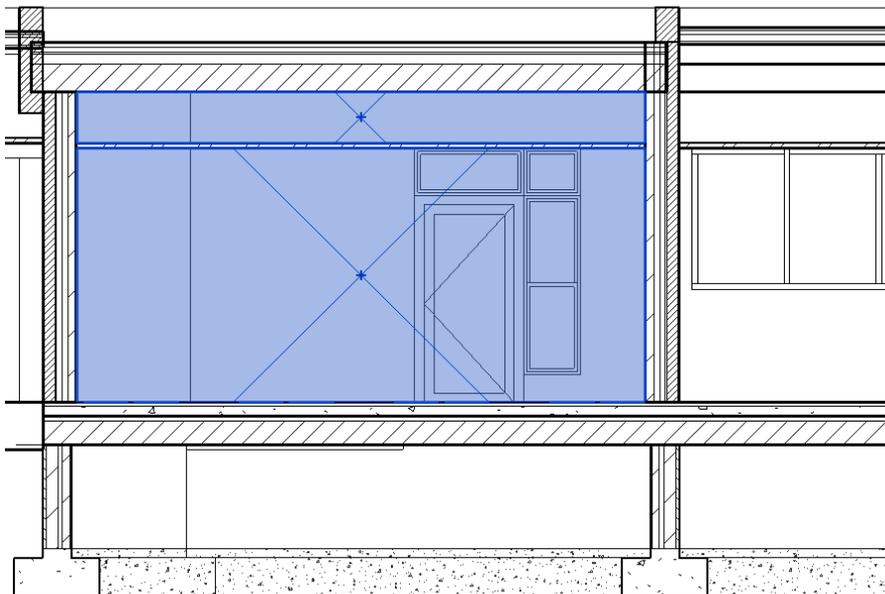


En la paleta Propiedades<sup>12</sup>, en Restricciones, puede modificar las siguientes propiedades:

- Límite superior: especifica el nivel de referencia del límite superior del espacio.
- Desfase de límite: especifica el desfase del límite superior.
- Desfase de base: especifica el desfase para la referencia o el nivel base.

De acuerdo a la sección y la altura del falso techo, se establecerá un desfase de límite ( en este caso inferior) de 2.70m para el espacio principal, y para el plénum<sup>13</sup>, desde los 2.70m, hasta los 3.30m del forjado de cubierta; este espacio es el que esta entre el falso techo y forjado de cubierta.

Sección que muestra los espacios analíticos (principal 2.70m y plénum 0.60m)



<sup>12</sup> El nivel no se puede modificar, ya que se trata de la referencia o el nivel base del espacio.

<sup>13</sup> Aunque no se utilice el espacio para plénum, se llamará así para simplificar estudio.

## Condiciones para el análisis energético

- La zona determina la agrupación de áreas analíticas, para un sistema de climatización.
- Plénum: es zona no habitable cerrada de bajo movimiento de aire, suele ser la zona de entre falso techo y forjado de la planta superior. En este edificio tiene una altura de 60cm, desde los 270cm de la altura del área habitable.
- Ocupable: señalamos esta opción para determinar el área analítica.
- Tipo de acondicionamiento<sup>14</sup>: calentado, enfriado, calentado-enfriado, sin acondicionar, ventilar, solo con ventilación natural.
- Tipo de espacio: En este apartado se tendrán que determinar cada valor del tipo de espacio señalado<sup>15</sup>.

### Análisis energético

Zona
Plénum
Ocupable
Tipo de acondicionamiento
Tipo de espacio
Tipo de construcción
Personas
Cargas eléctricas
Información de aire exterior
Aire exterior por persona
Aire exterior por área
Renovaciones de aire por hora
Método de aire exterior
Carga de calefacción calculada
Carga de calefacción de diseño
Carga de refrigeración calculada
Carga de refrigeración de diseño

## Configuración de tipo de espacio

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	1.538 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	58.61 W
Densidad de carga de iluminación	15.07 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	10.76 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plénum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de centro educativo - 8 AM a 9 PM
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de centro educativo - 7 AM a 9 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de centro educativo - 7 AM a 9 PM
Aire exterior por persona	3.54 L/s
Aire exterior por área	0.30 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área

<sup>14</sup> Todos los espacios interiores tienen calefacción y refrigeración, menos la sala de calderas, almacén de pellets y el grupo PCI.

<sup>15</sup> Los datos que vienen por defecto se tendrán que comprobar con los datos competentes del CTE y RITE.

Las aulas funcionan como guardería de niñ@s de 2-3 años, como otras de 1-2 o 0-1 años.

Los datos son los siguientes:

Área por persona: según CTE DB SI se determinará que el área por persona en la planta del edificio será de **2 m<sup>2</sup> x persona**.

Incremento de calor sensible x persona: Calor sensible: **34.89 w**

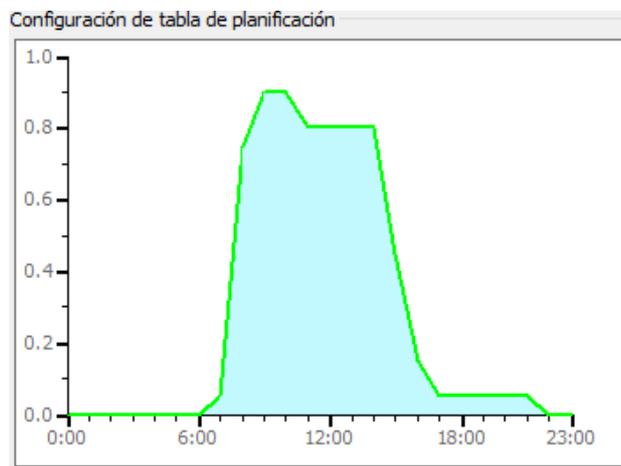
Incremento de calor latente x persona: Calor latente: **69.78w**

De carga de iluminación: **4.5 W/m<sup>2</sup>** como valor máximo diario.

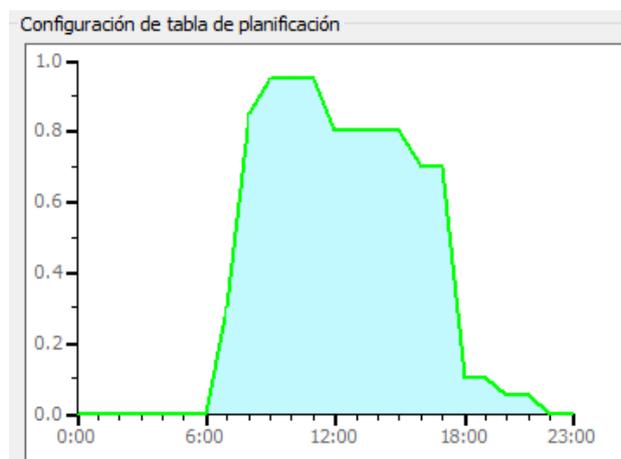
Densidad de carga de potencia: **15 W/m<sup>2</sup>** como valor máximo diario.

Flujo de aire de infiltración por área: **0.19 L/(s·m<sup>2</sup>)**

#### Tabla planificación de ocupación:



#### Tabla planificación de iluminación:



Aire exterior por persona: IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías. Será de **20 dm<sup>3</sup>/s por persona**.

**Aire exterior por área: 0.30 L/(s·m²)**

**Renovaciones de aire por hora<sup>16</sup>: 5**

- Tipo de edificio: en este apartado se tendrán que determinar cada valor de los distintos elementos constructivos señalados en la memoria constructiva.

### Tipo de construcción

Tipo de construcción

Tipos de construcción

<Edificio>  
Escuela infantil

Propiedades de análisis

Por defecto, las propiedades de análisis se generan a partir de información de tipos conceptuales. Las propiedades de tipos esquemáticos se utilizan si se ha seleccionado modificar.

Categoría	Modificación	Construcción analítica
Cubiertas	<input type="checkbox"/>	Cubierta plana - C (U=0.3183 W/(m²·K))
Muros exteriores	<input type="checkbox"/>	Enlucido denso de construcción de una hoja de albañilería (U=2.1839 W/(m²·K))
Muros interiores	<input type="checkbox"/>	Ladrillo de una hoja de 5 pulg (enlucido por un lado) (U=2.0302 W/(m²·K))
Techos	<input type="checkbox"/>	Plataforma de madera de 4 pulg con falso techo (U=0.6524 W/(m²·K))
Suelos	<input type="checkbox"/>	Suelo de madera, aislamiento, bandeja de chapa grecada (U=0.9290 W/(m²·K))
Losas	<input type="checkbox"/>	<Edificio>
Puertas	<input type="checkbox"/>	Marco de metal, cristal doble/triple, contrapuerta de vidrio (U=2.7822 W/(m²·K))
Ventanas exteriores	<input type="checkbox"/>	Cristales sencillos de 3/8 pulg con cavidad de 3/16 pulg (U=2.6488 W/(m²·K), SHGC=0.70)
Ventanas interiores	<input type="checkbox"/>	Cristales sencillos de 1/4 pulg con cavidad de 3/8 pulg (U=2.6384 W/(m²·K), SHGC=0.76)
Claraboyas	<input type="checkbox"/>	<Edificio>

Factor de sombra ventanas ext.: 0.85

Todo Ninguno

Aceptar Cancelar

En el apartado de personas, se pueden ver que el valor de densidad depende del tipo de espacio y el área por persona del mismo.

Las cargas eléctricas también están por tipo de espacio y los incrementos de calor sensible y latente de personas en el espacio.

Personas

Ocupación

Valores: Por tipo de espacio

Número de personas: 23.04

Área por persona: 2.000 m²

Incremento de calor (por persona)

Valores: Por tipo de espacio

Sensible: 34.89 W

Latente: 69.78 W

Aceptar Cancelar Ayuda

Cargas eléctricas

Iluminación

Valores: Por tipo de espacio

Carga: 207.36 W

Densidad de carga: 4.50 W/m²

Contribución a plénium (si existe):

20.00%

Potencia

Valores: Por tipo de espacio

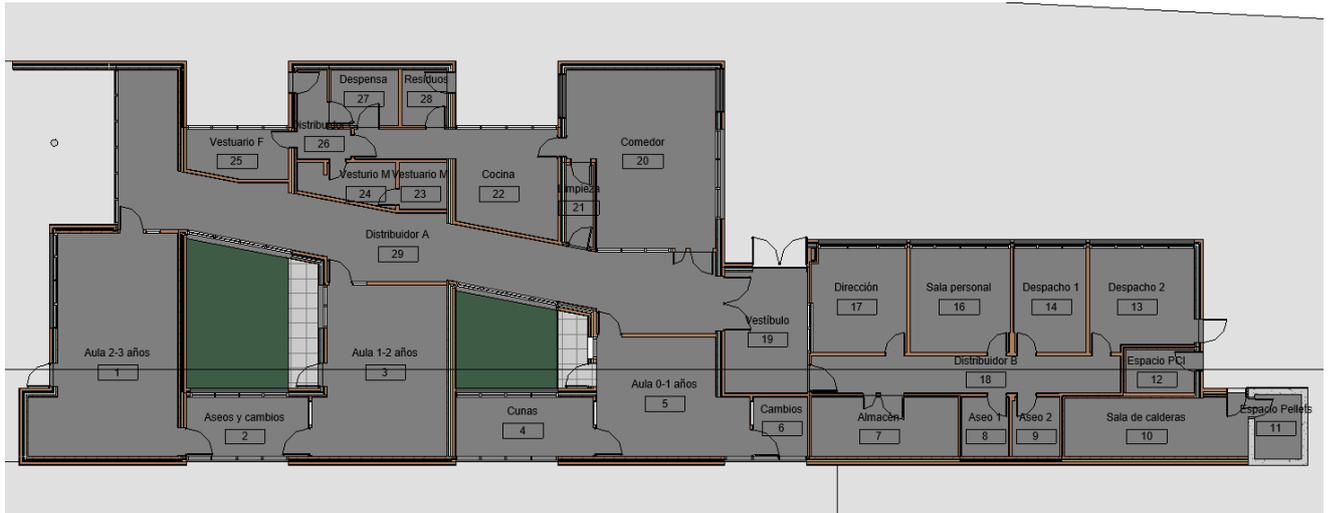
Carga: 691.20 W

Densidad de carga: 15.00 W/m²

Aceptar Cancelar Ayuda

<sup>16</sup> Las renovaciones por hora dependen del número de personas y metabolismo, se establece en 5 cuando hay una ventilación adecuada.

## Nomeclatura completa de espacios analíticos del edificio



## Espacio de plénum



Este espacio que está entre el falso techo y el forjado de cubierta, no se considera independiente del espacio habitable, puesto que las filtraciones de cada hueco, apertura, incrustamientos de luminarias, etc., no oponen resistencia al paso del aire.

La mezcla de ambas zonas es la que se utiliza para conseguir los datos de volumetría generadas por el producto del área y altura entre plantas.

## Mecanismos de climatización por zonas

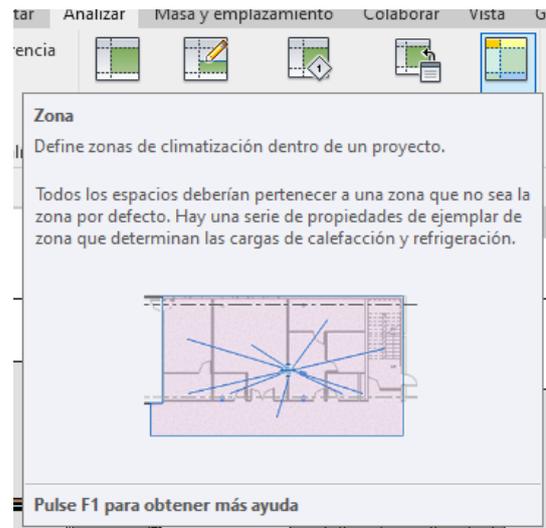
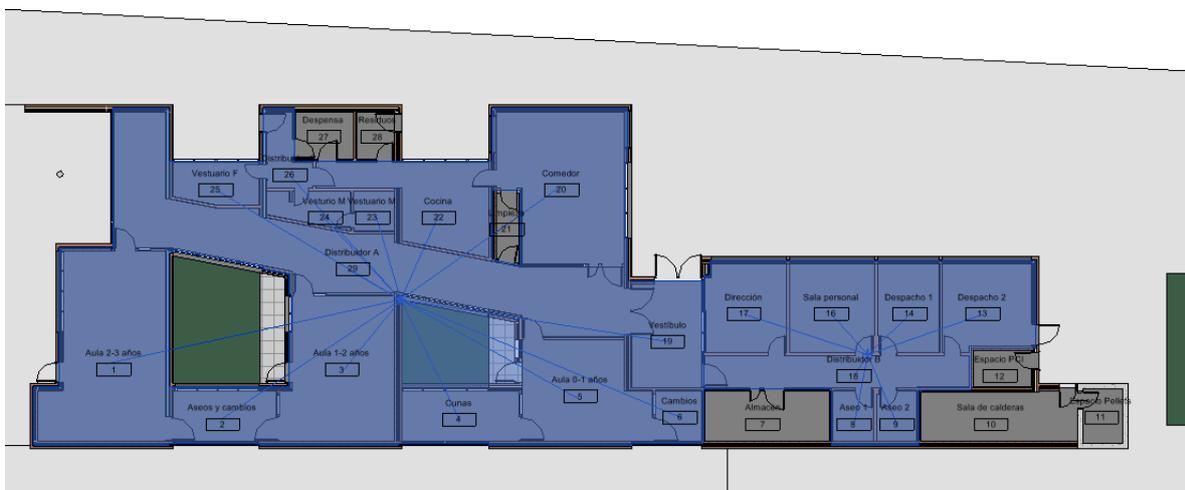
Se designan zonas de climatización para cada sistema y determinar sus cargas de calefacción y refrigeración.

Estas zonas nos entregan datos relativos a las necesidades de varios espacios; en este colegio, una zona separada por varios espacios es la destinada a un uso similar como por ejemplo las aulas de clases, sin embargo, de acuerdo con los planos de climatización, el área delimitada por la calefacción de suelo radiante comprende espacios cercanos y con una relación de tiempos de actividad, pero no de un uso similar.

La simultaneidad de usos en los espacios de un colegio determina el tiempo de climatización necesario en cada zona, quiero decir: los espacios de uso continuado por horas académicas son las que determinan el tipo y tiempo de los sistemas de acondicionamiento térmico, en el caso del suelo radiante, con calor homogéneo en todo el pavimento, es toda la zona sur.

La actividad en esta zona del edificio se realiza en los horarios de clases y tanto los flujos como las estancias son constantes.

## Zonas de climatización



## Cálculos de área y volumen

Cálculos Esquemas de área

Cálculos de volumen

Los volúmenes se calculan en las caras de acabado.

Sólo áreas (más rápido)

Áreas y volúmenes

Cálculo de área de habitación

En acabado de muro

En eje de muro

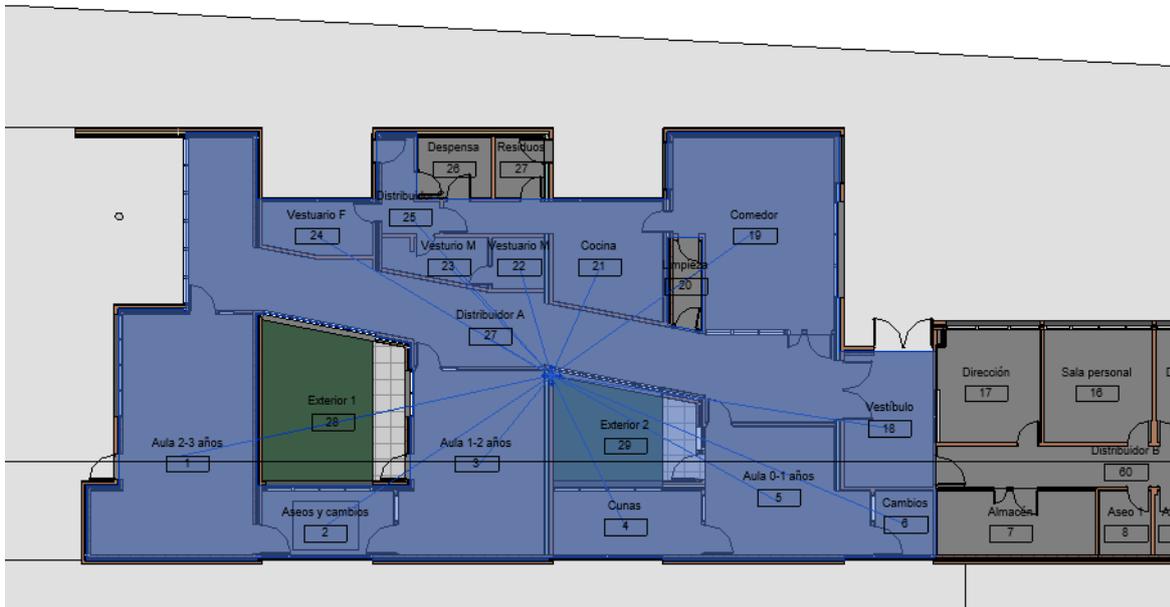
En capa de núcleo de muro

En centro de núcleo de muro

## Áreas donde la calefacción se otorga por medio de suelo radiante:



## Diagrama de calefacción por suelo radiante



La zona tiene un área total de 291.1 m<sup>2</sup> y un volumen de 785.96 m<sup>3</sup>

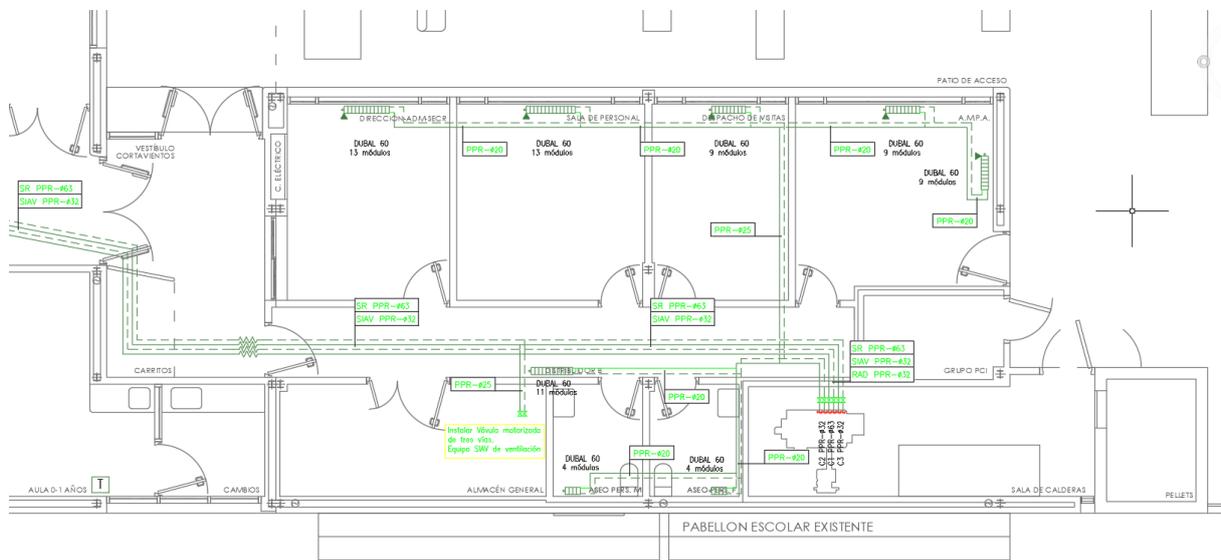
## Propiedades de las zonas de climatización

Zonas de climatización (1)		Editar tipo
<b>Restricciones</b>		
Nivel	Nivel 1	
<b>Cotas</b>		
Área ocupada	312.664 m <sup>2</sup>	
Área bruta	312.664 m <sup>2</sup>	
Volumen ocupado	844.196 m <sup>3</sup>	
Volumen bruto	844.196 m <sup>3</sup>	
Perímetro	10589.50	
<b>Mecánico - Flujo</b>		
Suministro de flujo de aire calculado	No calculado	
Suministro de flujo de agua calculado...	No calculado	
<b>Datos de identidad</b>		
Imagen		
Comentarios		
Nombre	Zona suelo radiante	
<b>Proceso por fases</b>		
Fase	Nueva construcción	
<b>Análisis energético</b>		
Tipo de servicio	Calefacción central: suelo radiante	
Derivación de serpentín	0.0000%	
Información de refrigeración	Editar...	
Información de calefacción	Editar...	
Información de aire exterior	Editar...	

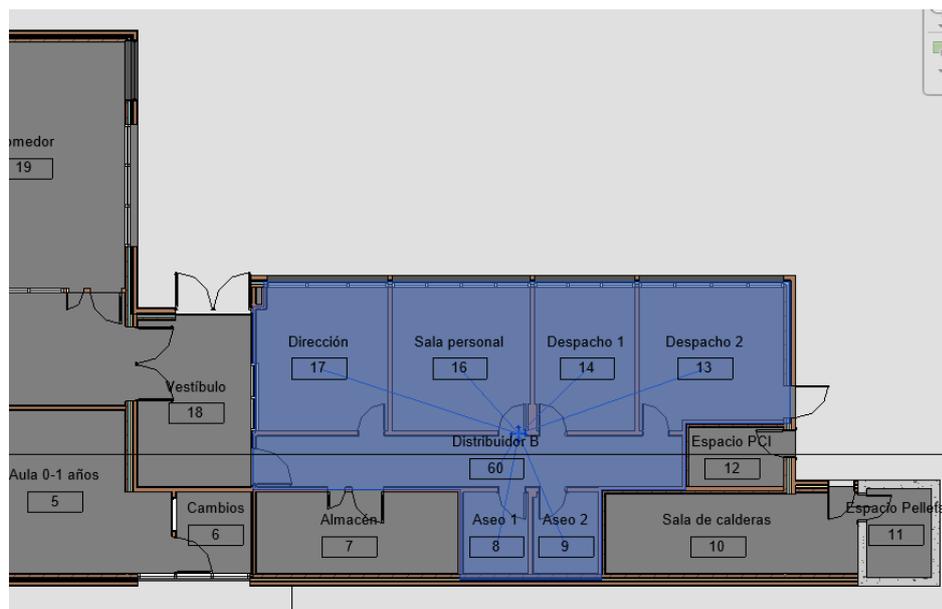
## Información de calefacción y refrigeración

Información de calefacción		Información de refrigeración	
Posición de ajuste de calefacción:	<input type="text" value="21.11 °C"/>	Posición de ajuste de refrigeración:	<input type="text" value="23.33 °C"/>
Temperatura de aire de calefacción:	<input type="text" value="32.22 °C"/>	Temperatura de aire de refrigeración:	<input type="text" value="12.22 °C"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Control de humidificación		<input checked="" type="checkbox"/> Control de humidificación	
Posición de ajuste de humidificación:	<input type="text" value="50%"/>	Posición de ajuste de deshumidificación:	<input type="text" value="55%"/>
<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Ayuda"/>		<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Ayuda"/>	

## Áreas donde la calefacción se otorga por medio de radiadores:



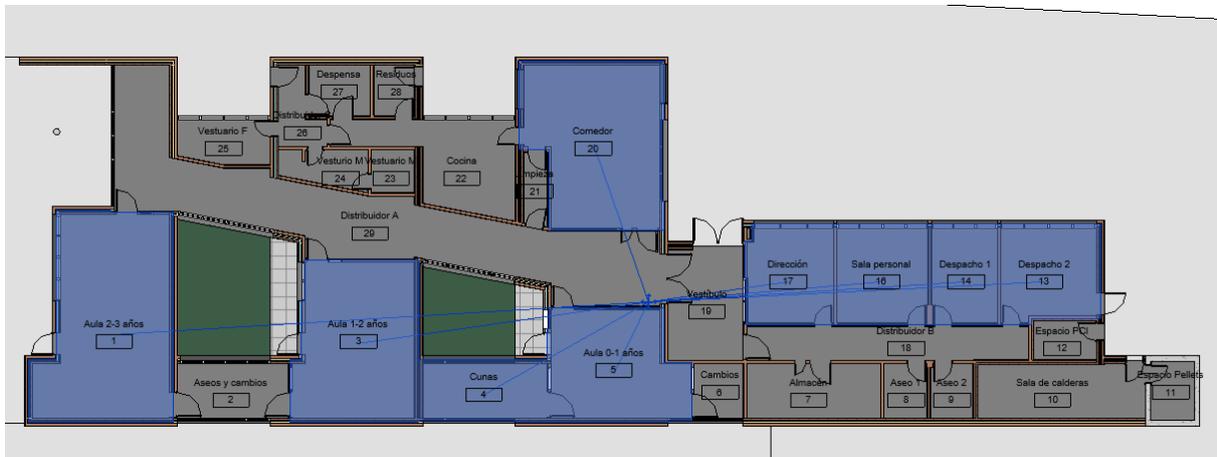
## Diagrama de calefacción por radiadores



## Propiedades de la zonas de climatización de radiadores

Zonas de climatización (1) <span>Editar tipo</span>	
<b>Restricciones</b>	
Nivel	Nivel 1
<b>Cotas</b>	
Área ocupada	89.024 m <sup>2</sup>
Área bruta	89.024 m <sup>2</sup>
Volumen ocupado	240.366 m <sup>3</sup>
Volumen bruto	240.366 m <sup>3</sup>
Perímetro	4885.50
<b>Mecánico - Flujo</b>	
Suministro de flujo de aire calculado	No calculado
Suministro de flujo de aire calculado ...	No calculado
<b>Datos de identidad</b>	
Imagen	
Comentarios	
Nombre	13
<b>Proceso por fases</b>	
Fase	Nueva construcción
<b>Análisis energético</b>	
Tipo de servicio	Calefacción central: radiadores

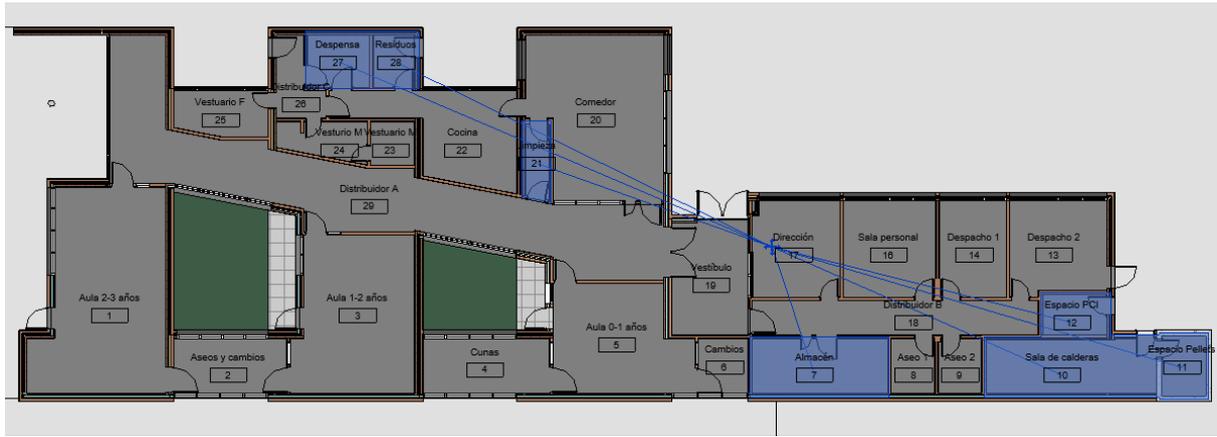
## Áreas donde el aire acondicionado se otorga por medio de una VRV y Split de cassette:



## Propiedades de la zonas de climatización por aire

Zonas de climatización (1) <span>Editar tipo</span>	
<b>Restricciones</b>	
Nivel	Nivel 1
<b>Cotas</b>	
Área ocupada	221.137 m <sup>2</sup>
Área bruta	221.137 m <sup>2</sup>
Volumen ocupado	597.071 m <sup>3</sup>
Volumen bruto	597.071 m <sup>3</sup>
Perímetro	15396.83
<b>Mecánico - Flujo</b>	
Suministro de flujo de ...	No calculado
Suministro de flujo de ...	No calculado
<b>Datos de identidad</b>	
Imagen	
Comentarios	
Nombre	VRV inverter
<b>Proceso por fases</b>	
Fase	Nueva construcción
<b>Análisis energético</b>	
Tipo de servicio	Multizona - plataforma ...

## Zona no climatizada:

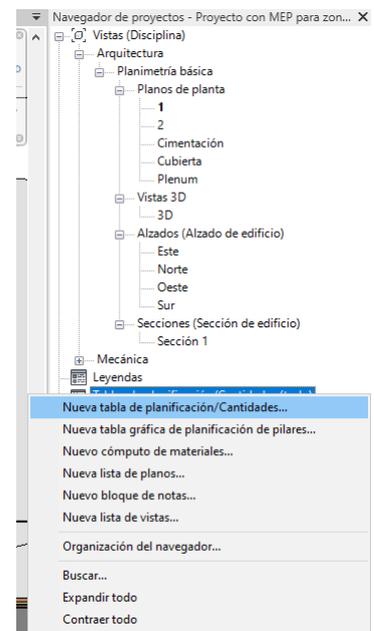


Restricciones	
Nivel	Nivel 1
Cotas	
Área ocupada	54.743 m <sup>2</sup>
Área bruta	54.743 m <sup>2</sup>
Volumen ocupado	147.805 m <sup>3</sup>
Volumen bruto	147.805 m <sup>3</sup>
Perímetro	7054.71
Mecánico - Flujo	
Suministro de flujo de ...	No calculado
Suministro de flujo de ...	No calculado
Datos de identidad	
Imagen	
Comentarios	
Nombre	Zona no climatizada
Proceso por fases	
Fase	Nueva construcción
Análisis energético	
Tipo de servicio	Ventilación/Aire acondi...

### 3.3.5. Tablas de contenido

Para poder analizar los distintos espacios es necesario establecer unas tablas de contenido, con las que poder organizar y visualizar los datos que se generan al vincular un espacio con sus características y valores a unas determinadas situaciones.

El tipo de programa, configuración de sus cerramientos, sentido y dirección de sus acristalamientos, relación con los espacios contiguos, etc. Determinan unos valores para el núm. Máx. de personas por espacio, requerimientos de aire exterior por volumen, necesidades de calefacción y refrigeración, etc.

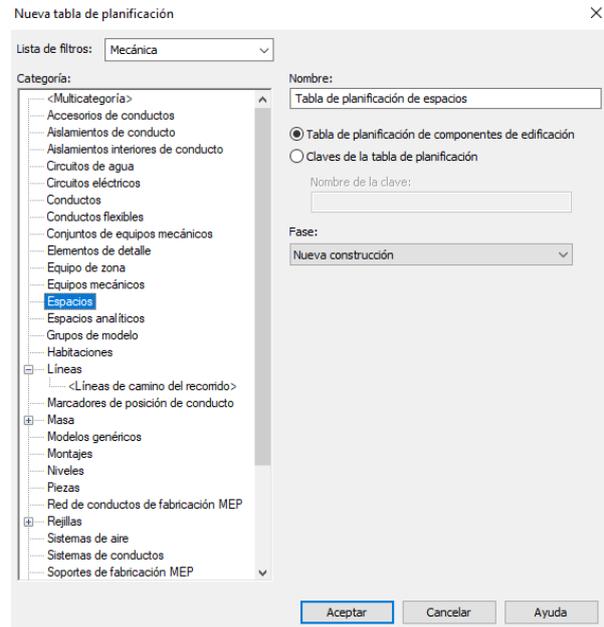


Las tablas se crean desde el navegador de proyectos, pudiendo elegir una nueva tabla y generando los apartados necesarios para estudiar cada espacio.

De acuerdo con el tipo de filtro, una de las tablas tendrá los datos relativos a cada espacio.

Una tabla muy oportuna en la que se podrá visualizar organizadamente los datos relativos al espacio, la forma es la siguiente:

Luego de elegir “nueva tabla de planificación/Cantidades se elegirá Mecánica para luego poder elegir el elemento para desarrollar la tabla, en este caso se elegirá “Espacios”.



En esta categoría se incluyen los campos principales de cálculo para la definición de cada espacio.

### Tabla de planificación de espacios

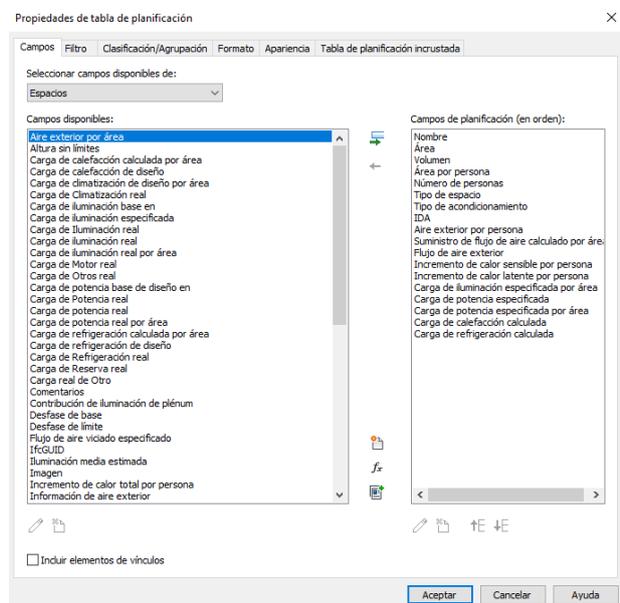
Cada espacio recibe un nombre, caracterizado por el programa y tipo de lugar.

Las áreas (m<sup>2</sup>) y el volumen (m<sup>3</sup>) son necesarios para determinar el número máximo de personas para cada espacio.

Se determina qué tipo de acondicionamiento necesita el espacio: si es calefaccionado y refrigerado, ventilado o si es solo con ventilación natural.

Se determina el IDA por uso de espacio.

La cantidad de aire exterior por número de personas (en algunos casos es 0, debido a que es un espacio sin ocupación) la cantidad de aire exterior por área y la cantidad de aire exterior en litros por segundo que necesita la habitación.



Las cargas térmicas por personas<sup>17</sup>: en 1 J/s = 1 vatio = 1W. Los incrementos de calor se determinan por el calor sensible y latente.

Estos son aportes de energía que se entienden como: calor sensible, la capacidad de un cuerpo de elevar la temperatura a su alrededor y o contenedor.

El calor latente es el que se manifiesta sin cambiar la temperatura a su contenedor y se utiliza para cambiar de fase, no para elevar la temperatura.

También están las cargas por iluminación y potencia. Cada una de ellas entrega calor al espacio: para el tipo de espacio se necesita una cantidad de potencia de iluminación, por ejemplo, en los aseos 4.20 w/m<sup>2</sup> y en los despachos 7 w/m<sup>2</sup>.

La carga por potencia es la que entregan los equipos eléctricos como una impresora o una vitrocerámica. Se calcula por el total consumido.

En el caso de un aula será de 9 w/m<sup>2</sup> y en la cocina se necesitan 15 w/m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que la cocina y la sala de calderas utilizan un alto número de equipos, sus necesidades de potencias son mayores que el resto de los espacios.

