

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO.

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPTO. ING. MECÁNICA

HABILITACION PROFESIONAL



MODELACIÓN ENERGÉTICA Y DESARROLLO DE INGENIERIA DE DETALLE DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y ACS MEDIANTE BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA, UNIDADES TERMINAL SUELO RADIANTE HIDRÁULICO Y FAN COILS EN EDIFICIO COMERCIAL

Informe de Habilitación Profesional
presentado en conformidad a los requisitos
para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico

Profesor Guía:
Sr. Reinaldo Sánchez Arriagada

NOMBRE ESTUDIANTE
Sebastián Parada Muñoz

CONCEPCION – CHILE

2020

Resumen

El presente proyecto de título tuvo como objetivo diseñar un sistema de calefacción y refrigeración central, además de un sistema de producción de agua caliente sanitaria para el edificio comercial de la empresa Ecogreen Chile. Todo esto utilizando un software de cálculo y diseño de instalaciones térmicas, entregado por uno de los proveedores y además utilizando los equipos de eficiencia energética que esta misma empresa ofrece a sus clientes.

Para desarrollar este proyecto de título fue necesario conocer los materiales que se utilizan en edificaciones y los requerimientos de la envolvente térmica de las construcciones en Chile. Además, se debió conocer las condiciones ambientales en las que va a operar este sistema durante las distintas épocas del año.

Luego de haber realizado el estudio de las condiciones a las que estará expuesto el sistema, se utilizó uno de los softwares computacionales para los cálculos de carga térmica en condición de invierno (Audytor HL). En cambio, para la condición de verano se realizaron los cálculos de forma teórica, esto debido a que el software aún no incorpora cálculos para este requerimiento. Por otro lado, el diseño de los distintos sistemas de calefacción, refrigeración y sistema hidráulico se realizaron utilizando los softwares equipos y materiales hidráulicos que serán utilizados para poner en marcha estos sistemas. (Audytor CH, Audytor CC y Audytor H2O)

Los resultados arrojaron que en condición de refrigeración se requiere una mayor potencia, lo cual es esperable ya que las edificaciones se diseñan con la finalidad de evitar que el calor se transfiera desde el interior al exterior, lo cual es desfavorable cuando se requiere enfriar una habitación.

Debido a que los grados días son mayores en invierno, la demanda energética resultó ser mayor para calefacción. Por otra parte, la comparación de dicha demanda energética entre bomba de calor, caldera de condensación a gas natural y caldera a pellet, se obtuvo un ahorro máximo de 77% por el uso de bomba de calor.

Contenido	Página
1. Introducción	6
2. Objetivos del proyecto	7
2.1. Objetivos generales:	7
2.2. Objetivos específicos:	7
3. Información de la empresa Ecogreen Chile:.....	8
4. Empresa Sankom	9
4.1. Programas para cálculos y diseño	9
4.1.1. Audytor HL:.....	9
4.1.2. Audytor SET:	10
4.1.3. Audytor CH:	10
5. Generalidades.....	14
5.1. Conceptos básicos:	14
6. Simbología y unidades de medida.....	16
7. Bases teóricas utilizadas por el programa Audytor:.....	17
7.1. Coeficiente global de transferencia de calor/ Transmitancia térmica (U):	17
7.2. Conductividad térmica:	18
7.3. Resistencia térmica.....	19
7.3.1. Resistencia térmica de una capa homogénea:	19
7.3.2. Resistencia térmica superficial.	19
7.3.3. Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada.	20
7.3.4. Cámara de aire ligeramente ventilada:	21
7.3.5. Cámara de aire ventilada:.....	21
7.4. Resistencia térmica total:	22
8. Cálculo de carga térmica (acorde a norma EN 12831):	22
8.1. Supuestos según Norma EN 12831:	22
8.2. Procedimiento para cálculo de un espacio con calefacción acorde a Norma EN 12831	23
9. Carga térmica total de diseño:	23
9.1. Pérdidas de calor de diseño por conducción.....	24
9.2. Pérdidas de calor por ventilación:	24
9.3. Pérdidas de calor directamente al exterior.	25
9.4. Carga de térmica de diseño:.....	26
9.5. Pérdidas de calor por el suelo.	26

10.	Normativa MINVU para transmitancia térmica y resistencia térmica total.....	27
11.	Descripción del Edificio.....	28
11.1.	Planos plantas edificio:.....	28
	Plano planta piso 1:.....	28
	Plano planta piso 2:.....	29
	Planta piso 3:.....	30
11.2.	Datos Globales Edificio:.....	31
11.3.	Descripción de materiales de componentes del edificio.....	33
11.4.	Resultado para habitaciones del edificio del edificio.....	36
12.	Cálculo de ganancias térmicas para condición de verano.....	38
12.1.	Calor sensible transferido por conducción y radiación solar a través de muros exteriores.	38
12.2.	Calor sensible transferido por radiación solar a través de superficies vidriadas.	43
12.3.	Calor sensible transferido a través del techo por radiación solar y conducción.....	45
12.4.	Calor sensible transferido a través de recintos interiores no climatizadas:.....	46
12.5.	Ganancias térmicas generadas por ocupantes del edificio.	46
12.6.	Ganancias térmicas por iluminación y equipos.....	47
12.7.	Transmisión de calor debido a renovaciones de aire.....	49
12.8.	Calor total transferido a través del edificio en condición de verano.....	50
13.	Determinación de demanda energética.....	51
13.1.	Demanda energética para condición de invierno y verano.....	51
14.	Agua caliente sanitaria (ACS).....	54
14.1.	Demanda energética ACS edificio Ecogreen Chile.....	55
14.2.	Demanda energética por consumo de A.C.S.	57
15.	Diseño de sistemas hidráulicos.....	58
15.1.	Diseño y resultados sistema de calefacción.....	58
15.1.1.	Dedición de materiales suelo radiante hidráulico.....	58
15.1.2.	Resultados para suelo radiante hidráulico por habitación.....	61
15.1.3.	Punto de operación de la bomba de recirculación y fuente de calor.	63
15.2.	Esquema instalación suelo radiante hidráulico.....	64
16.	Selección de equipos.....	68
16.1.	Equipos para calefacción y refrigeración:.....	68
16.1.1.	Bomba de calor para calefacción y refrigeración:.....	68
16.1.2.	Curvas de potencia de refrigeración y calefacción bomba de calor WPL 20AC.....	69

16.2.	Estanque de expansión.....	70
16.3.	Bombas de recirculación	71
16.4.	Selección de equipos fan-coil	76
16.5.	Equipo para la producción de ACS.....	79
16.5.1.	Resultados sistema de agua caliente sanitaria.....	80
16.5.2.	Esquemas de instalación hidráulica para agua sanitaria	81
17.	Inversión del proyecto.....	85
17.1.	Costo de quipos y materiales para calefacción y refrigeración”	85
17.2.	Costos inversión ACS	88
17.3.	Costo total inversión.....	89
18.	Consumo energético y costos de operación bomba de calor	90
18.1.	Comparación consumo de energía y costos por calefacción entre bomba de calor y caldera condensación a gas natural.	91
19.	Conclusiones.....	95
19.1.	Conclusiones Generales:.....	95
19.2.	Conclusiones específicas	95
19.2.1.	Software de cálculo térmico.....	95
19.2.2.	Software de diseño de instalaciones térmicas.	95
19.3.	Demanda energética:	96
	Referencias:.....	97
	ANEXO 1.....	98
	Imágenes obtenidas desde el software.....	98
	ANEXO 2.....	101
	Valores predeterminados de transmitancia térmica lineal para puentes térmicos, acorde a Norma ISO 14683	101
	Valores predeterminados de transmitancia térmica lineal para puentes térmicos, acorde a Norma EN ISO 10211-1.....	105
	ANEXO3	107
	Tablas utilizadas de Manual de carrier.....	107
	Anexo 4.....	112
	Diagrama de flujo bombas de calor-estanque de inercia.....	112
	ANEXO 5.....	113
	Conexiones hidráulicas bombas de calor y estanque de inercia.....	113

1. Introducción

Hoy en día el uso de energías más amigables con el medio ambiente ha tomado una vital importancia debido al cambio climático que está afectando nuestro planeta. Es por esta razón que el desarrollo de sistemas energéticos más eficientes ha ido creciendo con una mayor fuerza estos últimos años.

Con la preocupación de disminuir el impacto ambiental se han ido desarrollando distintos equipos y sistemas que captan y/o aprovechan de mejor manera estas energías limpias, como lo son paneles fotovoltaicos, bombas de calor, colectores solares, entre otros.

La empresa Ecogreen Chile junto con sus colaboradores se distingue por ofrecer equipos para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética, destacando entre estos, centrales térmicas en base a bomba de calor aerotérmica, con las cuales se aprovecha de manera más eficiente la energía eléctrica. Además, ligado a esta gran eficiencia energética, también se genera un ahorro económico a largo plazo en la producción de agua caliente sanitaria o en sistemas de calefacción, comparado con otras fuentes de calor como lo es el gas o incluso con equipos eléctricos de menor rendimiento como los son los termos eléctricos.

Hoy en día Ecogreen Chile se encuentra desarrollando una alianza con la empresa Sankom de origen polaco, en cuanto a distribución a nivel nacional de Softwares de cálculo y diseño que respalden instalaciones térmicas. Es por esta razón que para Ecogreen Chile surge la necesidad de conocer y analizar el alcance que tienen estos Softwares, para su posterior utilización en proyectos y comercialización.

En el presente proyecto se dará a conocer diferentes soluciones energéticas que ofrece la Empresa Ecogreen Chile, con el diseño de su propio edificio corporativo, en donde utilizando el programa Audytor HL para el cálculo térmico y Audytor SET con sus módulos CH de calefacción, CC para refrigeración y H₂O para instalaciones hidráulicas, los que serán utilizados para el diseño de las instalaciones, programas que son provistos por la empresa Sankom.

Además, se darán a conocer distintos equipos que la empresa Ecogreen ofrece a sus clientes en cuanto a climatización y producción de ACS, entre los cuales se encuentran bombas de calor aire-agua de la marca Stiebel-Eltron de origen alemán, suelo radiante hidráulico, estanques de inercia, etc.

2. Objetivos del proyecto

2.1. Objetivos generales:

- Realizar ingeniería de detalle de proyecto de climatización y ACS en edificio comercial.
- Realizar análisis técnico-económico comparativo entre sistema modelado y sistemas convencionales de climatización.

2.2. Objetivos específicos:

- Determinar la demanda energética y potencia instalada del edificio comercial Ecogreen Chile mediante software de modelación.
- Determinar el listado de equipos y materiales necesarios para la instalación de sistema de climatización.
- Realizar diagrama de flujo de sistema de climatización, plano de distribución de cañerías y accesorios.
- Determinar el ahorro generado por el sistema de climatización de aerotermia versus sistemas convencionales de como gas, pellet u otros.
- Determinar consumos, listado de equipos y materiales para la generación de ACS.

3. Información de la empresa Ecogreen Chile:

Ecogreen Chile es una empresa ubicada en la comuna de Las Condes, Santiago, la cual está dedicada a entregar soluciones de eficiencia energética, sustentabilidad, y cuidado del medio ambiente. Dentro de estas soluciones se destaca climatización y producción de agua caliente sanitaria, mediante equipos que utilizan la energía eléctrica.

Los principales servicios y productos que ofrece la empresa son; calefacción por suelo radiante eléctrico, calefacción y refrigeración por suelo radiante hidráulico, bombas de calor aerotérmica, termos eléctricos y calentadores de agua instantáneos (estos calentadores de agua instantáneos funcionan igual que un calefont calentando el agua a medida que pasa por el equipo, pero con la diferencia que son eléctricos, de menor tamaño, más fáciles de montar). Además, la empresa también ofrece deshumidificadores y cobertores térmicos para piscina.

Dentro de los servicios que destacan se encuentran:

- Sistema de calefacción mediante suelo radiante eléctrico.
- Sistema de calefacción mediante suelo radiante hidráulico y bomba de calor aerotérmica.
- Sistemas de ACS para viviendas particulares.
- Instalación de centrales térmicas para ACS con bomba de calor.

Ecogreen Chile es la representante legal en Chile de la prestigiosa marca Stiebel-Eltron de origen alemán, esta ofrece una variada gama de equipos diseñados para proyectos de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria para casas y edificios.

Dentro de los equipos que ofrece Stiebel-Eltron destacan bombas de calor aerotérmicas de interior y exterior, las cuales entregan una alta eficiencia incluso en condiciones de temperaturas bajo cero. Estos equipos son comandados por su propio controlador, el cual además de comandar las bombas de calor también toma datos del funcionamiento del sistema, que sirven para realizar un estudio del comportamiento de los equipos y del sistema en casos que se requiera.