## Tabla con datos físicos de espacios

Tabla de planificación de espacios Escuela Infantil														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P
Nombre	Área	Volumen	Área x persona	Perso	Tipo de espacio	Tipo de acondi:	IDA	Aire ext. x pers	Flujo por área	Aire exterior	C. Sensible	C. Latente	Carga de iluminac	Carga de potenci
Almacén	14.11 m <sup>2</sup>	46.57 m <sup>3</sup>	12.00 m <sup>2</sup>	1	Almacén inactivo	Sólo con ventila	0	0.0 L/s	2.19 L/(s·m <sup>2</sup> )	9.9 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	7 W
Aseo 1	4.56 m <sup>2</sup>	15.05 m <sup>3</sup>	4.20 m <sup>2</sup>	1	Servicios	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	3.86 L/(s·m <sup>2</sup> )	8.7 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	14 W
Aseo 2	4.52 m <sup>2</sup>	14.93 m <sup>3</sup>	4.20 m <sup>2</sup>	1	Servicios	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	3.89 L/(s·m <sup>2</sup> )	8.6 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	14 W
Aseos y cambio	11.74 m <sup>2</sup>	38.73 m <sup>3</sup>	4.20 m <sup>2</sup>	3	Servicios	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	17.34 L/(s·m <sup>2</sup> )	22.4 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	35 W
Aula 0-1 años	26.24 m <sup>2</sup>	86.59 m <sup>3</sup>	3.00 m <sup>2</sup>	9	Aula/Sala de confer	Calentado y enfr	2	12.5 L/s	5.29 L/(s·m <sup>2</sup> )	109.3 L/s	72 W	52 W	4.50 W/m <sup>2</sup>	236 W
Aula 1-2 años	34.53 m <sup>2</sup>	113.95 m <sup>3</sup>	3.00 m <sup>2</sup>	12	Aula/Sala de confer	Calentado y enfr	2	12.5 L/s	4.84 L/(s·m <sup>2</sup> )	143.9 L/s	72 W	52 W	4.50 W/m <sup>2</sup>	311 W
Aula 2-3 años	46.08 m <sup>2</sup>	152.06 m <sup>3</sup>	3.00 m <sup>2</sup>	15	Aula/Sala de confer	Calentado y enfr	2	12.5 L/s	5.32 L/(s·m <sup>2</sup> )	192.0 L/s	72 W	52 W	4.50 W/m <sup>2</sup>	415 W
Cambios	5.22 m <sup>2</sup>	17.23 m <sup>3</sup>	4.20 m <sup>2</sup>	1	Servicios	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	11.88 L/(s·m <sup>2</sup> )	9.9 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	16 W
Cocina	21.61 m <sup>2</sup>	71.32 m <sup>3</sup>	3.00 m <sup>2</sup>	7	Preparación de ali	Calentado y enfr	3	50.0 L/s	11.10 L/(s·m <sup>2</sup> )	360.2 L/s	73 W	59 W	5.60 W/m <sup>2</sup>	324 W
Comedor	38.90 m <sup>2</sup>	128.37 m <sup>3</sup>	2.00 m <sup>2</sup>	19	Zona de comedor -	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	5.10 L/(s·m <sup>2</sup> )	155.6 L/s	60 W	30 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	194 W
Cunas	13.18 m <sup>2</sup>	43.48 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	3	Dormitorio de resid	Calentado y enfr	2	12.5 L/s	15.93 L/(s·m <sup>2</sup> )	32.9 L/s	60 W	30 W	2.80 W/m <sup>2</sup>	40 W
Despacho 1	12.18 m <sup>2</sup>	40.19 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	2	Oficina - Recintos c	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	9.83 L/(s·m <sup>2</sup> )	19.5 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m <sup>2</sup>	158 W
Despacho 2	16.71 m <sup>2</sup>	55.13 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	3	Oficina - Recintos c	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	10.94 L/(s·m <sup>2</sup> )	26.7 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m <sup>2</sup>	217 W
Depensa	6.08 m <sup>2</sup>	20.05 m <sup>3</sup>	12.00 m <sup>2</sup>	1	Almacén inactivo	Sólo con ventila	4	0.0 L/s	2.02 L/(s·m <sup>2</sup> )	4.3 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	3 W
Dirección	15.76 m <sup>2</sup>	52.01 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	3	Oficina - Recintos c	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	9.18 L/(s·m <sup>2</sup> )	25.2 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m <sup>2</sup>	205 W
Distribuidor A	73.18 m <sup>2</sup>	241.49 m <sup>3</sup>	10.00 m <sup>2</sup>	7	Corredor/Transició	Calentado y enfr	4	5.0 L/s	5.41 L/(s·m <sup>2</sup> )	36.6 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m <sup>2</sup>	220 W
Distribuidor B	18.59 m <sup>2</sup>	61.34 m <sup>3</sup>	10.00 m <sup>2</sup>	2	Corredor/Transició	Calentado y enfr	4	5.0 L/s	1.84 L/(s·m <sup>2</sup> )	9.3 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m <sup>2</sup>	56 W
Distribuidor C	5.45 m <sup>2</sup>	18.00 m <sup>3</sup>	10.00 m <sup>2</sup>	1	Corredor/Transició	Calentado y enfr	4	5.0 L/s	4.63 L/(s·m <sup>2</sup> )	2.7 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m <sup>2</sup>	16 W
Grupo PCI	4.77 m <sup>2</sup>	15.75 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	1	Sala de maquinaria	Sólo con ventila	0	0.0 L/s	3.42 L/(s·m <sup>2</sup> )	0.5 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m <sup>2</sup>	72 W
Limpieza	3.49 m <sup>2</sup>	11.50 m <sup>3</sup>	12.00 m <sup>2</sup>	0	Almacén inactivo	Ventilado	4	0.0 L/s	1.11 L/(s·m <sup>2</sup> )	2.4 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	2 W
Pellets	4.98 m <sup>2</sup>	16.43 m <sup>3</sup>	12.00 m <sup>2</sup>	0	Almacén inactivo	Ventilado	4	0.0 L/s	4.08 L/(s·m <sup>2</sup> )	3.5 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	2 W
Residuos	4.05 m <sup>2</sup>	13.37 m <sup>3</sup>	12.00 m <sup>2</sup>	0	Almacén inactivo	Sólo con ventila	0	0.0 L/s	4.65 L/(s·m <sup>2</sup> )	2.8 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	2 W
Sala de caldera	17.37 m <sup>2</sup>	57.31 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	3	Sala de maquinaria	Ventilado	4	0.0 L/s	3.83 L/(s·m <sup>2</sup> )	1.7 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m <sup>2</sup>	261 W
Sala personal	16.80 m <sup>2</sup>	55.44 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	3	Oficina - Recintos c	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	9.63 L/(s·m <sup>2</sup> )	26.9 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m <sup>2</sup>	218 W
Vestibulo	16.19 m <sup>2</sup>	53.41 m <sup>3</sup>	10.00 m <sup>2</sup>	2	Vestibulo	Calentado y enfr	4	5.0 L/s	4.46 L/(s·m <sup>2</sup> )	8.1 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m <sup>2</sup>	49 W
Vestuario F	7.78 m <sup>2</sup>	21.00 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	2	Vestuarios/Casiller	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	26.03 L/(s·m <sup>2</sup> )	12.4 L/s	73 W	60 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	39 W
Vestuario M	5.84 m <sup>2</sup>	19.27 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	1	Vestuarios/Casiller	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	3.03 L/(s·m <sup>2</sup> )	9.3 L/s	73 W	60 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	29 W
Vestuario N	3.62 m <sup>2</sup>	11.94 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>2</sup>	1	Vestuarios/Casiller	Calentado y enfr	3	8.0 L/s	2.99 L/(s·m <sup>2</sup> )	5.8 L/s	73 W	60 W	4.20 W/m <sup>2</sup>	18 W

## Tabla de planificación de la envolvente

En este tipo de tabla se incluyen las características de la envolvente, ya sean paramentos, cubiertas y suelos. En el caso de los muros; la ubicación desde el edificio, la orientación, área neta (sin huecos), el tipo de muro que corresponde a su familia y el espesor. Para una mejor comprensión del cerramiento se incluye al

<sup>17</sup> Algunos equipos también entregan calor latente, aunque más bien por el proceso de trabajo que ejecutan, como por ejemplo el del aire climatizado o el de una cacerola con agua.

cálculo básico de resistencia térmica los valores Rsi y Rse<sup>18</sup>, resultando una resistencia térmica distinta.

Para las cubiertas y suelos: la familia y tipo, grosor, resistencia y transmitancia térmicas.

### Tabla con datos físicos de los muros

<Tabla de planificación de muros>										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Función	Orientación	Área	Familia y tipo	Anchura	Resistencia térmica (R)	Rse	Rsi	Rt	U	
Exterior	Oeste	12.94 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Norte	19.76 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Oeste	9.09 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Este	4.06 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Sur	33.60 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Sur	37.15 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Oeste	28.22 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Oeste	28.22 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Norte	8.96 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Norte	34.17 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Sur	34.72 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Oeste	3.96 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Norte	57.86 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Norte	35.39 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	
Exterior	Oeste	17.51 m²	Muro básico: Fábrica LP 1 pie_Enfos_LRoca_LHD 0.36m	0.36	2.4482 (m²·K)/W	0.0400 (m²·K)/W	0.1300 (m²·K)/W	2.6182 (m²·K)/W	0.3819 W/(m²·K)	

### Tabla con datos físicos de las cubiertas

<Tabla de planificación de cubiertas>			
A	B	C	D
Familia y tipo	Grosor	Resistencia térmica (R)	Coefficiente de transferencia de calor (U)
Cubierta básica: Plano con protección de grava	0.59	2.9320 (m²·K)/W	0.3411 W/(m²·K)
Cubierta básica: Plano con protección de grava	0.59	2.9320 (m²·K)/W	0.3411 W/(m²·K)
Cubierta básica: Plano con protección de grava	0.59	2.9320 (m²·K)/W	0.3411 W/(m²·K)
Cubierta básica: Pizarra sobre rastreles - 15 cm	0.15	2.2857 (m²·K)/W	0.4375 W/(m²·K)
Cubierta básica: Pizarra sobre rastreles - 15 cm	0.15	2.2857 (m²·K)/W	0.4375 W/(m²·K)
Cubierta básica: Pizarra sobre rastreles - 15 cm	0.15	2.2857 (m²·K)/W	0.4375 W/(m²·K)
Cubierta básica: Pizarra sobre rastreles - 15 cm	0.15	2.2857 (m²·K)/W	0.4375 W/(m²·K)
Cubierta básica: Pizarra sobre rastreles - 15 cm	0.15	2.2857 (m²·K)/W	0.4375 W/(m²·K)
Cubierta básica: Pizarra sobre rastreles - 15 cm	0.15	2.2857 (m²·K)/W	0.4375 W/(m²·K)
Cubierta básica: Plano con protección de grava	0.59	2.9320 (m²·K)/W	0.3411 W/(m²·K)
Cubierta básica: Pizarra sobre rastreles - 15 cm	0.15	2.2857 (m²·K)/W	0.4375 W/(m²·K)
Cubierta básica: Cubierta - por defecto - 30 cm	0.25	0.2800 (m²·K)/W	3.5720 W/(m²·K)
Cubierta básica: Cubierta - por defecto - 30 cm	0.25	0.2800 (m²·K)/W	3.5720 W/(m²·K)
Cubierta básica: Cubierta - por defecto - 30 cm	0.25	0.2800 (m²·K)/W	3.5720 W/(m²·K)
Cubierta básica: Cubierta - por defecto - 30 cm	0.25	0.2800 (m²·K)/W	3.5720 W/(m²·K)
Cubierta básica: Cubierta - por defecto - 30 cm	0.25	0.2800 (m²·K)/W	3.5720 W/(m²·K)

### Tabla con datos físicos de los suelos

<Tabla de planificación de suelos>					
A	B	C	D	E	F
Familia y tipo	Resistencia térmica (R)	Área	Comentarios	Grosor predeterminado	Coefficiente de trans
Suelo: Forjado sanit.c/suelo radiante- 45 cm	0.9588 (m²·K)/W	263.36 m²		0.45	1.0430 W/(m²·K)
Suelo: Forjado sanit.c/suelo radiante- 45 cm	0.9588 (m²·K)/W	115.41 m²		0.45	1.0430 W/(m²·K)
Suelo: Forjado sanit.c/suelo radiante- 45 cm	0.9588 (m²·K)/W	157.58 m²		0.45	1.0430 W/(m²·K)
Suelo: Con bovedilla cerámica - 30 cm	0.8754 (m²·K)/W	6.12 m²		0.30	1.1423 W/(m²·K)
Suelo: Con bovedilla cerámica - 30 cm	0.8754 (m²·K)/W	4.01 m²		0.30	1.1423 W/(m²·K)

<sup>18</sup> Valores de resistencia térmica superficial al cerramiento, se tiene en cuenta la ubicación del cerramiento y dirección de la transmisión de calor.

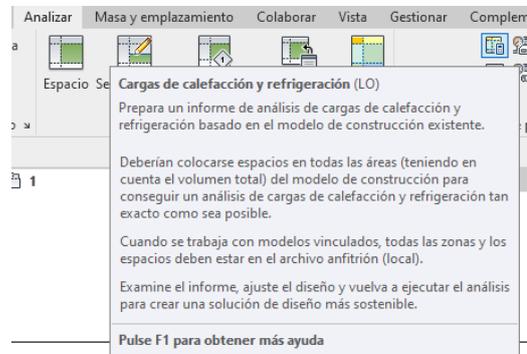
## 4. ANÁLISIS ENERGÉTICO: GANANCIAS TÉRMICAS

### 4.1. Cálculo de valores energéticos del edificio con Revit

#### Cargas de calefacción y refrigeración desde la pestaña “Analizar”

Revit contiene herramientas que permiten calcular la situación energética de cada espacio, relacionando las ganancias térmicas por la ubicación, los tipos de cerramiento y las actividades de cada habitación.

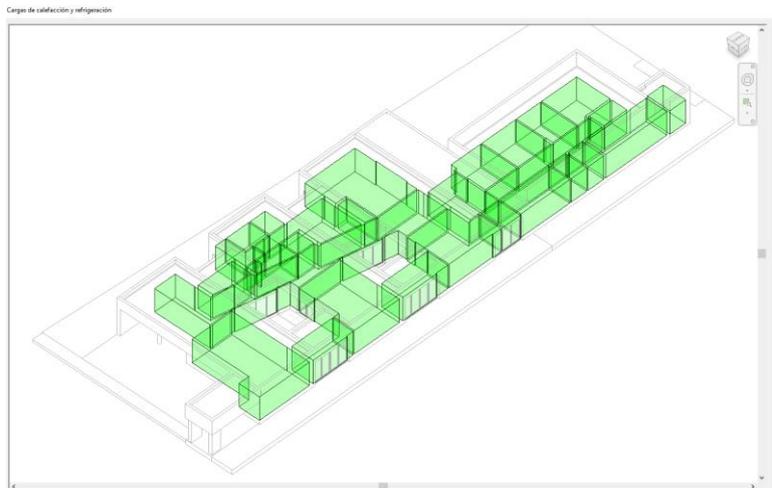
Y en consecuencia iniciar el análisis energético del proyecto, con Autodesk Revit MEP y Cargas de Atecyr.



También existe la transversalidad y capacidades de exportación de Revit a Cype, y de Cype a su vez a LIDER y CALENER para obtener la certificación energética, o utilizar un plug-in para REVIT que permita obtenerla directamente en LIDER y CALENER.

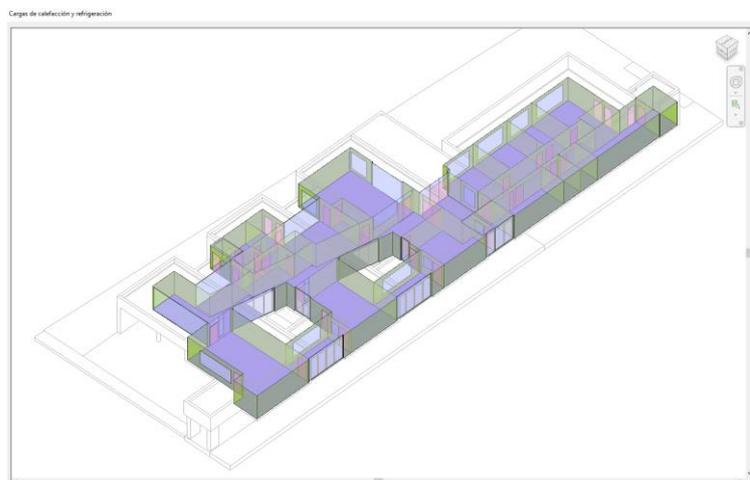
#### Volumetrías con datos energéticos

Al abrir la ventana de cargas se visualizan las volumetrías de análisis con un modelo alámbrico y con delimitaciones espaciales netas, no se incluyen los cerramientos ni la envolvente.



#### Superficies con datos energéticos

También se pueden visualizar las superficies analíticas, estas corresponden a los cerramientos ciegos o acristalados de la envolvente

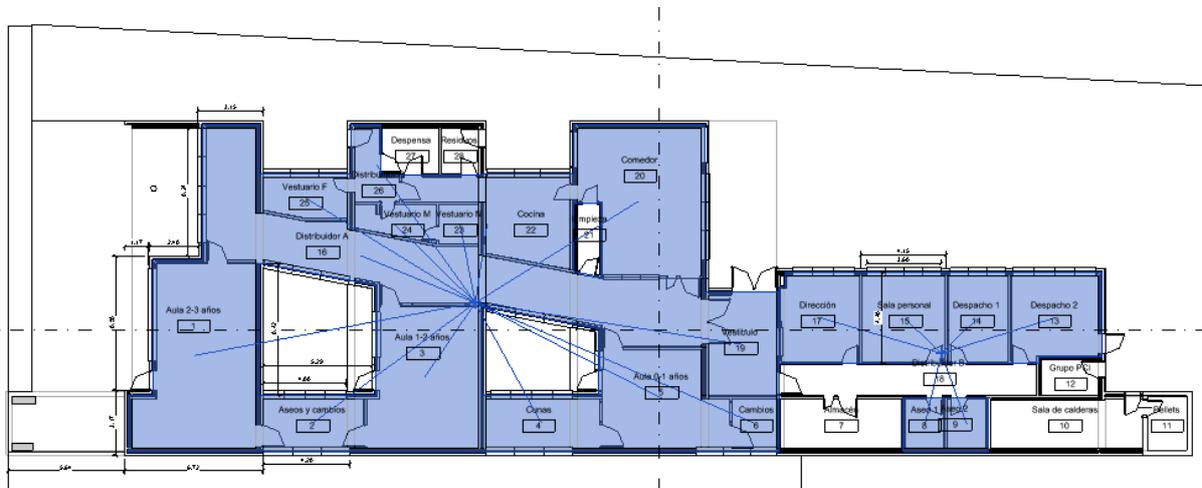


## Resumen del sistema de climatización

Los resultados de los cálculos para las potencias de refrigeración y calefacción se realizan teniendo en cuenta las variables de ubicación, constructivas, de ocupación y características del sistema de climatización a instalar.

El resumen de estos resultados se presenta en para un área de climatización activa y en con 3 derivaciones; el resumen del proyecto con los datos considerador para el cálculo general, el resumen de toda la construcción del edificio con los cálculos de máximos y el de la planta correspondiente para calculo final, que tiene en cuenta la fecha y hora para tales efectos.

### Áreas de climatización activa.



**Los parámetros generales que se aprecian en la ventana contienen los valores característicos del edificio para incluir en el cálculo.**

La sensibilidad de estos datos es relativamente alta; como por ejemplo la ubicación geográfica, donde la altitud y situación topográfica establecen verdaderas diferencias con las distintas localidades.

Elegir el sistema de climatización a implementar, determina las características del aire exterior necesario para el edificio. El aire exterior se puede introducir directamente desde fuera del edificio, recalentado y filtrado, por recuperador, etc.

Parámetro	Valor
Tipo de edificio	Centro educativo
Ubicación	40,4649658203125,-3,17159
Plano de suelo	Nivel 1
Fase de proyecto	Nueva construcción
Tolerancia de espacios estrechos	30.48
Envolvente de edificio	Identificar elementos exterior
Tamaño de celda de rejilla a	91.44
Instalaciones del edificio	Ventilación/Aire acondiciona
Tipos esquemáticos	<Edificio>
Clase de infiltración de edific	Reducida
Tipo de informe	Estándar
Usar créditos de carga	<input type="checkbox"/>

En cualquier caso, para edificios del sector terciario es prácticamente obligatorio: *17 1.2.4.5.2. Recuperación de calor del aire de extracción*

*En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m³/s, se recuperará la energía del aire expulsado. Según RITE.*

La infiltración de aire por los distintos huecos se determina por un valor orientativo entre nula, reducida y elevada. Un cálculo de estas infiltraciones en detalle se tendría que hacer por ejemplo en cada carpintería, encuentro entre sistemas constructivos, cantidad de veces de aperturas en puertas practicables, etc.

## Resumen del proyecto

### Resumen del proyecto

Ubicación y clima	
Proyecto	Nombre de proyecto
Dirección	
Tiempo de cálculo	jueves, 15 de julio de 2021 13:21
Tipo de informe	Detallado
Latitud	40.46°
Longitud	-3.38°
Temp. seca verano	36 °C
Temp. húmeda verano	16 °C
Temp. seca invierno	-3 °C
Oscilación media diaria	17 °C

El resumen del proyecto muestra la ubicación, la temperatura seca en verano y húmeda de verano e invierno. Estos datos son básicos para realizar los cálculos de necesidades térmicas en el diseño del sistema de climatización

## Resumen construcción

### Resumen de construcción

Entradas	
Tipo de edificio	Centro educativo
Área (m²)	453.25
Volumen (m³)	1,495.73
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	65,893
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Septiembre 15:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	57,896
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	7,997
Capacidad máxima de refrigeración (W)	56,861
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	3,629.3
Valor máximo de carga de calefacción (W)	48,289
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,511.8
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	145.38
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²))	8.01
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	55.08
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	6.88
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	106.54
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m²))	3.34

La fecha de cálculo para los valores máximos de refrigeración se determina automáticamente, dependiendo de la ubicación del proyecto. Es así como los resultados varían dependiendo de características tanto del edificio como del clima.

En el resumen de la planta baja se calcula el valor máximo para la carga de refrigeración en julio a las 16:00, mes donde aún existe uso del edificio.

El valor máximo de carga de refrigeración es mayor que el de calefacción. Esto ocurre entre otras cosas en zonas geográficas donde la incidencia solar es alta, la altimetría del lugar no es elevada y los factores de sombra son reducidos, por esto la temperatura es muy elevada y la radiación solar alcanza picos de calentamiento, sobre todo en superficies acristaladas.

## Zonas de climatización

Para este apartado se describen y determinan los cálculos para cada tipo de sistema de climatización: suelo radiante, por radiadores y por aire calentado o enfriado. Y para cada uno de ellos los valores de las cargas térmicas que aportan los elementos y características del espacio.

### Resumen de zona 1: Suelo radiante

El suelo radiante es un tipo de calentamiento de espacios, que se obtiene al hacer pasar por el interior del pavimento tuberías de agua caliente. Obteniendo como resultado un pavimento a una temperatura de confort desde la zona inferior de los espacios.

### Resumen la zona de suelo radiante

Resumen de zona - Suelo radiante

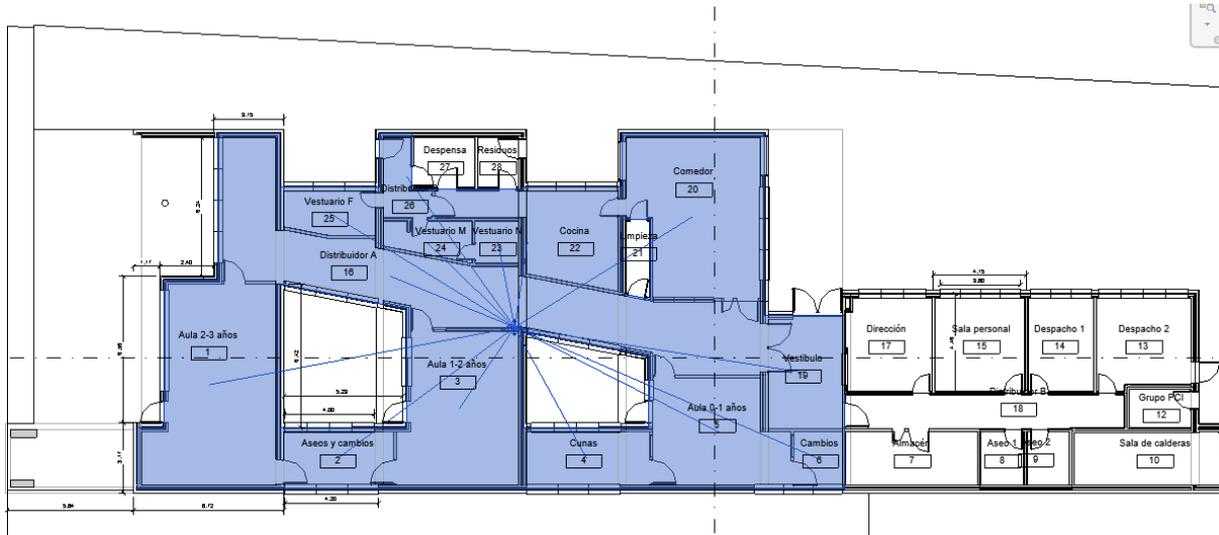
<b>Entradas</b>	
Área (m²)	309.29
Volumen (m³)	1,020.66
Posición de ajuste de refrigeración	21 °C
Posición de ajuste de calefacción	23 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	82
Infiltración (L/s)	84.0
Tipo de cálculo de volumen de aire	Calefacción central: suelo radiante
Humedad relativa	22.00% (Calculated)
<b>Psicometría</b>	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	27 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	13 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	12 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	6 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	27 °C
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	44,409
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Septiembre 14:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	46,090
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-1,682
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	2,655.1
Valor máximo de carga de calefacción (W)	42,653
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,213.9
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	1,114.4
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	143.58
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²))	8.58
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	59.79
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	6.96
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	137.91
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m²))	3.92
Densidad de ventilación (L/(s·m²))	3.60
Ventilación/persona (L/s)	13.6
Flujo de calefacción hidráulico (L/s)	0.9

Esta zona contiene 15 espacios, de los cuales 3 son aulas de niños de 0-3 años, vinculadas a cambiadores, cunas y aseos. La temporalidad de uso de estos espacios es continua desde la hora de apertura al término del horario lectivo y por la

naturaleza de las edades se determinó que el sistema de calentamiento óptimo sería el de suelo radiante, dada la cercanía de los lactantes al suelo.

El resto de los espacios corresponden tanto a las áreas de personal, vestuarios, cocina, comedor y zonas de distribución.

### Diagrama de los espacios de la zona



### Valores de cargas térmicas para la zona de suelo radiante (W)

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	1,337	3.01%	125	386	556	270
Ventana	13,878	31.25%	645	5,422	3,496	4,314
Puerta	662	1.49%	0	418	125	118
Cubierta	3,007	6.77%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	353	0.79%	-	-	-	-
Filtración	221	0.50%	-	-	-	-
Ventilación	16,037	36.11%	-	-	-	-
Iluminación	963	2.17%	-	-	-	-
Potencia	1,534	3.45%	-	-	-	-
Personas	6,418	14.45%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Calor del ventilador	0	0.00%	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>44,409</b>	<b>100%</b>	<b>770</b>	<b>6,227</b>	<b>4,177</b>	<b>4,702</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	2,661	4.40%	501	542	820	798
Ventana	5,902	9.76%	658	1,363	2,376	1,506
Puerta	1,130	1.87%	0	590	189	350
Cubierta	1,956	3.23%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-
Filtración	2,736	4.52%	-	-	-	-
Ventilación	37,183	61.48%	-	-	-	-
Iluminación	-963	-1.59%	-	-	-	-
Potencia	-1,534	-2.54%	-	-	-	-
Personas	-6,418	-10.61%	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>42,653</b>	<b>100%</b>	<b>1,160</b>	<b>2,495</b>	<b>3,384</b>	<b>2,653</b>

### Resumen de zona 2: Radiadores

Para la zona de Radiadores se establecen datos de todos los espacios vinculados al sistema de calentamiento por aparatos de radiación bajo carpinterías.

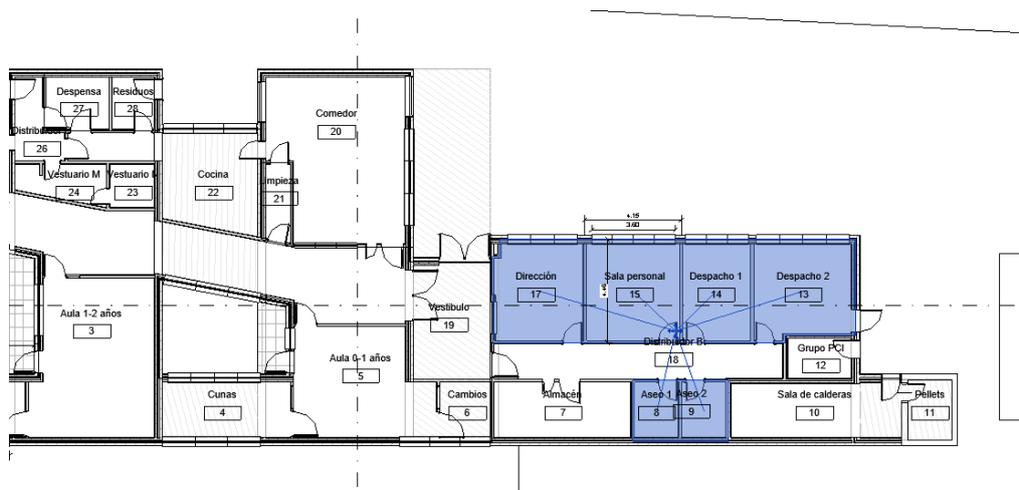
## Resumen de zona de radiadores

### Resumen de zona - Radiadores

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	70.53
Volumen (m <sup>3</sup> )	232.76
Posición de ajuste de refrigeración	21 °C
Posición de ajuste de calefacción	23 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	15
Infiltración (L/s)	15.9
Tipo de cálculo de volumen de aire	Calefacción central: radiadores
Humedad relativa	46.00% (Calculated)
<b>Psicometría</b>	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	23 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	15 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	8 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	8 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	23 °C
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	9,747
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	10,106
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-359
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	792.5
Valor máximo de carga de calefacción (W)	3,520
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	147.7
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	115.6
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	138.19
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	11.24
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	81.31
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	7.24
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	49.90
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.09
Densidad de ventilación (L/(s·m <sup>2</sup> ))	1.64
Ventilación/persona (L/s)	7.7
Flujo de calefacción hidráulico (L/s)	0.1

La zona de radiadores está en un área exclusiva del personal administrativo, para el cual se ha considerado las horas de estancia en cada habitación correspondientes al trabajo de oficina del centro.

## Espacios asignados para la calefacción por radiadores



## Valores de cargas térmicas para la zona de radiadores (W)

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	344	3.53%	46	19	95	185
Ventana	3,935	40.37%	0	0	0	3,935
Puerta	65	0.67%	65	0	0	0
Cubierta	906	9.30%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	418	4.29%	-	-	-	-
Filtración	140	1.44%	-	-	-	-
Ventilación	1,170	12.00%	-	-	-	-
Iluminación	407	4.18%	-	-	-	-
Potencia	719	7.38%	-	-	-	-
Personas	1,642	16.85%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Calor del ventilador	0	0.00%	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>9,747</b>	<b>100%</b>	<b>111</b>	<b>19</b>	<b>95</b>	<b>4,120</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	557	6.16%	102	28	118	310
Ventana	833	9.19%	0	0	0	833
Puerta	144	1.59%	144	0	0	0
Cubierta	470	5.19%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-
Filtración	516	5.70%	-	-	-	-
Ventilación	3,767	41.59%	-	-	-	-
Iluminación	-407	-4.49%	-	-	-	-
Potencia	-719	-7.94%	-	-	-	-
Personas	-1,642	-18.13%	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>3,520</b>	<b>100%</b>	<b>247</b>	<b>28</b>	<b>118</b>	<b>1,142</b>

## Resumen de zona 3: Aire calentado o enfriado

El sistema tiene como objetivo la impulsión de aire por fancoil, calentado o enfriado por una unidad exterior VRV bomba de calor, hacia los espacios interiores.

En la bomba de calor se calienta o enfría un líquido refrigerante, se transporta mediante tuberías aisladas desde el exterior del edificio (cubierta) a unas baterías integradas en unas cajas al interior del edificio y en cada espacio propuesto.

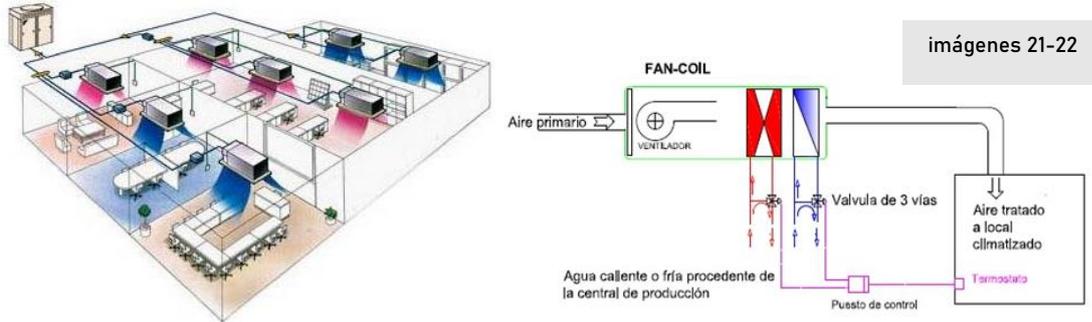
Las cajas o cassettes están empotrados en los techos falsos y dentro de ellos la energía almacenada en las baterías se transfiere al aire cuando este pasa a través del, gracias al impulso de un ventilador autónomo.

## Resumen de la zona de aire temperado

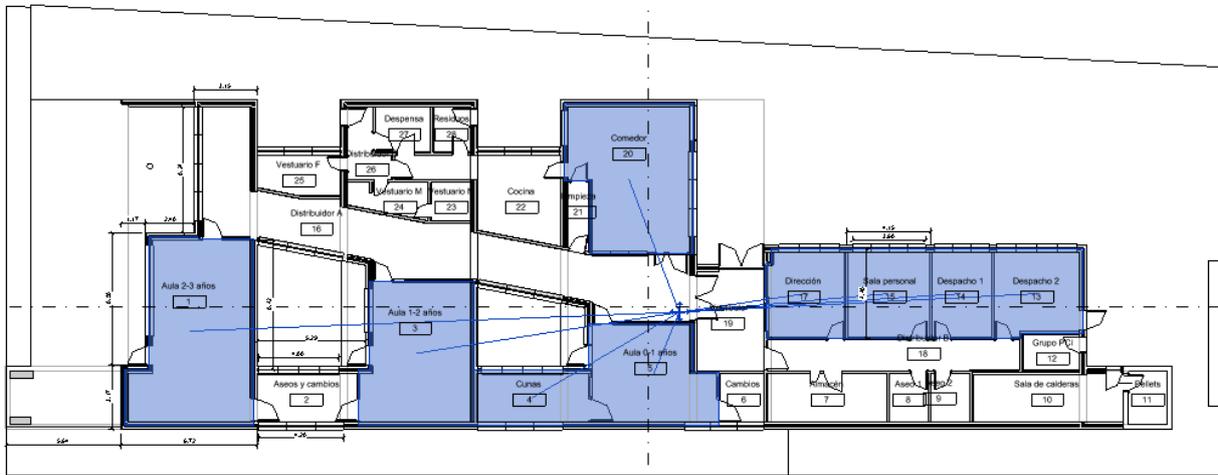
### Resumen de zona - Zona de aire temperado

<b>Entradas</b>	
Área (m²)	220.37
Volumen (m³)	727.23
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	70
Infiltración (L/s)	65.7
Tipo de cálculo de volumen de aire	Ventilación/Aire acondicionado - conducto doble
Humedad relativa	28.00% (Calculated)
<b>Psicometría</b>	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	30 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	15 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	2 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	2 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	30 °C
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	30,236
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	31,053
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-916
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	1,473.3
Valor máximo de carga de calefacción (W)	27,134
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	809.9
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	746.3
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	137.21
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²))	6.69
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	48.73
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	7.29
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	123.13
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m²))	3.67
Densidad de ventilación (L/(s·m²))	3.39
Ventilación/persona (L/s)	10.7

## Esquema de funcionamiento cassettes y fan coil



## Diagrama de los espacios de la zona



## Valores de cargas térmicas para la zona de aire(W)

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	1,750	5.79%	272	341	606	531	0	0	0	0
Ventana	9,856	32.60%	898	1,248	1,272	6,437	0	0	0	0
Puerta	313	1.04%	53	260	0	0	0	0	0	0
Cubierta	1,404	4.64%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	-164	-0.54%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	188	0.62%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	9,933	32.85%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	811	2.68%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	1,441	4.77%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	4,136	13.68%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Calor del ventilador	568	1.88%	-	-	-	-	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>30,236</b>	<b>100%</b>	<b>1,223</b>	<b>1,849</b>	<b>1,879</b>	<b>6,968</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	3,018	7.23%	717	549	783	970	0	0	0	0
Ventana	3,370	8.07%	704	770	720	1,177	0	0	0	0
Puerta	594	1.33%	134	421	0	0	0	0	0	0
Cubierta	1,885	4.51%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	-927	-2.22%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	1,906	4.76%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	23,634	56.59%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	-811	-1.94%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	-1,441	-3.45%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	-4,136	-9.90%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>27,134</b>	<b>100%</b>	<b>1,555</b>	<b>1,740</b>	<b>1,502</b>	<b>2,146</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

En consecuencia, de la obtención de los valores para cada zona de climatización, se pueden organizar los de cada espacio a través de una tabla de planificación de espacios, de los cuales se muestran los datos cuantificados de todas las características de estos.

## Tabla de planificación de espacios.

<Tabla de planificación de espacios Escuela Infantil>																		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
Nombre	Área	Volumen	Área x persona	Perso	Tipo de espacio	Tipo de acondicion	IDA	Aire ext. x pers	Flujo por área	Aire exterior	C. Sensible	C. Latente	Carga de iluminaci	Carga de potencia	Carga pot. x área	Carga de calefacción	Carga de refriger	
Almacén	14.11 m²	46.57 m³	12.00 m²	1	Almacén inactivo	Sólo con ventilació	0	0.0 L/s	2.14 L/(s m²)	9.9 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m²	7 W	0.50 W/m²	212 W	407 W	
Asso 1	4.56 m²	15.05 m³	4.20 m²	1	Servicios	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	6.57 L/(s m²)	8.7 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m²	14 W	3.00 W/m²	7 W	324 W	
Asso 2	4.52 m²	14.93 m³	4.20 m²	1	Servicios	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	6.63 L/(s m²)	8.6 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m²	14 W	3.00 W/m²	9 W	325 W	
Asesos y cambio	11.74 m²	38.73 m³	4.20 m²	3	Servicios	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	14.73 L/(s m²)	22.4 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m²	35 W	3.00 W/m²	845 W	1848 W	
Aula 0-1 años	26.24 m²	86.59 m³	3.00 m²	9	Aula/Sala de confere	Calentado y enfriad	2	12.5 L/s	7.48 L/(s m²)	112.8 L/s	72 W	52 W	4.50 W/m²	236 W	9.00 W/m²	-156 W	2097 W	
Aula 1-2 años	34.53 m²	113.95 m³	3.00 m²	12	Aula/Sala de confere	Calentado y enfriad	2	12.5 L/s	7.84 L/(s m²)	148.5 L/s	72 W	52 W	4.50 W/m²	311 W	9.00 W/m²	-177 W	2895 W	
Aula 2-3 años	45.82 m²	151.21 m³	3.00 m²	15	Aula/Sala de confere	Calentado y enfriad	2	12.5 L/s	8.05 L/(s m²)	197.0 L/s	72 W	52 W	4.50 W/m²	412 W	9.00 W/m²	29 W	3941 W	
Cambios	5.22 m²	17.23 m³	4.20 m²	1	Servicios	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	13.38 L/(s m²)	9.9 L/s	69 W	33 W	4.20 W/m²	16 W	3.00 W/m²	391 W	746 W	
Cocina	21.61 m²	71.32 m³	3.00 m²	7	Preparación de alim	Calentado y enfriad	3	50.0 L/s	10.63 L/(s m²)	360.2 L/s	73 W	59 W	5.60 W/m²	324 W	15.00 W/m²	-30 W	2455 W	
Comedor	38.90 m²	128.37 m³	2.00 m²	19	Zona de comedor - I	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	7.18 L/(s m²)	155.6 L/s	60 W	30 W	4.20 W/m²	194 W	5.00 W/m²	766 W	2985 W	
Cunas	13.18 m²	43.48 m³	5.00 m²	3	Dormitorio de resede	Calentado y enfriad	2	12.5 L/s	12.96 L/(s m²)	32.9 L/s	60 W	30 W	2.80 W/m²	40 W	3.00 W/m²	1150 W	1825 W	
Despacho 1	12.18 m²	40.19 m³	5.00 m²	2	Oficina - Recintos ca	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	11.80 L/(s m²)	19.5 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m²	158 W	13.00 W/m²	-127 W	1556 W	
Despacho 2	16.71 m²	55.13 m³	5.00 m²	3	Oficina - Recintos ca	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	13.13 L/(s m²)	26.7 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m²	217 W	13.00 W/m²	190 W	2374 W	
Depensa	6.08 m²	20.05 m³	12.00 m²	1	Almacén inactivo	Sólo con ventilació	4	0.0 L/s	1.35 L/(s m²)	4.3 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m²	3 W	0.50 W/m²	105 W	110 W	
Dirección	15.76 m²	52.01 m³	5.00 m²	3	Oficina - Recintos ce	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	11.10 L/(s m²)	25.2 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m²	205 W	13.00 W/m²	-142 W	1894 W	
Distribuidor A	73.18 m²	241.49 m³	10.00 m²	7	Corredor/Transición	Calentado y enfriad	4	5.0 L/s	8.23 L/(s m²)	36.6 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m²	220 W	3.00 W/m²	1877 W	6438 W	
Distribuidor B	18.59 m²	61.34 m³	10.00 m²	2	Corredor/Transición	Calentado y enfriad	4	5.0 L/s	0.98 L/(s m²)	9.3 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m²	95 W	3.00 W/m²	-196 W	246 W	
Distribuidor C	5.45 m²	18.00 m³	10.00 m²	1	Corredor/Transición	Calentado y enfriad	4	5.0 L/s	6.32 L/(s m²)	2.7 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m²	16 W	3.00 W/m²	260 W	369 W	
Grupo PCI	4.77 m²	15.75 m³	5.00 m²	1	Sala de maquinaria -	Sólo con ventilació	0	0.0 L/s	3.71 L/(s m²)	0.5 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m²	72 W	15.00 W/m²	60 W	239 W	
Limpieza	3.49 m²	11.50 m³	12.00 m²	0	Almacén inactivo	Ventilado	4	0.0 L/s	-1.32 L/(s m²)	2.4 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m²	2 W	0.50 W/m²	-19 W	-62 W	
Pellets	4.98 m²	16.43 m³	12.00 m²	0	Almacén inactivo	Ventilado	4	0.0 L/s	3.68 L/(s m²)	3.5 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m²	2 W	0.50 W/m²	330 W	248 W	
Residuos	4.05 m²	13.37 m³	12.00 m²	0	Almacén inactivo	Sólo con ventilació	0	0.0 L/s	3.74 L/(s m²)	2.8 L/s	73 W	58 W	4.20 W/m²	2 W	0.50 W/m²	426 W	205 W	
Sala de calderas	17.37 m²	57.31 m³	5.00 m²	3	Sala de maquinaria -	Ventilado	4	0.0 L/s	4.53 L/(s m²)	1.7 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m²	261 W	15.00 W/m²	77 W	1062 W	
Sala personal	16.80 m²	55.44 m³	5.00 m²	3	Oficina - Recintos ce	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	11.58 L/(s m²)	26.9 L/s	70 W	58 W	7.00 W/m²	218 W	13.00 W/m²	-186 W	2105 W	
Vestibulo	16.19 m²	53.41 m³	10.00 m²	2	Vestibulo	Calentado y enfriad	4	5.0 L/s	4.50 L/(s m²)	8.1 L/s	73 W	59 W	2.80 W/m²	49 W	3.00 W/m²	369 W	779 W	
Vestuario F	7.78 m²	25.67 m³	5.00 m²	2	Vestuarios/Casillero	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	19.14 L/(s m²)	12.4 L/s	73 W	60 W	4.20 W/m²	39 W	5.00 W/m²	380 W	1591 W	
Vestuario M	5.84 m²	19.27 m³	5.00 m²	1	Vestuarios/Casillero	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	3.99 L/(s m²)	9.3 L/s	73 W	60 W	4.20 W/m²	29 W	5.00 W/m²	-145 W	249 W	
Vestuario N	3.62 m²	11.94 m³	5.00 m²	1	Vestuarios/Casillero	Calentado y enfriad	3	8.0 L/s	4.02 L/(s m²)	5.8 L/s	73 W	60 W	4.20 W/m²	18 W	5.00 W/m²	-90 W	155 W	

## 4.2. Análisis de datos por espacio

En este apartado se calcularán las características térmicas para los espacios ejemplo, en el software Revit y Ganancias de Atecyr

### 4.2.1. Aula 2-3 años

#### Análisis con Revit MEP

Un aula es un espacio de actividad académica, aunque teniendo en cuenta que las actividades las llevan a cabo maestras y cuidadores de ambos sexos con lactantes de 0 a 3 años, las características higrotérmicas del espacio deben tener un equilibrio de confort muy acotado.

Para tales requerimientos la temperatura de confort tiene que estar entre 23°C - 25°C, la humedad relativa de entre 35% - 50% y el flujo de aire exterior correspondientes a RITE: IDA 2. en 12.5 l/s por persona. Esta aula soporta un máximo de 16 personas.

El suelo radiante otorga la temperatura requerida en el periodo invernal y el aire refrigerado en los meses estivales en periodo lectivo.

La ubicación sur dentro del edificio de esta aula corresponde principalmente a una fachada sur con muros ciegos y acristalados, fachada ciega en oeste y este donde una parte está al exterior y otra a un espacio interior.

## Resumen del Aula 2-3 años

Resumen del espacio: 1 Aula 2-3 años

[Volver al resumen de espacios](#)

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	45.82
Volumen (m <sup>3</sup> )	151.21
Área de muro (m <sup>2</sup> )	85.02
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	51.18
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	6.50
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0.00
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	6.26
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0.00
Carga de iluminación (W)	206
Carga de potencia (W)	412
Número de personas	16
Incremento de calor sensible/persona (W)	72
Incremento de calor latente/persona (W)	52
Flujo de aire de infiltración (L/s)	16.4
Tipo de espacio	Aula/Sala de conferencias/Taller
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	3,941
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	3,541
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	400
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	368.8
Valor máximo de carga de calefacción (W)	29
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	192.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)
Muro	343	8.69%	46	143	119
Ventana	1,073	27.23%	0	1,073	0
Puerta	106	2.69%	0	106	0
Cubierta	461	11.69%	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-
Filtración	43	1.10%	-	-	-
Iluminación	153	3.89%	-	-	-
Potencia	307	7.78%	-	-	-
Personas	1,455	36.93%	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-
Total	3,941	100%	46	1,322	119

El área de este espacio es de 46 m<sup>2</sup>, la altura habitable de 3.3m incluyendo el techo falso y un volumen total de 152 m<sup>3</sup>.

Las características más importantes de este espacio para el incremento de ganancias térmicas en REFRIGERACIÓN son:

- El número de personas: el total de aporte de calor es del 29.65%, sumando calor sensible y latente. Dependiendo de la actividad desempeñada en el espacio, el sexo y en este caso la edad de los niñ@s, el calor sensible y latente varían correspondientemente.

Es así como una actividad sedentaria (estar sentado) el valor de calor sensible ronda los 58 (w) y latente los 44 (w), pero en una actividad de mayor movimiento como bailar el calor sensible sube hasta los 75 (w) y el latente a 180 (w).

Esto se debe porque al movernos y sentir calor<sup>19</sup> el cuerpo transpira y se genera un cambio de estado del agua, evaporándose de nuestro cuerpo.

<sup>19</sup> Calor que representa, además, un aporte al ambiente.

El calor latente de la evaporación del sudor es muy alto, aproximadamente 680 W-h/l de sudor evaporado. Esto sugiere que además habrá que tener en cuenta la humedad aportada al ambiente y la cantidad de renovaciones de aire del interior.

- Paramentos: sumados alcanzan un 22.66%. Cada uno aporta una cantidad de energía (w) de acuerdo con las características soleares (16:00 hr) en la dirección en la que se encuentra. La más alta radiación solar se da en el Este y Sur.
- Ventanas: Las carpinterías y el paño acristalado aportan un 16.37%, normalmente tienen una transmitancia térmica mayor que los muros ciegos.

Gracias a que la suma los componentes individuales del paramento ciego suman mayor resistencia térmica que la del vidrio en su configuración habitual 6-10-6 mm para un vidrio doble con cámara, por ejemplo.

- Cubierta: representa un 10.37% del calor aportado por la radiación solar y calor atmosférico al interior.

La cubierta plana tiene un comportamiento positivo frente a la transmitancia térmica del clima estival y soleamiento directo, debido a que la sumatoria de más de sus 5 capas de materiales, reducen la incidencia de estos factores notoriamente.

- Los aportes por iluminación son del 4.06% (128 w) y potencia de 8.12% (256 w), se determinan por el uso de artefactos eléctricos.

La cantidad de consumo eléctrico de iluminación que se incluye en proyectos de arquitectura actuales están determinados y limitados por el documento básico de ahorro de energía del CTE en su sección 3, apéndice A (DB HE3), establece las exigencias de eficiencia energética que afectan a las instalaciones de iluminación en los edificios.

Se define al VEEI como: el valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es el W/m<sup>2</sup> por cada 100 lux.

VEEI =  $(P \times 100) / (S \times E_m)$ , donde:

**P** es la potencia total de la lámpara en su conjunto medida en W. Se incluye también la potencia los equipos auxiliares como transformadores, cebadores, balastos y condensadores.

**S** es la superficie iluminada en la zona a iluminar medida en m<sup>2</sup>.

**Em** es la iluminancia media horizontal mantenida en la superficie iluminada medida en lux (lm/m<sup>2</sup>).

Estos valores suelen quedar por encima de la eficiencia demostrada por los últimos tipos de luces tipo LED, donde la iluminación vs el calor está en torno a porcentajes de 95% luminosidad y 5% calor.

Las antiguas incandescentes estaban en alrededor del 30% luz y 70% calor.

Y la potencia es la suma de los aparatos eléctricos utilizados, como una impresora, ordenador, monitor, proyector, cafetera, etc.

En esta aula los valores de potencia por metro cuadrado son 4.5 (w/m<sup>2</sup>) en iluminación y 9.0 (w/m<sup>2</sup>) en equipos eléctricos.

Para el cálculo de luminarias y según el tipo de espacio, se ha tenido en cuenta la intensidad, deslumbramiento y calidad del color. (Em, UGR, Ra)

Em: 300 lux (intensidad de iluminación por metro cuadrado)

UGR: índice de deslumbramiento unificado (deslumbramiento por dirección del reflejo)

Ra: índice de rendimiento de color de las lámparas (fidelidad de la reproducción cromática del color reflejado)

Cuadro orientativo de intensidades y consumo eléctrico.

Se necesitan 300 lux, de lámparas led, para este caso se pueden utilizar lámparas de intensidad 1100-1600.

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación

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

Tabla 2.2 Potencia máxima de iluminación

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

6.2. Edificios educativos (UNE-EN 12464-1:2003)

actividad	Em	UGR	Ra
aulas	300	19	80
escaleras	150	25	80
...			

BRIGHTNESS	450 lumens	800 lumens	1100 lumens	1600 lumens	2600 lumens	5800 lumens
LED	6W	9-10W	13W	16-18W	24W <small>special high voltage lamps</small>	45W
CFL	8-9W	13-14W	18-19W	23W	40W	85W
Regular Incandescent	40W	60W	75W	100W	150W	300W
Halogen	29W	43W	53W	72W	150W	300W

imágenes 23

Con un área de 46 m<sup>2</sup>, resultan 12 - 8 lámparas repartidas homogéneamente en cuadrantes individuales.

Si se utilizan 8 lámparas de 16w, el consumo total sería de 128 w, por lo que por cada m<sup>2</sup> se utilizarían 2.78 w.

Aplicando un factor de mayoración de x 1.5, el w/m<sup>2</sup> sería de 4.17 => 4.5 w/m<sup>2</sup>

### **Análisis con “Calcula” de Atecyr**

Obtenidas las ganancias térmicas del edificio, por cada espacio con Revit y con el objetivo de acotar y mejorar este estudio se utilizará otro programa de cálculo.

Se hará la comprobación de las variables y condicionantes de cálculo para cada espacio del edificio ejemplo.

El programa se llama “Cargas Versión: 2.1.7” de Atecyr, una hoja de Excel gratuita con los datos climatológicos de las ubicaciones geográficas en España<sup>20</sup>. En la hoja de cálculo se deben incorporar los datos del espacio mediante celdas, relacionadas con otras para determinar los valores de ganancia de cada operación.

Se puede descargare en:

<http://www.calculaconatecyr.com/cargas.php>



El archivo tiene extensión .xlsx para poder ser abierto Excel. Consta de 5 hojas:

Primera: presentación, autores, colaboraciones.

Segunda: cálculo de ganancias térmicas.

Tercera: información de transmitancias en cerramientos.

Cuarta: Ayuda para los valores atmosféricos y de transmitancias.

Quinta: Gráficos para las horas de ocupación.

---

<sup>20</sup> El Procedimiento para el cálculo de radiación es “radiation time series” (ASHRAE).

En la segunda hoja, se pueden incorporar datos como:

### Datos geográficos

<b>REFRIGERACION</b>	Municipic	Madrid	asnm	667	Pt(Pa)	93565	ZC.HE1	D3					
Mes calefac.	Febrero	Ts.ext. di	-3,6	Hr(%)	86	OMD °C	4,7	Tm.mes	0,9	DTCi	0	difusa%	75
Est.referencia	52 Madrid (Torrejón de Ardo; Latitud °		44,833	Long.Oe	3,5	Tm.anua	14,2	NPer	0,4/99,6	asnm	611		
Mes refriger.	Julio	Ts.ext. di	36,8	Th °C	21	OMD °C	18,6	Tm.mes	25,6	DTCi	0		
<b>Mes cálculo</b>	7	Dia	15	hora.sola	16	Tipo atmósfera	Estándar	Reflexión alrededores	Estándar				
Exteriores	Temp. °C	35,83	Hr(%)	26,8	W(kg/kg)	0,0106							
Interiores	Temp. °C	21,00	Hr(%)	50,0	W(kg/kg)	0,0084	Hora max.sen	14					

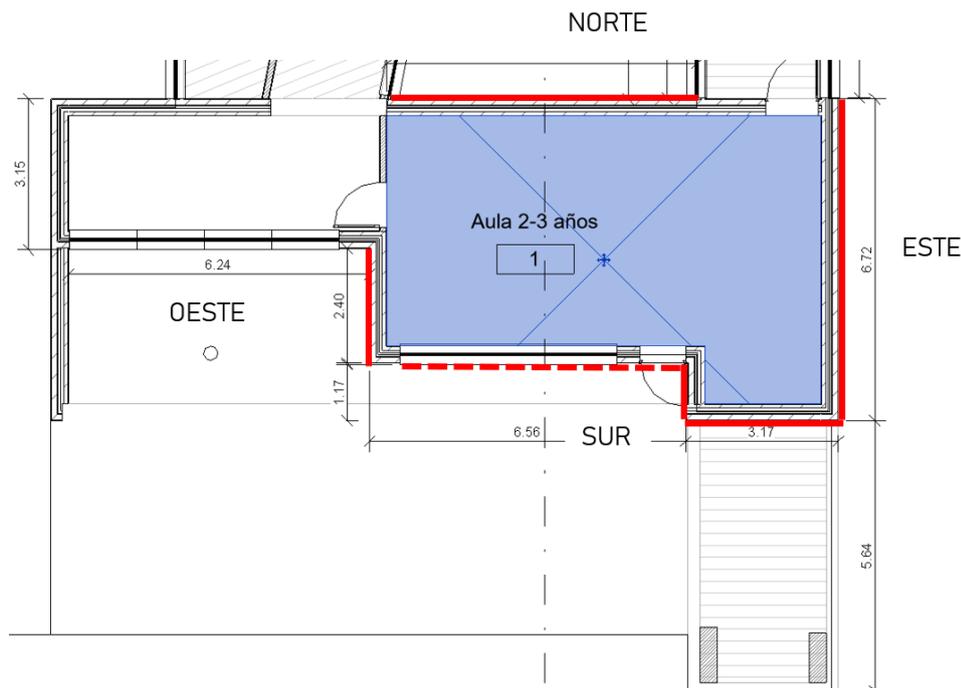
Se establece la ubicación (zona y altura), el mes (día 15) y hora de cálculo (hora máxima sensible 14:00), con tal de obtener los datos climatológicos de la zona.

Estos se verán afectados por la temperatura, humedad, atmosfera, reflexiones y radiación solar, etc.

Las temperaturas exteriores de esta ubicación para el mes de cálculo son de 35.83°C y 26.8% hr. Y las interiores de 21°C y 50% hr.

La hora de cálculo se establece a las 16:00.

### Plano del aula en el edificio



## Datos del espacio a calcular

DATOS ZONA	Super.(m2)	Vol.(m3)	Zona	Tipo	Alfombr:(%)	Acris	Aplicación	IDA	Control
Nombre	1, Aula 2-3 años	46	152	Exterior	Medio	SA	6 Docencia	IDA3	Prop_ocup.

Los datos corresponden al espacio de referencia, un aula al interior del edificio de 46m2, con dirección principal sur.

## Datos de los cerramientos

OPACOS ext	A.Neta(r)	Bruta(m2U)	(W/m2K)	color	coef.abs	Qsen (W)	Qlat (W)
Techo	51,0	51,0	0,35	Oscuro	0,9	252	0
N-Muro	22,0	22,0	0,44	Medio	0,8	67	0
NE-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0
E-Muro	22,2	22,2	0,44	Medio	0,8	113	0
SE-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0
S-Muro	24,3	32,0	0,44	Medio	0,8	98	0
SO-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0
O-Muro	11,8	11,8	0,44	Medio	0,8	42	0
NO-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0
Suelo	0,0	0,0	0,95			0	0

OPACOS otros	Cont.ext	Totro(°C)	z(m)	b	Ais.peri D(m)	k(W/r e(m))	Qsen (W)	Qlat (W)
Otro Local 1	0,0	0,0	3	Bajo	25,4	0,3	0	0
Otro Local 2	0,0	0,0	3	Bajo	25,4	0,3	0	0
Muro Terreno	0,0	0,0	1				0	0
Suelo Terreno	0,0	0,0	1				0	0
S.Vacio sanit	46,0	46,0	0,9				191	0
Puentes térmicos otros		0,2			10	41	26	0
Puentes térmicos ventanas		0,2			11,4	19	30	0
							820	0



Se incluyen los datos de los cerramientos opacos (transmitancia térmica, color).

La envolvente de carácter exterior (La cubierta, muros, suelos y puentes térmicos) puesto que en la superficie en contacto con el exterior se produce el intercambio de temperaturas, humedades y presiones.

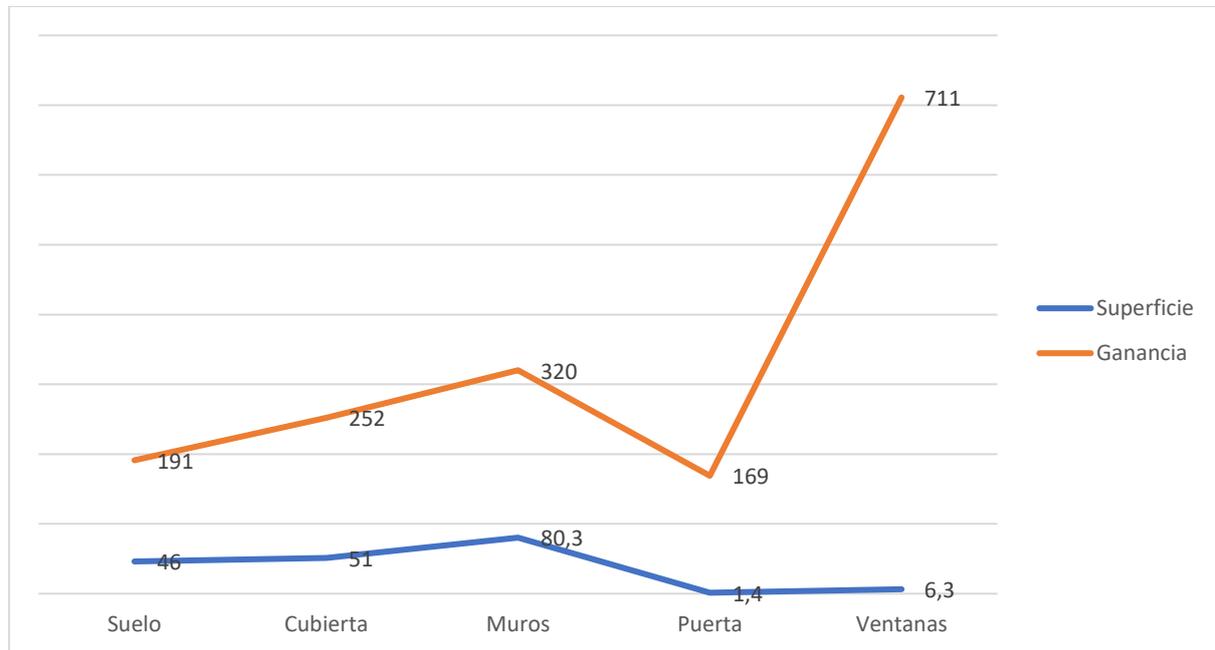
Y estos deben ir en superficie bruta, puesto que, al incorporar ventanas, en la dirección que le corresponda, se restará al muro donde se posiciona.

## Datos de las ventanas

VENTANAS	ancho(r)	alto(m)	c(m)	d(m)	e(m)	f(m)	g(m)	m(m)	n(m)	Qsen (W)	Qlat (W)
Tipo	4,50	1,20	0,20	1,10	0,20	4,00	0,10	0,00	0,00	Sin accesorios	
Somb.1	Ucrystal Umarco f f Pos. % Fsombra (0 sol, 1 sombra)										
	Area (m2)	g	(W/m2K)	(W/m2K)	FM	Uacce	Facce	Acce	Activo	aleros	Otros edif.
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0
N-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0
NE-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0
E-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0
SE-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0
S-Muro	6,3	0,76	2,9	3,3	0,2	1,00	1	Ext	100	1	711
SO-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	0,88	0
O-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	0,65	0
NO-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0
Somb.2	0,70	2,00	0,20	1,10	0,20	4,00	0,10	0,00	0,00	Sin accesorios	
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0
N-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0
NE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0
E-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0
SE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0
S-Muro	1,4	0,76	2,8	3,3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	169
SO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0,64	0
O-Muro	0,0	0,29	2,9	3	0,25	1,00	1,00	Ext	90	0,59	1
NO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0
											880

Las ventanas son las que mayor ganancia térmica aporta al espacio por superficie calculada.

Gráfico de la diferencia en las ganancias térmicas para cada superficie



### Datos las ganancias internas

INTERNAS	Frac.rac Calef.(% W/m2)	% sen	Reac/Transf.	Pot. Maxima (W)	Sen(W)	Lat(W)	Qsen (W, Qlat (W)
LUCES	0,8	4,5	No		207		138 0
EQUIPOS	0,1	9	95		393	21	236 12
	sexo	Calef.(% m2/ocup	Actividad	qs/per	ql/per	n.per.	
OCUPANTES	Media	1	2,9 Sentado muy ligero (oficina	65,2	58,8	1034 933	15,862 560 466

### Datos las ganancias por ventilación e infiltración

VENTILACION	228	Rec.sensible	efi.term.	70	Ts(°C)	25,45	W(kg/	0,0106	300	381
INFILTRACION	45				Ts(°C)	35,83	W(kg/	0,0106	198	75

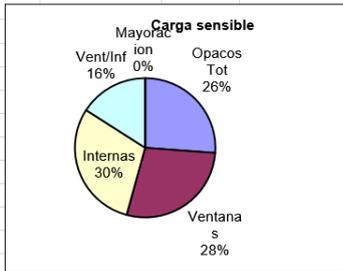
### Datos totales de ganancias térmicas en (W)

VENTILACION	228	Rec.sensible	efi.term.	70	Ts(°C)	25,45	W(kg/	0,0106	300	381		
INFILTRACION	45				Ts(°C)	35,83	W(kg/	0,0106	198	75		
MAYORAC.	% Sensible	0	Latente	0	W/m2	88,44	Total (W)	4068	FCS	0,7701	3133	935
Hora max.sen.	14				W/m2	101,97	Total (W)	4691	FCS	0,7074	3318	1373

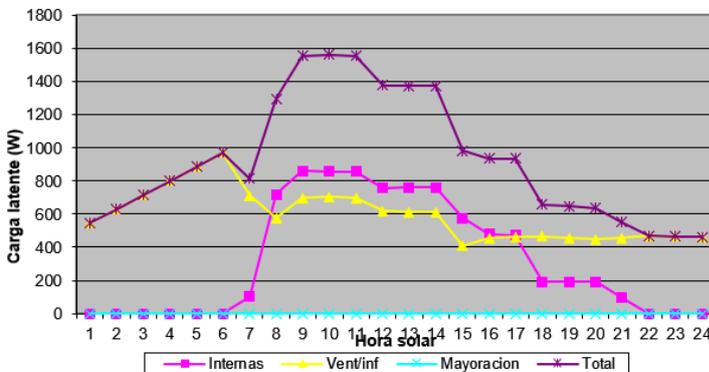
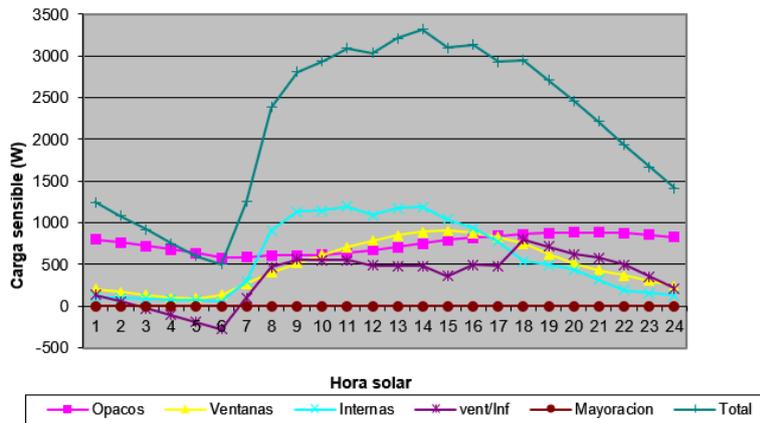
## Resultados generales para el cálculo de refrigeración en Atecyr

### Datos generales de la suma de las cargas por elemento (W)

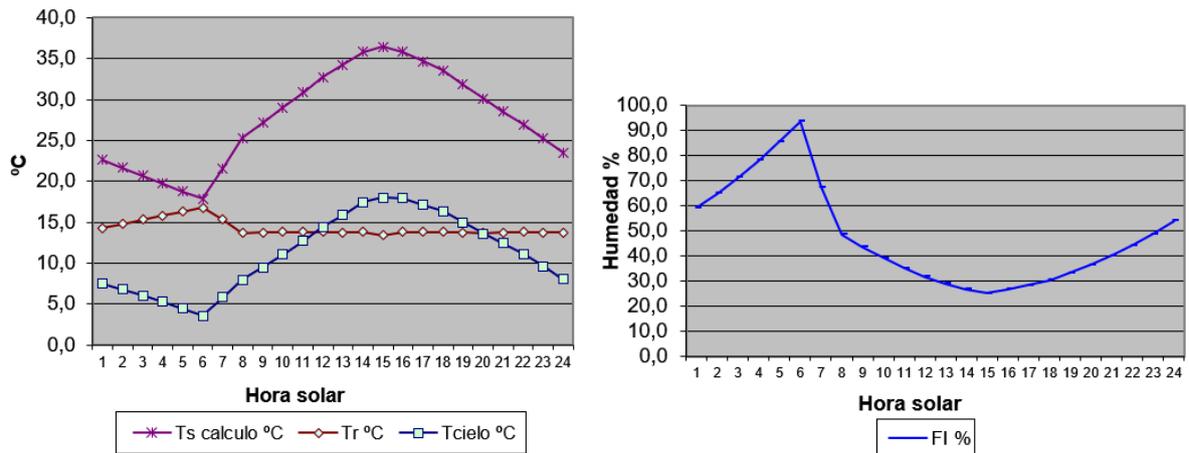
REFRIGERACION		Local:	1, Aula 2-3 años	Municipio:	Madrid
				Qsen(W)	Qlat(W)
Sup.opac.(m2)	131,29	Hora solar	16	Opacos Ext.	573
Sup.otros.(m2)	46	Hora civil	18,33	Opacos Otros	248
Sup.Vent.1	6,26	Dia	15	Ventanas 1	711
Sup.Vent.2	1,4	Mes	Julio	Ventanas 2	169
Luces inst.(W)	144,9	Temp.int.(°C)	21	Luces	138
Equip.inst.(W)	248,4	Hum.rel.int.(%)	50	Equipos	236
Ocup.inst.(nº)	8	Temp.ext.(°C)	35,8	Ocupacion	560
Vent.inst.(m3/h)	228	Hum.rel.ext.(%)	27	Ventilación	300
Inf.inst.(m3/h)	45,186			Infiltración	198
Superficie (m2)	46			Mayoración	0
Volumen (m3)	152			TOTAL	3133
				Global (W)	4068
				W/m2	88
				Hora max.sen	14



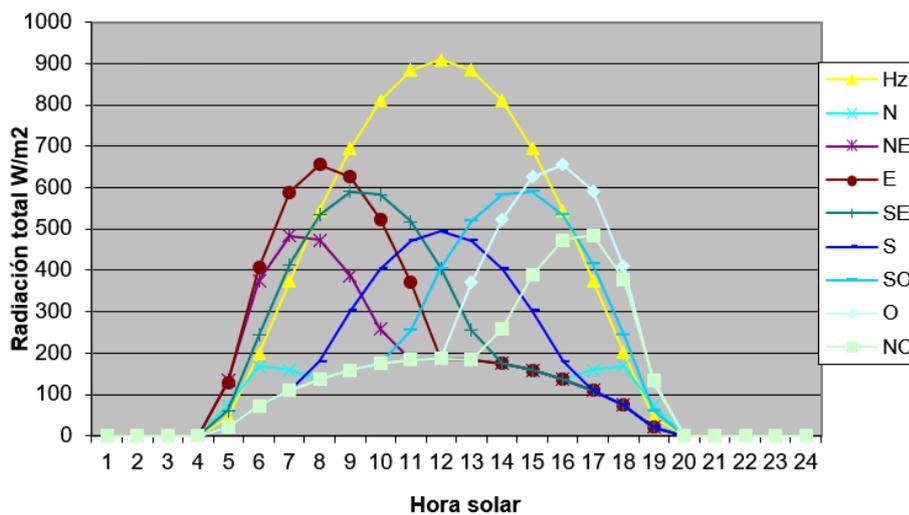
### Ganancias térmicas sensible y latente



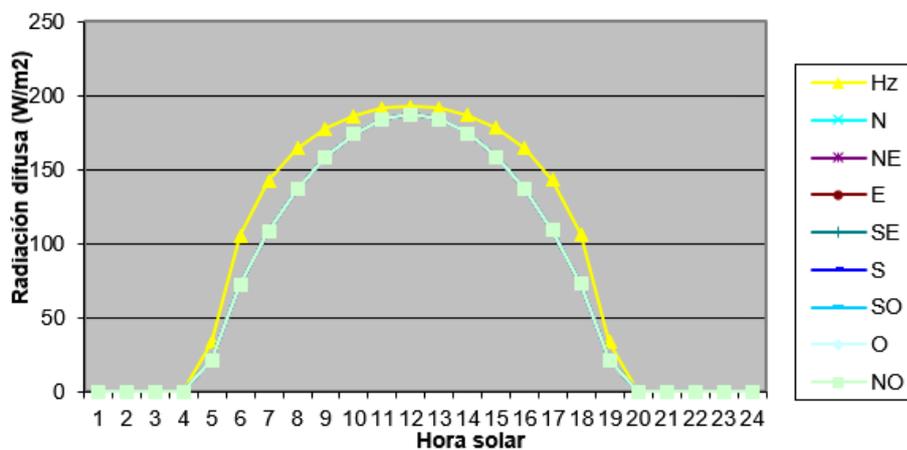
## Gráfico de temperatura y humedad relativa en exteriores



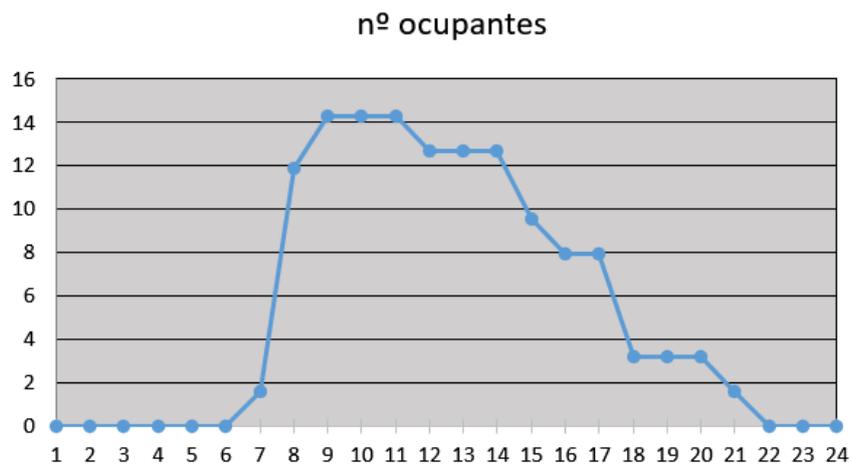
## Ganancia por radiación solar horaria general



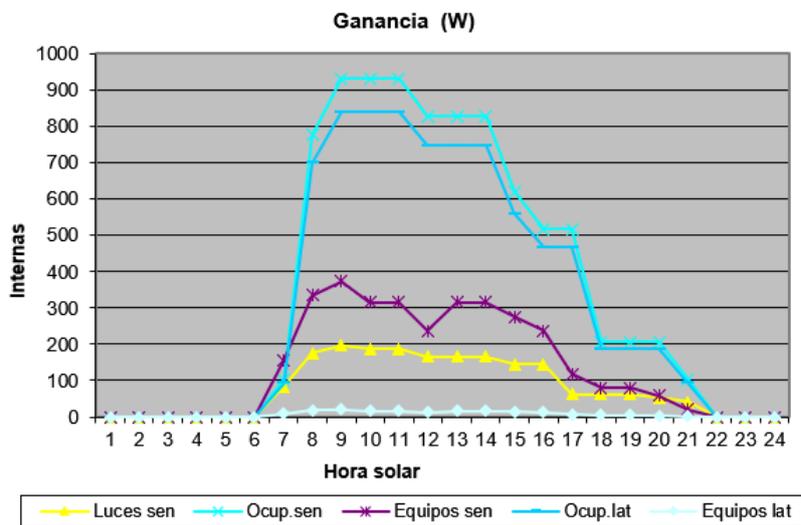
## Radiación solar horaria difusa



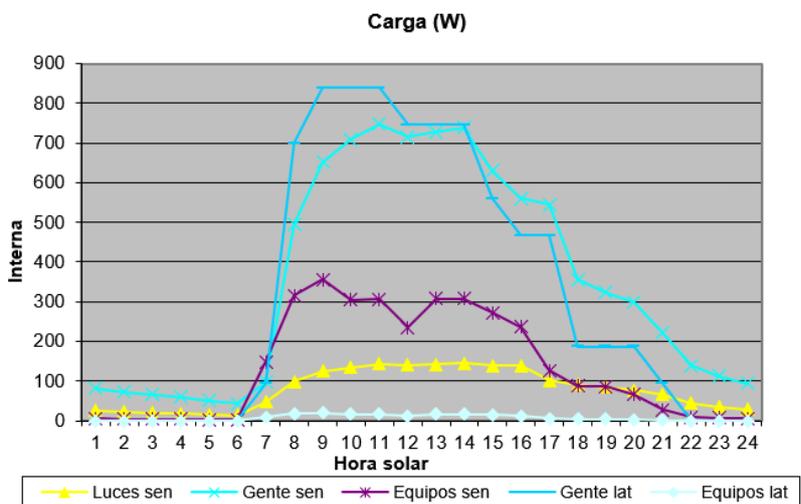
## Numero de ocupantes para cada hora



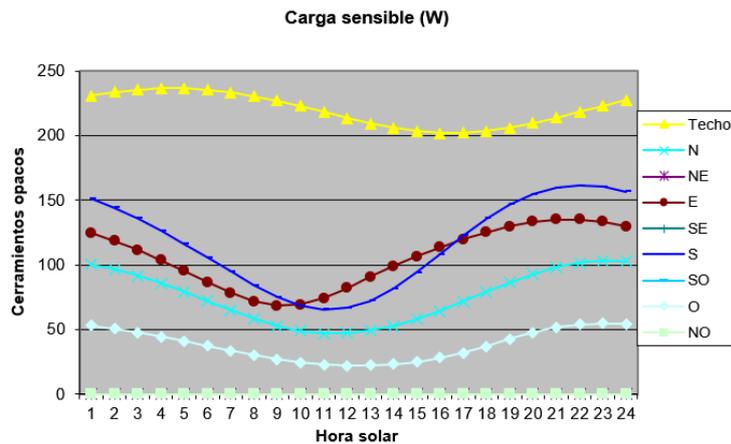
## Ganancias internas en tiempo de ocupación



## Ganancias internas incluyendo la inercia térmica



## Ganancias por cerramientos opacos



### 4.2.2. Sala del personal

#### Análisis con Revit MEP

La sala del personal es un espacio de oficina.