4. Empresa Sankom:

Es una empresa de origen polaco dedicada a desarrollar y publicar softwares que respalden el proceso de cálculo y diseño de instalaciones térmicas e hidráulicas, dentro de los softwares que esta empresa ofrece se encuentra: Audytor HL, Audytor CH Audytor H2O, Audytor SDG,

4.1. Programas para cálculos y diseño

4.1.1. Audytor HL:

Permite el modelado tridimensional del edificio y cálculo de la carga térmica.

Los programas se utilizan para el modelado tridimensional de edificios y el soporte para calcular la carga térmica de diseño de habitaciones individuales.

El programa calcula (dependiendo de la versión del idioma):

- El coeficiente global de transferencia de calor (U) para paredes, pisos, y techos.
- Pérdidas de calor en habitaciones individuales.
- La pérdida de calor para todo el edificio.
- El balance de calor del edificio para el período de calefacción.
- La selección de radiadores.

Además, el programa permite una fácil exportación de datos de diseño al ordenador, ya sea de planos de construcción de Autodesk o Revit. También, permite la importación de dibujos básicos de la edificación con lo que se pueden dibujar paredes, ventanas puertas y pisos sin necesidad de un dimensionamiento manual preciso de estos componentes, pudiendo realizar el diseño sobre el plano importado.

El programa permite correcciones en el diseño del modelo, pudiendo verificar cada partición del edificio por separado.

El diseñador puede elaborar la documentación técnica de los proyectos, basándose en amplios listados de materiales, particiones de construcción y radiadores seleccionados, los cuales están disponibles en la biblioteca del software.

4.1.2. Audytor SET:

Es una versión del software Audytor, que combina en un diseño los cálculos de instalaciones de agua fría y caliente con circulación, instalaciones de calefacción central y enfriamiento central.

- Audytor:H₂O: Módulo de la instalación de agua fría y caliente con circulación.
- Audytor CH (Central Heating) : Módulo de la instalación de calefacción central incluyendo calefacción por suelo radiante.
- Audytor CC (Central Cooling): Módulo de enfriamiento central.

Estos módulos pueden funcionar de forma independiente en el caso que se requiera diseñar solo un tipo instalación o pueden cooperar entre sí combinando instalaciones. Estos módulos utilizan una distribución gráfica en 2D y 3D.

4.1.3. Audytor CH:

Este programa está destinado al diseño de nuevas instalaciones de calefacción, ajuste de sistemas ya existentes, así como al diseño de redes de tuberías de agua fría. Una característica particular del programa es que ofrece un lugar en donde se pueden combinar múltiples medios de calentamiento en solo un proyecto.

El programa genera de manera automática el esquema axonométrico de la instalación diseñada, el cual se puede imprimir o exportar en formato DWG, lo que permite crear una documentación completa del diseño, gracias a la capacidad de mostrar los resultados en las vistas planas.

El esquema de axonometría permite visualizar toda la instalación en un dibujo, permitiendo una orientación más precisa del diseño, así como seleccionar y editar de manera simultánea los datos de elementos en diferentes niveles, acelerando el procedimiento del diseño y ajuste de la instalación.

El programa está equipado con el módulo de cooperación de archivos DWG y DXF, lo que permite una importación, visualización y exportación de los esquemas.

Por otra parte, el programa permite dibujar plantas en las vistas, con lo que se puede crear la especificación completa del dibujo para el diseño de un sistema de calefacción central. Para esto es necesario dibujar un plano de planta y luego ingresar radiadores, tuberías y otros componentes. El programa describe los equipos y entrega los diámetros de las tuberías y las configuraciones de válvulas.

El modo de trabajo más cómodo y que utilizará de la mejor forma el potencial de cooperación entre los programas HL y CH son:

- Cargar vistas del plano de construcción desde archivos como DWG, DXF, WMf, etc., hacia el programa HL.
- Dibujar en el programa HL un modelo 3D del edificio y ejecutar cálculos térmicos.
- Cargar resultados del programa HL al programa CH (se exporta la carga térmica y una vista plana del modelo).
- Dibujar el sistema en el programa de instalación del software CT y realizar cálculos.

Características del Programa:

El programa permite un completo cálculo hidráulico de un sistema, bajo el cual:

- Selecciona diámetros de tubería.
- Determina resistencia hidráulica de los circuitos.
- Proporsiona pérdidas totales de presión en el sistema.
- Reduce el exceso de presión en los circuitos a través de la selección de ajustes preestablecidos en la selección de válvulas o selección de bridas en los agujeros de estrangulación.
- Selecciona preajustes en los controladores de presión diferencial instalados en lugares seleccionados por el diseñador (la base del tubo ascendente, rama del sistema, etc.)
- Toma en cuenta automáticamente los requerimientos de válvulas termostáticas (adecuada caída de presión sobre estas válvulas).
- Selecciona depósitos de inercia que cooperan con subestaciones de calefacción.
- Selección de bombas.
- Permite el uso de acoplamientos hidráulicos.
- Permite usar colectores dobles.

El programa permite realizar cálculos térmicos según los cuales :

- Define las ganancias de calor de las tuberías.
- Calcula el enfriamiento del agente de calentamiento en las tuberías.

- Para una carga térmica dada, determina el tamaño requerido de los radiadores.
- Selecciona los flujos adecuados del agente de calentamiento, teniendo en cuenta su enfriamiento en los tubos y las ganancias de calor de las tuberías (variante de la regulación de instalación existente, por ejemplo, en edificios aislados).
- Considera el efecto del enfriamiento del agua en las tuberías sobre el valor de la presión gravitacional, así como la potencia térmica de los receptores de calor.
- Calcula los parámetros de los diseños de radiadores de suelo.

En el programa es posible diseñar los siguientes sistemas:

- Sistema de bomba.
- Diseño de tuberías : tubo único , dos tubos, cuatro tubos o mezclado.
- Agente de calentamiento o enfriamiento: agua, etilenglicol o propilenglicol.
- Distribución superior, distribución inferior, sistemas horizontales, sistemas de colectores.
- Radiadores de convección, radiadores de piso, radiadores de pared.
- Válvulas automáticas de purga de aire (el sistema no puede tener una purga de red).
- Válvulas de radiador termostáticas o manuales.
- Equilibrado inicial del sistema mediante válvulas con preajustes o bridas.
- Estabilización de la presión diferencial mediante controladores de presión diferencial.
- Posibilidad de usar controladores de flujo.

La base de datos del catálogo contiene información sobre tuberías, válvulas y radiadores. Los accesorios de montaje de canalizaciones, tubos y radiadores de diferentes empresas se pueden usar simultáneamente en un solo proyecto.

EL software entrega una biblioteca de partes estándar del dibujo (bloques), como partes típicas de sistemas verticales o de distribución, posibilita crear rápidamente un esquema del sistema. Además, se puede definir un número virtualmente ilimitado de bloques propios que consta de cualquier parte del

dibujo. Tales bloques se pueden utilizar en proyectos posteriores. Utilizando la función de duplicación, el esquema de una vertical se puede preparar y copiar automáticamente en verticales siguientes.

Para facilitar la entrada de datos, el software incluye:

- Capacidad de editar simultáneamente muchos componentes de la instalación.
- Posibilidad de usar bloques listos.
- Funciones inteligentes de duplicar cualquier parte del dibujo horizontalmente (sistemas de alojamiento) y verticalmente (sistemas verticales tradicionales) junto con la numeración adecuada de habitaciones y parcelas.
- Posibilidad de definir un número ilimitado de bloques propios que consta de cualquier parte del dibujo.
- Acceso rápido a la información auxiliar relacionada con los tamaños ingresados.
- Sistema de botones desplegados que facilita el acceso a los componentes más utilizados de la instalación.
- Función de vincular dinámicamente datos de un dibujo a los datos correspondientes en la tabla.
- Sistema que soporta la conexión de accesorios, radiadores y otros elementos de la instalación con conductos.
- Creación automática de una división de verticales basada en vistas.
- Edición de datos en forma de tabla, que ofrece la posibilidad de la configuración individual de parámetros de muchos elementos seleccionados simultáneamente en el dibujo.
- Conexión dinámica del dibujo con la tabla de datos, esto significa que el elemento que se está editando en la tabla resalta en la vista desarrollada.

El programa posee un sistema de diagnóstico de datos, esto quiere decir que cada elemento introducido se vincula al sistema de diagnóstico que verifica la corrección y al sistema de ayuda que permite obtener información sobre el tamaño introducido o presentar los datos relevantes del catálogo, presentando alertas sobre irregularidades hidráulicas en la instalación diseñada.

5. Generalidades

En Chile, cerca del 25% de la energía generada se utiliza en el sector residencial, siendo aproximadamente el 56% utilizado en calefacción de viviendas. Por esto es clave reducir este consumo de energía en calefacción, para contribuir así a una disminución en el consumo energético total país.

Los principales combustibles utilizados en calefacción de viviendas son la leña, con un 59% del total del consumo, seguidos en menor cantidad por el gas licuado (17%), electricidad (15%) y gas natural (7%). Si se logra un correcto acondicionamiento de la vivienda, es posible disminuir el consumo de energía para la calefacción, lo que se traduce en una mejor calidad del aire dentro y fuera de la vivienda y una mejor calidad de vida para los usuarios.

El confort térmico es una sensación de bienestar de las personas, relacionada con una serie de variables ambientales (temperaturas del aire y de las superficies, humedad y velocidad del aire) y además con el individuo mismo, como la edad, tipo de actividad que realiza, género, tipo de vestimenta, etc. Por todo esto se debe tener en cuenta que es un parámetro subjetivo, que no garantiza esta sensación de bienestar en todos los ocupantes del recinto.

5.1. Conceptos básicos:

- **Transferencia de calor:**

Es el intercambio de energía en forma de calor entre distintos cuerpos o entre distintas partes de un mismo cuerpo que está expuesto a diferentes temperaturas.

La transferencia de calor ocurre desde un cuerpo o un entorno más caliente o uno más frío, hasta alcanzar el equilibrio térmico (segunda Ley de la Termodinámica).

Los mecanismos de transferencia de calor son mediante convección, radiación o conducción. En donde pueden ocurrir todos de forma simultánea, pudiendo predominar uno sobre el resto de los demás mecanismos.

Conducción: Es la transferencia de calor dentro del material o entre materiales en contacto directo, la transferencia de energía se hace de molécula a molécula, sin cambios de posición de estas. Este tipo de transferencia de calor también es aceptado para fluidos en reposo o con desplazamiento laminar, en donde las moléculas no sufren un desplazamiento relativo en el volumen.

Convección: Basicamente es la transferencia de calor por el movimiento de fluidos, siendo la forma de transferencia de calor principal en líquidos y gases.

Tipos de convección:

-Convección Forzada: Es cuando el movimiento de un fluido es provocada por agentes externos (bomba, ventilador, etc)

-Convección Natural: Causado por fuerzas de empuje, diferencia de densidades producido por una diferencia de temperatura.

Este tipo de transferencia de calor se cuantifica según la Ley de Newton.

Radiación termica: Mecanismo de transferencia de calor, que se transmite en el vacío o a través de fluidos por medio de ondas electromagnéticas que se emiten desde superficies sólidas cuya temperatura es superior a cero Kelvin.

- **Demanda de energía:**

Energía necesaria para mantener en el interior de la vivienda las condiciones de confort, depende de las características térmicas de la envolvente, su orientación, condiciones de uso y clima del lugar de emplazamiento entre otros. No considera la eficiencia de los equipos de climatización instalados.

- **Eficiencia de un equipo:**

Razón entre la energía producida por un equipo útil y la que éste consume para su funcionamiento. Este término se utiliza para equipos en donde la relación entre la energía entregada y la energía consumida es mayor al 100%

$$Eff. = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{Consumida}}}$$

- **Nivel de Hermeticidad:**

Característica de una vivienda en relación con la cantidad de aire que se puede transferir a través de su envolvente.

6. Simbología y unidades de medida:

La nomenclatura y abreviaciones utilizadas en este informe serán las siguientes:

Tabla N°1: “Simbología y unidades de medida”.

Símbolo	Significado	Unidad
A	Área.	m ²
V	Volumen	m ³
C _p	Calor específico.	$\frac{J}{kg \cdot K}$
R _t	Resistencia térmica de diseño.	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$
U	Coefficiente global de transferencia de calor / transmitancia térmica.	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Q	Calor (Pérdidas de calor).	W
Q _{CT}	Carga térmica	W
H	Coefficiente de pérdida de calor, coeficiente de transferencia de calor.	$\frac{W}{K}$
λ	Conductividad térmica del material	$\frac{W}{m \cdot K}$
d	Espesor del material.	m
T° _{int}	Temperatura interior.	°C
T° _e	Temperatura exterior,	°C
T° _{m,e}	Temperatura media exterior.	°C
R _{si}	Resistencia interna de la superficie	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$
R _{se}	Resistencia externa de la superficie	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$
ρ	Densidad.	$\frac{kg}{m^3}$
ψ	Transmitancia térmica lineal	$\frac{W}{m \cdot K}$

7. Bases teóricas utilizadas por el programa Audytor:

Para el cálculo y diseño el programa Audytor se basa en la física y en normas europeas. Además, el programa CH con el cuál se realiza el diseño de calefacción se basa en el conocimiento físico y modelo de los fenómenos que ocurren en los sistemas. Algunos de estos modelos son comúnmente conocidos y descritos en la literatura y otros (especialmente de los últimos equipos) fueron desarrollados por los autores del software.