La temperatura de confort entre 23°C - 25°C, humedad relativa entre 35% - 50% y el flujo de aire exterior correspondientes a RITE: IDA 3. en 8 l/s por persona. Este espacio soporta un máximo de 4 personas.

La calefacción es a través de radiadores, dispuestos bajo la ventana principal en dirección oeste. Y la ventilación temperada mediante cassettes.

Este espacio se encuentra al interior del edificio, solo tiene la fachada oeste al exterior. En esa misma fachada el paño acristalado es de 4.32m<sup>2</sup>, lo que corresponde a una carpintería de 3.6m x 1.2m.

#### Resumen de la sala de personal

Resumen del espacio: 15 Sala personal

[Volver al resumen de espacios](#)

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	16.80
Volumen (m <sup>3</sup> )	55.44
Área de muro (m <sup>2</sup> )	13.69
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	18.49
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	1.68
Área de partición (m <sup>2</sup> )	13.69
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	4.32
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0.00
Carga de iluminación (W)	118
Carga de potencia (W)	218
Número de personas	4
Incremento de calor sensible/persona (W)	70
Incremento de calor latente/persona (W)	58
Flujo de aire de infiltración (L/s)	2.6
Tipo de espacio	Oficina - Recintos cerrados
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	2,105
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	1,945
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	160
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	194.5
Valor máximo de carga de calefacción (W)	-186
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	29.4

## Valores por componente

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	49	2.31%	0	0	0	49
Ventana	1,065	50.60%	0	0	0	1,065
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0
Cubierta	211	10.03%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	69	3.26%	-	-	-	-
Filtración	23	1.11%	-	-	-	-
Iluminación	102	4.87%	-	-	-	-
Potencia	190	9.04%	-	-	-	-
Personas	395	18.78%	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-
Total	2,105	100%	0	0	0	1,114

El área de este espacio es de 17 m<sup>2</sup>, la altura habitable de 3.3m incluyendo el techo falso y un volumen total de 56 m<sup>3</sup>.

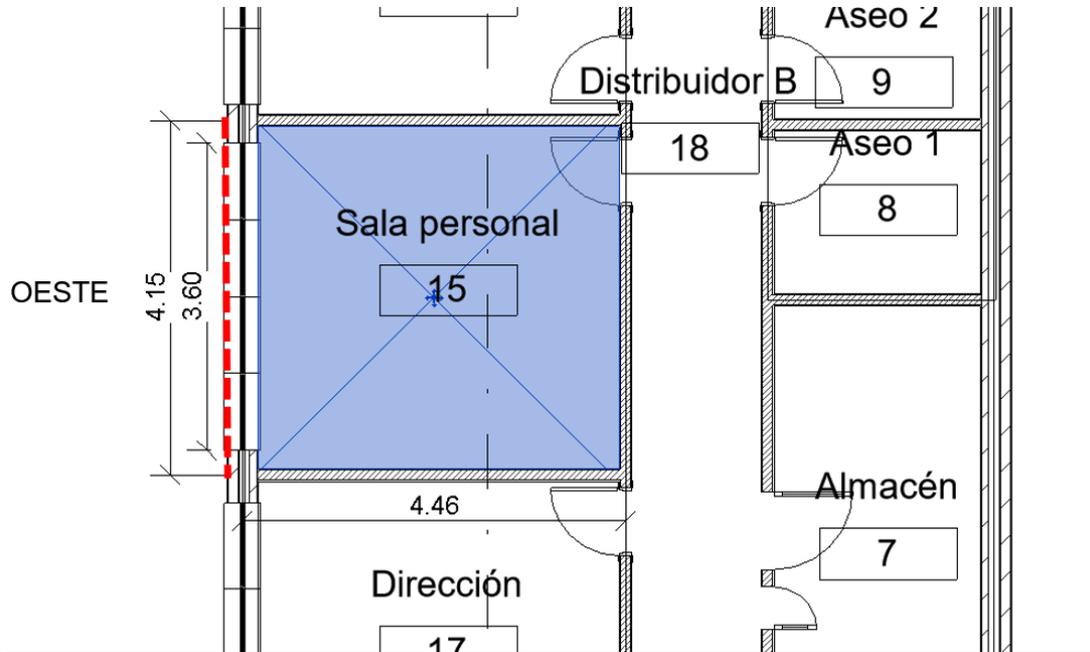
Las características más importantes de este espacio para el incremento de ganancias térmicas en REFRIGERACIÓN son:

- El máximo de personas es de 4 y aportan un 16.61% del calor ganado.
- Paramentos: el muro al oeste contribuye en un 2.96%, esto se debe a que solo tiene una superficie al exterior y el espacio de ventanas es el 31.5% de este muro, los otros no se consideran por estar vinculados a espacios interiores con temperatura de confort<sup>21</sup>.
- Ventanas: Las carpinterías y el paño acristalado aportan un 58.79%. La ventana principal en dirección oeste contribuye a la mayor ganancia térmica del espacio.
- Cubierta: representa un 5.33% del calor aportado por la radiación solar y calor atmosférico al interior.
- Los aportes por iluminación son de 4.3% y potencia de 16.61%.

<sup>21</sup> No habría transmitancia con importancia para calculo, cuando los espacios contiguos tienen la misma temperatura.

## Análisis con "Ganancias" de Atecyr

### Plano de la sala en el edificio



### Datos del espacio a calcular

DATOS ZONA	Super.(m²)	Vol.(m³)	Zona	Tipo	Alfombr %	Acris	Aplicación	IDA	Control	
Nombre	15, Sala persona	17	56	Exterior	Medio	SA	32	Docencia	IDA3	Prop_ocup.

### Datos de los cerramientos

OPACOS ext	A.Neta(r)	Bruta(m²)	U(W/m²K)	color	coef.abs	Qsen (W) Qlat (W)						
Techo	19,0	19,0	0,34	Medio	0,8	83	0					
N-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0					
NE-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0					
E-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0					
SE-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0					
S-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0					
SO-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0					
O-Muro	9,4	13,7	0,44	Medio	0,8	33	0					
NO-Muro	0,0	0,0	0,44	Medio	0,8	0	0					
Suelo	0,0	0,0	0,95			0	0					
OPACOS otros			Cont.ext	Toto(°C)	z(m)	b	Ais.per	D(m)	k(W/r e(m))	Qsen (W) Qlat (W)		
Otro Local 1	0,0	0,0	3	Bajo	25,4	0,3				0	0	
Otro Local 2	0,0	0,0	3	Bajo	25,4	0,3				0	0	
Muro Terreno	0,0	0,0	1							0	0	
Suelo Terreno	0,0	0,0	1							0	0	
S.Vacio sanit	17,0	17,0	0,9							71	0	
Puentes térmicos otros			0,2			10	3			26	0	
Puentes térmicos ventanas			0,2			11,4	10			30	0	
											244	0



### Datos de las ventanas

VENTANAS	ancho(m)	alto(m)	c(m)	d(m)	e(m)	f(m)	g(m)	m(m)	n(m)	Qsen (W) Qlat (W)		
<b>Tipo</b>	3,60	1,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Sin accesorios		
<b>Somb.1</b>	Ucristal		Umarco		f	f	Pos.	%	Fsombra (0 sol, 1 sombra)			
	Area (m2)	g	(W/m2K)	(W/m2K)	FM	Uacce	Facce	Acce	Activo	aleros	Otros edif.	
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0
N-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0	0
NE-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0	0
E-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0	0
SE-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	1	0	0
S-Muro	0,0	0,76	2,9	3,3	0,2	1,00	1	Ext	100	1	1	0
SO-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	0,2	0	0
O-Muro	4,3	0,76	2,9	3,3	0,1	1,00	1	Ext	100	0,13	0	1137
NO-Muro	0,0	0,76	2,85	3,2	0,1	1,00	1	Ext	100	0,24	0	0
<b>Somb.2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	Sin accesorios		
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
N-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
NE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
E-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
SE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
S-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
SO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
O-Muro	0,0	0,29	2,9	3	0,25	1,00	1,00	Ext	90	0	1	0
NO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0
												1137
												0

### Datos las ganancias internas

INTERNAS	Frac.rac	Calef.(% W/m2)	% sen	Reac/Transf.	Pot. Maxima (W)	Sen(W)	Lat(W)	Qsen (W) Qlat (W)	
<b>LUCES</b>	0,8	7	No			119		79	0
<b>EQUIPOS</b>	0,1	13	95			210	11	126	7
	sexo	Calef.(% m2/ocup)	Actividad		qs/per	ql/per	n.per.		
<b>OCUPANTES</b>	Media	1	4,2	Sentado muy ligero (oficin	65,2	58,8	264	238	4,048
								142	119

### Datos las ganancias por ventilación e infiltración

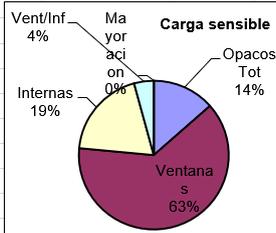
<b>VENTILACION</b>	58	Rec.sensible	efi.term.	70	Ts(°C)	25,45	W(kg/ 0,0106)	77	97
<b>INFILTRACION</b>	0				Ts(°C)	35,83	W(kg/ 0,0106)	0	0

### Datos totales de ganancias térmicas en (W)

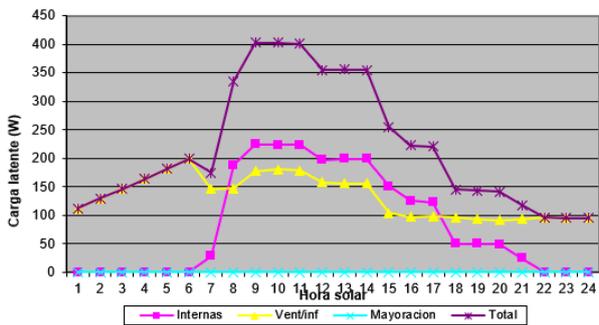
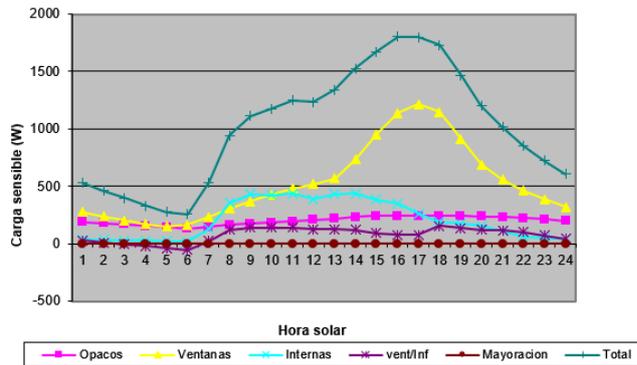
<b>MAYORAC.</b>	% Sensible	0	Latente	0	W/m2	119,31	Total (W)	2028	FCS	0,89	1805	223
hora max.sen.	16				W/m2	119,3	Total (W)	2028	FCS	0,89	1805	223

## Datos generales de la suma de las cargas por elemento (W)

REFRIGERACION		Local:	15, Sala personal	Municipio:	Madrid
				Qsen(W)	Qlat(W)
Sup.opac.(m2)	28,38	Hora solar	16	Opacos Ext.	117
Sup.otros.(m2)	17	Hora civil	18,33	Opacos Otros	127
Sup.Vent.1	4,32	Dia	15	Ventanas 1	1137
Sup.Vent.2	0	Mes	Julio	Ventanas 2	0
Luces inst.(W)	83,3	Temp.int.(°C)	21	Luces	79
Equip.inst(W)	132,6	Hum.rel.int.(%)	50	Equipos	126
Ocup.inst.(nº)	2	Temp.ext.(°C)	35,8	Ocupacion	142
Vent.inst(m3/h)	58	Hum.rel.ext.(%)	27	Ventilación	77
Inf.inst(m3/h)	0			Infiltración	0
Superficie (m2)	17			Mayoración	0
Volumen (m3)	56			TOTAL	1805
					223
				Global (W)	2028
				W/m2	119



## Cargas sensibles y latentes del espacio de acuerdo con la hora solar



### 4.3. Comparativa general de cálculos entre programas

En este apartado se comparan los resultados de ambas propuestas de cálculo (Revit y Atecyr), para dos espacios interiores del edificio, con el objetivo de graficar sus diferencias con las mismas condiciones planteadas.

El resultado se podrá interpretar mediante gráficos, con ganancias térmicas (W) totales de cada elemento y dirección en la que se encuentra.

La energía total para acondicionar el espacio determinará la potencia en la equipación necesaria para climatizar el espacio debidamente.

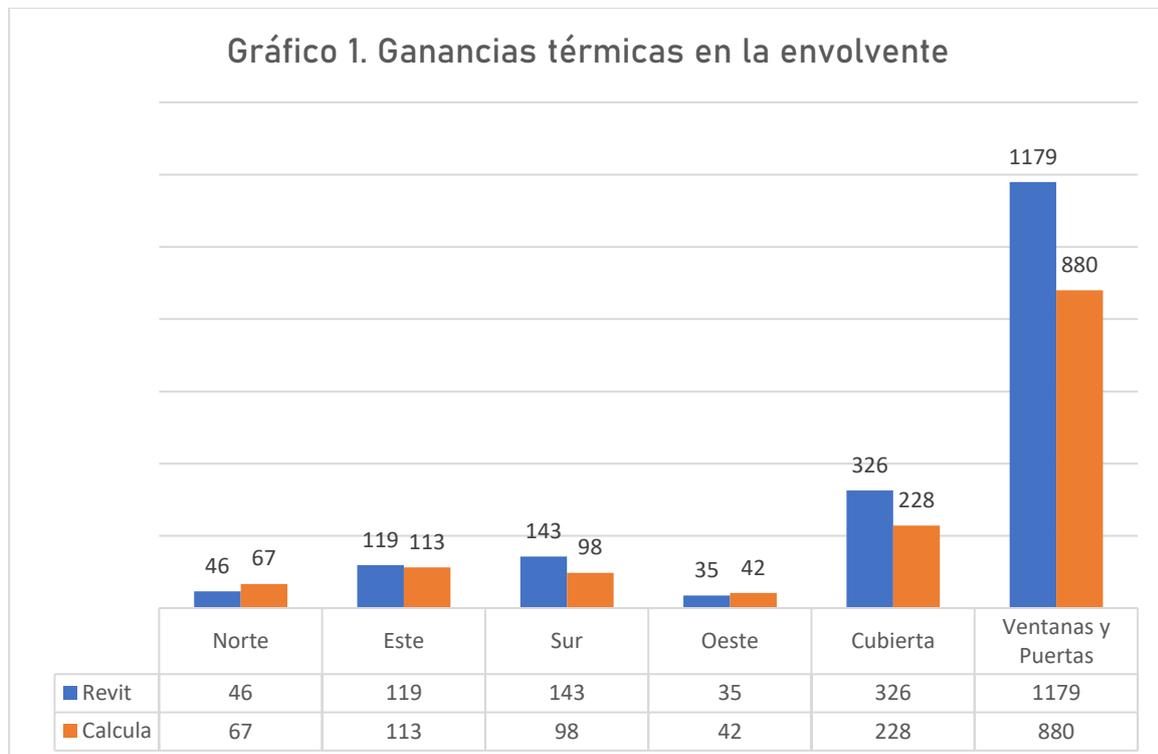
Las comparativas para ambos espacios de cálculo son las siguientes:

- Ganancias en la envolvente
- Ganancias internas
- Ganancias totales para refrigeración

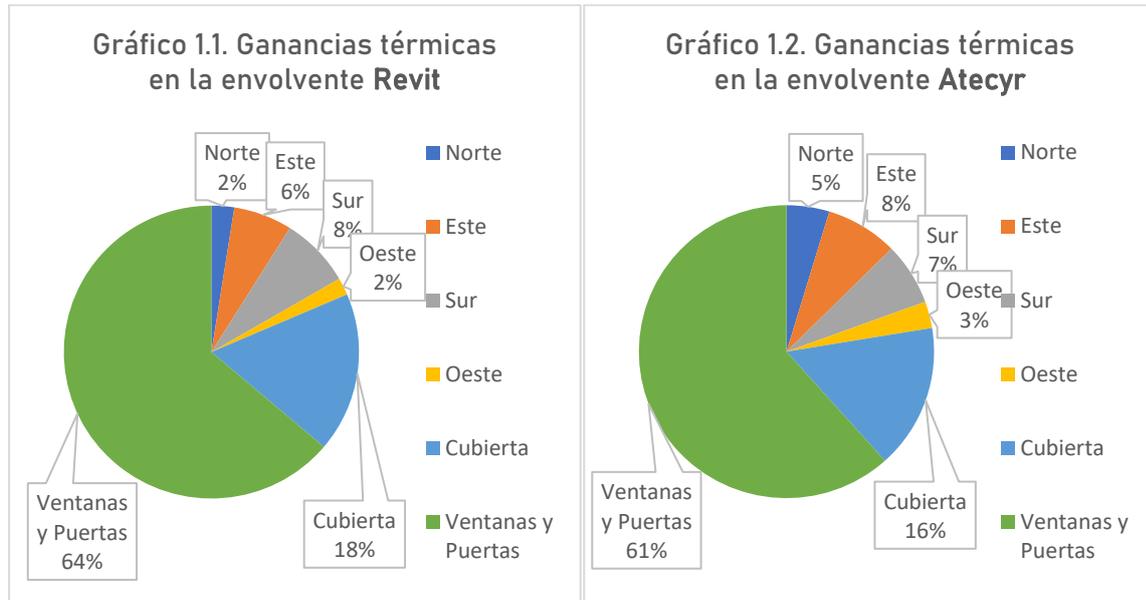
#### 4.3.1. Comparativa de espacios interiores calculados con Revit y Calcula

##### Aula 2-3 años

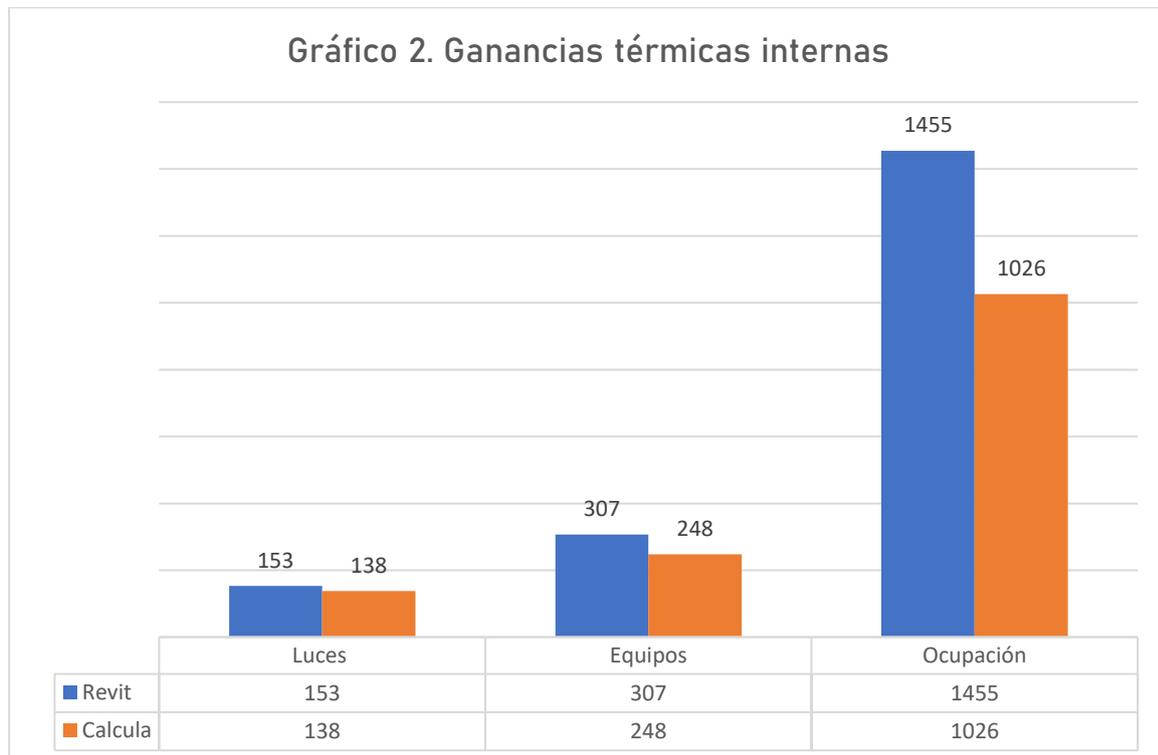
Gráfico general de las ganancias en la envolvente



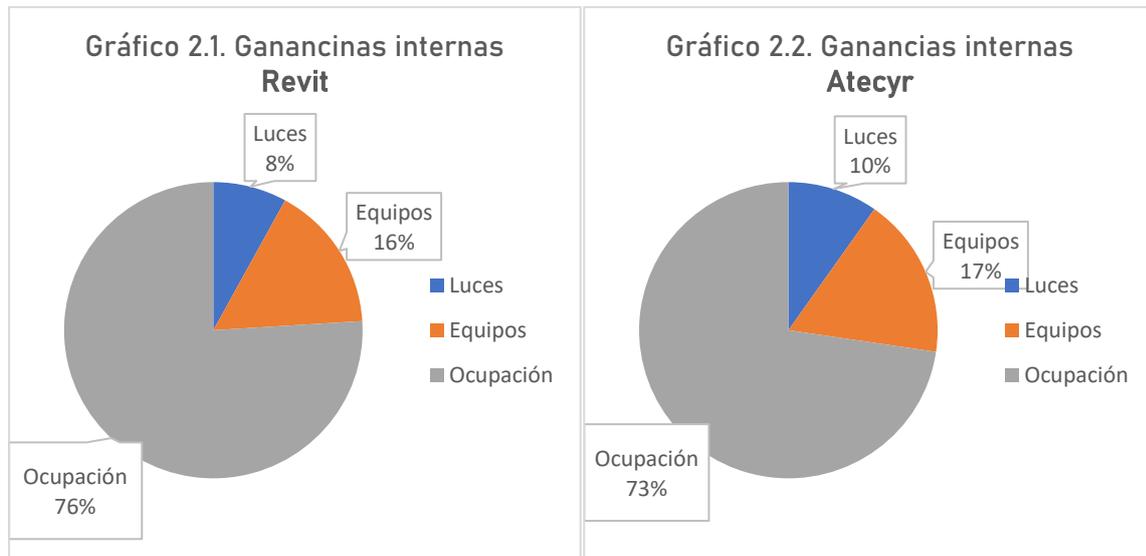
## Comparativa individual de cada propuesta de cálculo en la envolvente



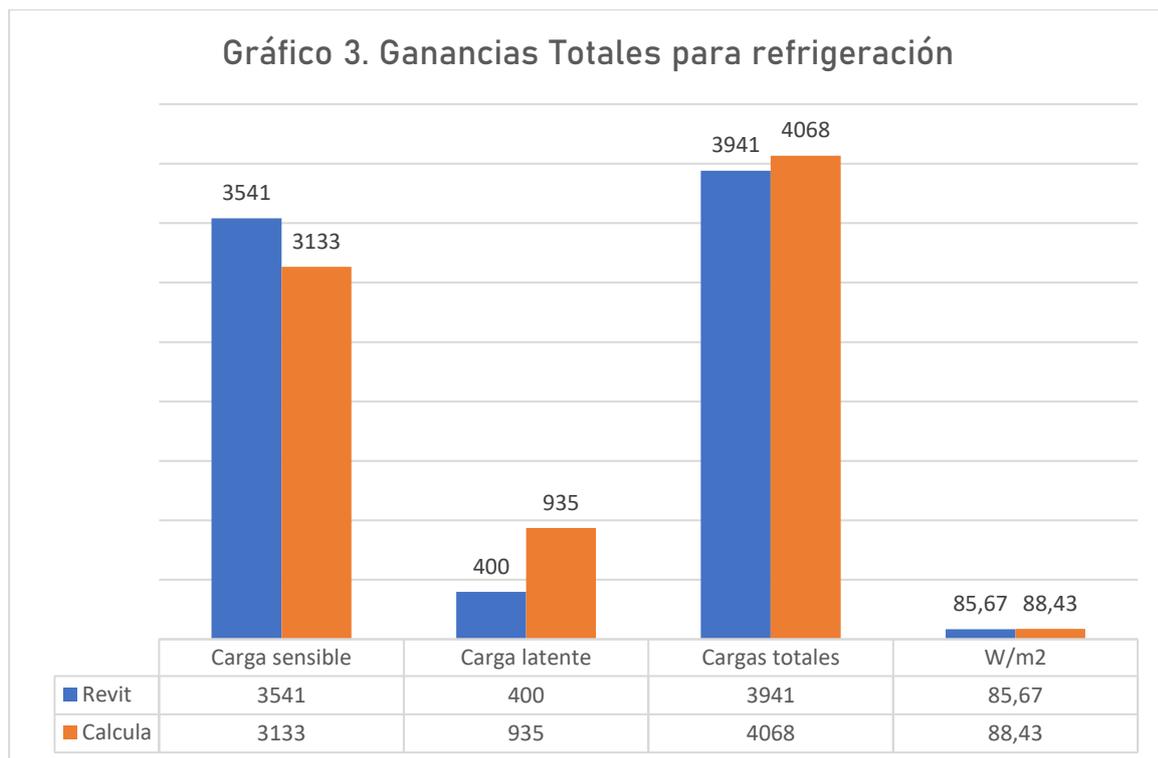
## Gráfico general de las ganancias internas



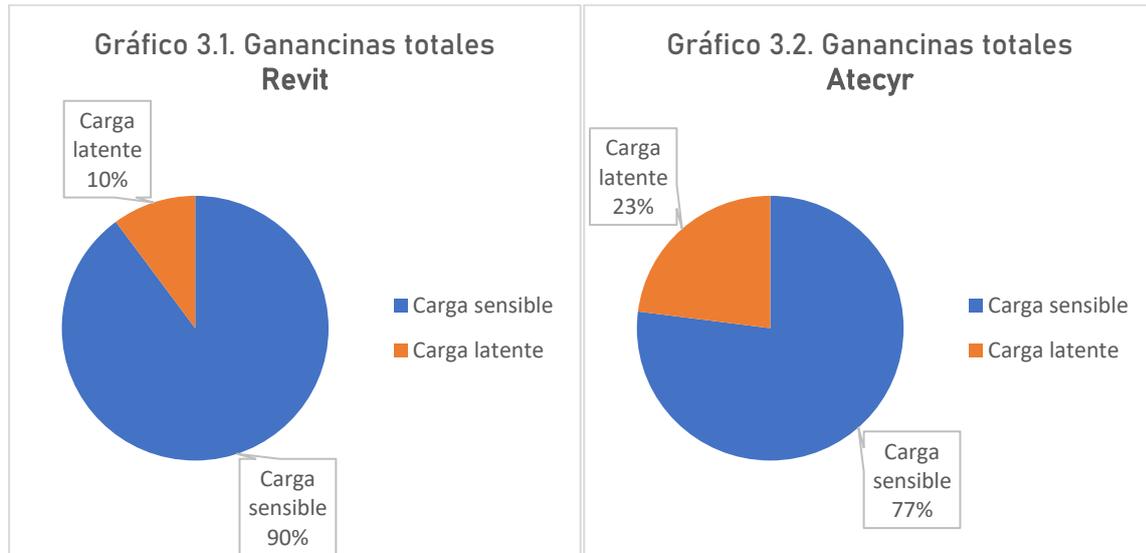
**Comparativa individual de cada propuesta de cálculo de ganancias internas**



**Gráfico de ganancias para la refrigeración**

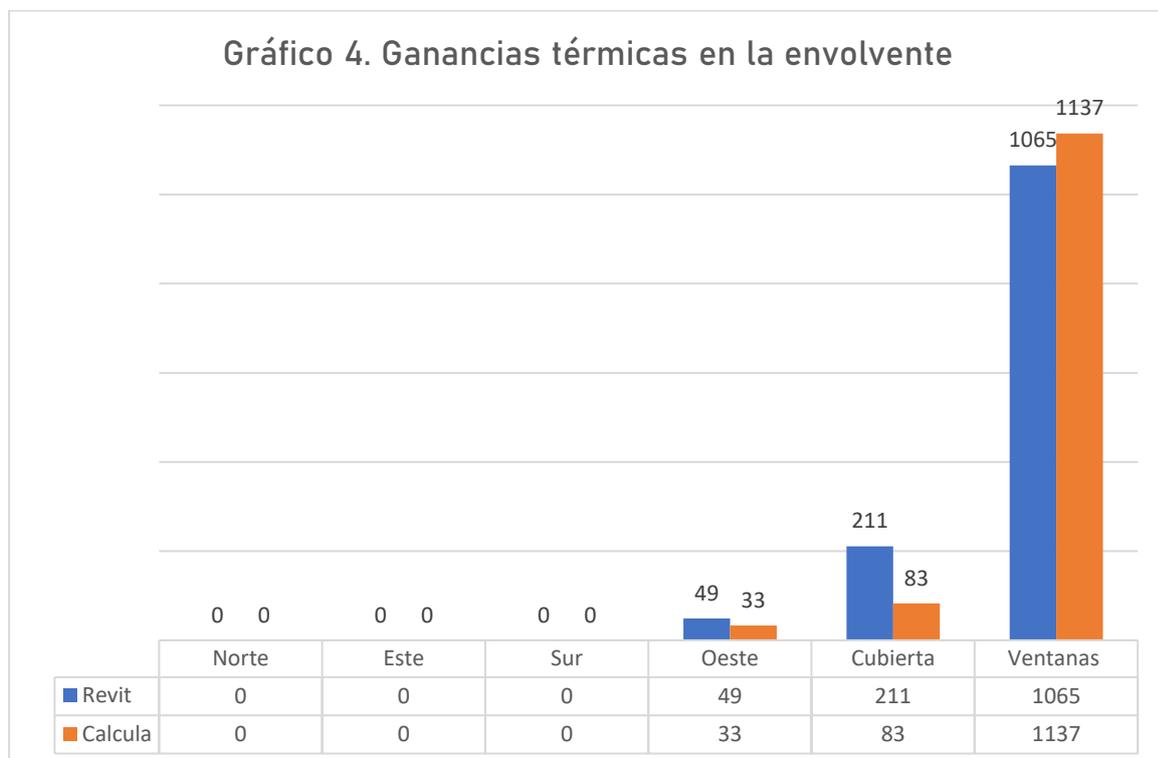


## Comparativa general de ganancias para cada propuesta en refrigeración

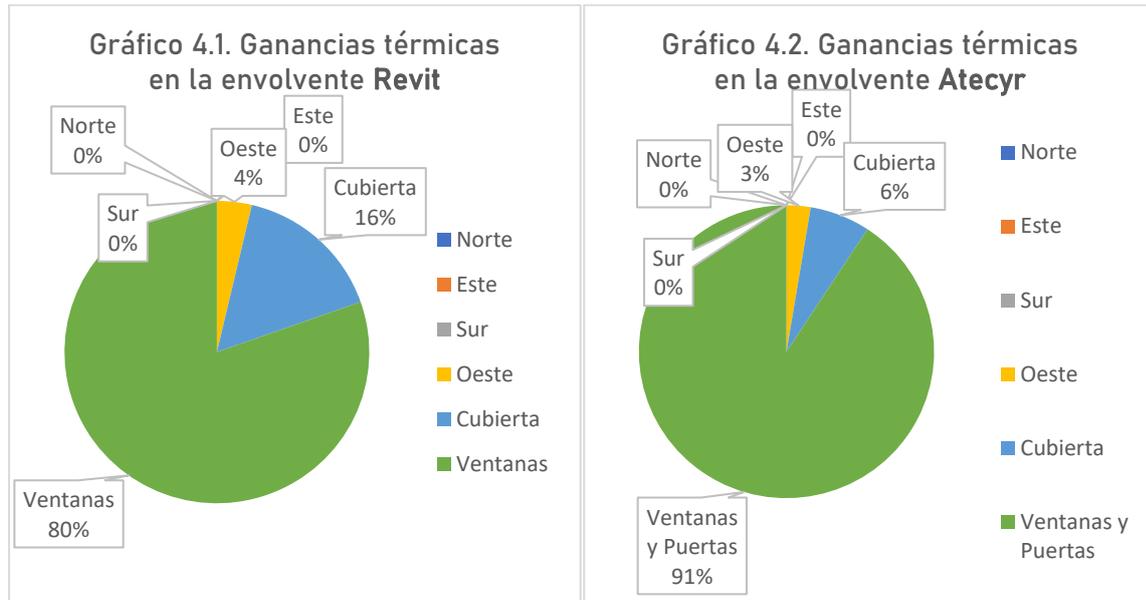


## Sala del personal

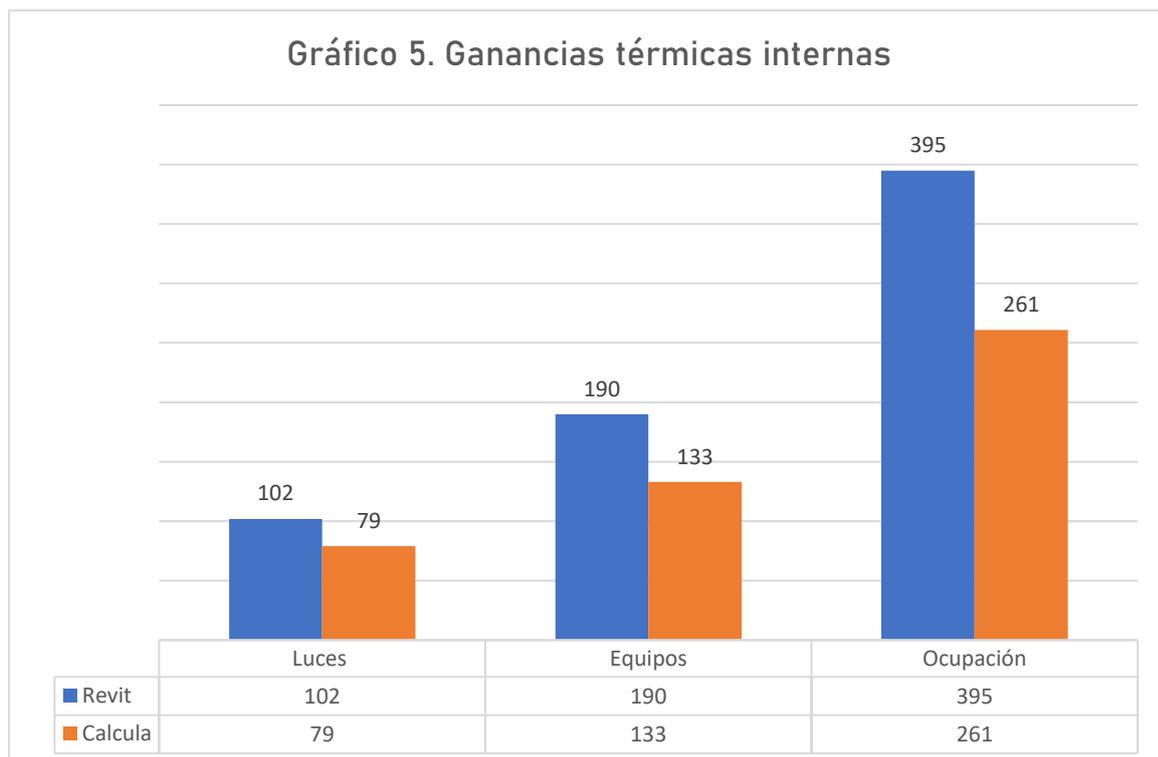
### Gráfico general de las ganancias en la envolvente