Las normas usadas por el programa son las siguientes:

- PN-EN ISO 6946 [1]: Transmitancia térmica superficial. Para componentes de construcción no transparentes.
- PN-EN ISO 10077-1 [2]: Condiciones de diseño para puertas y ventanas.
- PN-EN 12831 [3]- Carga térmica.
- PN-EN ISO 13370- Intercambio de calor a través del suelo

7.1. Coeficiente global de transferencia de calor/ Transmitancia térmica (U):

Es la tasa de transferencia de calor (en watts) que pasa por unidad de superficie de un elemento, cuando la diferencia de temperatura de los fluidos en ambos lados de la estructura es de 1 kelvin (1 °C), mientras más bajo el valor de U, mayor aislante térmico será el elemento.

Los componentes de construcción bien aislados tienen una baja transmitancia térmica, la cual irá aumentando a medida que se aumente la aislación.

$$U = \frac{1}{R_t}, \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad \text{Ó} \quad U = \frac{Q}{A \cdot \Delta T^\circ}, \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

Q: Calor transferido [W].

ΔT° : Diferencia de temperatura de los fluidos en ambos lados de la estructura, [K] o [°C].

A: Area de transferencia de calor [m²].

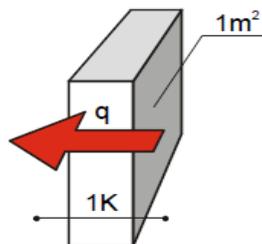


Imagen N°1: "Flujo de calor a través de un material"

7.2. Conductividad térmica:

Mide la capacidad de los materiales de conducir el calor a través de ellos cuando existe una diferencia de temperatura en sus caras. Se mide en (W/mK). Mientras más bajo sea este valor, más aislante térmico será el material.

Tabla N°1: “Conductividad térmica de algunos materiales, NCH 853”

Material	Conductividad térmica (W/mK)
Poliuretano expandido	0,027 - 0,025
Poliestireno expandido	0,036 - 0,043
Lana mineral	0,037 - 0,042
Madera	0,091 - 0,28
Vidrio	1,2
Hormigón armado ($\rho=2400 \text{ kg/m}^3$)	1,63
Yeso cartón	0,24 - 0,26

Fuente: NCh853 Acondicionamiento térmico – Envoltura térmica de edificios. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, anexo A, Tabla A.1, Instituto Nacional de Normalización, INN, 2007.

Obs: Los valores de la tabla N°1, poseen una diferencia muy mínima comparada con los datos de materiales de la base de datos del programa.

7.3. Resistencia térmica

La resistencia térmica (R) de un elemento, corresponde a la oposición de calor que presentan los elementos de construcción.

7.3.1. Resistencia térmica de una capa homogénea:

Los materiales presentan distinta resistencia a la conductividad térmica, lo que representa una mayor o menor capacidad de transferir calor a través de ellos. Esta resistencia a la transferencia de calor se llama resistencia a la conducción, la cual depende de la propia conductividad térmica del material y del espesor que este presente.

$$R_t = \frac{e}{\lambda}$$

En donde:

R_t: Resistencia a la conducción (m/W).

e: Espesro del material (m).

λ: Conductividad térmica del material [w/mK].

7.3.2. Resistencia térmica superficial.

Las resistencias térmicas superficiales se deben a delgadas películas de aire que se adhieren a las superficies de los cerramientos tanto interiores como exteriores.

En los cálculos prácticos las resistencias superficiales se deben asumir de acuerdo con la tabla N°2.

Tabla N°2: “Resistencias térmica superficiales (en w/mK) [1]”.

Resistencia térmica Interna/externa	Dirección del flujo de aire		
	Ascendente 	Horizontal 	Descendente 
R _{si}	0,10	0,13	0,17
R _{se}	0,04	0,04	0,04

Fuente: PN-EN ISO 6946

Obs: Si se comparan los valores de resistencia térmica utilizados por la norma PN-EN ISO 6946 con la NCh853, estos valores son prácticamente iguales.

7.3.3. Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada.

En los elementos que están formados por capas planas y separadas unas de las otras, se forma una cámara de aire en su interior la cual presenta una resistencia térmica

Una cámara de aire se considera no ventilada, si no existe una distribución evidente del flujo de aire a través de ella, si existen pequeñas aberturas al ambiente que no permiten el flujo a de aire por la cubierta, no excediendo:

- 500 mm² por m² de longitud para capas de aire verticales.
- 500 mm² por m² de superficie para capas de aire horizontales.

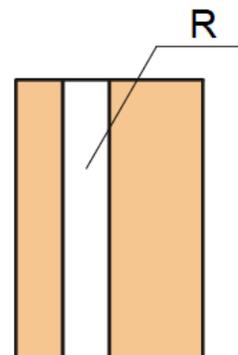


Imagen N°2 “Cámara de aire no ventilada”

Tabla N°3: “Resistencia térmica (en m²K/W) de cámaras de aire sin ventilación: Superficies de alta emisividad [1]”.

Espesor de la capa (mm)	Dirección del flujo de aire		
	Ascendente	Horizontal	Descendente
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Nota: Los valores intermedios pueden ser obtenidos mediante interpolación lineal.

7.3.4. Cámara de aire ligeramente ventilada:

Una cámara de aire se considera ligeramente ventilada, si existe una circulación de aire limitada, a través de ella, mediante aberturas desde el entorno externo, las cuales deben estar dentro los siguientes rangos:

- $>500 \text{ mm}^2$ y $\geq 1500 \text{ mm}^2$ por 1m de longitud vertical.
- $>500 \text{ mm}^2$ y $\geq 1500 \text{ mm}$ por 1m por m^2 de superficie para capas de aire horizontales. [1]

La resistencia térmica para una capa de aire ligeramente ventilada es la mitad de los valores de la Tabla N°3.

7.3.5. Cámara de aire ventilada:

Una capa de aire es bien ventilada, si las aberturas entre la capa de aire y el ambiente externo excede:

- 1500 mm^2 por m de longitud para capas de aire verticales.
- 1500 mm^2 por m^2 de superficie para capas de aire horizontales.

La resistencia térmica total de un componente del edificio que contiene una capa de aire bien ventilada se obtendrá ignorando la resistencia térmica de la capa de aire y el entorno externo, e incluyendo una resistencia superficial externa correspondiente al aire móvil (es decir, igual a la resistencia superficial interna del mismo componente).

El estándar PN-EN ISO 6946: 2008 introdujo un nuevo enfoque en el cálculo de la resistencia térmica. del componente se calcula dos veces. Primero, suponiendo que la capa de aire no esté ventilada y luego, suponiendo que la capa de aire esté bien ventilada. Finalmente, la resistencia térmica del componente con una capa de aire ligeramente ventilada se establece por medio de interpolación lineal, utilizando la siguiente ecuación:

7.4. Resistencia térmica total:

La resistencia térmica total R_t de un componente de construcción plano, compuesto por capas térmicamente homogéneas, se calcula mediante la siguiente expresión.

$$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} \quad \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (1)$$

$R_1 + \dots + R_n$: Resistencia térmica de diseño de cada capa.

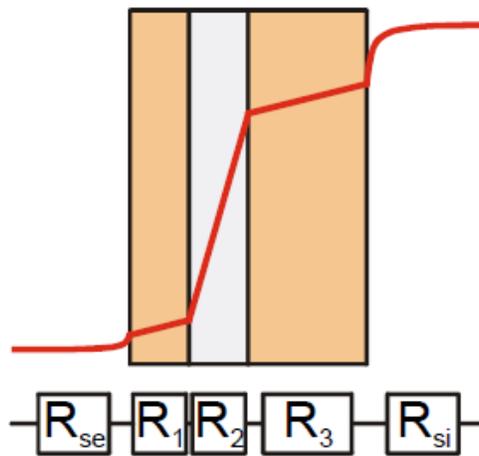


Imagen N°2: Resistencia térmica total''

8. Cálculo de carga térmica (acorde a norma EN 12831):

8.1. Supuestos según Norma EN 12831:

El método de cálculo para los casos básicos se basa en las siguientes hipótesis:

- Se considera la distribución de temperatura (temperatura del aire y temperatura de diseño), es uniforme.
- Se asume que la temperatura del aire y la temperatura operativa son las mismas.
- Las pérdidas de calor se calculan en condiciones estables, suponiendo propiedades constantes, como valores de temperatura y características de construcción.

8.2. Procedimiento para cálculo de un espacio con calefacción acorde a Norma EN 12831

1. Determinar el valor de la temperatura de diseño externo y la media anual externa.
2. Especificar si es un espacio con o sin calefacción y valores de diseño interno.
3. Determinar las características dimensionales y térmicas de todos los elementos de construcción para cada espacio con y sin calefacción.
4. Calcular el coeficiente de pérdida de calor por conducción de diseño y multiplicar por la diferencia de temperatura de diseño, para obtener la pérdida de calor por conducción del espacio calentado.
5. Calcular el coeficiente de pérdidas de calor por ventilación de diseño y multiplicar por la diferencia de temperatura de diseño para obtener la pérdida de calor por ventilación del espacio calentado.
6. Obtener la pérdida de calor total de diseño del espacio calentado, agregando la pérdida de calor por conducción y ventilación.
7. Calcular la capacidad de calentamiento del espacio calentado, es decir, potencia adicional requerida para compensar los efectos del calentamiento intermitente.
8. Finalmente obtener la carga de térmica total de diseño del espacio calentado, agregando la pérdida de calor de diseño total y la capacidad de calentamiento.

9. Carga térmica total de diseño:

La pérdida total de calor para un espacio calefaccionado se calcula de la siguiente manera.

$$Q_i = Q_{T,i} + Q_{V,i} \quad [W] \quad (2)$$

$Q_{T,i}$: Pérdidas de calor por diseño para los espacios calefaccionados, en Watts (W).

$Q_{V,i}$: Pérdidas de calor de diseño por ventilación para espacios calefaccionados, en Watts (W).

9.1. Pérdidas de calor de diseño por conducción.

Las pérdidas de calor de diseño para espacios calefaccionados se calculan de la siguiente manera:

$$Q_{T,i} = (H_{C,ie} + H_{C,iue})(T^{\circ}_{int} - T^{\circ}_e) + H_{C,ig}(T^{\circ}_{int} - T^{\circ}_g) + H_{C,ij}(T^{\circ}_{int} - T^{\circ}_j) \quad [W] \quad (3)$$

$H_{C,ie}$: Coeficiente de pérdidas de calor por conducción desde el espacio calentado (i) al exterior (e), en (W/K).

$H_{C,iue}$: Coeficiente de pérdida de calor por conducción desde el espacio calentado (i) al exterior (e) a través del espacio no calentado (u), en (W/K).

$H_{C,ig}$: Coeficiente de pérdidas de calor por conducción desde el espacio calentado (i) al suelo (g), en (W/K).

$H_{C,ij}$: Coeficiente de pérdidas de calor por conducción desde el espacio calentado (i) a un espacio calentado vecino (j), calentado a una temperatura significativamente diferente, es decir, un espacio calentado adyacente dentro del edificio o un espacio calentado de una edificación adyacente, en (W/K).

T°_{int} : Temperatura interna de diseño del espacio calentado, en (°C).

T°_e : Temperatura exterior de diseño, en (°C).

T°_g : Temperatura del suelo (g), en (°C).

T°_j : Temperatura del espacio vecino (j), en (°C).

9.2. Pérdidas de calor por ventilación:

Las pérdidas de calor desde el espacio calentado (i) al exterior se calculan de la siguiente manera.

$$Q_{v,i} = H_{v,ie}(T^{\circ}_{int} - T^{\circ}_e) \quad [W] \quad (4)$$

Donde:

- $H_{v,ie}$: Coeficiente de diseño de pérdidas de calor por ventilación, en (W/mK).

9.3. Pérdidas de calor directamente al exterior.

Coefficiente de pérdida de calor por conducción desde el espacio calentado al exterior. Estas pérdidas de calor se deben a todos los materiales de elementos de construcción y puentes térmicos lineales que separan el espacio calentado del ambiente externo, como paredes, piso, techo, Puertas, ventana

Los puentes térmicos son zonas de la envolvente de un edificio por donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente y el calor se transmite más fácilmente, ya sea por un cambio en la uniformidad o espesor de diferentes materiales de construcción o simplemente por materiales que poseen distinta conductividad térmica.