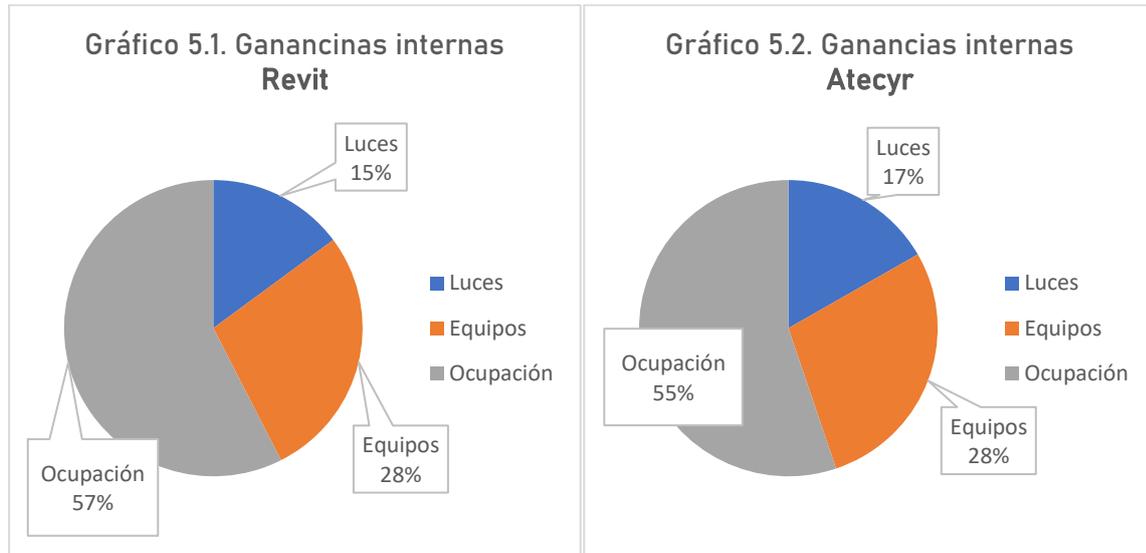
## Comparativa individual de cada propuesta de cálculo en la envolvente



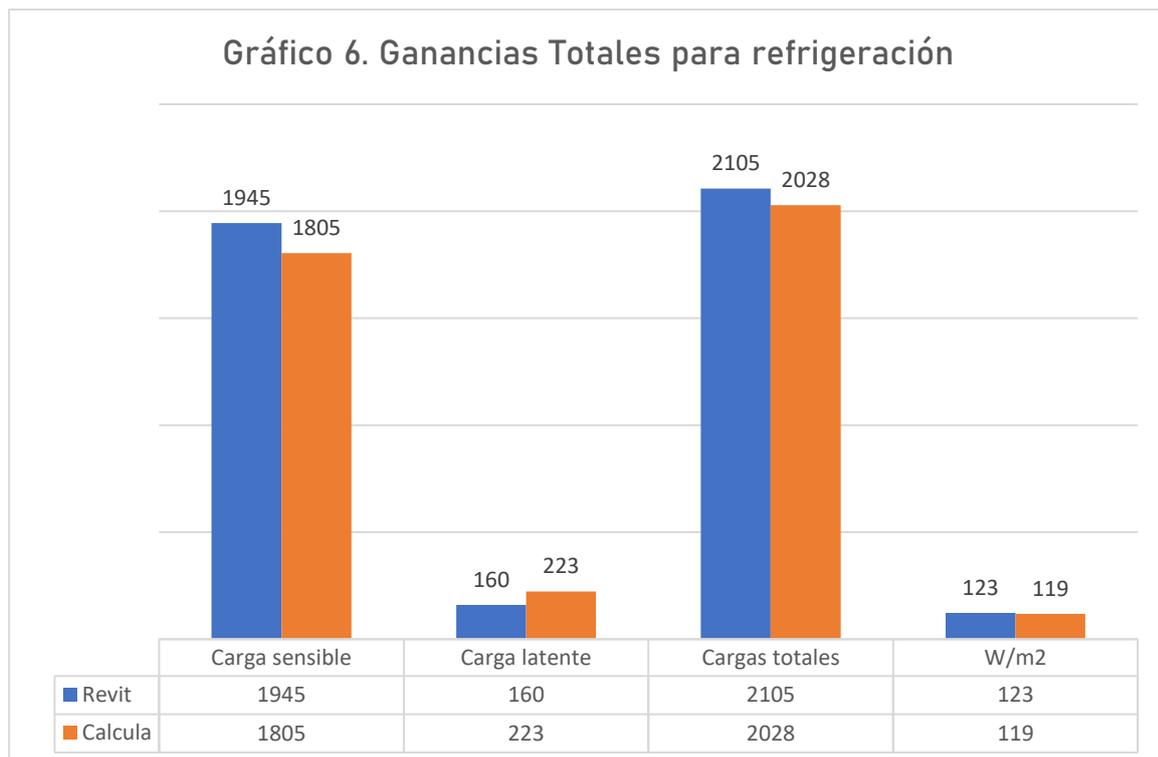
## Gráfico general de las ganancias internas



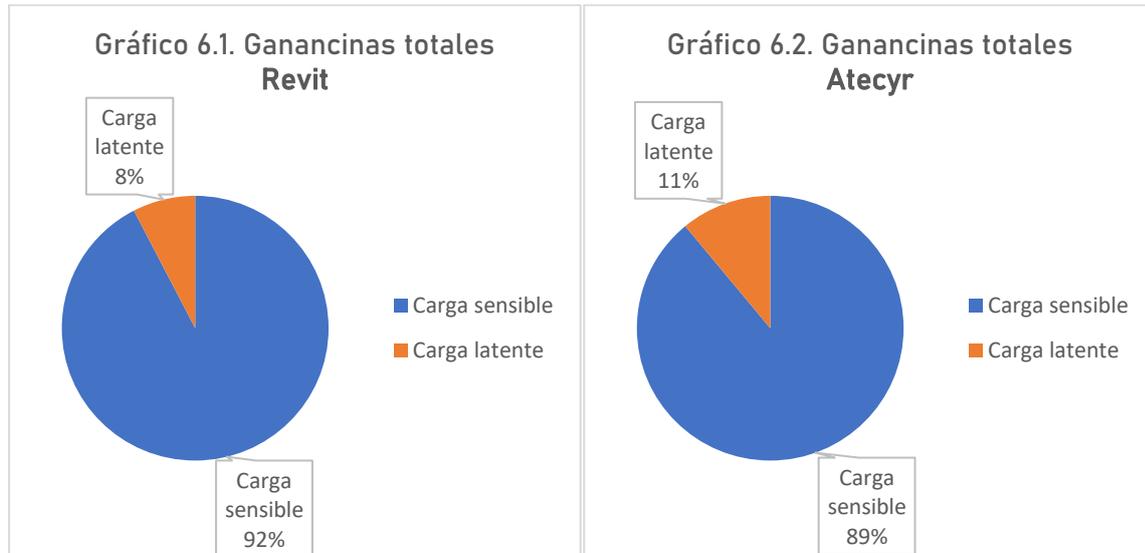
**Comparativa individual de cada propuesta de cálculo de ganancias internas**



**Gráfico de ganancias para la refrigeración**



## Comparativa general de ganancias para cada propuesta en refrigeración



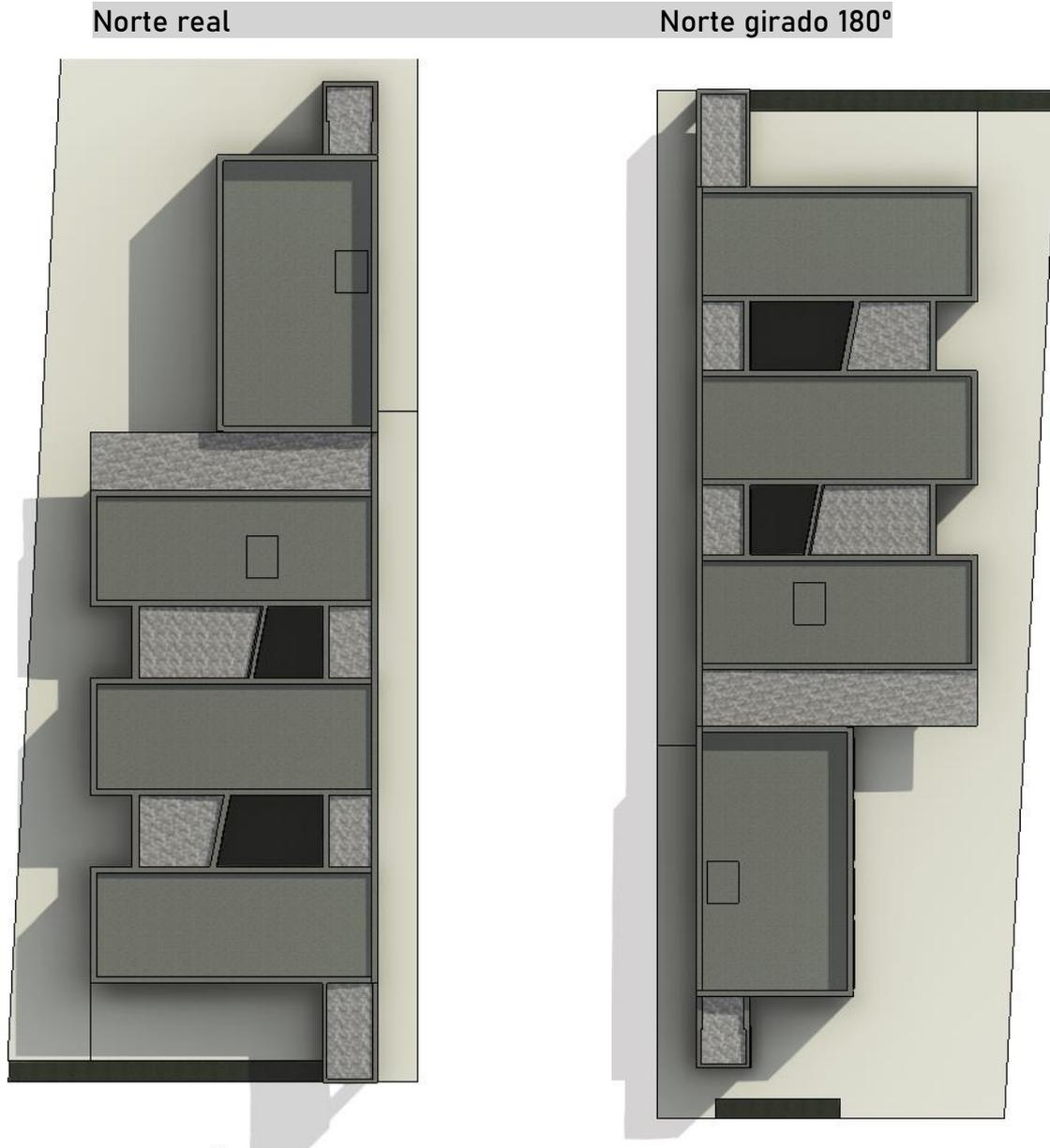
Después de graficar las diferencias en los valores para los cálculos de refrigeración en cada uno de los programas, se procederá a estudiar las diferencias de valores en los cálculos de ganancias térmicas con variación de sentido del edificio de Norte a Sur.

Con el objetivo de graficar las características térmicas de los elementos en consecuencia de esta nueva condición. Se modificará la planta del edificio en cuestión para que sus espacios que antes estaban al norte, ahora lo estén al sur y viceversa.

## 5. ANÁLISIS DE VARIABLES DIRECCIONALES Y CONSTRUCTIVAS

### 5.1. Cambio de sentido del edificio

#### Planta primera: ubicación esquemática de sombras

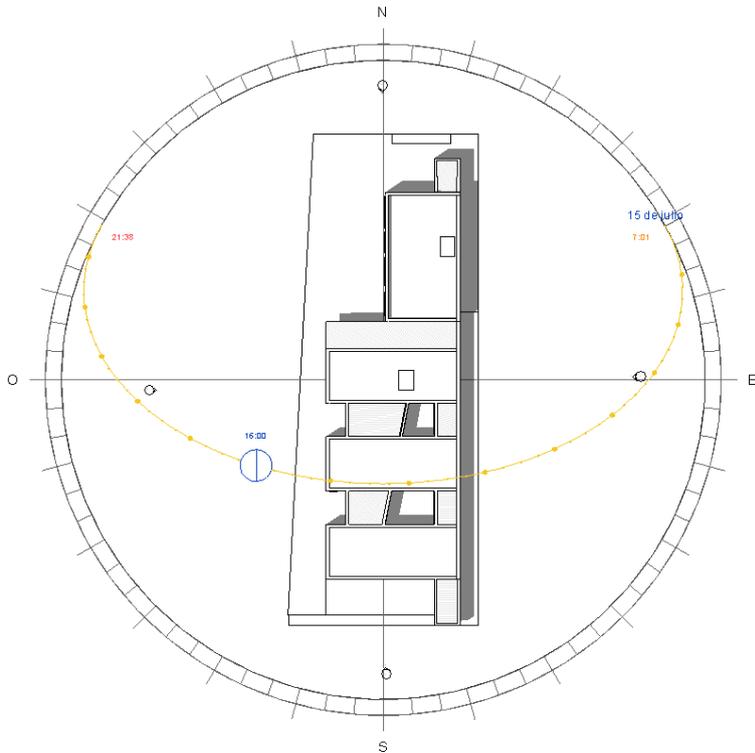


En una simple vista del volumen construido, se puede apreciar cómo cambia la geometría de la sombra que se asocia a la proyección de cada volumen, si bien tiene la misma dirección, cada una de las superficies sufre un cambio de radiación solar, y por consecuencia también la respuesta en las ganancias externas para cada espacio.

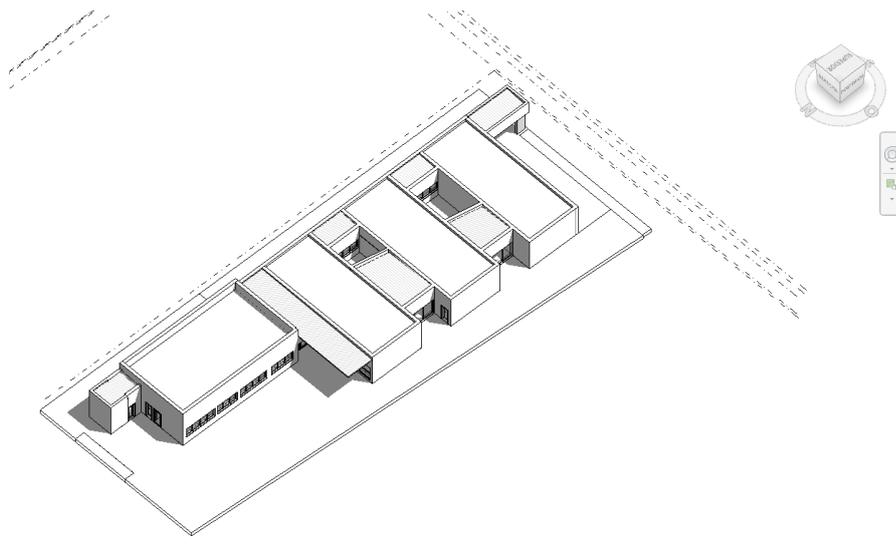
## **Configuración solar con norte real**

La configuración solar se establece precisamente para la ubicación del proyecto y a fecha y hora de julio a las 16:00 hr.

### **Esquema Norte de la ubicación solar en las distintas horas**



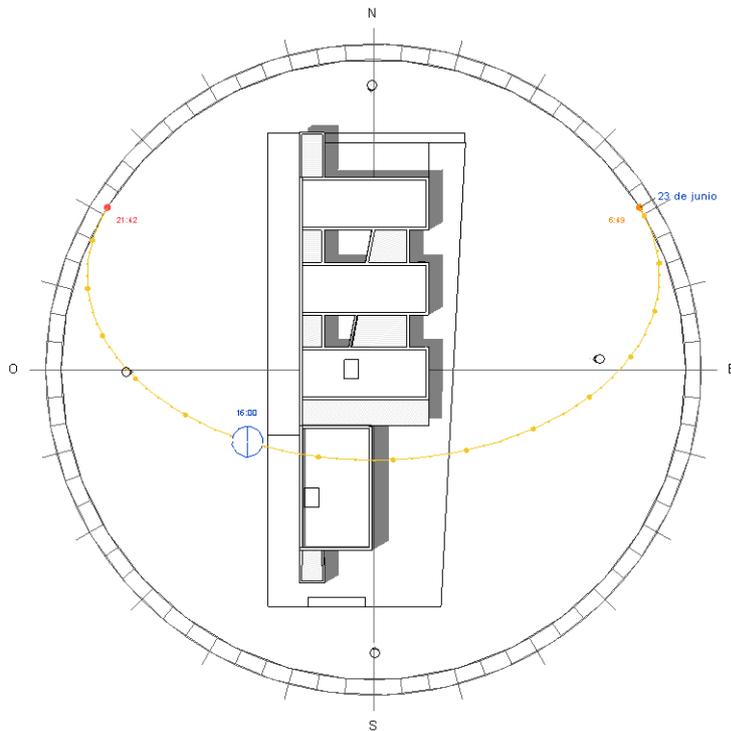
### **Axonométrica con la proyección de la sombra Norte**



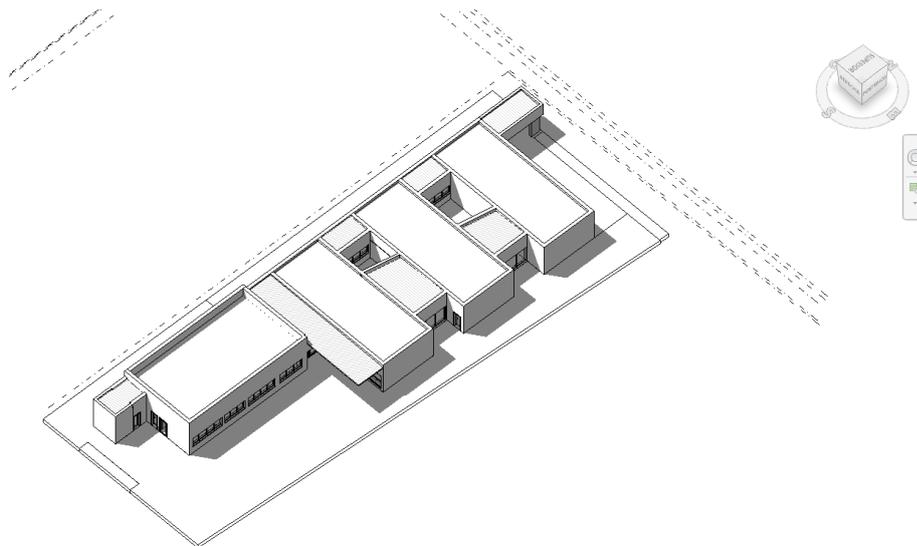
## Configuración solar con norte girado 180°

Para esta parte se compara el cálculo para el estado inicial del proyecto con Revit, en la dirección real y el cambio del norte geográfico a 180°.

### Esquema Sur de la ubicación solar en las distintas horas



### Axonométrica con la proyección de la sombra Sur



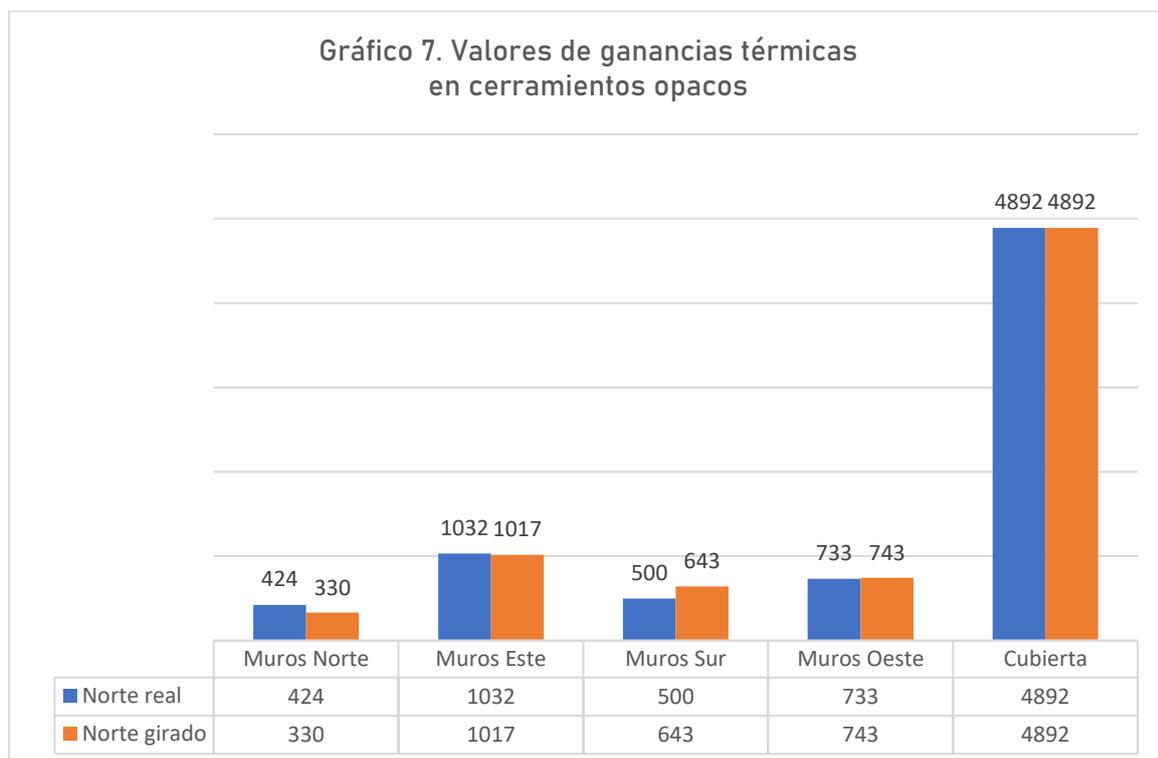
### Tabla de las dimensiones de los espacios

Estos valores no cambian, puesto que los espacios se han girado 180° desde la disposición inicial del proyecto.

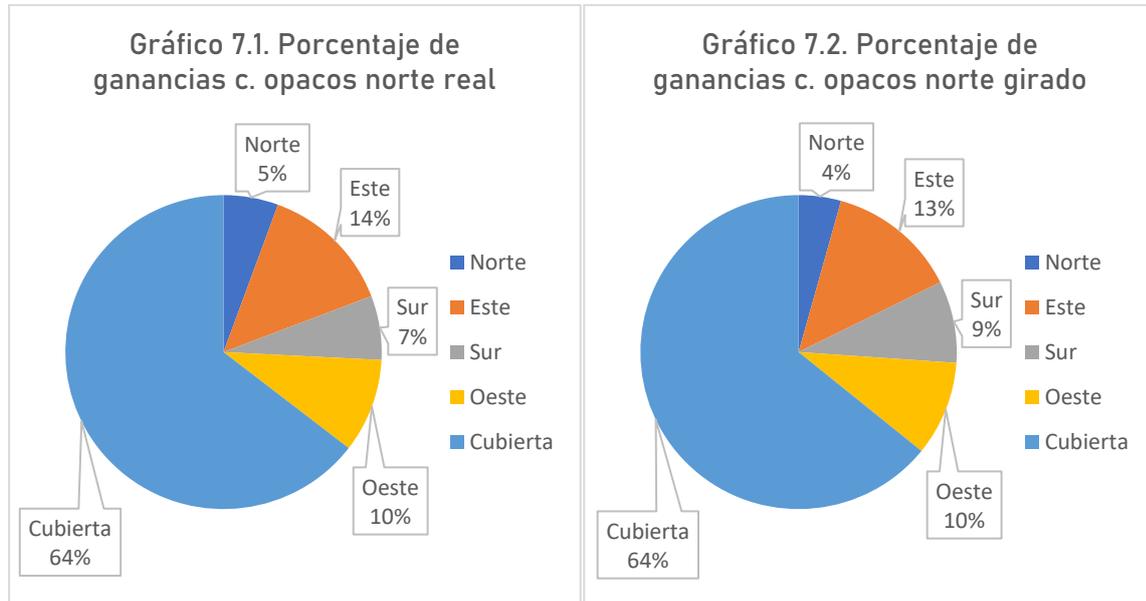
Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m³)
18 Distribuidor B	18,59	61,34
8 Aseo 1	4,56	15,05
9 Aseo 2	4,52	14,93
25 Vestuario F	7,78	25,67
15 Sala personal	16,8	55,44
14 Despacho 1	12,18	40,19
13 Despacho 2	16,71	55,13
1 Aula 2-3 años	45,82	151,21
2 Aseos y cambios	11,74	38,73
4 Cunas	13,18	43,48
3 Aula 1-2 años	34,53	113,95
23 Vestuario N	3,62	11,94
24 Vestuario M	5,84	19,27
22 Cocina	21,61	71,32
26 Distribuidor C	5,45	18
20 Comedor	38,9	128,37
16 Distribuidor A	73,19	241,49
19 Vestíbulo	16,19	53,41
17 Dirección	15,76	52,01
6 Cambios	5,22	17,23
5 Aula 0-1 años	26,24	86,59
TOTAL	398,43	1314,75

### Comparativa de los cerramientos opacos para Norte real y girado 180°

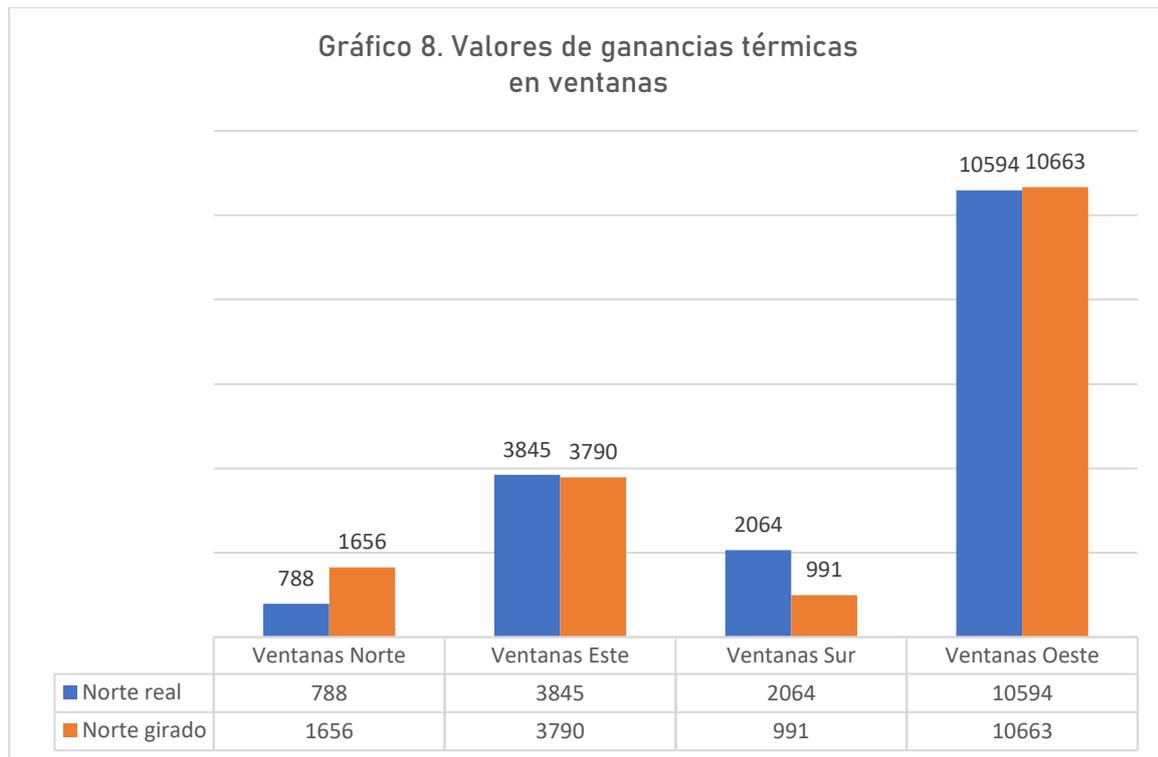
La comparativa se hace teniendo en cuenta el sentido cardinal de las superficies expuestas, por lo que, y así con las otras, al girar el edificio, las que en su ubicación original fueron norte, ahora estas mismas son sur.



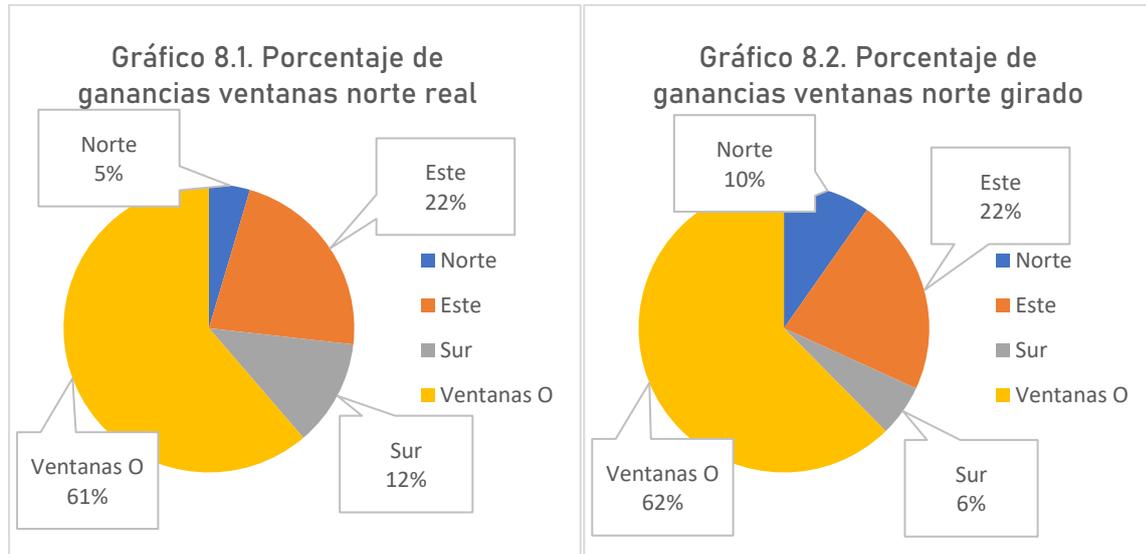
## Gráficos individuales de ganancias para norte real y girado



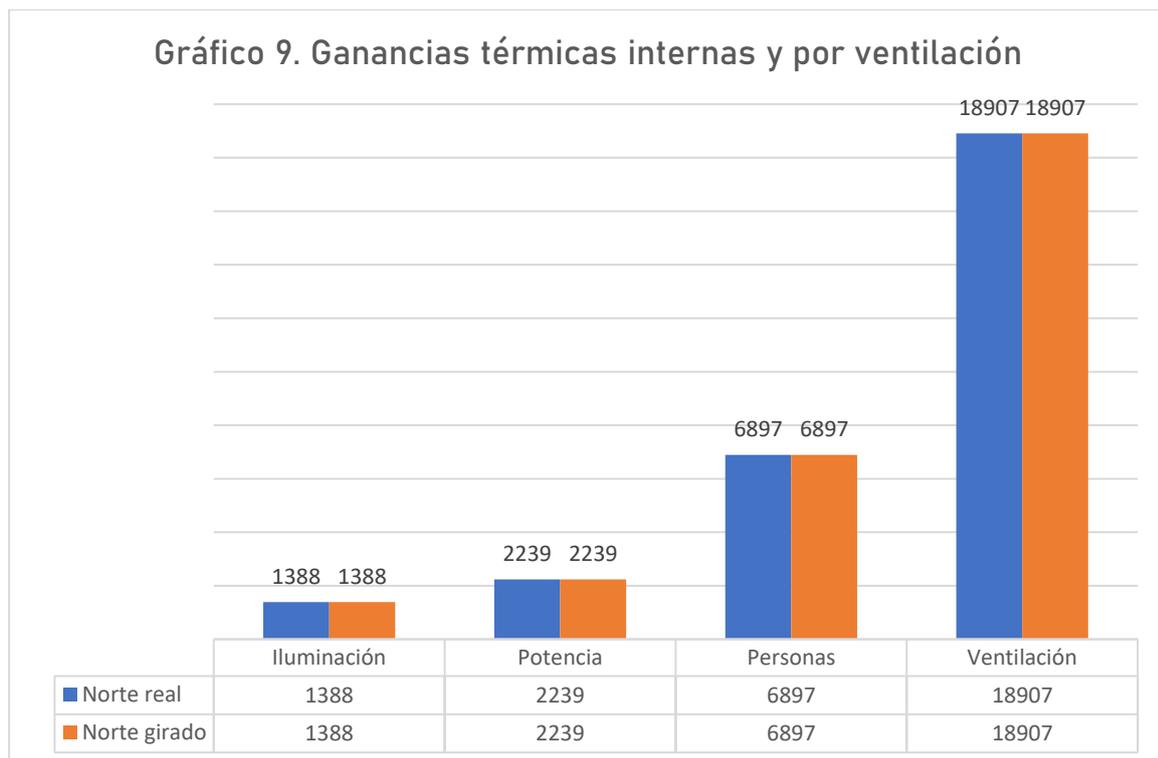
## Comparativa de los cerramientos vidriados para Norte real y girado 180°



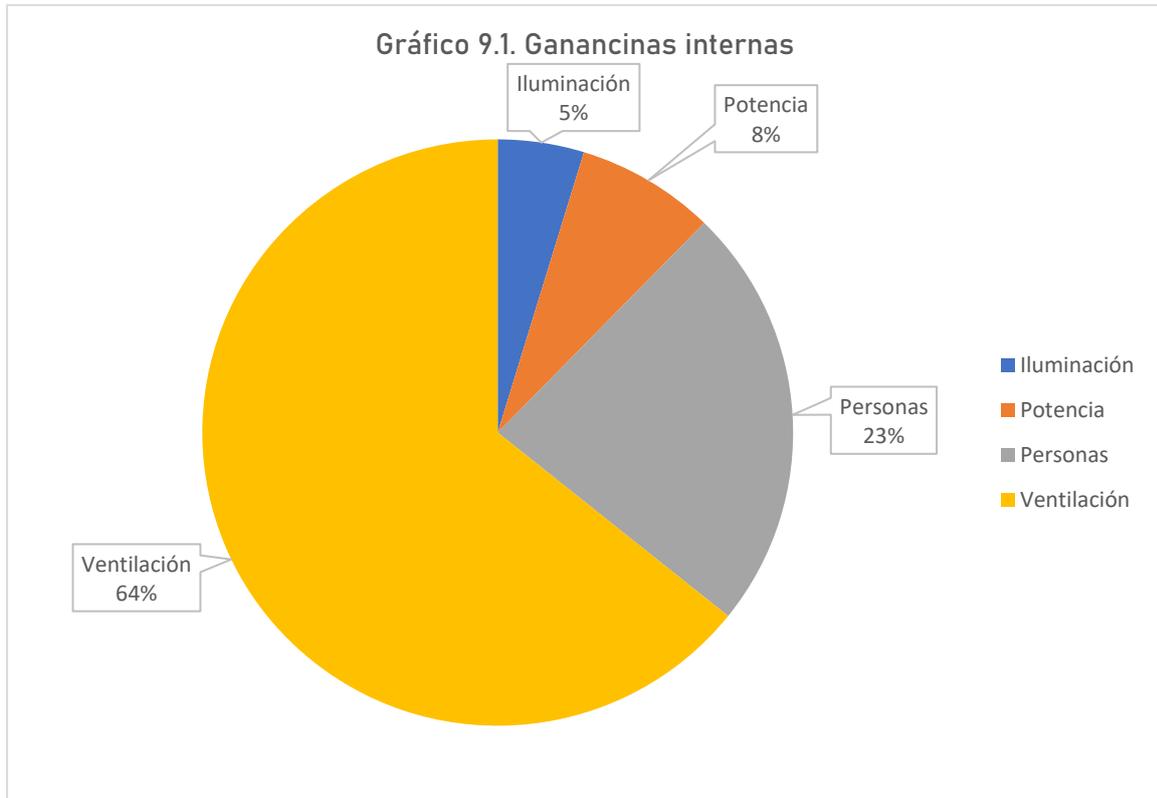
## Gráficos individuales de ganancias para norte real y girado



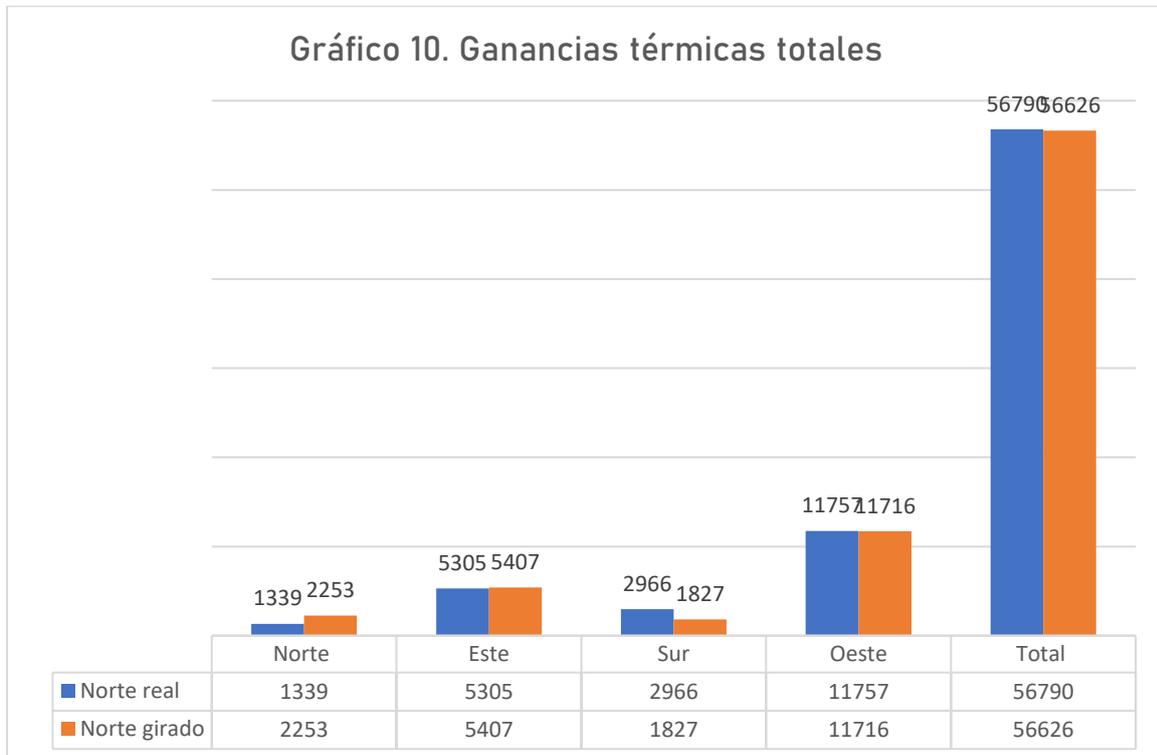
## Comparativa de ganancias internas y por ventilación para Norte real y girado 180°