Dicho esto, las pérdidas de calor al exterior se calculan de la siguiente manera:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \quad [W/K] \quad (5)$$

- A_k : Área del elemento de construcción, en m^2 .
- U_k : Coeficiente global de transferencia de calor de elementos de construcción, en W/m^2K , calculada acorde a:
 - EN ISO 6946 (para elementos opacos).
 - EN ISO 10077-1 (para puertas y ventanas).
- l_l : Longitud del puente térmico lineal, entre el interior y el exterior.
- ψ_l : Transmitancia térmica lineal del puente térmico, en (W/mK) y se determina de las siguientes formas (Valores de ψ_l en ANEXO 2).
 - Para una evaluación aproximada, se utilizan valores provistos por la norma EN ISO-14683.
 - Calculando según EN ISO 10211-1

9.4. Carga de térmica de diseño:

Es la suma de la carga térmica total de diseño más la capacidad de calentamiento (para compensar efectos de calentamiento intermitente).

$$Q_{CT} = Q_C + Q_V + Q_{RH,i} \quad [W] \quad (6)$$

- Carga térmica total de diseño de un edificio.

$$Q_{CT} = \sum Q_C + \sum Q_V + \sum Q_{RH} \quad [W] \quad (7)$$

- $\sum Q_C$: Sumatoria de las pérdidas de calor por conducción de todos los espacios calefaccionados, excluyendo el calor transferido dentro del edificio (en W).
- $\sum Q_V$: Sumatoria de las pérdidas de calor por ventilación de todos los espacios, excluyendo la transferencia de calor dentro del edificio.
- $\sum Q_{RH}$: Sumatoria de la capacidad de calefacción de todos los espacios calefaccionados requeridos para compensar los efectos del calentamiento intermitente.

9.5. Pérdidas de calor por el suelo.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_k \right) \cdot G_w \quad \left[\frac{W}{K} \right] \quad (8)$$

- f_{g1} : Factor de corrección tomando en cuenta la influencia de la variación anual de la temperatura exterior (según el anexo nacional polaco de EN 12831: 2006, los valores predeterminados son 1,45)
- f_{g2} : Factor de reducción de temperatura teniendo en cuenta la diferencia entre la temperatura externa media anual y la temperatura de diseño.

$$f_{g2} = \frac{T_{int}^{\circ} - T_{m,e}^{\circ}}{T_{int}^{\circ} - T_e^{\circ}} \quad (9)$$

- G_w : Factor de corrección tomando en cuenta la influencia desde la capa freática. De acuerdo con el anexo nacional de Polonia EN 12831:2006. $G_w=1,15$ si la distancia entre la capa freática y el nivel del piso base (losa del piso) es inferior a 1m y $G_w=1,00$ en otros casos.

10. Normativa MINVU para transmitancia térmica y resistencia térmica total.

Las recomendaciones de aislación térmica (techumbres, muros, pisos y ventanas) de una vivienda y el dimensionamiento del sistema de calefacción, depende de la zona climática en la que la vivienda se encuentre.

El ministerio de vivienda y urbanismo señala que todas las viviendas deben cumplir con las siguientes exigencias de acondicionamiento térmico.

Techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados

La techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados comprendidos como elementos que conforman la envolvente de una vivienda o edificación, deberán tener una transmitancia térmica “U” igual o menor, o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior, a la que se señala para la zona en la que estará ubicada el proyecto de arquitectura, esto de acuerdo con los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo y a la siguiente tabla:

Tabla N°4: “Valores de “U” y “Rt” para techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados”

NORMATIVA MINVU CHILE							
ZONA	TECHUMBRE		MUROS PERIMETRALES		PISOS VENTILADOS		
	U W/m²K	Rt m²K/W	U W/m²K	Rt m²K/W	U W/m²K	Rt m²K/W	
1	0,84	1,19	4,00	0,25	3,60	0,28	
2	0,60	1,67	3,00	0,33	0,87	1,15	
3	0,47	2,13	1,90	0,53	0,70	1,43	
4	0,38	2,63	1,70	0,59	0,60	1,67	
5	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00	
6	0,28	3,57	1,10	0,91	0,39	2,56	
7	0,25	4,00	0,60	1,67	0,32	3,13	

Obs: La zona térmica correspondiente a la ciudad de Santiago es la Zona 3.

11. Descripción del Edificio.

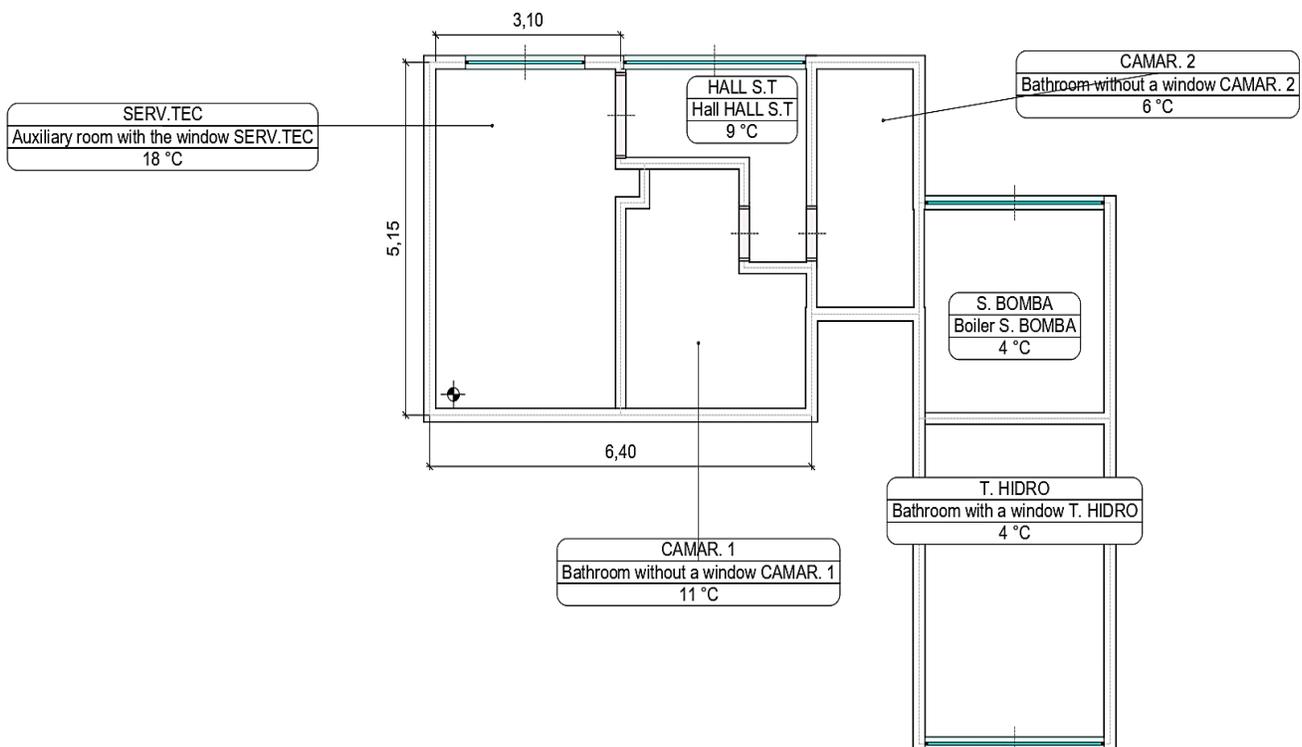
El edificio comercial Ecogreen, próximo a construirse en la comuna de Las Condes, Santiago, el cual será construido con finalidad de dar a conocer los productos y equipos que la empresa ofrece a sus clientes.

Este edificio constará de 3 niveles, contruidos de hormigón, aislado térmicamente con espuma de polietileno, asegurando de cumplir valores de U y R_t según normativa chilena.

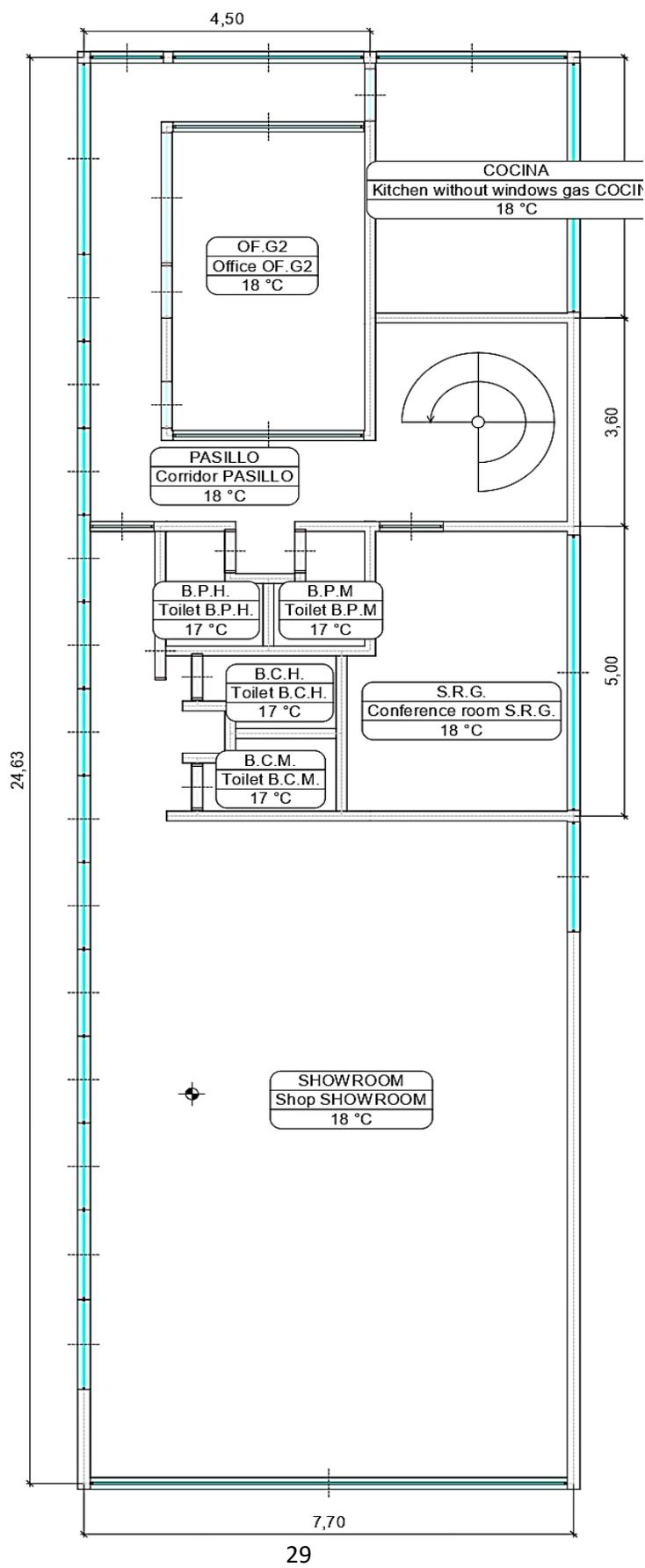
11.1. Planos plantas edificio:

Nota: Medidas en metro.

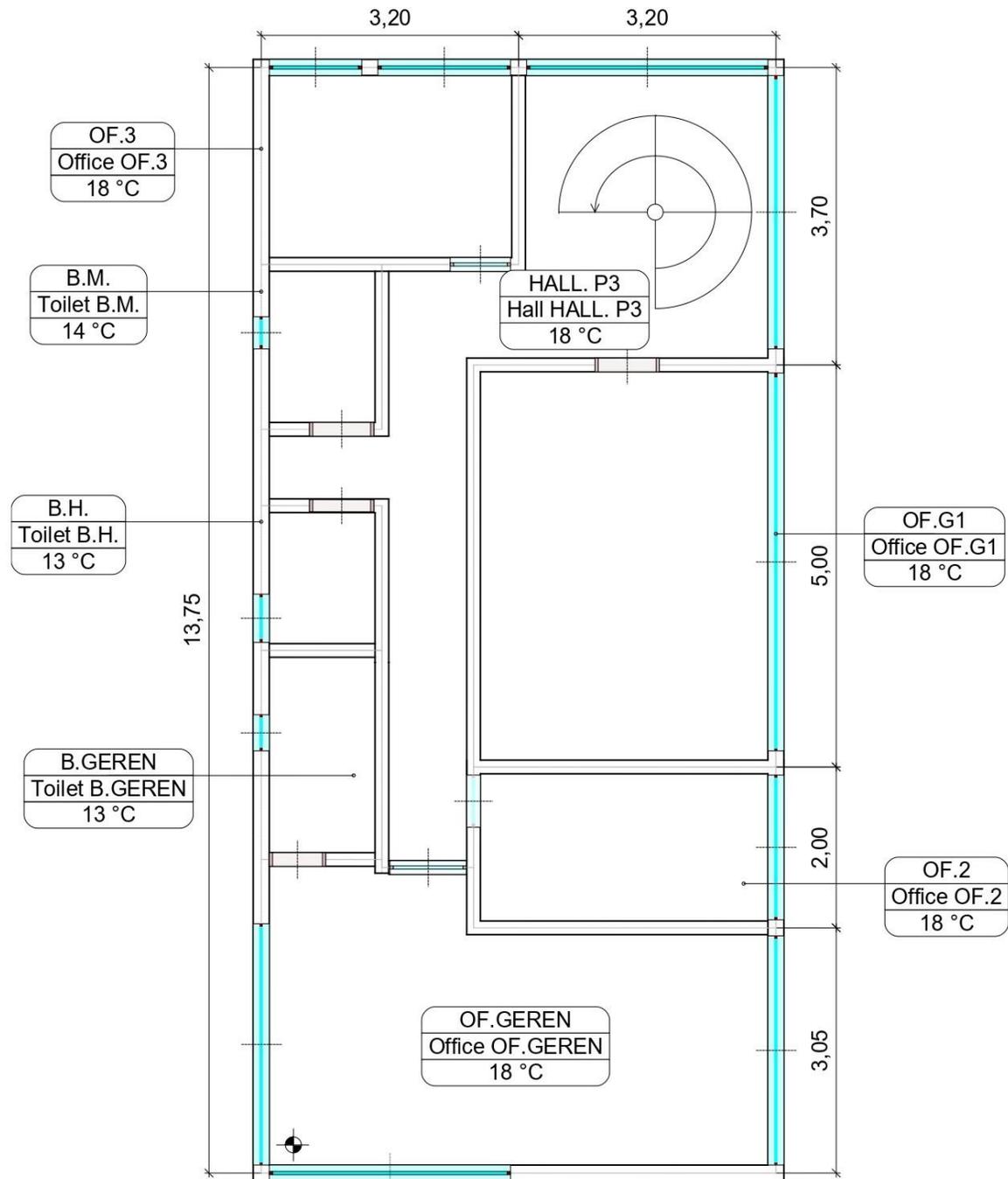
Plano planta piso 1:



Plano planta piso 2:



Planta piso 3:



11.2. Datos Globales Edificio:

La siguiente tabla es obtenida luego de realizar los cálculos en Audytor HL.