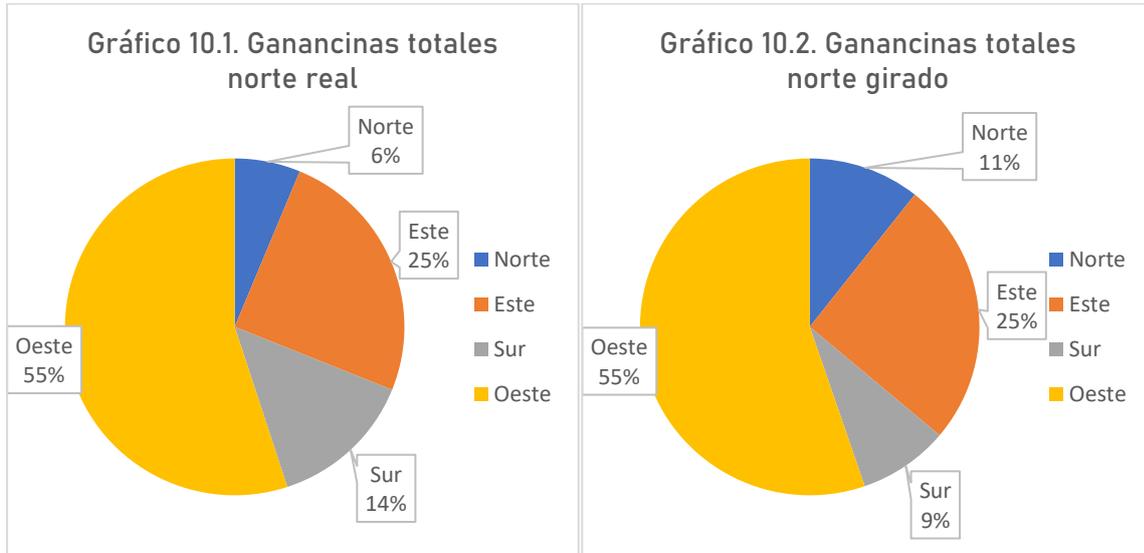
**Ganancias internas y por ventilación para Norte real y girado 180°**



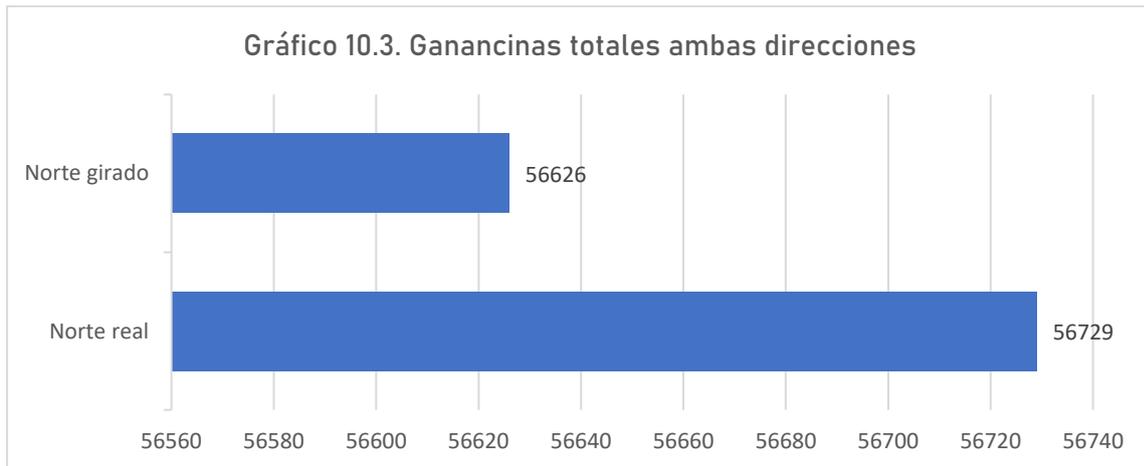
**Comparativa de ganancias totales de para Norte real y girado 180°**



### Gráficos individuales de ganancias para norte real y girado



### Comparativa general de ganancias totales de para Norte real y girado 180°



## 5.2. Cambio de sentido de un espacio: Aula

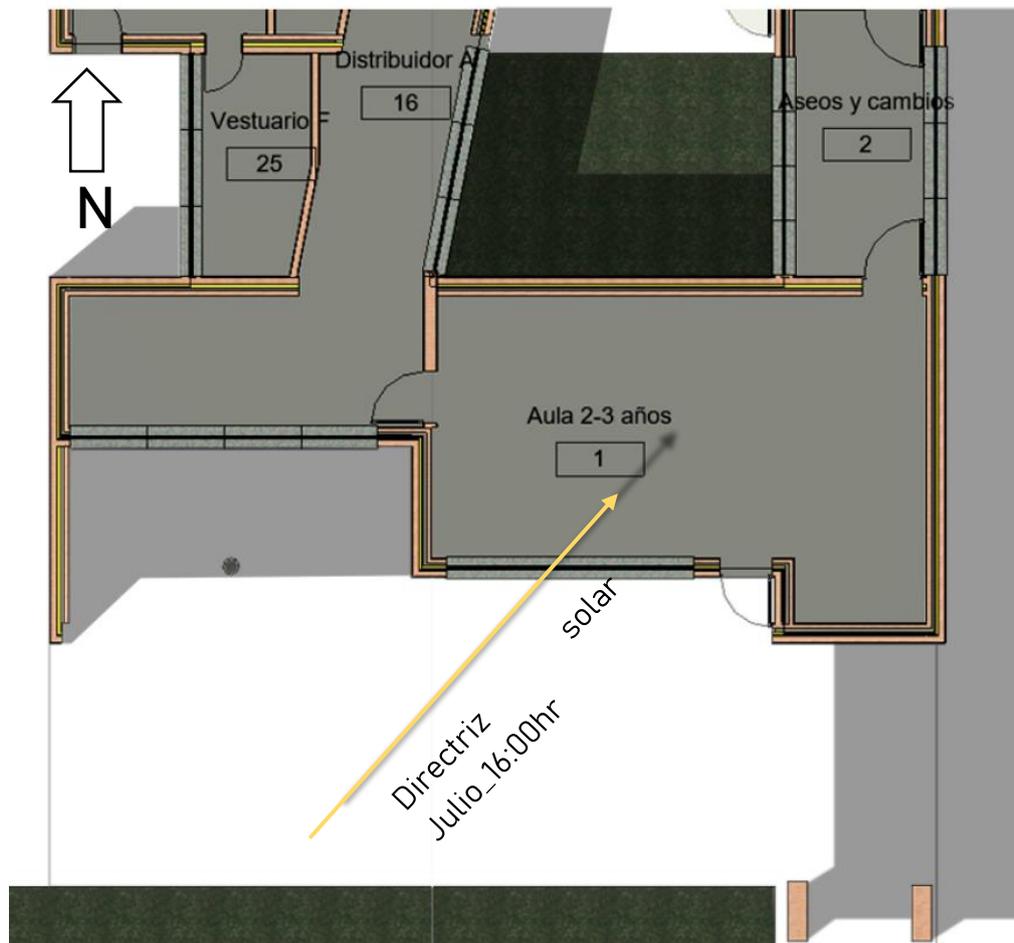
En este apartado se mostrará cuanto afecta al espacio interior del aula el cambio de sentido del edificio, donde la repercusión solar de los cerramientos que lo componen es distinta a la dirección original.

Se aprovechan los cálculos de partida con el programa Cargas de Atecyr donde solo se modifica la dirección de su envolvente.

Los demás datos que suman a las necesidades de refrigeración de las cargas internas no cambian.

### Aula 2-3 años

#### Ubicación original

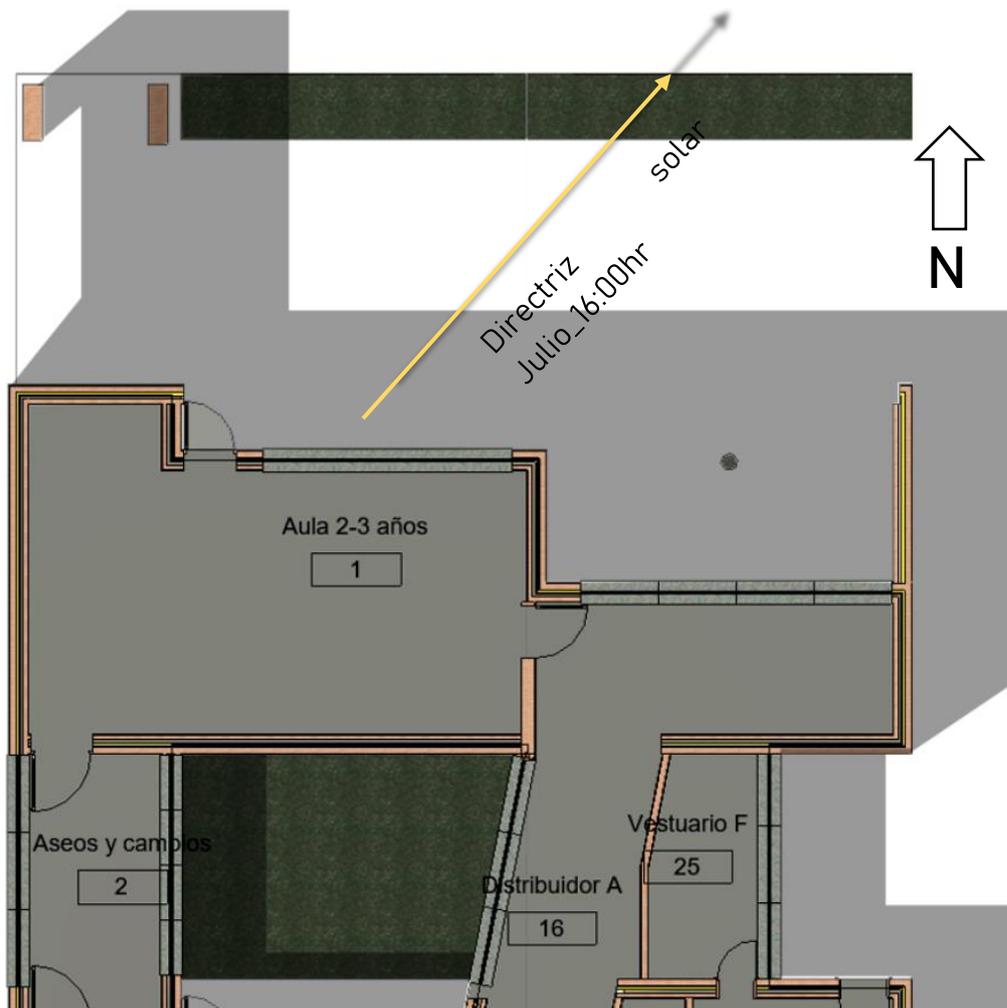


## Datos generales del espacio para sentido sur

Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	3,077
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	2,833
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	244
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	291.4
Valor máximo de carga de calefacción (W)	536
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	192.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	419	13.61%	80	133	145	60
Ventana	421	13.67%	0	421	0	0
Puerta	99	3.21%	0	99	0	0
Cubierta	586	19.04%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-
Filtración	145	4.72%	-	-	-	-
Iluminación	141	4.59%	-	-	-	-
Potencia	283	9.18%	-	-	-	-
Personas	984	31.98%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>3,077</b>	<b>100%</b>	<b>80</b>	<b>652</b>	<b>145</b>	<b>60</b>

## Edificio con cambio de sentido 180°

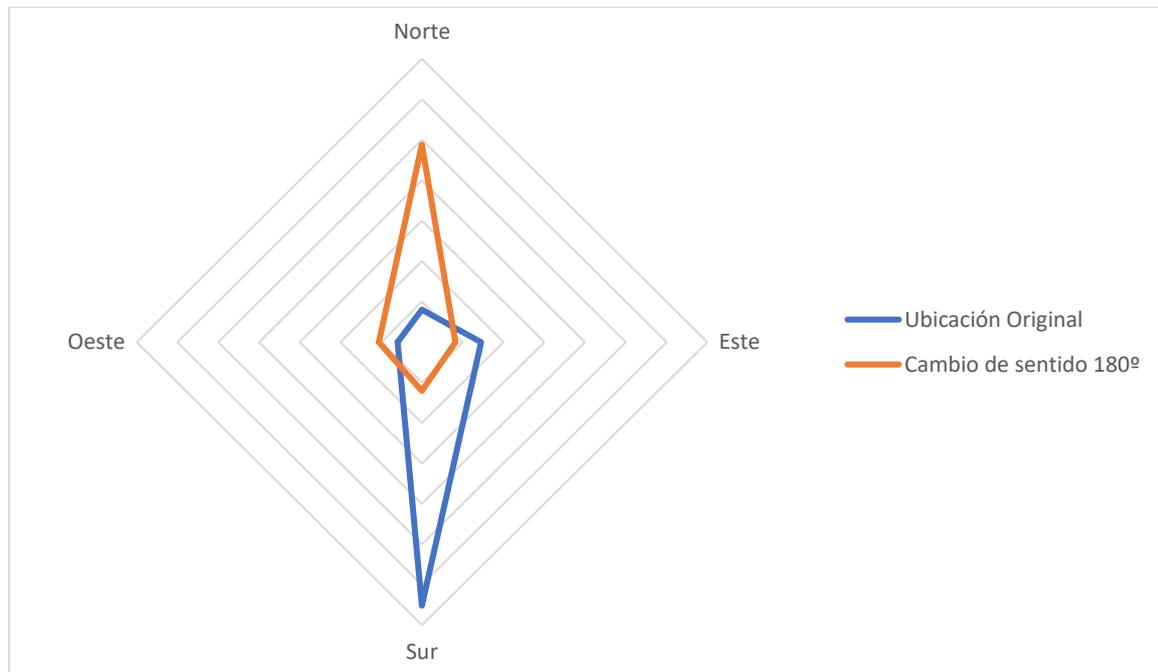


## Datos generales del espacio para sentido Norte

Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	2,936
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	2,692
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	244
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	278.0
Valor máximo de carga de calefacción (W)	536
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	192.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	398	13.54%	88	121	82	106
Ventana	334	11.37%	334	0	0	0
Puerta	66	2.24%	66	0	0	0
Cubierta	586	19.95%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-
Filtración	145	4.94%	-	-	-	-
Iluminación	141	4.81%	-	-	-	-
Potencia	283	9.63%	-	-	-	-
Personas	984	33.52%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Total	2,936	100%	488	121	82	106

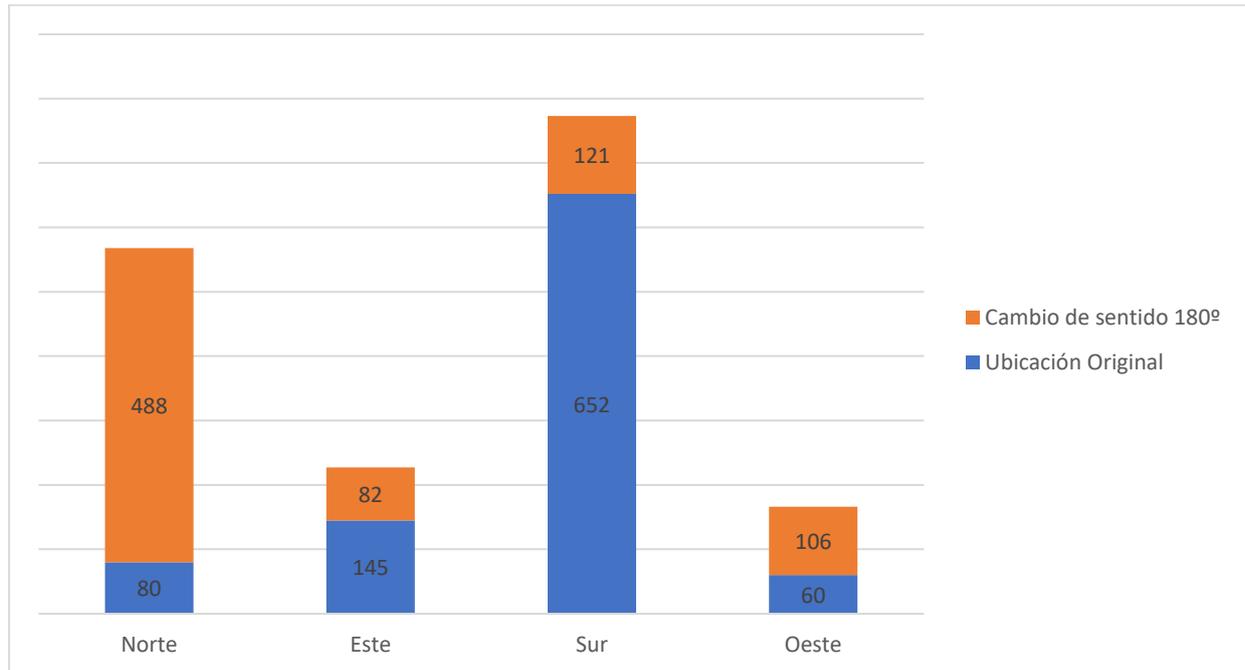
## Comparativa térmica para ubicación original y cambio de 180° de sentido



En la ubicación original las ganancias térmicas se dan en mayor medida en los paramentos sur y en la ubicación con el cambio de sentido en el norte.

Esto tiene que ver en mayor medida por la presencia del vidrio, amplificando la relación entre estos valores.

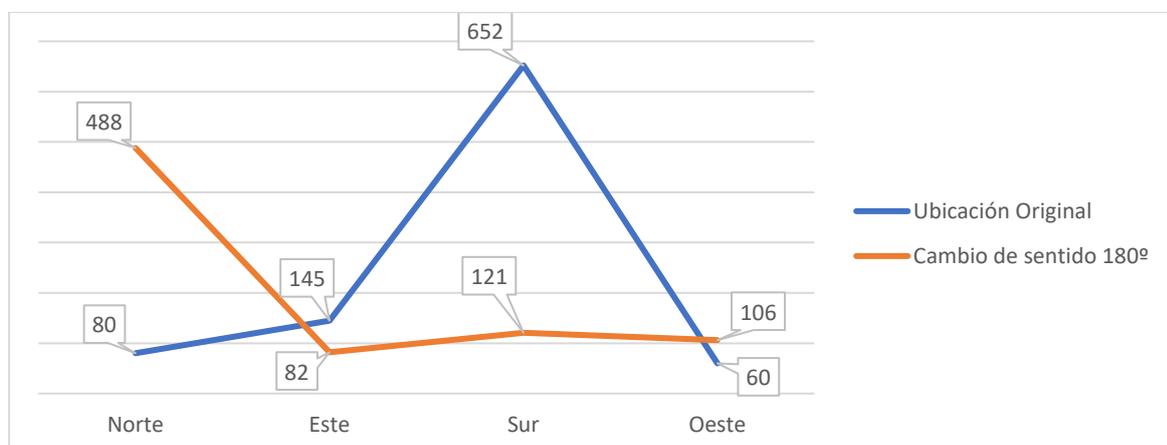
### Comparativa de ganancias para ubicación original y cambio de 180° de sentido



La diferencia entre porcentajes sobre la ganancia térmica entre la suma de los paramentos para cada sentido, tomando como el 100% la ganancia de la ubicación original es:

- Norte: El sentido girado gana un 610% al sentido original
- Este: El sentido girado pierde un 43.45% en cuanto al sentido original
- Sur: El sentido girado pierde un 81.44 % en cuanto al sentido original
- Oeste: El sentido girado gana un 176.67% al sentido original

### Diferencias de ganancias de acuerdo con el sentido valorado

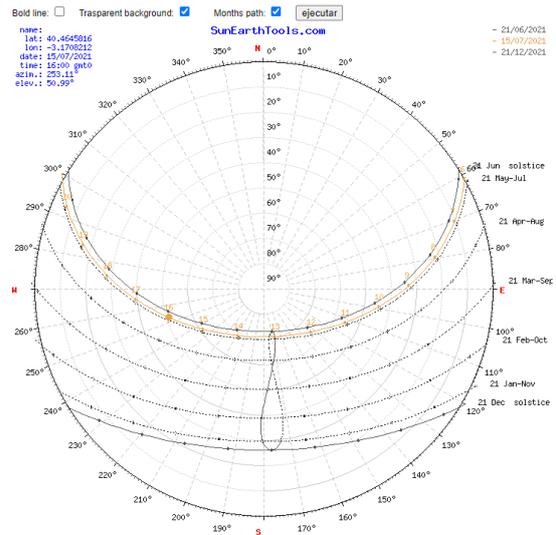


Una característica del sentido del plano calculado es que, en el Este del edificio, en la ubicación original<sup>22</sup>, el paramento que cierra el aula tiene una ganancia de 145 (w), pero cuando se cambia este mismo paramento al Oeste, la ganancia es de 82 (w), lo que significa que el Este aporta mayor energía que el Oeste.

Se sabe ampliamente que el sol en dirección Norte-Sur y sentido Norte para esta ubicación (40° 27' 53.048" N 3° 10' 14.890" W, España) aporta menos energía que en el sentido Sur.

El tiempo de incidencia y potencia solar es menor alrededor del 25% - 75%. Sin embargo, en la dirección Este-Oeste a pesar de haber una diferencia entre la variable de sentido del paramento expuesto al sol, este porcentaje es menor sobre un 60% - 40%.

Estas situaciones no se corresponden en la hora solar de mayor potencia radiante; porque además de esta hora con alta radiación, también se incluye la inercia del soleamiento incidente en las horas previas, cuando el paramento fue absorbiendo calor.



### Incidencia solar directa por horas en la dirección del edificio

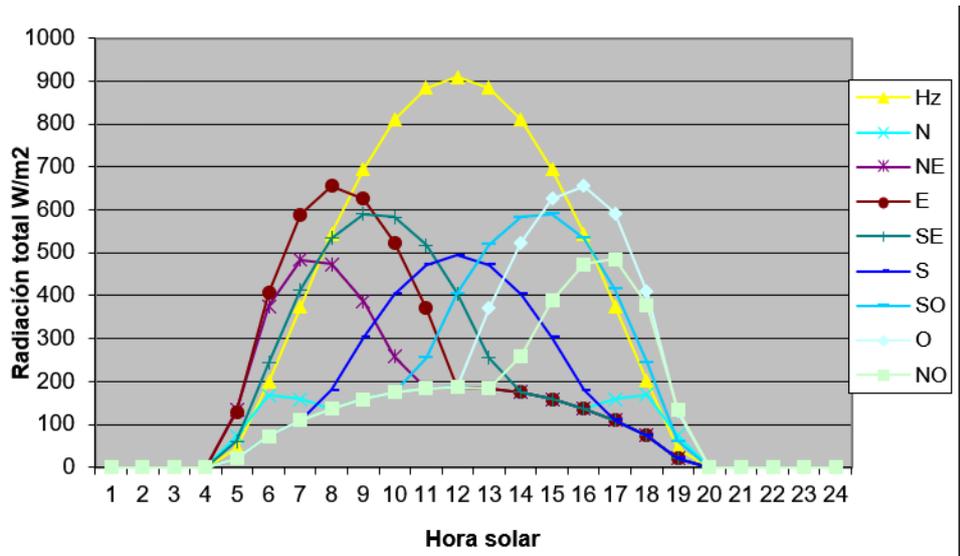


Fuente: <https://www.sunearthtools.com/dp/tools/>

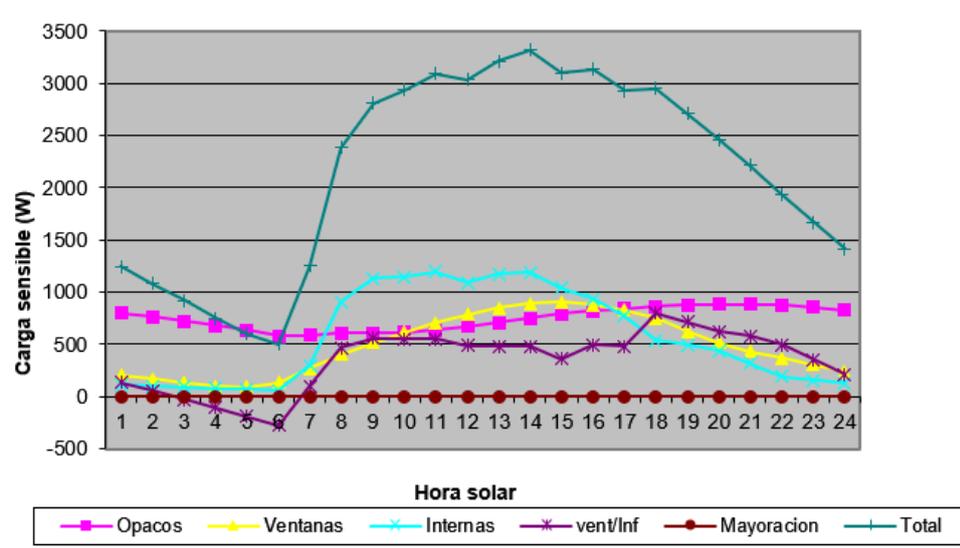
<sup>22</sup> Todos los cálculos corresponden a la misma hora (16:00), por lo que la dirección solar y sentido es el mismo para todos los casos.

La hora de mayor radiación solar es sobre las 12:30 del día, sin embargo, en el gráfico de calor sensible, sobre los paramentos se observa que a lo largo de la tarde y desde las 10:00 sube hasta las 20:00, cruzándose con los valores máximos de ganancias de las ventanas a las 16:30 hr.

Radiación total por hora solar W/m<sup>2</sup>



Carga sensible por radiación solar a cada hora en los cerramientos

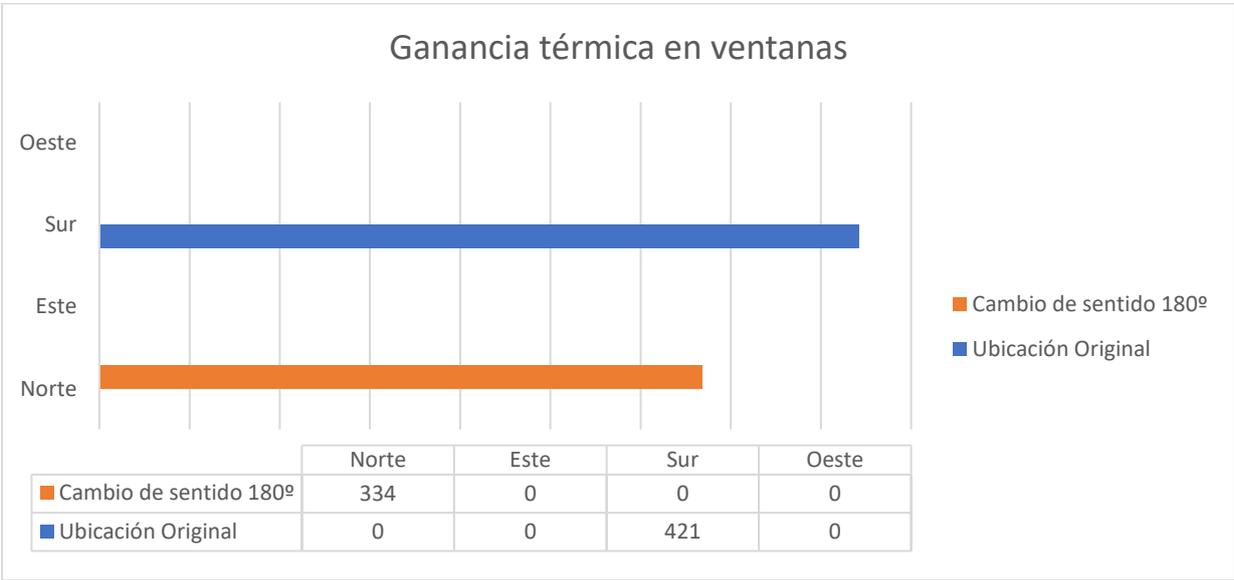


La razón es que: los paramentos opacos no transmiten calor inmediatamente al interior al recibir radiación directa, sino que a lo largo del día la van transfiriendo y más homogéneamente que la radiación incidente en ventanas, estas tienen una transmitancia de calor más inmediata.

Analizando esta característica de la envolvente (opaca y acristalada) se puede decir que las horas de mayor aporte de calor al interior de un espacio con estas características y sin añadir las ganancias internas, es sobre las 16:00 - 18:00 hr.

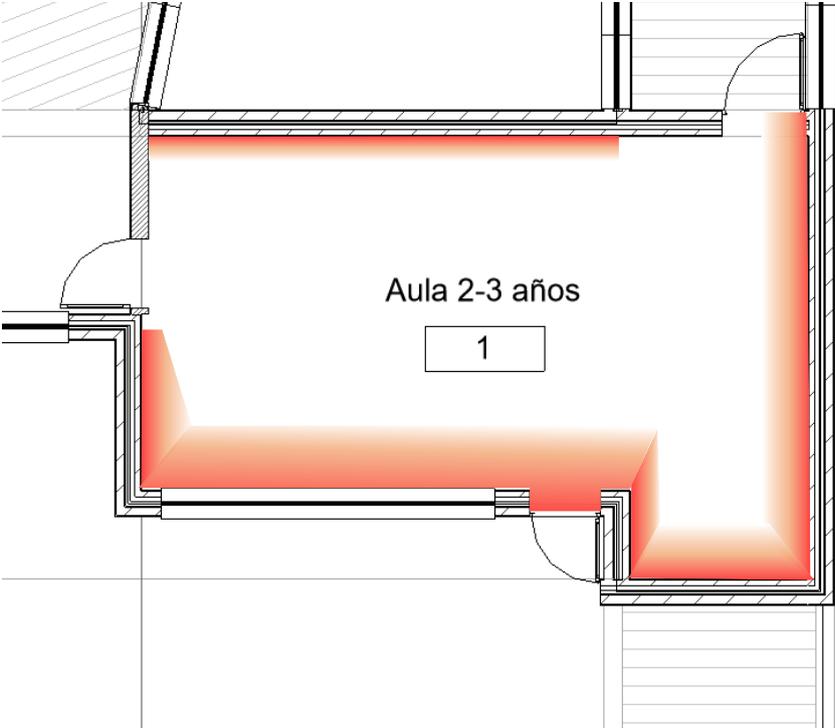
Las ventanas tienen una gran incidencia en cuanto a las radiaciones solares directas.

**Ganancias totales para ventanas en norte real y girado**

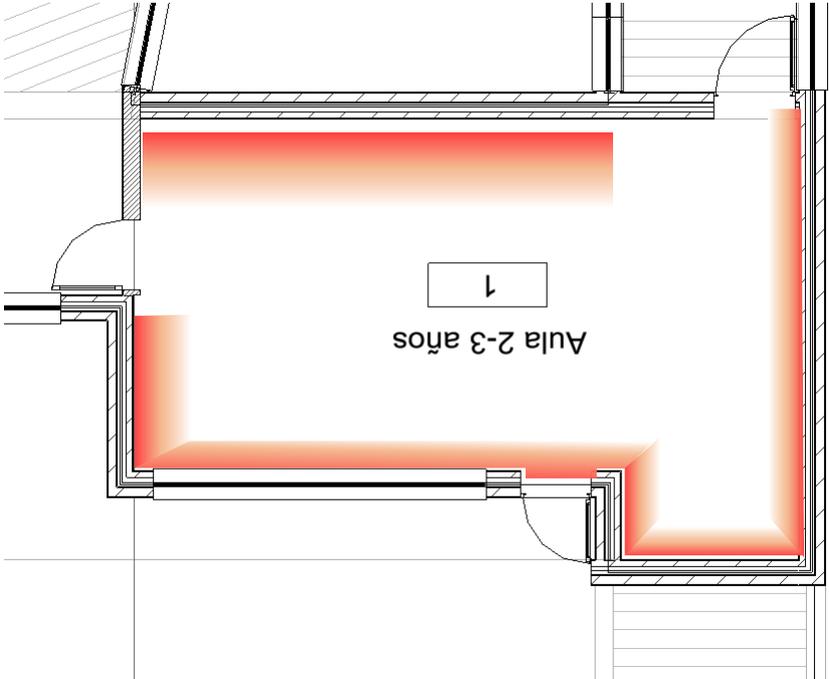


Las ventanas ganan mayor calor en el sentido sur, debido entre otras cosas al soleamiento incidente en ese sentido a esa hora.

**Esquema de transmitancia en la envolvente Norte original**



**Esquema de transmitancia en la envolvente Norte girado**



## **Análisis de las superficies del cerramiento**

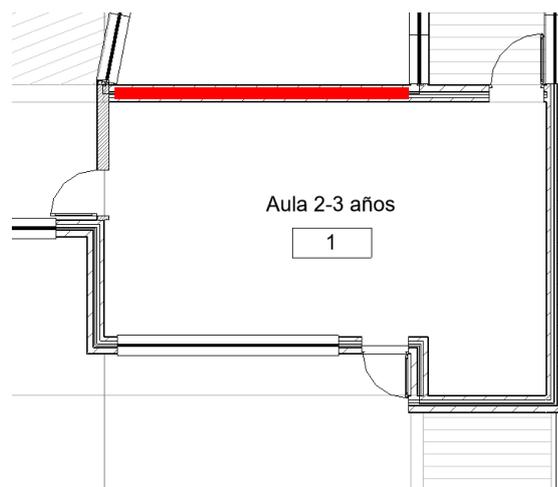
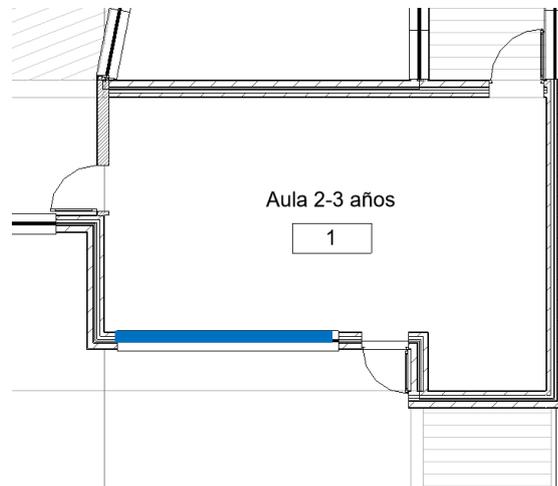
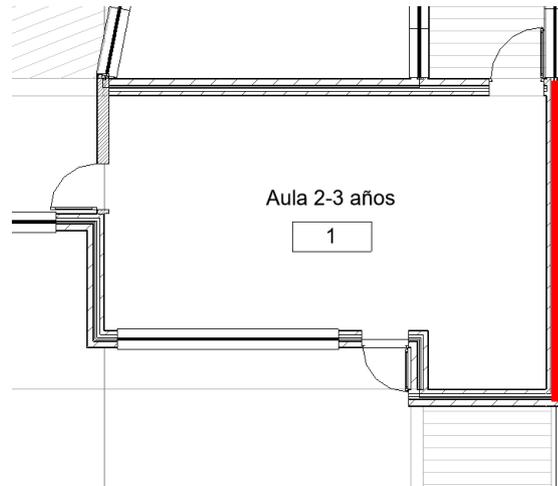
Evaluando una cara opaca en particular del cerramiento, la del sentido Este, el valor de ganancia térmica que se obtiene al girarla en 180° es de 106 (W), una diferencia de 39 (W), pérdida del 25%, de acuerdo a los 145 (W) de ganancia térmica del sentido original.

Por lo que para este caso, el Este entrega mayor radiación que el Oeste.

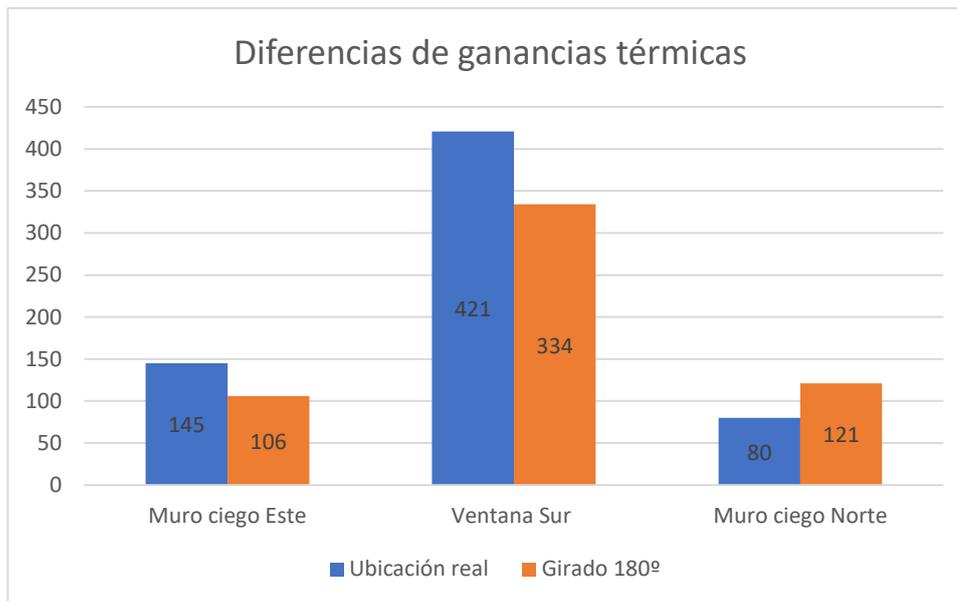
En el caso de la ventana principal de la cara Sur, la pérdida de ganancia térmica que se obtiene girado esta al Norte, es una diferencia de 87 (W), con respecto al sentido original .

Y para el muro con sentido Norte correspondiente a la ubicación principal, se produce una mayoración de 41 (W), en la ganancia térmica al girar 180°, puesto que el sur entrega mayor radiación que el Norte y esta repercute directamente en este paramento.

En general el Sur entrega mayor radiación que el Norte y para este caso no es distinto a ello.