La tabla N°5° “Presenta normativa, parámetros utilizados para cálculos y resultados globales del edificio”.

Datos Básicos:		
Nombre Proyecto	Edificio Ecogreen	
Ubicación	Santiago	
Diseñador	Sebastián Parada M.	
Normas:		
Norma para calculo coeficiente global de transferencia de calor	EN ISO 6946	
Norma para cálculo coeficiente de pérdidas de calor:	EN 12831:2006	
Datos Climáticos:		
Zona Climática	Otra Zona	
Temperatura exterior de diseño T ^{°e} :	3,0	°C
Temperatura exterior media anual T ^{°m,e} :	14,3	°C
Temperatura interior de diseño T ^{°INT} :	18,0	°C
Suelo:		
Tipo de suelo:	Arena y grava	
Capacidad de calentamiento:	2,000	MJ/(m ³ ·K)
Profundidad de la transferencia de calor periódica; δ :	3,167	m
Coefficiente de conductividad térmica; λ_g :	2,0	W/(m·K)
Resultados básicos de cálculos para el edificio:		
Área de los pisos calefaccionados del edificio; A _{CALEF} :	250,0	m ²
Volumen calentado del edificio; V _{CALEF} :	712,6	m ³
Pérdidas de calor de diseño por conducción; Q _{COND} :	12.256	W
Pérdidas de calor de diseño por ventilación; Q _V :	3.317	W
Total de pérdidas de calor; Q _{TOTAL} :	15.573	W
Carga térmica del edificio; Q _{CT} :	15.573	W
Indicadores y factores de pérdidas de calor		
Potencia específica de calefacción.; Q _{CT,A} :	62,3	W/m ²
Indicador Q _{CT} relacionado con el volumen; Q _{CT,V} :	21,9	W/m ³
Resultado de cálculos para fines de carga térmica en ventilación.		
Infiltraciones de aire V _{INF} :	12,8	m ³ /h
Media de renovaciones de aire n:	0,9	
Flujo de ingreso de aire V _V :	650,4	m ³ /h
Temperatura del aire entrante T ^{°V} :	3,0	°C

Parámetros para los cálculos del proyecto		
Cálculo de transferencia de calor mínimo ΔT_{\min}° :	4,0	K
Variante de los cálculos de pérdidas de calor para locales en los grupos vecinos		
Calcular con límite de temperatura $T^{\circ}J, u$		
Temperatura mínima diurna $T^{\circ}j, u$:	16	$^{\circ}C$
Calcula la pérdida a los locales en grupos vecinos		
Edificios como si no estuvieran calentados	Si	
Cálculo automático de puentes térmicos	Si	
Datos predeterminados para cálculos:		
Tipo de edificación	Oficina o administración	
Tipo de construcción	Muy pesada	
Tipo de sistema de calefacción en el edificio	Piso	
Ajustar suministro de calor a los siguientes grupos	Regulación central	
Multiplicidad de intercambio de aire interior n_{so} :	1,0	1/h
Protección del edificio	Muy protegido	
Datos predeterminados para ventilación		
Sistema de ventilación	Natural	
Temperatura del aire compensado $T^{\circ}c$:	18,0	$^{\circ}C$
Datos predeterminados para la recuperación y recirculación:		
Temperatura del aire entrante $T^{\circ}ex, rec$:	18,0	$^{\circ}C$
Eficiencia del diseño	70,0	%
Geometría del edificio:		
Ordenada del nivel del suelo:	0,00	m
Ordenada de agua subterránea	-10,00	m
Área del piso sobre el suelo A_g :	57,23	m^2
Longitud de las paredes exteriores que rodean el piso sobre el suelo P_g :	45,64	m
Estadísticas de construcción:		
Número de pisos:	3	
Número de habitaciones:	23	

11.3. Descripción de materiales de componentes del edificio

Información de materiales seleccionados para construcción de edificio. El tipo de material y sus características son obtenidos de la base de datos que posee el programa Audytor HL.

Además, para la selección de los materiales de construcción se tomó en cuenta la normativa MINVU para valores de U y R_t , en techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados.

Tabla N°6: “Materiales de construcción a utilizar, con respectivas características”

Simbología	d m	Info. del material	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kg·K)	R m ² ·K/W	δ μg/(m·h·Pa)	μ	Z m ² h·Pa/g	Obser.
MEXT	Muro exterior 20,0 cm									
Tipo de componente de construcción: Pared Externa, Condiciones de humedad: semihúmedo										
GYPSUM-PL9	0,0100	Yeso Cartón	0,300	900	0,840	0,033	110,00	7	90,9	
POLYURET	0,0300	Poliuretano	0,035	40	1,460	0,857	12,00	60	2500,0	
CONCR-2400	0,1600	Hormigón	1,700	2400	0,840	0,094	30,00	24	5333,3	
Resistencia térmica interna R_i , [m ² ·K/W]:										0,130
Resistencia térmica externa R_e , [m ² ·K/W]:										0,040
Sumatoria resistencia térmica R_t , [m ² ·K/W]:										1,155
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										0,866
MINT	Muro interior 17,0 cm									
Tipo de componente de construcción: Pared Interna, Condiciones de humedad: semihúmedo										
GYPSUM-PL9	0,0100	Yeso Cartón	0,300	900	0,840	0,033	110,00	7	90,9	
CONCR-2200	0,1500	Hormigón	1,800	2200	0,840	0,083	45,00	16	3333,3	
GYPSUM-PL9	0,0100	Yeso Cartón	0,300	900	0,840	0,033	110,00	7	90,9	
Resistencia térmica interna R_i , [m ² ·K/W]:										0,130
Resistencia térmica externa R_e , [m ² ·K/W]:										0,130
Sumatoria resistencia térmica R_t , [m ² ·K/W]:										0,410
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										2,439

Simbología	d m	Info. del material	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kg·K)	R m ² ·K/W	δ μg/(m·h·Pa)	μ	Z m ² h·Pa/g	Obser.
P1	Piso sobre el suelo 34,0 cm (Piso Primer Nivel)									
Tipo de componente de construcción: Piso sobre el suelo, Condiciones de humedad: semihúmedo										
CONCR-2400	0,0500	Hormigón	1,700	2400	0,840	0,029	30,00	24	1666,7	
POLYURET	0,0400	Poliuretano	0,035	40	1,460	1,143	12,00	60	3333,3	
UFLOOR-CON	0,2500	Hormigón	1,400	2200	0,840	0,179	30,00	24	8333,3	
Resistencia térmica equivalente del suelo con resistencia a la transferencia de calor R _g , [m ² ·K/W]:										1,530
Sumatoria resistencia térmica R _t , [m ² ·K/W]:										2,881
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										0,347
P2EXT	Cielo externo 24,0 cm (Piso segundo Nivel exterior)									
Tipo de componente de construcción de Cielo raso externo, Condiciones de humedad: semihúmedo										
CONCR-2400	0,0300	Yeso Cartón	1,700	2400	0,840	0,018	30,00	24	1000,0	
POLYURET	0,0400	Poliuretano	0,035	40	1,460	1,143	12,00	60	3333,3	
CONCR-2400	0,1700	Yeso Cartón	1,700	2400	0,840	0,100	30,00	24	5666,7	
Resistencia térmica interna R _i , [m ² ·K/W]:										0,170
Resistencia térmica externa R _e , [m ² ·K/W]:										0,040
Sumatoria resistencia térmica R _t , [m ² ·K/W]:										1,471
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										0,680
P2INT	Cielo raso- Calor ascendente 24,0 cm (Piso segundo nivel interior)									
Tipo de componente de construcción: Cielo raso externo, Condiciones de humedad: semihúmedo										
CONCR-2400	0,0300	Hormigón	1,700	2400	0,840	0,018	30,00	24	1000,0	
POLYURET	0,0400	Poliuretano	0,035	40	1,460	1,143	12,00	60	3333,3	
CONCR-2400	0,1700	Hormigón	1,700	2400	0,840	0,100	30,00	24	5666,7	
Resistencia térmica interna R _i , [m ² ·K/W]:										0,100
Resistencia térmica externa R _e , [m ² ·K/W]:										0,100
Sumatoria resistencia térmica R _t , [m ² ·K/W]:										1,461
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										0,685

Simbología	Espesor (m)	Info del material	λ W/(m·K)	ρ (kg/m ³)	Cp kJ/(kg·K)	Rt (m ² ·K/W)	δ μg/(m·h·Pa)	μ	Z m ² h·Pa/g	Obser.
P3	Cielo raso - Calor descendente 24,0 cm (Piso tercer nivel)									
Tipo de componente de construcción: Cielo raso - calor ascendente, Condiciones de humedad: semihúmedo										
CONCR-2400	0,0300	Hormigón	1,700	2400	0,840	0,018	30,00	24	1000,0	
POLYURET	0,0400	Poliuretano	0,035	40	1,460	1,143	12,00	60	3333,3	
CONCR-2400	0,1700	Hormigón	1,700	2400	0,840	0,100	30,00	24	5666,7	
Resistencia térmica interna R _i , [m ² ·K/W]:										0,100
Resistencia térmica externa R _e , [m ² ·K/W]:										0,100
Sumatoria resistencia térmica R _t , [m ² ·K/W]:										1,461
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										0,685
TP2	Techo 23,0 cm (Techo segundo Nivel)									
Tipo de componente de construcción: Techo, Condiciones de humedad: semihúmedo										
CONCR-1900	0,0300	Hormigón	1,000	1900	0,840	0,030	75,00	10	400,0	
POLYURET-F	0,0500	Poliuretano	0,025	30	1,460	2,000	12,00	60	4166,7	
CONCR-1900	0,1500	Hormigón	1,000	1900	0,840	0,150	75,00	10	2000,0	
Resistencia térmica interna R _i , [m ² ·K/W]:										0,100
Resistencia térmica externa R _e , [m ² ·K/W]:										0,040
Sumatoria resistencia térmica R _t , [m ² ·K/W]:										2,320
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										0,431
TP3	Techo 23,0 cm (Techo tercer nivel)									
Tipo de componente de construcción: Techo, Condiciones de humedad: semihúmedo										
CONCR-1900	0,0300	Hormigón	1,000	1900	0,840	0,030	75,00	10	400,0	
POLYURET-F	0,0500	Poliuretano	0,025	30	1,460	2,000	12,00	60	4166,7	
CONCR-1900	0,1500	Hormigón	1,000	1900	0,840	0,150	75,00	10	2000,0	
Resistencia térmica interna R _i , [m ² ·K/W]:										0,100
Resistencia térmica externa R _e , [m ² ·K/W]:										0,040
Sumatoria resistencia térmica R _t , [m ² ·K/W]:										2,320
Coeficiente global de transferencia de calor U, [W/(m ² ·K)]:										0,431

- δ : Permeabilidad- Capacidad de un material de permitir a un líquido que lo atraviese sin alterar su estructura interna.
- Z: Resistencia a la difusión del vapor: Oposición del material a dejar pasar el vapor, es directamente proporcional al espesor e inversamente proporcional a la permeabilidad por lo que se puede expresar como:
- μ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua se obtiene dividiendo la permeabilidad del vapor de agua del aire, por la permeabilidad al vapor de un material poroso. Describe la capacidad de un material de resistir al paso de vapor de agua, en comparación con la del aire. Un factor μ elevado significa una alta resistencia a la conducción de vapor de agua.

11.4. Resultado para habitaciones del edificio del edificio.

Terminado el diseño el programa Audytor HL, se obtienen los siguientes resultados de diseño para las habitaciones con calefacción y sin calefacción del futuro edificio.

Tabla N°7: “Resultado de cálculos por habitación.”

Simbología	Detalle	A	V	H _i	Tipo de calefa.	V _{inv}	n	V _v	Q _{cond}	Q _{Tl}	Q _v	H _C	H _V	Q _{CT,A}	Q _{CT}
		m ²	m ³	m		m ³ /h	1/h	m ³ /h	W	W	W	W/K	W/K	W/m ²	W
SERV.TEC	Sala serv. técnico	15,09	40,7	2,70	Suelo	0,8	0,5	20,4	1115,7	269	104	74,4	6,9	80,8	1219,5
OF.G2	Oficina grupo 2	15,63	44,6	2,85	Suelo	0,0	1,0	44,6	242,3	0	228	16,2	15,2	30,0	469,8
COCINA	Cocina	13,01	37,1	2,86	Suelo	1,5	0,5	18,6	932,7	175	95	62,2	6,3	79,0	1027,4
PASILLO	Pasillo	27,97	79,8	2,85	Suelo	3,2	0,5	39,9	1703,9	381	203	113,6	13,6	68,2	1907,4
S.R.G.	Sala reunión gral.	15,77	44,9	2,85	Suelo	0,9	2,0	89,9	671,1	163	458	44,7	30,6	71,6	1129,5
SHOWROOM	Showroom	92,38	263,6	2,85	Suelo	10,5	1,0	263,6	3895,9	667	1344	259,7	89,6	56,7	5240,1
OF.G1	Oficina grupo 1	17,27	49,7	2,88	Suelo	1,0	1,0	49,7	580,1	154	254	38,7	16,9	48,3	833,7
OF.2	Oficina 2	6,54	18,8	2,88	Suelo	0,4	1,0	18,8	267,4	98	96	17,8	6,4	55,6	363,5
OF.3	Oficina 3	6,83	19,7	2,88	Suelo	0,8	1,0	19,7	500,1	150	100	33,3	6,7	87,9	600,4
OF.GEREN	Oficina gerencia	19,76	56,9	2,88	Suelo	2,3	1,0	56,9	1270,7	304	290	84,7	19,4	79,0	1561,0
HALL. P3	Hall piso 3	19,68	56,7	2,88	Suelo	2,3	0,5	28,3	1065,7	253	145	71,0	9,6	61,5	1210,2

En donde:

- T°_{int} : Temperatura interior en la habitación en ($^{\circ}C$).
- Q_{CT} : Carga térmica de la habitación.
- H_i : Altura habitación.
- V_{infv} : Flujo de aire por infiltración natural.
- n : Renovaciones de aire por hora.
- V_v : Flujo por renovación de aire en la habitación.
- Q_{cond} : Sumatoria pérdidas de calor por conducción.
- Q_{TI} : Sumatoria pérdidas de calor por puentes térmicos.
- Q_v : Pérdidas de calor por ventilación.
- H_C : Coeficiente de diseño de pérdidas de calor por conducción.
- H_v : Factor de diseño de pérdidas de calor por ventilación.
- $Q_{CT,A}$: Carga térmica por unidad de área del piso de la habitación.
- Q_{CT} : Carga térmica.

12. Cálculo de ganancias térmicas para condición de verano.

Debido a que el programa aún no realiza los cálculos para ganancias térmicas en modo de refrigeración, estas serán obtenidas de forma teórica utilizando respectivas ecuaciones.

Para este caso no solo se considera las ganancias térmicas por convección y conducción, además se debe tener en cuenta las ganancias de calor que se generan por la radiación solar.

Para el caso de ganancias térmicas por radiación solar se utilizó como fuente de referencia el “Manual de aire acondicionado” de Carrier, el cual utiliza un concepto de “temperatura equivalente” que relaciona la temperatura exterior con la radiación solar variable del día, esto es debido a que la insolación y las diferencias de temperaturas interior y exterior son inestables durante el transcurso del día, lo que dificulta el cálculo del calor transferido a través de la envolvente del edificio.

Para los cálculos se considerará una temperatura interior de diseño en verano de 23°C, basándose en la normativa ISO 7730 para confort térmico.

12.1. Calor sensible transferido por conducción y radiación solar a través de muros exteriores.

El cálculo de transferencia de calor por conducción para condición de verano se basará en el concepto de temperatura equivalente, que relaciona las temperaturas del exterior con la radiación solar recibida sobre una superficie, según la hora y orientación geográfica.

Ecuaciones a utilizar:

Ganancias térmicas por conducción y radiación solar a través de muros exteriores:

$$Q_m = A_m \times U_k \times \Delta t_e \quad [W] \quad (10)$$

Dónde:

- Q_m : Calor que se transfiere a través de los muros (W).
- A_m : Área del Muro.
- U_k : Coeficiente global de transferencia de calor en (W/m²)
- ΔT_e° : Diferencia de temperatura equivalente corregida en (°C).

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \times \frac{R_s}{R_m} \times (\Delta t_{em} + \Delta t_{es}) \quad (11)$$

Donde:

- a: Corrección proporcionada por la tabla 20 A del Manual de Carrier. Considerando un incremento distinto de 8°C entre las temperaturas interior y exterior (esta última a las 15 hrs del mes considerado) y una variación de la temperatura seca exterior distinto de 11°C.
- Δt_{em} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para el muro a la sombra.
- Δt_{es} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para el muro soleado.
- b: Coeficiente de corrección que considera el color de la cara exterior de la pared.
 - Color oscuro: b=1. (azul oscuro, rojo oscuro, marrón oscuro, etc.).
 - Color medio b= 0,78. (verde, azul, o gris claro).
 - Color claro b=0,55. (blanco crema, etc.).
- R_s : Máxima insolación, correspondiente al mes y latitud supuestos, a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada u horizontal, tabla 15 o tabla 6 manual de Carrier.
- R_m : Máxima insolación, correspondiente al mes Julio a 40 °C de latitud Norte, a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada u horizontal, tabla 15 o tabla 6 manual de Carrier.

En base a datos meteorológicos obtenidos de estación meteorológica USACH (de la cual se obtuvo el promedio de temperaturas) y al manual de Carrier (de donde se observa que para la ciudad de Santiago el mes con mayores ganancias térmicas por radiación y temperatura ambiente es el mes de Febrero, de acuerdo con esto los valores utilizados para el diseño serán los siguientes:

- La temperatura promedio a las 15hrs. para el mes de Febrero es de 30°C.
- La variación de temperatura en 24hrs es de aproximadamente 15°C.
- Considerando la temperatura confort de 23°C para condición de verano,

(según UNE-EN ISO 7730, la cual señala una temperatura interior de diseño para condición de verano entre 23°C y 25°C).

$$30^{\circ}C - 23^{\circ}C = 7^{\circ}C$$

Con esta diferencia de 7°C entre la temperatura confort y la diferencia de temperatura en 24hrs de 15°C, se ingresa a la “Tabla 20A” del Manual de Carrier para la obtener el valor de “a”:

$$a = -2,0$$

Para la determinación de Δt_{es} y Δt_{em} se debe ingresar a la tabla N°19 del Manual de Carrier con el peso por unidad de área del muro exterior. Según los materiales a utilizar el peso de los muros exteriores es de 394 kg/m², por lo que se realizó una interpolación entre los valores para muros de 300 kg/m² y 500 kg/m².

Para el coeficiente de corrección que considera el color del muro (b). El color de las paredes del edificio serán de calor blanco crema, por lo que el valor de “b” es de 0,55 según Manual de Carrier.

El valor de máxima insolación R_s a través de una superficie acristalada se obtuvo de la Tabla N°6 del Manual de Carrier, considerando la ubicación del Latitud Sur 30° y una altitud para Santiago de 570m sobre el nivel del mar.

Tabla N°7: “Valor de R_s para cálculo de transmisión de calor a través de muros exteriores”

R_s Kcal/(hr*m ²)	Factor de corrección por marco metálico 1,17	Corrección por Altitud +0,7% por 300m	R_s corregido Kcal/(hr*m ²)
447	75,99	5,9451	528,94

En cuanto al valor de R_m correspondiente al mes de Julio, a 40° Latitud Norte obtenido de la Tabla N°6 del Manual de Carrier es de:

$$R_m = 444 \left(\frac{kcal}{hr \times m^2} \right)$$

Con los valores anteriores se obtiene la diferencia equivalente de temperatura (Δt_e) durante las horas de operación del sistema, la cual se muestra en las siguientes tablas.

Tabla N°8: “Diferencia equivalente de temperatura para muros exteriores – orientación este”.

Orientación Este	Diferencia equivalente de temperatura en °C										
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Δt_{em}	1,57	8,27	12,52	14,33	15,37	12,15	10,39	9,03	8,25	8,00	7,80
Δt_{es}	1,55	1,55	1,55	2,13	2,72	3,90	4,98	8,20	10,78	14,44	16,98
Δt_e	-1,44	2,95	5,74	7,13	8,01	6,31	5,52	5,75	6,12	7,22	7,97

Tabla N°9: “Diferencia equivalente de temperatura para muros exteriores – orientación oeste”.

Orientación Oeste	Diferencia equivalente de temperatura en °C										
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Δt_{em}	1,55	1,55	1,55	2,13	2,72	3,90	4,98	8,20	10,78	14,44	16,98
Δt_{es}	1,57	8,27	12,52	14,33	15,37	12,15	10,39	9,03	8,25	8,00	7,80
Δt_e	-1,44	0,87	2,33	3,34	4,08	3,74	3,85	5,49	6,91	9,22	10,82

Tabla N°10: “Diferencia equivalente de temperatura para muros exteriores – orientación Norte”.

Orientación Norte	Diferencia equivalente de temperatura en °C										
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Δt_{em}	-0,65	-0,38	-0,07	2,87	4,59	7,95	10,20	11,27	11,82	11,48	10,58
Δt_{es}	-1,17	-0,90	-0,58	-0,27	0,00	1,14	2,27	3,13	3,95	4,55	4,87
Δt_e	-3,83	-3,56	-3,24	-1,21	0,00	2,60	4,46	5,46	6,10	6,09	5,61

Para el muro exterior sur solo se considera la transferencia de calor por conducción, esto debido a su posición la cuál no recibe radiación solar durante el periodo descrito.

Dando como resultado los siguientes valores para diferencia de temperatura:

Tabla N°11: “Diferencia de temperatura para muros exteriores – orientación sur”.

Orientación Sur	Diferencia de temperatura en °C										
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
T_e°	16,6	19,2	21,3	23,9	25,7	27,7	28,9	29,9	30,3	30,2	29,5
ΔT°	-6,4	-3,8	-1,7	0,9	2,7	4,7	5,9	6,9	7,3	7,2	6,5

En cuanto al cálculo del calor transferido por los muros exteriores, se sumaron las áreas de estos muros agrupándolas según su orientación geográfica.

Área total de los muros exteriores según su orientación:

Orientación muro exterior	Norte	Este	Oeste	Sur
Área muros (m ²)	32,81	77,09	70,16	28,08

El valor de U_k , será el calculado en calefacción de 0,866 W/m²K.

Con estos valores se obtuvo el calor transferido por radiación y conducción a través de los muros exteriores:

Tabla N°12: “Calor sensible transferido a través de muros exteriores”

Calor transferido a través por muros exteriores (W)											
Hora Solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Q _{m Este}	-96	197	383	476	535	421	369	384	409	482	532
Q _{m Oeste}	-87,75	52,70	141,70	202,95	247,83	227,55	233,67	333,54	419,79	559,99	657,26
Q _{m Norte}	-108,74	-101,21	-92,18	-34,48	0,12	73,91	126,81	155,20	173,40	173,12	159,46
Q _{m Sur}	-145,39	-85,90	-37,57	20,96	61,18	107,44	133,15	155,79	164,42	164,18	147,16
Q total	-438	63	395	665	844	830	862	1.028	1.166	1.379	1.496

Como se observa en la tabla anterior la mayor transferencia de calor por muros exteriores ocurre a las 18:00hrs., debido a que la temperatura exterior es mayor en este horario, manteniéndose prácticamente constante entre las 15:00hrs y 18:00. Además, la ganancia de calor por radiación solar en ese horario es mayor debido a la posición del sol.

12.2. Calor sensible transferido por radiación solar a través de superficies vidriadas.

Para conocer las ganancias de calor que ingresan a los recintos se debe tener presente, el calor aportado por la radiación solar, más el calor transferido por conducción a través de los vidrios.

Se evaluará las máximas ganancias de calor por radiación solar en las orientaciones donde el aporte por radiación solar es mayor, para este caso será para el este y oeste.

Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{vid} = \sum (A_{vid} \times G_{m\acute{a}x} \times FA) + A_{vid} \times U_{vid} \times (T^{\circ}_e - T^{\circ}_i) [W] \quad (12)$$

En dónde:

- Q_{RV} : Calor transferido a través de la superficie vidriada, en W.
- A_{vid} : Área superficie vidriada, en m².
- $G_{m\acute{a}x}$: Aportaciones solares máximas a través de vidrio. Se obtiene de la tabla N°15 del Manual de Carrier, dependiendo de la Latitud, mes y orientación.
- FA : Factor de almacenamiento sobre carga térmica, se obtiene de la Tabla N°8 del Manual de Carrier. El cuál es determinado dependiendo de la Latitud, orientación y peso por metro cuadrado de piso. Para este caso el peso de los muros, techos y pisos superan los 750 kg/m² de superficie de suelo.

Tabla N°13: “Calor sensible transferido por radiación solar en superficies vidriadas-orientación este”

Calor sensible transferido por radiación solar en superficies vidriadas - orientación este											
Hora Solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Gmáx (Kcal/hr*m2)	447	401	276	124	38	38	35	35	29	21	5
Gmáx (W)	520	466	321	144	44	44	41	41	34	24	6
FA	0,39	0,4	0,38	0,34	0,3	0,28	0,26	0,23	0,22	0,2	0,18
A (m ²)	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43
Q (W)	7144,83	7352,15	5190,08	2215,19	607,39	535,93	460,71	427,81	313,57	217,19	47,01

Tabla N°14: “Calor sensible transferido por radiación solar en superficies vidriadas-orientación oeste”

Calor sensible transferido por radiación solar en superficies vidriadas-orientación Oeste											
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Gmáx (Kcal/hr*m2)	29	35	35	38	38	124	276	401	447	398	179
Gmáx (W)	33	40	40	44	44	143	317	461	514	457	206
FA	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,13	0,19	0,27	0,36	0,42	0,44
A (m ²)	32,88	32,88	32,88	32,88	32,88	32,88	32,88	32,88	32,88	32,88	32,88
Q_{Svid} (W)	120,56	132,28	132,28	143,61	143,61	609,22	1.981,87	4.091,86	6.081,67	6.317,49	2.976,58

Luego se obtiene el calor sensible transferido por conducción a través de las superficies vidriadas externas.

Tabla N°15: Calor sensible transferido por radiación y conducción a través de superficies vidriadas”.

Calor sensible transferido por radiación y Conducción (W)											
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Gmáx (Kcal/hr*m2)	16,58	19,21	21,34	23,92	25,70	27,74	28,88	29,88	30,26	30,25	29,49
Gmáx (W)	-6,42	-3,79	-1,66	0,92	2,70	4,74	5,88	6,88	7,26	7,25	6,49
FA	130,18	130,18	130,18	130,18	130,18	130,18	130,18	130,18	130,18	130,18	130,18
A (m ²)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Q_{Cvid} (W)	-1.504	-888	-389	217	633	1.111	1.377	1.611	1.700	1.698	1.522

Al analizar las Tabla N°14 y Tabla N°15, en cuanto a la transferencia de calor por las superficies vidriadas, la mayor ganancia de calor se producirá por los vidrios que se encuentran con la cara en la orientación oeste

Tabla N°16: “Calor sensible transferido a través de superficies vidriadas- orientación oeste”

Calor total transferido por las superficies vidriadas-Orientación oeste(W)											
Hora Solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Q_{vid} (W)	-1.383,01	-756,08	-256,31	360,34	776,32	1.720,36	3.358,93	5.703,05	7.782,04	8.015,42	4.498,49

Luego de realizarlos cálculos para superficies vidriadas, la máxima ganancia de calor se produce a las 17:00hrs., esto por la gran radiación solar que incide sobre los vidrios y a la elevada temperatura.

12.3. Calor sensible transferido a través del techo por radiación solar y conducción

Para el cálculo del calor sensible transferido a través de los muros se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q_{tch} = A_{tch} \times U_k \times \Delta t_e \quad [W] \quad (13)$$

El procedimiento para el cálculo de Δt_e en techos, es el mismo realizado en el cálculo de transmisión de calor en muros exteriores.

Dicho esto, se mantienen los valores de “a” y “b”.

El valor de R_s y R_m , se obtiene de la tabla N°15 del Manual de Carrier, para el mes de Febrero, Latitud 30° y orientación horizontal, dando como resultado:

Tabla N°17: “Valor de R_s para techo”

R_s	Factor de corrección por marco metálico 1,17	Altitud +0,7% por 300m	RS Corregido
637	108,29	8,4721	753,76

Y un valor de $R_m = 279$.

Para el cálculo de la Δt_s y Δt_m , se obtiene los valores de la tabla N°20 del Manual de Carrier, con un peso del techo de 300 kg/m² y luego se obtiene la diferencia de temperatura equivalente corregida. Δt_e

Tabla N°: “Diferencia de temperatura equivalente para techo”

Diferencia Equivalente de temperatura en °C											
Hora Solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Δt_s	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0,0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5
Δt_m	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15	17,2	19,4	21,1	21,7
Δt_e	3,4	4,3	5,1	7,3	11,2	15,6	19,2	22,0	24,7	26,9	27,6

Con los valores obtenidos se calcula, la transmisión de calor a través del techo, dando como resultado:

Tabla N°18: “Calor sensible transferido a través del techo”.

Calor transferido a través del techo (W)											
Hora Solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Q (w)	266,3	335,3	392,9	565,9	869,3	1207,7	1488,6	1700,4	1912,1	2085,2	2135,4

Se observa de la tabla anterior, que la mayor ganancia térmica se produce a las 18:00hrs esto

12.4. Calor sensible transferido a través de recintos interiores no climatizadas:

Junto con la transferencia de calor a través de todos los componentes de construcción mencionados anteriormente, también se incluirán ganancias térmicas a través de muros, puertas y ventanas interiores que delimitan los recintos que si poseen refrigeración y los que no.

Para este cálculo, se considerará solo el horario entre las 13:00 a 18:00 hrs., horario en el cual la temperatura exterior es superior considerablemente a la temperatura de confort requerida.

Debido a que no se encontró información de referencia en cuanto a temperatura interior para recintos no refrigerados, se estimará una diferencia de 3°C menor entre la temperatura interior del recinto no refrigerado y la temperatura exterior, esto en base a un termómetro ubicado en la oficina de la empresa Ecogreen el cual marca esta diferencia promedio de temperatura.

Con lo mencionado anteriormente y considerando el área de cada elemento de construcción interior (muros interiores, puertas interiores, ventanas interiores, etc.) que delimita los recintos climatizados de los no climatizados, además de sus respectivos coeficientes globales de transferencia de calor, el calor transferido resultante transferido a través es de estos recintos es el siguiente:

Tabla N°19: “Calor sensible transferido a través de elementos de construcción interiores”

Calor sensible total transferido a través de elementos de construcción interior(W)											
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Q	-	-	-	-	-35	680	1.077	1.427	1.560	1.557	1.294

12.5. Ganancias térmicas generadas por ocupantes del edificio.

Los valores para ganancias térmicas generadas por personas se obtuvieron de la tabla 48 del manual de Carrier, esto valores están dados en función de la temperatura interior, el nivel y tipo de actividad de las personas que trabajan en el edificio.

Para el cálculo de las ganancias térmicas generadas por las personas a 23°C se interpolaron los valores a 24°C y 21°C, dando como resultado:

Luego se calcula el calor sensible (Q_S) y calor latente (Q_L) generado por las personas:

$$Q_S = \frac{(C_S \times N^{\circ} \text{personas})}{0,86} [W] \quad (13)$$

$$Q_L = \frac{(C_L \times N^{\circ} \text{ personas})}{0,86} [W] \quad (14)$$

Donde:

C_S calor sensible aportada por 1 ocupante.

C_L: calor latente aportado por 1 ocupante.

Tabla N°20: “Ganancias térmicas debido a ocupantes del edificio”

Ganancias debidas a ocupantes			
Ti° (°C)	21°C	23°C	24°C
C _S (kcal/h)	71	64	61
C _L (kcal/h)	42	49	52
C _S (W)	83	75	71
C _L (W)	49	57	60

N° de ocupante en el edificio	QS (W)	QL (W)	Q total (W)
20	1.496	1.132	2.628

12.6. Ganancias térmicas por iluminación y equipos.

La iluminación y los equipos como como computadores, pantallas, etc., cuando están encendidos emiten calor al ambiente. Es por esto que se debe considerar en los cálculos el calor entregado por estos aparatos.

Ganancias térmicas por iluminación:

En base al Manual de Carrier el cálculo del aporte térmico se calcula de la siguiente forma:

$$Q = 0,8 \times E \times 1,25(W) \quad (15)$$

En donde:

E: Potencia del tubo fluorescente, (36W) :

Por lo que en base a la ecuación N°15, el aporte térmico por tubos fluorescentes es de:

Tabla N°21: Ganancias térmicas debido a iluminación y equipos”

Recinto	N° de tubos	Potencia tubo (W)	Hora Solar									
			8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
SER.TEC	3	36	108	108	108							
OF G2	4	36	144	144	144							
COCINAB	6	36	216	216			216	216				
PASILLO	6	36	216	216								
S.R.G	4	36	144	144							144	144
SOWROOM	7	36	252	252	252							
OF.G1	4	36	144	144	144							
OF.2	2	36	72	72	72		72	72	72	72	72	72
OF.3	4	36	144	144	144							
OF.GEREN	4	36	144	144	144							
HALL P3	6	36	216	216	216							
Calor total por alumbrado Q_{ALUMB}(W)			1800	1800	1224	0	288	288	72	72	216	216

Ganancias térmicas por el uso de a Equipos:

Se considerará para los cálculos que el 100% de la potencia requerida por los equipos utilizados en las actividades de la empresa (computadores y monitores), se transformará en ganancias de calor. Además, el uso de estos equipos será durante toda la jornada laboral.

- La cantidad de equipos utilizados son:

-18 notebooks de 101,27 (W) cada uno.

-18 monitores de 50 (W) cada uno.

Dando como resultado que el calor aportado es:

$$Q_{equipos} = 2722,86 \quad (W)$$

12.7. Transmisión de calor debido a renovaciones de aire

El cálculo de la transferencia de calor debida a renovaciones de aire en el edificio se utiliza calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{GV} = Vv \times Cp_{aire} \times \rho_{aire} \times \Delta T^{\circ} \quad [W] \quad (16)$$

En donde:

- Vv : Flujo de aire a través del edificio en (m³/s).
- Cp_{aire} : Calor específico del aire, em (J/kg*K).
- ρ_{aire} : Densidad del aire, en (kg/m³).
- ΔT° : Diferencia de temperatura entre el exterior e interior de edificio (°C)

Para el Cp y la densidad del aire, se utilizó como referencia la tabla de propiedades del aire seco del material de apoyo para la asignatura “Transferencia de calor”, material que es entregado por el profesor guía.

Tabla N°22: “Transferencia de calor por renovación de aire en el edificio”.

Transferencia de calor por renovación de aire												
Hora Solar		8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
T _e	°C	17	19	21	24	26	28	29	30	30	30	29
Vol	m ³ /s	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
Cp aire	kJ/kgK	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
densidad	kg/m ³	1,217	1,208	1,200	1,187	1,188	1,172	1,168	1,164	1,164	1,164	1,168
del T°	°C	-6	-4	-2	1	3	5	6	7	7	7	6
Q_{RA}	(W)	-1427	-837	-364	201	586	1016	1254	1463	1544	1541	1386

De la tabla N°22 se observa que el mayor aporte de calor se genera entre las 15:00 y 17:00 hrs., debido a la temperatura exterior en ese horario.

12.8. Calor total transferido a través del edificio en condición de verano

Finalmente, luego de realizar todos los cálculos anteriores, la transferencia de calor que se genera en condición de verano, en los recintos del edificio que contarán con climatización resulta:

Calo total transferido en condición de verano:

Tabla N°23: “Calor total transferido en condición de verano”.

Calor transferido total transferido en condición de verano (W)											
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Q _{MEXT}	-438	63	395	665	844	830	862	1.028	1.166	1.379	1.496
Q _{VIDR}	-1.383	-756	-256	360	776	1.720	3.359	5.703	7.782	8.015	4.498
Q _{TECH}	-49	-33	-20	56	156	300	431	545	660	736	777
Q _{PERS}	2.628	2.628	2.628	2.628	2.628	2.628	2.628	2.628	2.628	2.628	2.628
Q _{ALIM}	1.800	1.800	1.224	-	288	288	72	72	216	216	72
Q _{EQUI}	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723	2.723
Q _{RA}	-1.427	-837	-364	201	586	1.016	1.254	1.463	1.544	1.541	1.386
Q _{MINT}	-	-	-	-	-	680	1.077	1.427	1.560	1.557	1.294
Q _{TOTAL}	3.854	5.588	6.330	6.633	8.001	10.185	12.407	15.589	18.279	18.795	14.874

La mayor ganancia de calor se genera a las 17:00hrs., dando un valor de **18.795 (W)**. Que la mayor ganancia de calor se produzca a esa hora es esperable, ya que en este horario la temperatura exterior se encuentra en su peak, y la radiación solar es elevada.