## Diferencias de ganancia por superficie con respecto al cambio de sentido del cerramiento



### 5.3. Cambio en los componentes arquitectónicos de la envolvente: Sala de personal

En este apartado se analiza cuanto afecta a la sala de personal algunos cambios en la composición de su envolvente, modificando la repercusión solar al interior del espacio que produce el soleamiento el muro expuesto al exterior (muro Oeste), a través de 3 distintas situaciones: mediante la disminución de superficie vidriada, la incorporación de parasoles tipo lamas y la incorporación de un alero, que variando su dimensión se buscará reducir a la mitad la ganancia térmica inicial de cálculo.

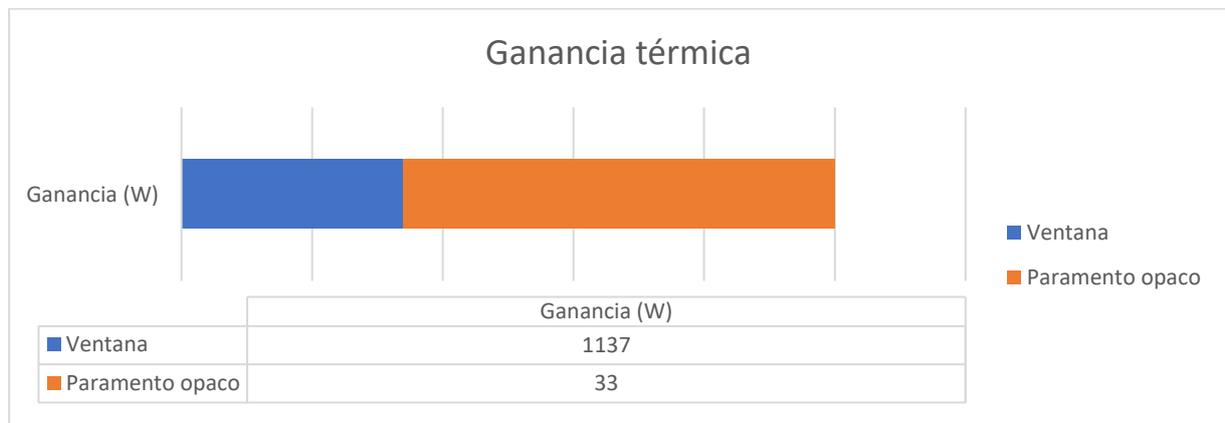
Las protecciones solares reducen el uso de energía en edificios al reducir la incidencia solar y por consecuencia modificar las cargas térmicas a través de la ventana. Las protecciones solares también influyen en los niveles de iluminación en el interior y las vistas al exterior, por lo que su incorrecta proyección puede reducir la iluminación interior. Las protecciones solares están estrechamente relacionadas con el consumo de energía en edificios para calefacción, refrigeración e iluminación y tienen una relación directa con el confort térmico y visual.

## Esquema de sombras para cerramiento original de 4 ventanas libres de obstáculos

### Planta y vista interior



## Ganancias térmicas para el cerramiento con paramento opaco y superficie vidriada

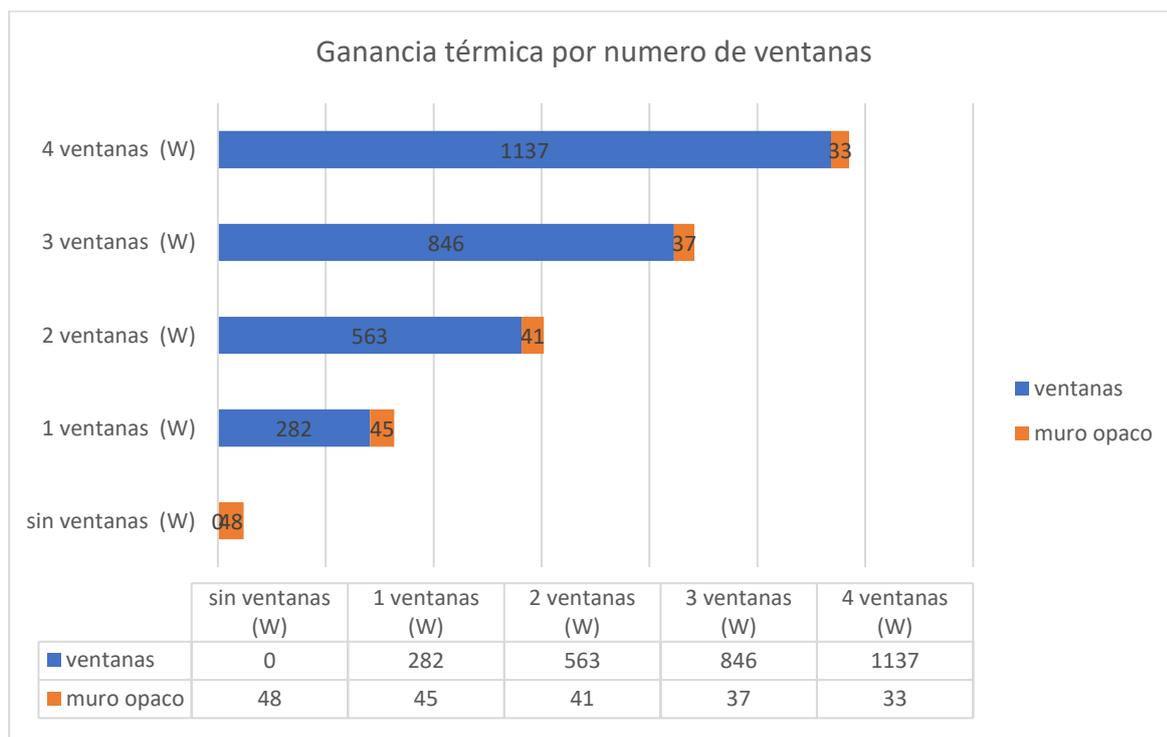


### 5.3.1. Reducción de superficie vidriada (cálculo Atecyr)

#### Cálculo de ganancias por número de ventanas

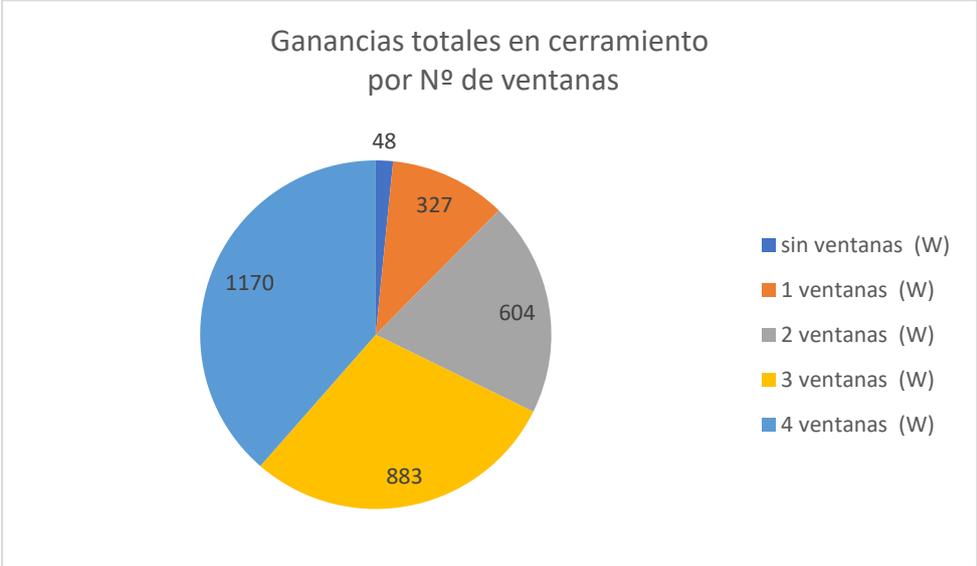
	Area (m2)	g	(W/m2K)	(W/m2K)	FM	Uacce	Facce	Acce	Activo	aleros	Otros edif.		
<b>• 3 ventanas (W)</b>													
O-Muro	10,5	13,7	0,44	Medio	0,8							37	0
O-Muro	3,2	0,76	2,9	3,3	0,1	1,00	1	Ext	100	0,13	0	846	0
<b>• 2 ventanas (W)</b>													
O-Muro	11,6	13,7	0,44	Medio	0,8							41	0
O-Muro	2,2	0,76	2,9	3,3	0,1	1,00	1	Ext	100	0,13	0	563	0
<b>• 1 ventanas (W)</b>													
O-Muro	12,6	13,7	0,44	Medio	0,8							45	0
O-Muro	1,1	0,76	2,9	3,3	0,1	1,00	1	Ext	100	0,13	0	282	0
<b>• sin ventanas (W)</b>													
O-Muro	13,7	13,7	0,44	Medio	0,8							48	0
O-Muro	0,0	0,29	2,9	3	0,25	0,66	0,51	Ext	90	0	1	0	0

#### Ganancias térmicas de acuerdo con el número de ventanas



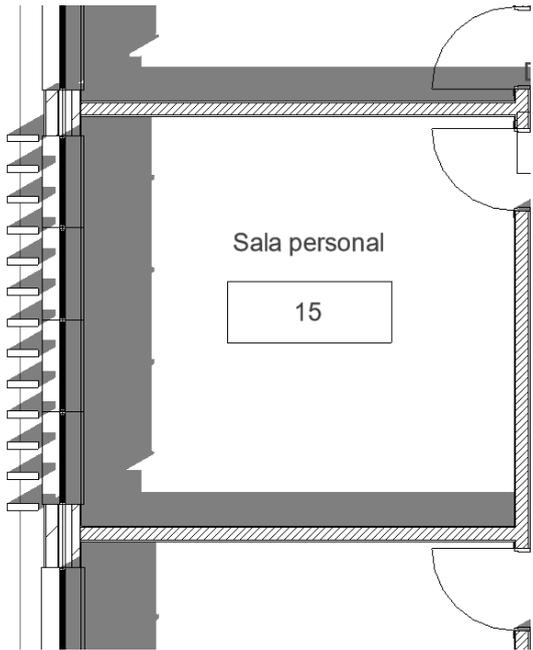
Los resultados muestran que una superficie vidriada en cuando a la repercusión solar en la hora expuesta, hace variar significativamente la ganancia térmica al interior del espacio estudiado.

**Ganancias totales en cerramiento**



**5.3.2. Lamas verticales en el exterior de la superficie vidriada**

**Esquema de planta con lamas verticales**



**Vista interior con lamas**

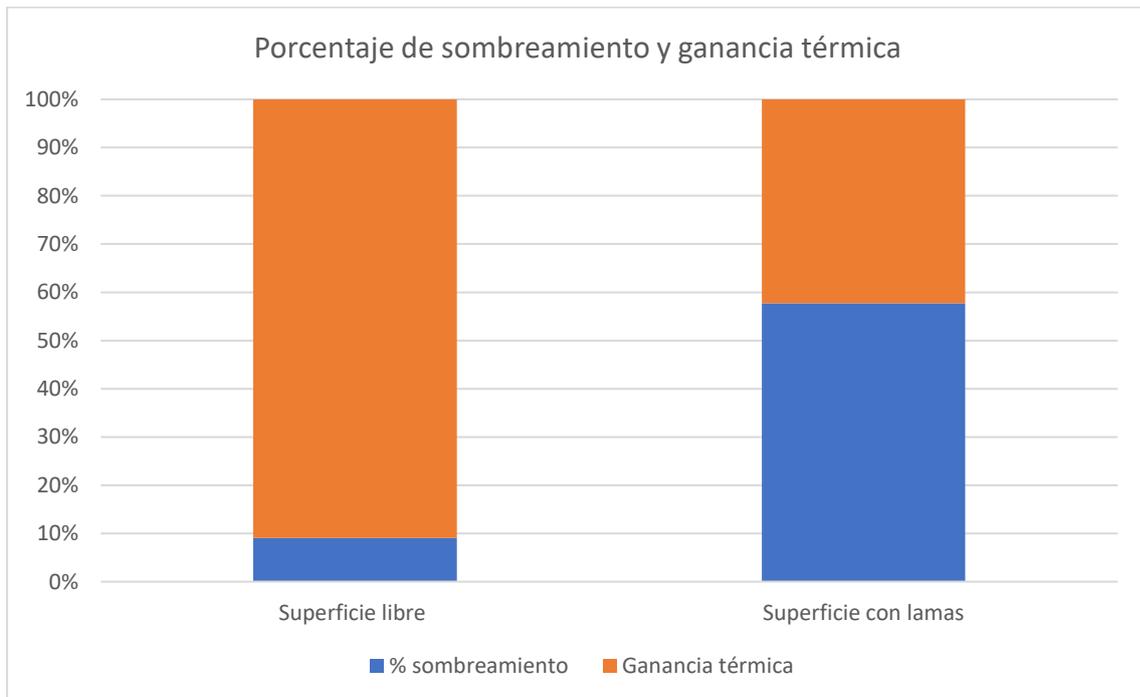


Se amplía el sombreado en un 50% al interior del espacio.

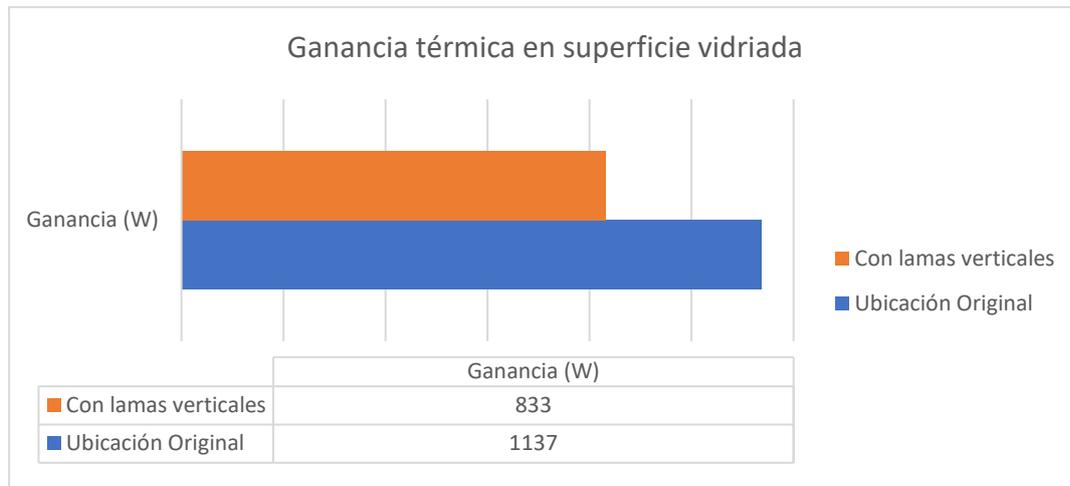
### Axonométrica con lamas verticales



### Comparativa de la ganancia térmica para porcentajes de sombreado



## Comparativa de ganancias térmicas en vidrios para superficie libre y con lamas

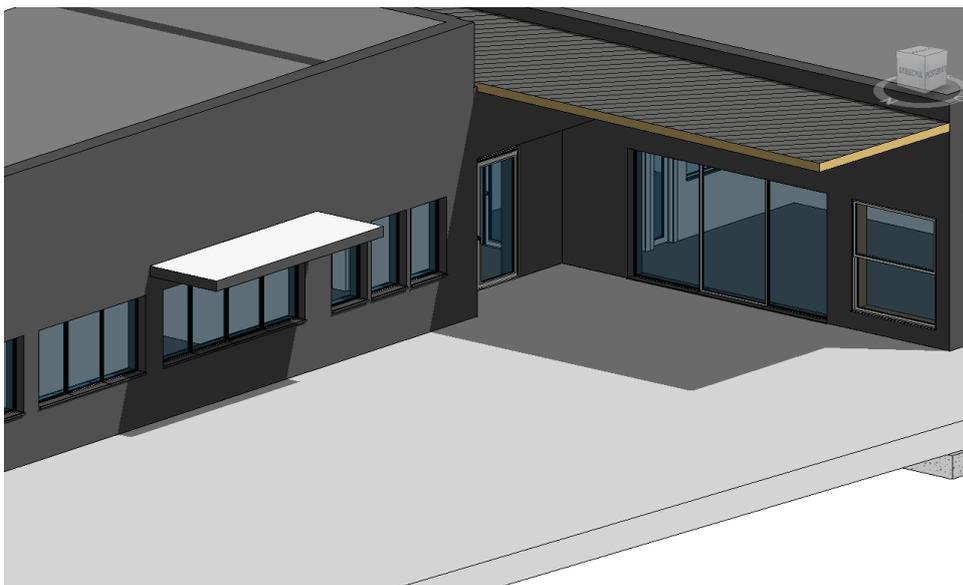


Para el cerramiento con superficie vidriada con sentido Oeste sin obstáculos, la ganancia térmica con un 50 % de superficie sombreada, debido a lamas verticales, se reduce la ganancia térmica en un 27%, obteniendo 833 (W) en vez de los 1137 (W) sin ellas.

### 5.3.3. Pérdida de ganancia térmica por sombra del alero

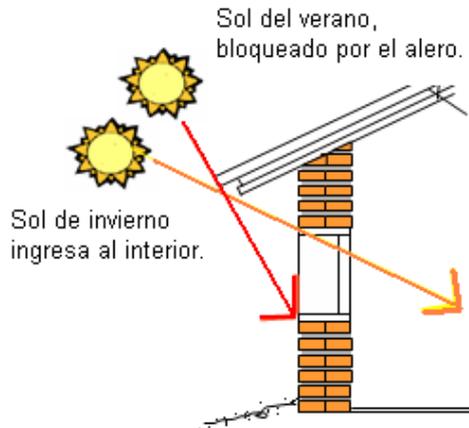
Como en la comparativa anterior se cuantificó el porcentaje de reducción de ganancia con el sombreado de las lamas en el exterior de las ventanas, en este caso se buscará reducir al 50 % la ganancia perdida por la sombra del alero.

#### Axonométrica con alero



El alero provoca sombras paralelas al cerramiento, estas se generan por la superficie opaca que sobresale del muro.

### Esquema de los ángulos de radiación solar en verano e invierno



### Vista interior con alero



El alero tiene buen funcionamiento para periodos estivales, donde la elevación del sol es mayor que en invierno. Esta elevación depende de la latitud, con una variación a lo largo del año donde; es máxima en el solsticio de verano y mínima en el de invierno. A la latitud de Guadalajara, España, la altura máxima que alcanza el Sol en el solsticio de verano es de  $72^{\circ} 52'$ ; en el solsticio de invierno solo llega a  $25^{\circ} 79'$ .

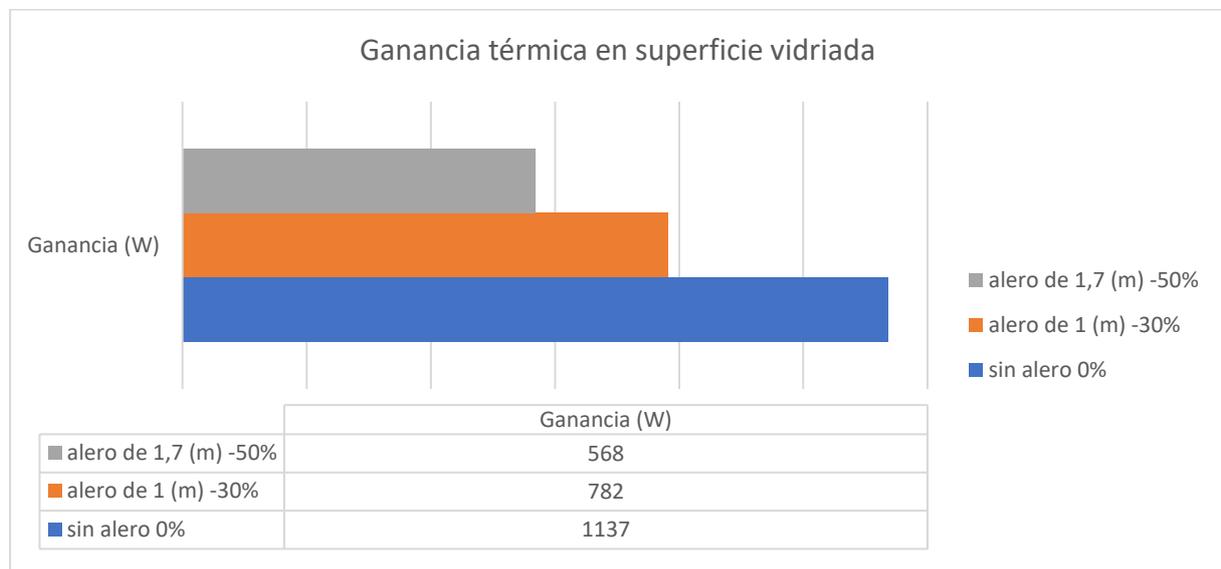
## Tabla de Elevación y Azimut para Guadalajara, España, en junio y diciembre

Fecha	21/06/2021   GMT0	
coordinar:	40.7399963, -2.50593	
ubicación:	40.73999630,-2.50593000	
hora	Elevación	Azimut
05:38:56	-0.833°	57.48°
6:00:00	2.59°	60.89°
7:00:00	12.92°	70.06°
8:00:00	23.86°	78.87°
9:00:00	35.14°	87.95°
10:00:00	46.47°	98.31°
11:00:00	57.43°	111.92°
12:00:00	67.05°	133.45°
13:00:00	72.52°	170.87°
14:00:00	69.97°	213.9°
15:00:00	61.51°	240.89°
16:00:00	50.9°	258.85°
17:00:00	39.65°	268.17°
18:00:00	28.31°	277.6°
19:00:00	17.21°	286.42°
20:00:00	6.6°	295.39°
20:44:52	-0.833°	302.51°

Fecha	21/12/2021   GMT0	
coordinar:	40.7399963, -2.50593	
ubicación:	40.73999630,-2.50593000	
hora	Elevación	Azimut
08:30:40	-0.833°	120.82°
9:00:00	3.81°	125.69°
10:00:00	12.37°	136.57°
11:00:00	19.25°	148.96°
12:00:00	23.89°	162.89°
13:00:00	25.79°	177.9°
14:00:00	24.7°	193.07°
15:00:00	20.77°	207.36°
16:00:00	14.44°	220.19°
17:00:00	6.29°	231.46°
17:45:46	-0.833°	239.17°

Tablas obtenidas de <https://www.sunearthtools.com>

## Comparativa de 3 longitudes de alero sobre superficie vidriada



## 6. CONCLUSIONES

Como se ha descrito en el apartado nº1 con las herramientas de la simulación y representación tridimensional que existen actualmente, podemos realizar en múltiples escenarios creaciones de objetos en un entorno infinito, con distintas capacidades y adaptados para la exportación a varios programas tanto en su visualización elemental como en derivaciones de cálculo para complemento de este.

Es así como programas de representación como AutoCad, 3DMAX, etc., nos entregan modelos en 2D y 3D con características técnicas de medida en múltiples unidades. Sin embargo, las posibilidades de otros programas de representación, cálculo y análisis paramétrico como Autodesk Revit, posibilitan la creación de modelos inteligentes, pudiendo **diseñar modelos tridimensionales** con capacidades de cuantificar una lista de materiales en una construcción y calcular la resistencia térmica de cada uno de ellos, como en un sistema de muros en el cerramiento en un edificio.

Conociendo las herramientas con las que se cuenta en temas representativos y de cálculo, se ha abordado el tema principal de este trabajo con la expectativa de poder **desarrollar un modelo arquitectónico inteligente con capacidades de cálculo** y desarrollo paramétrico, que pueda ser válido para sí mismo como para la relación de este con otras condiciones de cálculo en situaciones iniciales como las derivadas de la modificación en la envolvente.

En el apartado nº2 se han descrito las consecuencias de la absorción y transmisión de la energía en la edificación, como de las características necesarias para el confort higrotérmico, que no es más que el equilibrio ambiental a los cambios metabólicos humanos o simplemente la buena sensación de nuestro cuerpo para donde estemos. Se encuentra esta situación mediante la eficiencia de la arquitectura pasiva en conjunto a los sistemas de climatización como la eficacia de los aparatos que lo constituyen.

En el apartado nº3 empieza el caso práctico; Una escuela infantil, ubicado en Guadalajara, España, construido con materiales pesados y de planta baja. Al derivar el modelo tridimensional previamente creado en Revit a Revit MEP la importación es nativa y sin contrapartidas derivadas de problemas de compatibilidad, por lo que al analizar sus características constructivas no genera error.

En la introducción de datos para determinar las características higrotérmicas derivadas de la ubicación del edificio, Revit ofrece valores térmicos de la zona, estos se inscriben correctamente, puesto que la referencia para estos es la estación meteorológica más próxima (Torrejón, por la USAFB).

Para el análisis de la materialidad de los cerramientos, en conjunto a la visualización de estos y con una vista real de sus texturas; las propiedades físicas de ellas se presentan con todas sus variables, ya sean de conductividad, calor específico,

densidad, etc. Por lo que se puede analizar el material y/o la suma de ellos con todas sus características tanto visuales como de cálculo.

**Para determinar los valores** necesarios en el diseño de la climatización de un edificio, Revit tiene plantillas de datos con las necesidades de este para varios tipos de edificio, como de sus espacios; es así como se pueden definir automáticamente los valores del espacio proyectado. Sin embargo, estos valores se pueden modificar y adaptar a cada situación más ajustada con el objetivo del cálculo.

**En la organización de datos**, el programa dispone de tablas de planificación con las que se puede clasificar características entre los elementos analizados, ya sea de una habitación como de los sistemas constructivos del edificio. Por consiguiente, se puede hacer una correcta valoración de los elementos y sistemas proyectados, acorde a características espaciales y físicas, cuantificando y cualificando los alcances de estos en distintos formatos, que, entre otros, podrá ser en Excel.

**En el apartado nº4** y en adelante los cálculos corresponden a determinar las ganancias térmicas del edificio; la acotación de las zonas de climatización y sus espacios en Watt (W). Estos valores corresponden a la potencia necesaria en refrigeración y calefacción para los distintos espacios, como también las necesidades de ventilación en litros x segundo (l/s).

**De acuerdo con el resumen de construcción**, los valores de refrigeración son un 15% mayor que el de calefacción. Esta característica "térmica" del edificio, prevé que el sistema de climatización y el diseño arquitectónico se enfatice en refrigerar con mayor potencia que para la calefacción. Sin embargo, al entender las cargas térmicas con relación a las superficies expuestas al exterior, se puede entender que para que se modifiquen estas ganancias, necesariamente se debe modificar también estas, de tal manera que la incidencia solar se reduzca y la carga térmica logre ser menor.

**Comparando los resultados de ambos programas** para el cálculo de las cargas térmicas del edificio, como de sus espacios, ambos programas muestran sensibles diferencias en cargas de los elementos de la envolvente, derivados de los puntos cardinales expuestos al exterior, que a la vez están determinados por las características físicas de su materialidad y contexto.

No así en las cargas internas de cada espacio, relativas a la carga por potencia de equipos y densidad, donde las diferencias solo ocurren por diferencia en la hora de cálculo, donde puede variar la intensidad de uso de estos equipos y el número de personas en la actividad que se despeñe a esa hora. Se pueden establecer valoraciones de acuerdo con las diferencias que procede cada programa con respecto al otro, de tal manera que:

- Cerramientos opacos /Revit no considera de manera clara las cargas térmicas del suelo.

- Superficies transparentes / Existe un buen comportamiento de respuesta a la cantidad de radiación solar que recibe la superficie expuesta.
- Cargas interiores y Ventilación; en este caso depende de la cantidad de aire exterior necesario para el número de personas, puesto que las cargas por calor sensible y latente están mayormente cubiertas por las restricciones del metabolismo y no varían demasiado, estas son muy similares en ambos programas, no así en el requerimiento de aire exterior. El valor del IDA es fundamental para establecer este dato, puesto que entre el IDA 1 y 3 la diferencia de ventilación es más del doble.

Gracias al modelo tridimensional del edificio, se pueden visualizar las zonas de climatización y superficies analíticas de forma esquemática, en general la característica más importante para este tipo de procedimiento es poder introducir los datos necesarios para calcular de manera correcta las distintas características del espacio a climatizar.

**En el apartado nº5 se analizan las variables direccionales del edificio y la modificación de la envolvente para las ganancias térmicas un espacio ejemplo.**

**Para un giro del edificio en 180°** las únicas superficies que no sufren cambio son la cubierta y el suelo, puesto que ambas tienen la misma cantidad de superficie expuesta al exterior, no así ocurre con las otras, que dependiendo de la composición y tamaño de la superficie opaca y transparente ven modificadas sus ganancias en mayor o menor medida de acuerdo con el sentido en el que se encuentra, de tal forma que se aprecia en ambos casos una ganancia mayor en las que corresponden al Sur y una diferencia muy leve en las Este-Oeste.

**En las ganancias internas** no hay cambio, pues que no se modifica el número de personas, ni las potencias correspondientes. Sin embargo, las diferencias totales de ganancias térmicas son ligeramente mayores en el norte real que en el edificio en norte girado, esto se debe a la mayor superficie vidriada que contiene el edificio en este sentido.

**Al girar el edificio,** los espacios interiores ven diferencias en cuanto a las ganancias que asumen sus superficies, tanto por el sentido expuesto como por la composición del cerramiento, es así como se entiende que con tal de reducir o aumentar la carga térmica, cada superficie necesita un tratamiento distinto para el sentido de exposición.

**En el caso del aula** las diferencias para el cerramiento Este y Sur, es de alrededor del 25% en pérdida, y para el muro que cambia su sentido de Norte a Sur obtiene una ganancia del 33% con respecto a la situación inicial.

Se entiende entonces que; sobre todo para el soleamiento de tarde, las diferencias más significativas se producen en el cambio de Norte-Sur.

Es así como para los análisis de las superficies del aula, se mantienen estas características en los cerramientos para las direcciones y sentidos del edificio vistos anteriormente, sobre todo en la carpintería, donde el soleamiento es determinante para las ganancias en ella.

**Cambios en la envolvente de la Sala del personal:** En las ganancias de la superficie con sentido al Oeste de la sala del personal, el área opaca del muro suma 33 (W) y el área de la ventana suma 1137 (W) de energía al espacio interior de este, aportando este muro solo 48 (W) si no tuviera ventanas. Mas de un 2000% de mayoración en, siendo la superficie total ocupada por la ventana de 10.5 m<sup>2</sup> de los 13.7 m<sup>2</sup> del total del muro.

**Al incorporar lamas verticales frente a la ventana, perpendiculares al muro,** la reducción de soleamiento es del 50%, por lo que se reduce un 27% la carga térmica de este espacio.

Quizá lo más sensible de esta variación no tiene que ver con la carga térmica sino más bien con la sensación visual del ritmo de sombras que otorgan las lamas.

**Incorporando un alero sobre la ventana,** se ha reducido la carga térmica al 30%; de 1137 (W) a 782 (W) con una longitud de 1m. Es así como para 1.7 m de alero la reducción es del 50% de 1137 (W) a 568 (W).

Una característica propia de los aleros es que debido a que se ubican sobre la ventana y paralelo al suelo, su eficacia para el sombreamiento, se da cuando el sol tiene una elevación considerada, sin embargo para las lamas es el azimut.

Es así como para desarrollar un buen plan de climatización, no solo se necesitan buenas características higrotérmicas en los materiales de la envolvente, sino que también, la composición de esta respete los sentidos cardinales y proyecte estrategias de sombreamiento adecuado para las condiciones solares de radiación.

## FUENTES DE IMÁGENES

Imagen 1: Esquema metodología BIM: Cámara Argentina de la Construcción

Imagen 2: Esquema de hardware Eastman, C. (1974). Pag 10

Imagen 3: Esquema de hardware Eastman, C. (1974). Pag 11

Imagen 4: El doctor Patrick Hanratty concebía el primer software CAM al que llamo "PRONTO" 1957.

Imagen 5: Esquema de hardware Eastman, C. (1974). Pag 14

Imagen 6: Esquema de hardware Eastman, C. (1974). Pag 16

Imagen 7: Uso de Revit en Europa: Zigurat Global Institute of Technology 5 June, 2019

Imagen 8: Escalera procedural. Mediante (GLIDE) – "Gráfica Lenguaje de Diseño Interactivo" 1977.

Imagen 9: Rosa de los vientos: Revive Vasari Wind Rose features (on Insight Revit Plug-In at least)

Imagen 10: Vida del poblado entorno a la cabaña. Ilustración: Francesc Ràfols

Imagen 11: <http://www.magie-medium.com/wp-content/uploads/2012/05/Gobekli-Tepe-photo.jpg>

Imagen 12: Gottfried Semper, Cabaña en Trinidad. Der Stil, 1863

Imagen 13: Reproducción hipocausto: termas del foro de Ostia (extraído de J.P. Adam, 1996: 289)

Imagen 14: Esquema muro Trombe Sustainability 2017, 9(12), 2179; <https://doi.org/10.3390/su9122179>

Imagen 15: Imagen del Muro Neutralizante de Le Corbusier

Imagen 16: Diagrama Bioclimático de Olgyay

Imagen 17: Esquema de eficiencia energética. Fuente propia

Imagen 18: Uso del aire acondicionado, fuente: International Energy agencyt

Imagen 19: Foto de instalaciones de climatización sobre cubierta. Fuente desconocida.

Imagen 20: Esquema de interfaz de usuario. [https://es.ryte.com/wiki/Interfaz\\_de\\_Usuario](https://es.ryte.com/wiki/Interfaz_de_Usuario)

Imagen 21: Fuente: www. [http://kinsmanair.com/ceiling\\_cassettes.html](http://kinsmanair.com/ceiling_cassettes.html)

Imagen 22: <http://www.cenitclimatizacion.com/fan-coil/>

Imagen 23: Cuadro orientativo de intensidades por tipo de lampara, fuente desconocida.

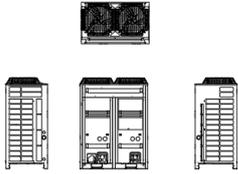
## BIBLIOGRAFÍA

- Versión actualizada del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio (RITE). Madrid sept. (2013)
- Martínez, G. A. (2018). Manual práctico de climatización en edificios. Paraninfo.
- Arribas, L. D. L. P. C. (2017). Revit MEP 2018 curso práctico. Editorial Ra-Ma.
- Plataforma de Edificación Passivehaus y Universidad de Burgos (octubre 2020). Proyecto de monitorización de colegios Estudio completo e informe de conclusiones.
- Consejería de salud y familias, dirección general de salud pública y ordenación farmacéutica recomendaciones para una adecuada ventilación de las aulas Andalucía (2020).
- Feijó Muñoz, Jesús, Instalaciones de Iluminación en la Arquitectura Universidad de Valladolid y Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid, 1994.
- Bardou, Patrick. 1980. *Sol y Arquitectura*. Ed. Gili, Barcelona.
- Libro de la Energía en España 2018 [PDF], <https://energia.gob.es/>
- Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre, por el que se crea la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública.
- Jose Manuel Pinazo Ojer (Autor), Victor Soto Frances (Autor), Arcadio Garcia Lastra (Autor). DTIE 7.05 Cálculo de cargas térmicas, 28 septiembre 2011.
- Spanish journal of BIM nº14/01, revista: <http://www.buildingsmart.es/index.php/sjbim/1401>
- Eastman, C. (1974). An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50. (Tech.). Pittsburgh, PA.: Carnegie-Mellon Univ. (ERIC Document Reproduction Service No. 113833)
- Lillian Smith. Beyond the Shoebox: Thermal Zoning Approaches for Complex Building Shapes. AIA Member ASHRAE. 2012
- José Tornero, Alejandro J. Pérez Cueva, Francisco Gómez Lopera. ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes. Valencia 2006.
- Jesús María Aparicio Guisado. La desmaterialización del muro, una evolución de lo tectónico: Gottfried Semper, Mies van der Robe y la Casa Farnsworth. ISSN 0004-2706, Nº. 310, 1997, págs. 16-21
- Jean-Jacques Vogt. Capítulo 42 Calor y frío, (INSHT), 2012
- Autodesk. Manual de IFC para Revit. Instrucciones detalladas para gestionar archivos IFC, 2018
- Código Técnico de la Edificación. Documentos Básicos: SI, HE, HS. REAL DECRETO 314/2006
- Díaz Carrasquer, Albert J, Lanuza Fabregat, Jordi. La importancia de una buena ventilación: antes, durante y después de una pandemia global, 2021.

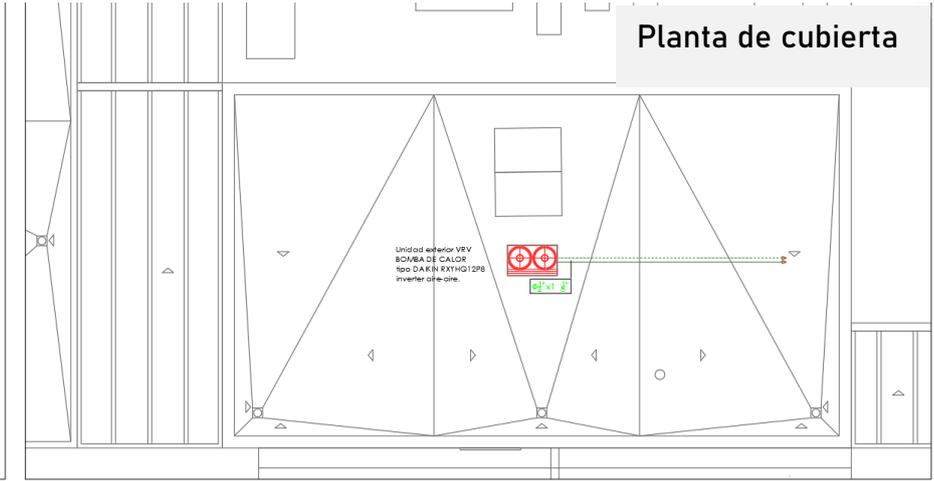


**SISTEMA DE BOMBA DE CALOR**

Unidad exterior VRV bomba de calor DAKN, modelo RXXHQ12P8 inverter aire-aire.  
 Tres compresores scroll en paralelo.  
 Capacidad frigorífica de 33.5 Kw.  
 Capacidad calorífica de 37.5 Kw.  
 Altura 1.865 mm  
 Frente 1.365 mm  
 Profundidad 860 mm  
 Peso 312 Kg

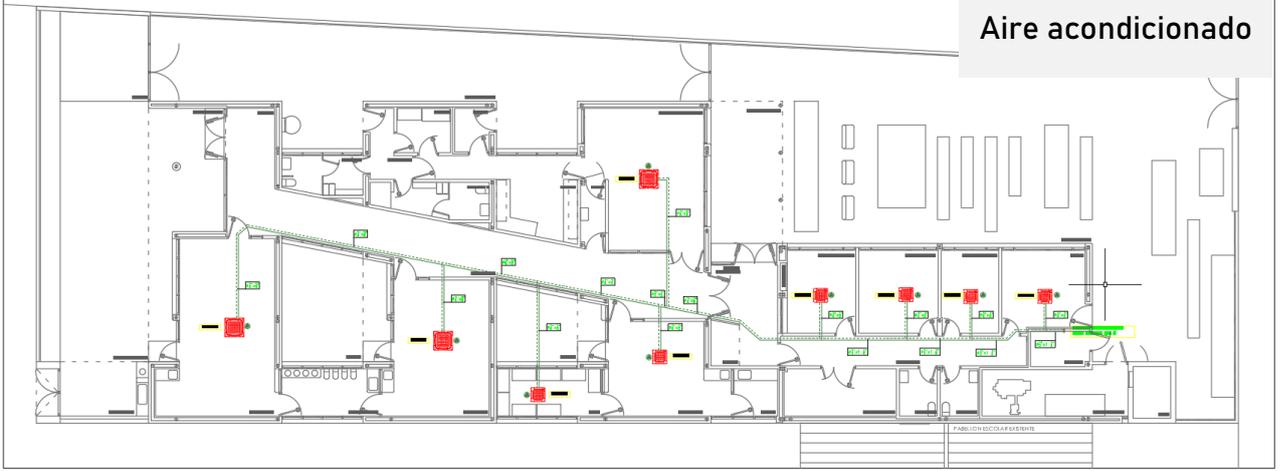


**Planta de cubierta**



PLANTA DE UBICACIÓN DE MÁQUINA AIRE ACONDICIONADO

**Aire acondicionado**



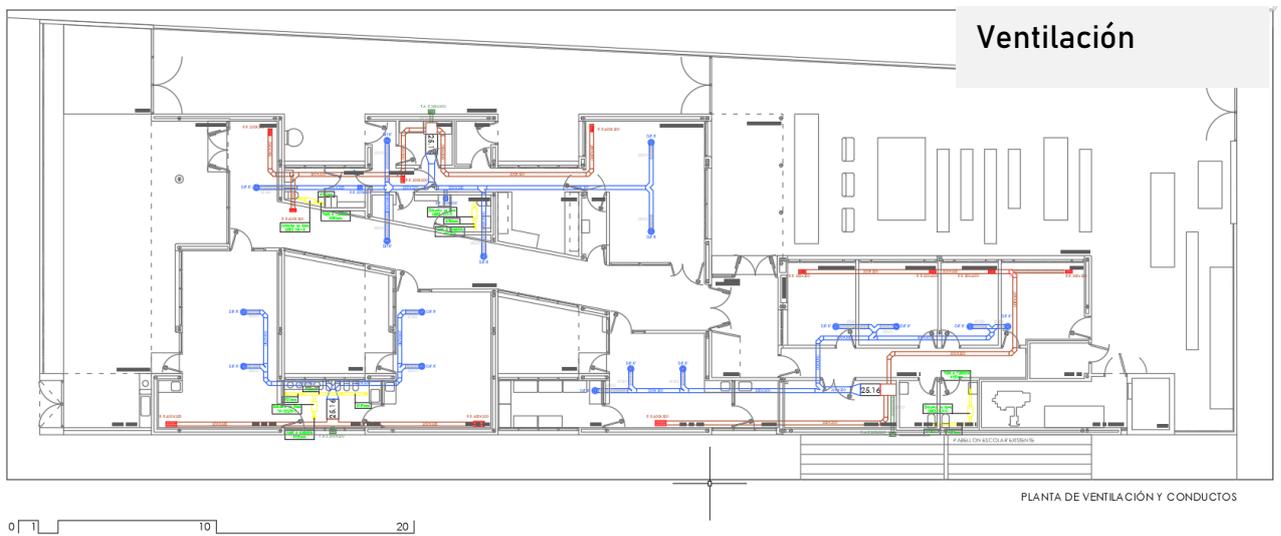
0 10 20

PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE APARATOS AIRE ACONDICIONADO

**Radiadores**

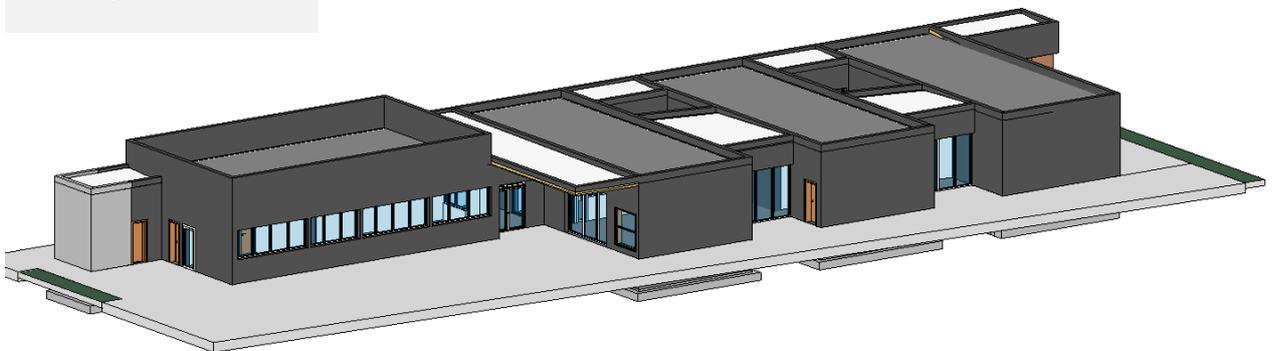


PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS Y RADIADORES

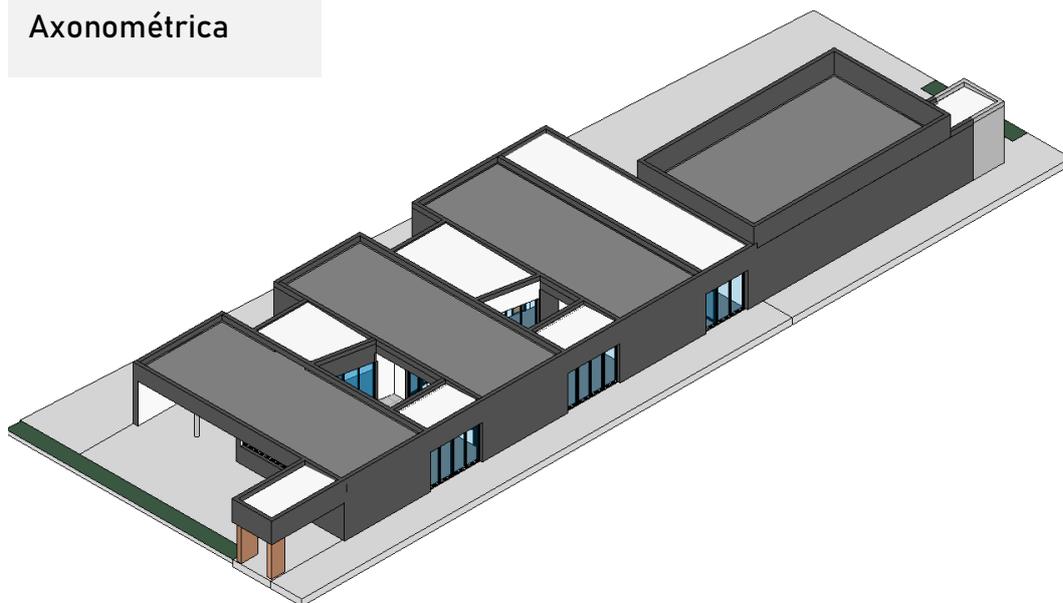


## Imágenes del edificio en 3D

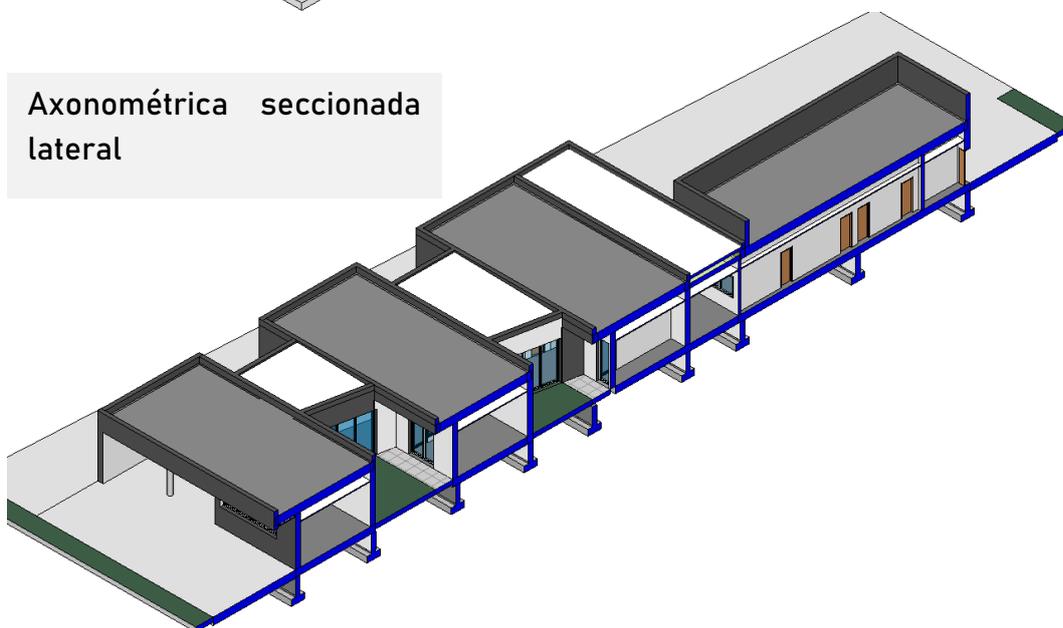
### Vista general



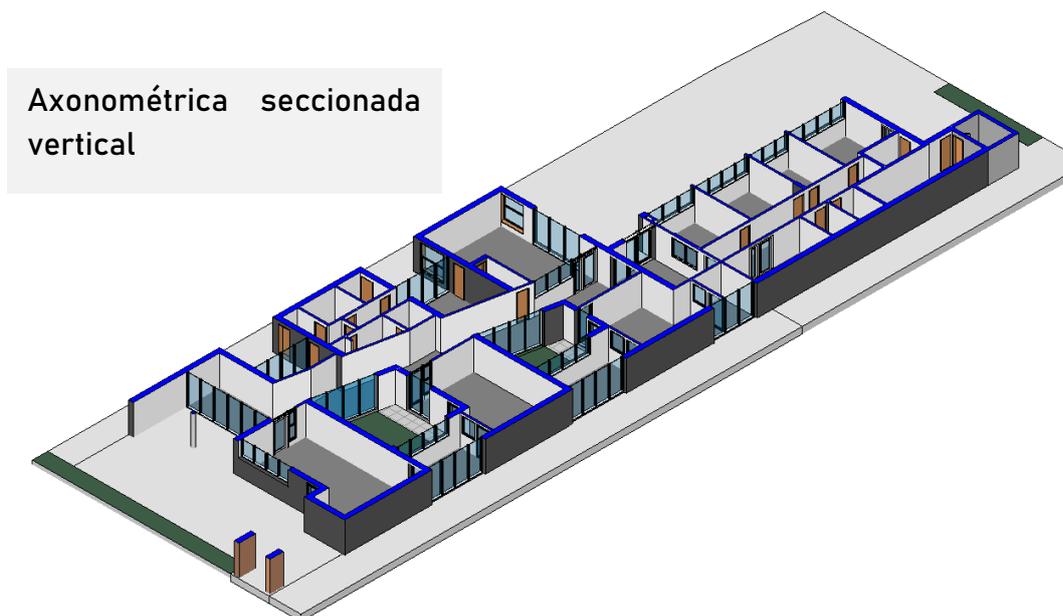
Axonométrica



Axonométrica seccionada lateral



Axonométrica seccionada vertical



## Informe de cargas en espacios climatizados de planta primera para cálculo de ganancias térmicas con norte real en refrigeración Revit.

### Resumen del proyecto

Ubicación y clima	
Proyecto	Nombre de proyecto
Dirección	
Tiempo de cálculo	viernes, 23 de julio de 2021 17:10
Tipo de informe	Detallado
Latitud	40.46°
Longitud	-3.38°
Temp. seca verano	36 °C
Temp. húmeda verano	16 °C
Temp. seca invierno	-3 °C
Oscilación media diaria	17 °C

### Resumen de construcción

Entradas	
Tipo de edificio	Centro educativo
Área (m <sup>2</sup> )	398.41
Volumen (m <sup>3</sup> )	1,314.76
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	66,289
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Septiembre 15:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	56,559
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	9,731
Capacidad máxima de refrigeración (W)	56,790
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	3,588.5
Valor máximo de carga de calefacción (W)	51,160
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,434.3
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	166.38
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	9.01
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	54.13
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	6.01
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	128.41
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	3.60

### Resumen de zona - Suelo radiante

Entradas	
Área (m <sup>2</sup> )	398.41
Volumen (m <sup>3</sup> )	1,314.76
Posición de ajuste de refrigeración	21 °C
Posición de ajuste de calefacción	23 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	99
Infiltración (L/s)	124.3
Tipo de cálculo de volumen de aire	Calefacción central: suelo radiante
Humedad relativa	34.00% (Calculated)
Psicometría	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	27 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	14 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	2 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	3 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	27 °C
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	56,790
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	58,895
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-2,105
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	3,588.0
Valor máximo de carga de calefacción (W)	51,160
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,434.3
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	1,239.3
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	142.54
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	9.01
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	63.18
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	7.02
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	128.41
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	3.60
Densidad de ventilación (L/(s·m <sup>2</sup> ))	3.11
Ventilación/persona (L/s)	12.5
Flujo de calefacción hidrónico (L/s)	1.1

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	2,689	4.74%	424	500	1,032	733	0	0	0	0
Ventana	17,292	30.45%	788	2,064	3,845	10,594	0	0	0	0
Puerta	1,386	2.44%	126	402	428	430	0	0	0	0
Cubierta	4,892	8.61%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	1,099	1.94%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	18,907	33.29%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	1,388	2.44%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	2,239	3.94%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	6,897	12.14%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Calor del ventilador	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>56,790</b>	<b>100%</b>	<b>1,339</b>	<b>2,966</b>	<b>5,305</b>	<b>11,757</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Informe de cargas en espacios climatizados de planta primera para cálculo de ganancias térmicas con norte girado 180° en refrigeración Revit.

### Resumen del proyecto

Ubicación y clima	
Proyecto	Nombre de proyecto
Dirección	
Tiempo de cálculo	viernes, 23 de julio de 2021 17:25
Tipo de informe	Detallado
Latitud	40.46°
Longitud	-3.38°
Temp. seca verano	33 °C
Temp. húmeda verano	16 °C
Temp. seca invierno	-3 °C
Oscilación media diaria	17 °C

### Resumen de construcción

Entradas	
Tipo de edificio	Centro educativo
Área (m²)	398.41
Volumen (m³)	1,314.76
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	64,306
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Septiembre 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	54,695
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	9,610
Capacidad máxima de refrigeración (W)	56,626
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	3,572.2
Valor máximo de carga de calefacción (W)	51,160
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,434.3
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	161.41
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²))	8.97
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	55.55
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	6.20
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	128.41
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m²))	3.60

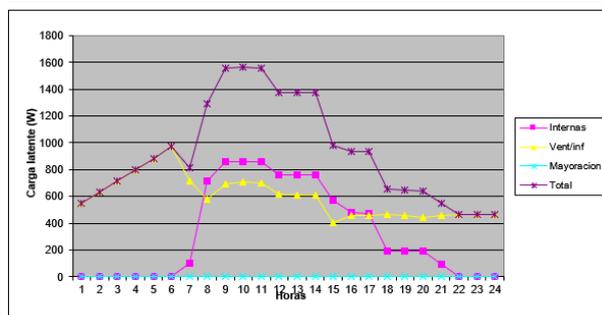
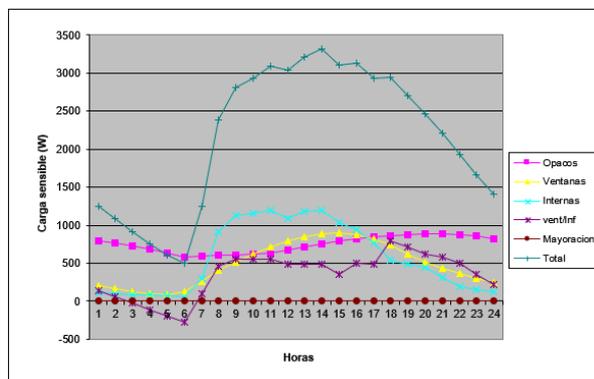
### Resumen de zona - Suelo radiante

Entradas	
Área (m²)	398.41
Volumen (m³)	1,314.76
Posición de ajuste de refrigeración	21 °C
Posición de ajuste de calefacción	23 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	99
Infiltración (L/s)	124.3
Tipo de cálculo de volumen de aire	Calefacción central: suelo radiante
Humedad relativa	34.00% (Calculated)
Psicometría	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	27 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	14 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	2 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	3 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	27 °C
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	56,626
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	58,731
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-2,105
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	3,571.8
Valor máximo de carga de calefacción (W)	51,160
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,434.3
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	1,239.3
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	142.13
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m²))	8.96
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	63.08
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	7.04
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	128.41
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m²))	3.60
Densidad de ventilación (L/(s·m²))	3.11
Ventilación/persona (L/s)	12.5
Flujo de calefacción hidrónico (L/s)	1.1

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	2,732	4.83%	330	643	1,017	743
Ventana	17,100	30.20%	1,656	991	3,790	10,663
Puerta	1,370	2.42%	266	194	600	311
Cubierta	4,892	8.64%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-
Filtración	1,099	1.94%	-	-	-	-
Ventilación	18,907	33.39%	-	-	-	-
Iluminación	1,388	2.45%	-	-	-	-
Potencia	2,239	3.95%	-	-	-	-
Personas	6,897	12.18%	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-
Calor del ventilador	0	0.00%	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>56,626</b>	<b>100%</b>	<b>2,253</b>	<b>1,827</b>	<b>5,407</b>	<b>11,716</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)
Muro	4,217	5.84%	750	962	1,240	1,265
Ventana	6,735	9.33%	1,363	658	2,338	2,376
Puerta	2,143	2.97%	607	281	730	526
Cubierta	2,549	3.53%	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-
Filtración	4,051	5.61%	-	-	-	-
Ventilación	41,988	58.15%	-	-	-	-
Iluminación	-1,388	-1.92%	-	-	-	-
Potencia	-2,239	-3.10%	-	-	-	-
Personas	-6,897	-9.55%	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>51,160</b>	<b>100%</b>	<b>2,719</b>	<b>1,902</b>	<b>4,308</b>	<b>4,166</b>

## Informe de cargas térmicas para Aula con norte real en refrigeración Calcula.

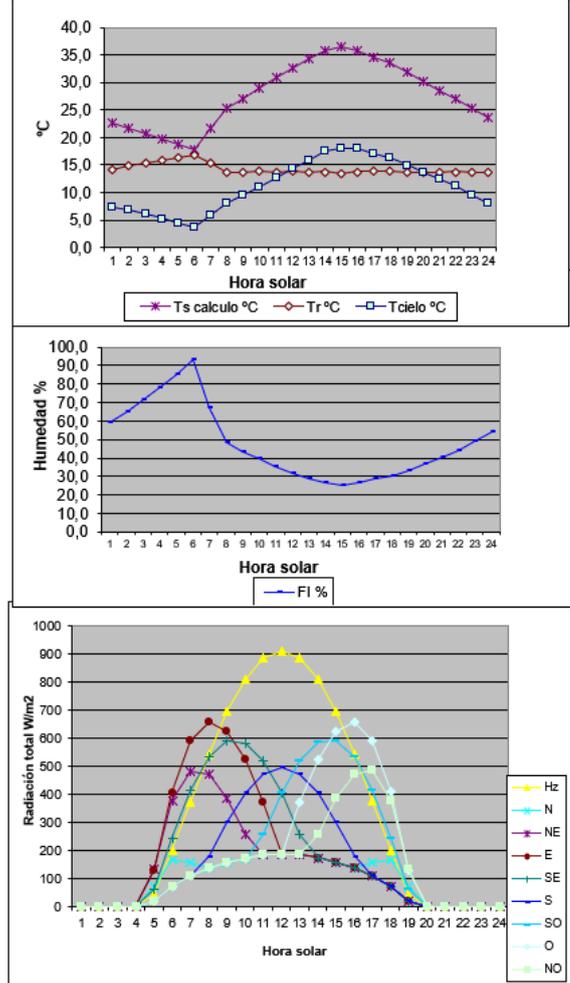
REFRIGERACION		Local: 1, Aula 2-3 años		Municipio: Madrid		
				Qsen(W)	Qlat(W)	
Sup.opac.(m2)	131,29	Hora solar	16	Opacos Ext.	573	0
Sup.otros.(m2)	46	Hora civil	18,33	Opacos Otros	248	0
Sup.Vent.1	6,26	Dia	15	Ventanas 1	711	0
Sup.Vent.2	1,4	Mes	Julio	Ventanas 2	169	0
Luces inst.(W)	144,9	Temp.int.(°C)	21	Luces	138	0
Equip.inst(W)	248,4	Hum.rel.int.(%)	50	Equipos	236	12
Ocup.inst.(n°)	8	Temp.ext.(°C)	35,8	Ocupacion	560	466
Vent.inst(m3/h)	228	Hum.rel.ext.(%)	27	Ventilación	300	381
Inf.inst(m3/h)	45,186			Infiltración	198	75
Superficie (m2)	46			Mayoración	0	0
Volumen (m3)	152			<b>TOTAL</b>	<b>3133</b>	<b>935</b>
				Global (W)		4068
				W/m2		88
				Hora max.sen		14



GANANCIAS										
Por.convectivo										
Techos 0,4										
Muros 0,54										
Ganacia Cerramientos Opacos exteriores (W)										
Hora solar	Suelo	Techos N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
1	0	298	108	0	124	0	139	0	82	0
2	0	301	102	0	116	0	130	0	76	0
3	0	302	94	0	106	0	120	0	70	0
4	0	302	86	0	97	0	109	0	64	0
5	0	300	77	0	86	0	97	0	57	0
6	0	297	68	0	76	0	86	0	51	0
7	0	292	59	0	67	0	74	0	44	0
8	0	286	52	0	60	0	64	0	38	0
9	0	279	46	0	58	0	55	0	33	0
10	0	272	42	0	62	0	49	0	29	0
11	0	264	41	0	71	0	48	0	27	0
12	0	257	43	0	82	0	52	0	27	0
13	0	251	47	0	94	0	61	0	29	0
14	0	247	54	0	105	0	74	0	32	0
15	0	245	61	0	114	0	90	0	36	0
16	0	245	70	0	121	0	107	0	42	0
17	0	247	80	0	128	0	123	0	51	0
18	0	251	90	0	134	0	137	0	60	0
19	0	257	98	0	139	0	148	0	70	0
20	0	265	106	0	142	0	154	0	79	0
21	0	273	112	0	142	0	157	0	86	0
22	0	280	115	0	141	0	157	0	89	0
23	0	288	115	0	137	0	153	0	88	0
24	0	294	112	0	131	0	147	0	86	0

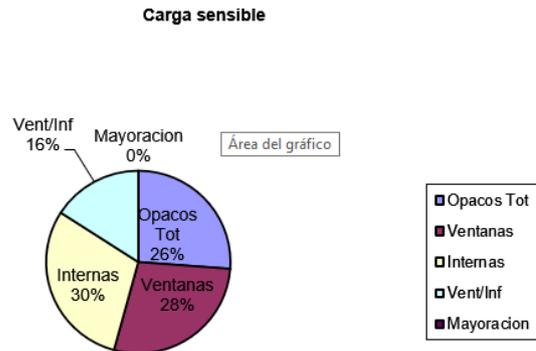
CARGAS										
Carga Cerramientos Opacos exteriores (W)										
Hora solar	Suelo	Techos N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
1	0	289	105	0	125	0	137	0	79	0
2	0	292	101	0	119	0	131	0	75	0
3	0	294	95	0	111	0	123	0	71	0
4	0	295	89	0	103	0	115	0	66	0
5	0	295	82	0	95	0	105	0	61	0
6	0	294	75	0	86	0	96	0	56	0
7	0	291	68	0	78	0	86	0	50	0
8	0	288	61	0	72	0	77	0	45	0
9	0	283	55	0	68	0	68	0	40	0
10	0	278	51	0	69	0	62	0	36	0
11	0	272	49	0	74	0	59	0	34	0
12	0	266	49	0	82	0	60	0	33	0
13	0	261	51	0	91	0	66	0	33	0
14	0	257	55	0	99	0	74	0	34	0
15	0	254	60	0	107	0	85	0	37	0
16	0	252	67	0	113	0	98	0	42	0
17	0	253	75	0	120	0	111	0	48	0
18	0	254	82	0	125	0	123	0	55	0
19	0	258	90	0	130	0	133	0	63	0
20	0	262	97	0	133	0	140	0	71	0
21	0	268	102	0	135	0	145	0	77	0
22	0	274	106	0	135	0	146	0	80	0
23	0	279	108	0	133	0	145	0	82	0
24	0	284	107	0	130	0	142	0	81	0

CONDICIONES EXTERIORES TEMPERATURA Y HUMEDAD											
Hora solar	Ts	Th	W	Ts calcul	Pv	ve	FI	Pvs	Tr	Tciek e0	
	°C	°C	kg/kgas	°C	Pa	m3/m3. %	%	Pa	°C	°C	
1	23,0	17,25	0,0110	22,6	1625	0,923	59,3	2739	14,25	7,43	0,81
2	22,0	17,25	0,0114	21,6	1682	0,921	65,1	2585	14,784	6,78	0,81
3	21,1	17,25	0,0118	20,7	1739	0,919	71,3	2438	15,303	6,05	0,82
4	20,1	17,25	0,0122	19,7	1796	0,916	78,1	2299	15,807	5,26	0,82
5	19,2	17,25	0,0126	18,8	1853	0,914	85,5	2167	16,298	4,42	0,82
6	18,2	17,25	0,0130	17,8	1910	0,911	93,6	2041	16,775	3,56	0,82
7	17,3	17,25	0,0134	16,8	1967	0,908	102,3	1920	17,237	2,68	0,82
8	16,4	17,25	0,0138	15,8	2024	0,905	111,3	1804	17,685	1,78	0,82
9	15,5	17,25	0,0142	14,8	2081	0,902	120,6	1693	18,118	0,86	0,82
10	14,6	17,25	0,0146	13,8	2138	0,899	130,1	1587	18,536	0,00	0,82
11	13,7	17,25	0,0150	12,8	2195	0,896	139,8	1486	18,939	-0,89	0,82
12	12,8	17,25	0,0154	11,8	2252	0,893	149,7	1390	19,327	-1,78	0,82
13	11,9	17,25	0,0158	10,8	2309	0,890	159,7	1300	19,700	-2,68	0,82
14	11,0	17,25	0,0162	9,8	2366	0,887	169,8	1215	20,058	-3,56	0,82
15	10,1	17,25	0,0166	8,8	2423	0,884	179,9	1135	20,401	-4,42	0,82
16	9,2	17,25	0,0170	7,8	2480	0,881	189,9	1060	20,729	-5,26	0,82
17	8,3	17,25	0,0174	6,8	2537	0,878	199,9	990	21,043	-6,05	0,82
18	7,4	17,25	0,0178	5,8	2594	0,875	209,9	925	21,343	-6,78	0,82
19	6,5	17,25	0,0182	4,8	2651	0,872	219,9	865	21,629	-7,43	0,82
20	5,6	17,25	0,0186	3,8	2708	0,869	229,9	810	21,901	-8,00	0,82
21	4,7	17,25	0,0190	2,8	2765	0,866	239,9	760	22,159	-8,49	0,82
22	3,8	17,25	0,0194	1,8	2822	0,863	249,9	715	22,404	-8,89	0,82
23	2,9	17,25	0,0198	0,8	2879	0,860	259,9	675	22,635	-9,19	0,82
24	2,0	17,25	0,0202	-0,2	2936	0,857	269,9	640	22,852	-9,40	0,82



Radiación total W/m2										
Hora Solar	Hz	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	44	73	134	129	61	21	21	21	21	21
6	199	167	375	407	242	73	73	73	73	73
7	373	158	483	589	413	109	109	109	109	109
8	544	137	473	655	533	179	137	137	137	137
9	694	158	387	625	590	302	158	158	158	158
10	810	174	259	523	583	404	174	174	174	174
11	884	184	184	370	518	471	255	184	184	184
12	909	187	187	187	404	494	404	187	187	187
13	884	184	184	184	255	471	518	370	184	184
14	810	174	174	174	174	404	583	523	259	259
15	695	159	159	159	159	302	590	626	388	388
16	545	137	137	137	137	179	533	655	473	473
17	375	159	109	109	109	109	415	591	485	485
18	201	168	73	73	73	73	244	410	378	378
19	45	73	21	21	21	21	61	130	135	135
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Carga total (W)								
Sensible								
Hora solar	Opacos	Ventana	Internas	vent/Inf	Mayorac	Total	h. max	h. min
1	798	203	112	134	0	1247	0	0
2	764	167	98	54	0	1083	0	0
3	724	133	90	-27	0	920	0	0
4	681	98	81	-108	0	751	0	0
5	633	90	69	-190	0	602	0	0
6	583	132	59	-273	0	501	0	6
7	590	266	294	103	0	1252	0	0
8	605	405	908	466	0	2385	0	0
9	607	513	1132	556	0	2808	0	0
10	617	615	1149	553	0	2933	0	0
11	638	707	1196	549	0	3091	0	0
12	670	788	1090	485	0	3032	0	0
13	707	848	1176	483	0	3214	0	0
14	752	893	1192	480	0	3318	14	0
15	792	906	1041	360	0	3098	0	0
16	820	880	935	498	0	3133	0	0
17	843	825	772	485	0	2925	0	0
18	866	747	535	800	0	2948	0	0
19	878	624	493	711	0	2707	0	0
20	885	513	440	621	0	2459	0	0
21	885	432	316	581	0	2214	0	0
22	876	365	190	497	0	1928	0	0
23	856	302	154	356	0	1668	0	0
24	826	244	130	214	0	1413	0	0
<b>MAX</b>						<b>3318</b>	<b>14</b>	
<b>MIN</b>						<b>501</b>	<b>6</b>	

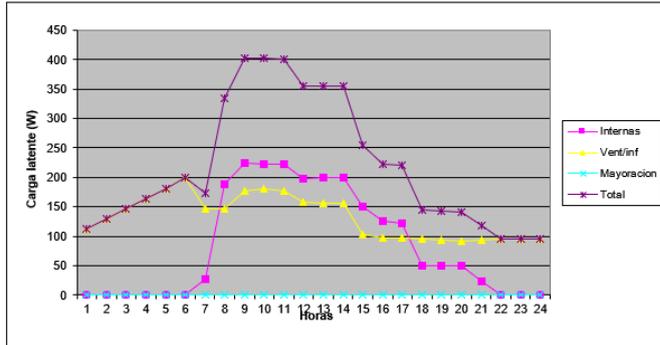
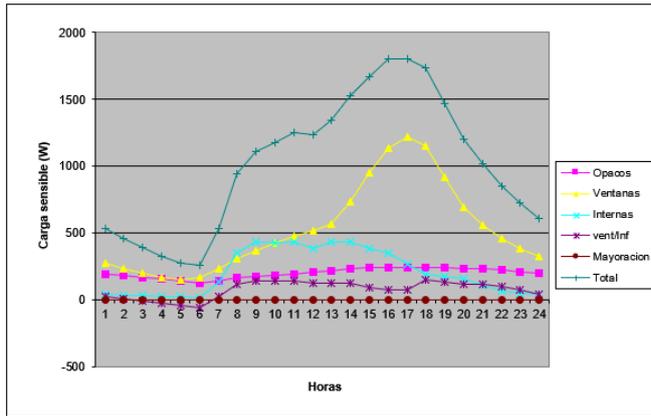


## Informe de cargas térmicas para Sala de personal con norte real en refrigeración Calcula.

REFRIGERACION		Local:	15, Sala personal	Municipio:	Madrid	
				Qsen(W)	Qlat(W)	
Sup.opac.(m2)	28,38	Hora solar	16	Opacos Ext.	117	0
Sup.otros.(m2)	17	Hora civil	18,33	Opacos Otros	127	0
Sup.Vent.1	4,32	Día	15	Ventanas 1	1137	0
Sup.Vent.2	0	Mes	Julio	Ventanas 2	0	0
Luces inst.(W)	83,3	Temp.int.(°C)	21	Luces	79	0
Equip.inst(W)	132,6	Hum.rel.int.(%)	50	Equipos	126	7
Ocup.inst.(nº)	2	Temp.ext.(°C)	35,8	Ocupacion	142	119
Vent.inst(m3/h)	58	Hum.rel.ext.(%)	27	Ventilación	77	97
Inf.inst(m3/h)	0			Infiltración	0	0
Superficie (m2)	17			Mayoración	0	0
Volumen (m3)	56			<b>TOTAL</b>	<b>1805</b>	<b>223</b>
				<b>Global (W)</b>	<b>2028</b>	
				<b>W/m2</b>	<b>119</b>	

**Carga sensible**

Vent/Inf 4% Mayor



Carga total (W)							
Hora solar	Sensible					h. max	h. min
	Opaos	Ventanas	Internas	vent/Inf	Mayoracion		
1	190	275	38	27	0	531	0
2	180	237	33	11	0	462	0
3	168	203	30	-6	0	396	0
4	156	167	27	-22	0	328	0
5	143	149	23	-39	0	277	0
6	129	164	20	-56	0	257	6
7	145	231	132	24	0	532	0
8	164	305	353	119	0	941	0
9	173	367	431	142	0	1112	0
10	183	427	423	141	0	1174	0
11	194	479	437	140	0	1251	0
12	207	519	388	124	0	1237	0
13	219	570	431	123	0	1342	0
14	232	734	436	123	0	1525	0
15	241	954	385	92	0	1672	0
16	244	1137	348	77	0	1805	16
17	243	1216	264	77	0	1800	0
18	244	1148	189	153	0	1733	0
19	240	914	176	137	0	1467	0
20	236	691	154	121	0	1202	0
21	231	558	109	117	0	1014	0
22	223	463	64	102	0	852	0
23	213	386	52	73	0	724	0
24	200	322	44	44	0	609	0
<b>MAX</b>						<b>1805</b>	<b>16</b>
<b>MIN</b>						<b>257</b>	<b>6</b>

**GANANCIAS**

		Por.convectivo									
		Techos 0,4					Muros 0,54				
Ganancia Cerramientos Opacos exteriores (W)											
Hora solar	Suelo	Techos	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	NO
1	0	98	0	0	0	0	0	0	0	65	0
2	0	99	0	0	0	0	0	0	0	61	0
3	0	100	0	0	0	0	0	0	0	56	0
4	0	100	0	0	0	0	0	0	0	51	0
5	0	99	0	0	0	0	0	0	0	46	0
6	0	98	0	0	0	0	0	0	0	40	0
7	0	97	0	0	0	0	0	0	0	35	0
8	0	95	0	0	0	0	0	0	0	30	0
9	0	93	0	0	0	0	0	0	0	26	0
10	0	90	0	0	0	0	0	0	0	23	0
11	0	88	0	0	0	0	0	0	0	22	0
12	0	85	0	0	0	0	0	0	0	22	0
13	0	83	0	0	0	0	0	0	0	23	0
14	0	82	0	0	0	0	0	0	0	25	0
15	0	81	0	0	0	0	0	0	0	29	0
16	0	81	0	0	0	0	0	0	0	34	0
17	0	82	0	0	0	0	0	0	0	40	0
18	0	83	0	0	0	0	0	0	0	48	0
19	0	85	0	0	0	0	0	0	0	56	0
20	0	87	0	0	0	0	0	0	0	63	0
21	0	90	0	0	0	0	0	0	0	68	0
22	0	92	0	0	0	0	0	0	0	71	0
23	0	95	0	0	0	0	0	0	0	70	0
24	0	97	0	0	0	0	0	0	0	68	0

**CARGAS**

Carga Cerramientos Opacos exteriores (W)											
Hora solar	Suelo	Techo	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	NO
1	0	95	0	0	0	0	0	0	0	63	0
2	0	97	0	0	0	0	0	0	0	60	0
3	0	97	0	0	0	0	0	0	0	56	0
4	0	98	0	0	0	0	0	0	0	53	0
5	0	98	0	0	0	0	0	0	0	48	0
6	0	97	0	0	0	0	0	0	0	44	0
7	0	96	0	0	0	0	0	0	0	40	0
8	0	95	0	0	0	0	0	0	0	36	0
9	0	94	0	0	0	0	0	0	0	32	0
10	0	92	0	0	0	0	0	0	0	29	0
11	0	90	0	0	0	0	0	0	0	27	0
12	0	88	0	0	0	0	0	0	0	26	0
13	0	86	0	0	0	0	0	0	0	26	0
14	0	85	0	0	0	0	0	0	0	27	0
15	0	84	0	0	0	0	0	0	0	30	0
16	0	83	0	0	0	0	0	0	0	33	0
17	0	83	0	0	0	0	0	0	0	38	0
18	0	84	0	0	0	0	0	0	0	44	0
19	0	85	0	0	0	0	0	0	0	50	0
20	0	87	0	0	0	0	0	0	0	56	0
21	0	88	0	0	0	0	0	0	0	61	0
22	0	90	0	0	0	0	0	0	0	64	0
23	0	92	0	0	0	0	0	0	0	65	0
24	0	94	0	0	0	0	0	0	0	64	0