13. Determinación de demanda energética

13.1. Demanda energética para condición de invierno y verano

EL cálculo de la demanda energética representa el requerimiento específico de energía en condiciones ambientales del momento que se requiere analizar.

$$Q_{demandado} = 24 \times G \times V \times GD \times F_{op} \quad (16)$$

Donde:

- G : Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor del edificio:

$$G = \sum_{i=1}^n \left(\frac{U_i \times A_i}{V} + 0,35 \times n \right) \quad (17)$$

Donde:

- i : Muros comunicados con el exterior.
- U_i : Transmitancia térmica del muro, en $\left(\frac{W}{m^2 \times ^\circ C}\right)$.
- A_i : Área de transferencia de calor, en (m^2) .
- V : Volumen del recinto, en (m^3) .
- n : Número de renovaciones de aire por hora.

Para determinar la demanda energética se utilizarán los Grados-Día (GD), que representan los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en $^\circ C$ o $^\circ K$), necesarios para alcanzar la temperatura de confort requerida (temperatura base), acumulados en un periodo de tiempo (días, meses).

La ecuación a de Grados-Día a utilizar es la siguiente:

$$GD = \sum_{i=1}^n \left(t_{bc} - \frac{t_{min} + t_{máx}}{2} \times N_t \times X_c \right) \quad (18)$$

Donde:

- t_{bc} : Temperatura base de calefacción o refrigeración. Para este caso se utilizará $t_{bc}=18^{\circ}\text{C}$.
- t_{min} : Temperatura mínima diaria o mensual, en ($^{\circ}\text{C}$).
- $t_{m\acute{a}x}$: Temperatura máxima diaria o mensual, en ($^{\circ}\text{C}$).

$$\frac{t_{min}+t_{m\acute{a}x}}{2} = \text{temperatura media.}$$

- N_t : Número de días del mes considerado.
- X_c : Coeficiente lógico que vale 1 cuando $(t_{bc} - \frac{t_{min}+t_{m\acute{a}x}}{2}) > 0$
y cero cuando $(t_{bc} - \frac{t_{min}+t_{m\acute{a}x}}{2}) < 0$.
- F_{op} : Factor de operación.

$$F_{op} = \frac{\text{días del mes}}{\text{días de la semana (7)}} \times \text{días de op.} \times \text{hrs de op. al día} \quad (19)$$

Para el cálculo del factor de operación se considerará lo siguiente:

- Días de operación= 5 días a la semana (lunes a viernes).
- Hrs de operación al día= 10 hrs (de 08:00 a 18:00)

Con las ecuaciones N°17, N°18 y N°19 se obtiene la demanda energética para condición de invierno, considerando los meses entre abril y septiembre.

Tabla N°24: “Demanda energética para condición de invierno”

Mes	Días/mes	T° media (mes) (°C)	GD (tb=18°C)	Días de op. a la semana	F _{op}	Demanda energética
						(kWh/mes)
Abr	30	14,6	102	5	0,3	1.081
May	31	11,3	208	5	0,3	2.201
Jun	30	8,5	285	5	0,3	3.020
Jul	31	7,9	313	5	0,3	3.317
Ago	31	9,6	260	5	0,3	2.759
Sept	30	11,4	198	5	0,3	2.098
Demanda energética total para condición de invierno Q:						14.475

Valores de temperatura media para la Ciudad de Santiago obtenidos de “Datos de Ciudades para Proyectos 2019” utilizados en la asignatura “Proyecto de equipos e instalaciones térmicas y de fluidos”.

Por otra parte, para el caso de los grados días en condición de verano se utilizará un software online, el cual permite obtener estos datos de forma más rápida.

Imagen N°3: “Referencia software online para obtención de grados días”

La demanda energética en condición de verano será considerada entre los meses entre octubre y marzo y manteniendo el valor de “G” y “F_{op}”.

Se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N°25: “Demanda energética para condición de verano”

Mes	Días/mes	GD (tb=23°C)	Días de op. a la semana	F _{op}	Demanda energética
					(kWh/mes)
Enero	31	70	5	0,30	895
Febrero	28	59	5	0,30	754
Marzo	31	43	5	0,30	550
Octubre	31	11	5	0,30	141
Noviembre	30	49	5	0,30	627
Diciembre	31	67	5	0,30	857
Demanda energética total para condición de verano					3.823

Debido a que las temperaturas exteriores durante el verano son altas durante el horario de la tarde, es que los grados días resultan menores para esta condición. Por otra parte, en periodo de invierno la temperatura exterior se mantiene baja durante casi todo el día es por eso que la demanda energética resulta mayor en calefacción.

14. Agua caliente sanitaria (ACS)

El agua caliente sanitaria es agua potable la cual ha sido calentada para luego ser destinada al consumo humano en duchas, lavaplatos, lavamanos, etc.

En edificios la producción de ACS se realiza en una sala térmica y desde ahí se distribuye a todos los puntos de consumo del edificio.

Según la forma de producción de ACS existen dos tipos de instalaciones, con y sin acumulación. Para el primer caso con acumulación, el agua es almacenada en estanques de acumulación para su posterior consumo. Para el segundo caso de producción de ACS sin acumulación, se utiliza un intercambiador de calor, en donde el agua se calienta a medida que esta pasa por el interior de dicho intercambiador, es importante que el intercambiador este diseñado para cubrir la demanda máxima de potencia de la instalación.

- **Ventajas y desventajas de cada sistema:**

- Con acumulación:

Ventajas:

-Disminuye la potencia requerida del equipo utilizado para calentar el agua sanitaria, debido a que con la acumulación se aumenta el tiempo de recuperación de la temperatura de los estanques.

Desventajas:

-En caso de edificios que tienen un alto consumo, se requiere de un gran espacio para la instalación de los estanques de acumulación.

-En zonas donde la dureza del agua es alta, los estanques requieren de mantenciones periódicas que permitan alargar la vida útil de estos.

- Al agua acumulada y que no tiene consumo por un tiempo se le debe realizar ciclos de pasterización para prevenir legionelosis, aumentando la temperatura de estos estanques por sobre los 60°C en un periodo de tiempo determinado.

➤ Sin acumulación:

Ventajas:

-No se requiere de grandes estanques de acumulación.

- Se evitan problemas con la legionela.

Desventajas:

-Se requiere de un equipo de gran potencia, debido a que ser capaz de calentar el agua de manera instantánea.

14.1. Demanda energética ACS edificio Ecogreen Chile

El volumen de acumulación de ACS para los trabajadores de la empresa, serán obtenidos bajo los valores de consumos estimados de agua caliente según servicio, datos que fueron entregados por el profesor guía, en donde se señala que para oficinas la acumulación debe ser de 5Lts/día por persona.

$$20(\text{personas}) \times 5 \left(\frac{\text{Lts} \times \text{día}}{\text{persona}} \right) = 100\text{Lts al día}$$

Consumos estimados de agua caliente según servicio

Criterio de Consumo	Lts./día	
Viviendas Unifamiliares	40	por persona
Viviendas Multifamiliares	30	por persona
Hospitales y Clínicas	80	por cama
Hoteles (4 Estrellas)	100	por cama
Hoteles (3 Estrellas)	80	por cama
Hoteles/Hostales (2 Estrellas)	60	por cama
Campings	60	por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 Estrella)	50	por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	80	por cama
Vestuarios/Duchas Colectivas	20	por servicio
Escuelas	5	por alumno
Cuarteles	30	por persona
Fabrics y Talleres	20	por persona
Oficinas	5	por persona
Gimnasios	30-40	por usuario
Lavanderías	5-7	por kilo de ropa
Restaurantes	8-15	por comida
Cafeterías	2	por almuerzo

Consumos estimados de agua caliente (Fuente: Profesor Guía.)

En cuanto al consumo de agua caliente en duchas se calculará en base al caudal que entregan estos dispositivos, al tiempo de uso y al número de técnicos que las utilizarán, el cuál en este caso son 4 personas. El caudal entregado por las duchas será el valor entregado por el programa Audytor H2O, valor obtenido de su base de datos, siendo para este caso de 0,15ts/s y el tiempo estimado de uso de estas duchas será de 10 min.

$$0,15 \left(\frac{lbs}{s} \right) \times 60 \left(\frac{s}{min} \right) \times 10(min) \times 4(pers) = 360Lts$$

La temperatura de acumulación será a 65°C y la temperatura a consumo será establecida a 45°C, regulándola mediante una válvula mezcladora termostática.

Con estas condiciones mencionadas se calcula el volumen de acumulación equivalente a 65 °C, el cuál dependerá de la temperatura del agua de la red.

Acumulación equivalente a 65 °C:

$$Energía_{Consumo} = Energía_{Acumulada}$$

$$Volumen_{consumo} \times \Delta T^{\circ}_{cons} = Volumen_{eq-ac} \times \Delta T^{\circ}_{ac} \quad (20)$$

$$Volumen_{eq-ac} \times (65 - T^{\circ}red)^{\circ}C = (360 + 100)lbs \times (45 - T^{\circ}red)^{\circ}C$$

$$Volumen_{eq-ac} = \frac{(460)lbs \times (45 - T^{\circ}red)^{\circ}C}{(65 - T^{\circ}red)^{\circ}C} \quad (lbs)$$

El volumen equivalente acumulado a 65°C, dependerá de la temperatura del agua de la red y con esto la demanda energética para el calentamiento de agua sanitaria, valor que se dará a conocer en el punto 14.2. junto con la demanda energética de ACS.

14.2. Demanda energética por consumo de A.C.S.

La determinación de demanda energética por consumo de ACS queda determinada de la siguiente manera:

$$Q_{ACS} = \rho_{agua} \times V_{agua} \times Cp_{agua} \times N_{días/mes} \times (T^{\circ}_{cons} - T^{\circ}_{red}) \quad (21)$$

De donde:

- ρ_{agua} : Densidad del agua = $1000 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$.
- V_{agua} : Volumen de agua por día, en $\left(\frac{m^3}{día}\right)$.
- Cp_{agua} : Calor específico del agua = $1,163 \times 10^{-3} \left(\frac{kWh}{kg \cdot ^{\circ}C}\right)$.
- $N_{días/mes}$: Número de días del mes de uso.
- T°_{cons} : Temperatura a consumo ($45^{\circ}C$).
- T°_{red} : Temperatura del agua de la red, en ($^{\circ}C$)

Tabla N°26: “Acumulación equivalente a $65^{\circ}C$ y consumo energético mensual por producción de ACS”.

Mes	días/mes	Días op. Semanda días/semana	Días al mes de op días/mes	T° red (°C)	Acumu equ a 65 (°C)	Demanda energética ACS (kWh/mes)
Enero	31	5	22	20,7	252	288
Febrero	28	5	20	20,3	254	264
Marzo	31	5	22	20,0	256	296
Abril	30	5	21	18,4	263	305
Mayo	31	5	22	16,1	272	342
Junio	30	5	21	13,4	282	362
Julio	31	5	22	11,6	288	396
Agosto	31	5	22	10,8	290	405
Septiembre	30	5	21	11,5	288	384
Octubre	31	5	22	13,6	281	372
Noviembre	30	5	21	17,0	268	321
Diciembre	31	5	22	19,3	259	304
Consumo energético total por ACS (kWh/mes):						4.040

Como se observa en la tabla la acumulación equivalente a $65^{\circ}C$ resulta mayor cuando la temperatura de la red es de $10,8(^{\circ}C)$, dando un valor de 290 lts como acumulación mínima diaria de ACS.

15. Diseño de sistemas hidráulicos

El diseño de los distintos sistemas hidráulicos de calefacción por suelo radiante, refrigeración con equipos fan-coil y sistema de calentamiento de agua sanitaria, se realizará utilizando los distintos módulos de Audytor SET.

15.1. Diseño y resultados sistema de calefacción

Para el sistema de calefacción se utilizará el software Audytor CH, en el cual se pueden diseñar distintos sistemas hidráulicos, ya sea con radiadores o suelo radiante hidráulico, el diseño se calcula en base a las características de los materiales, equipos seleccionados y requerimientos térmicos. Para que el Software Audytor CH reconozca los requerimientos térmicos de la instalación, se deben importar los resultados arrojados por el Software Audytor HL.

Luego de realizar el diseño y el cálculo de sistemas el software permite la exportación de estos resultados como archivo .xls.

15.1.1. Dedición de materiales suelo radiante hidráulico

Las tuberías a utilizar serán las ofrecidas por el proveedor KAN-Therm y la información de estas tuberías es obtenida de la base de datos del software Audytor CH.

Tabla N°27: “Tipo de tubería a utilizar para sistema de calefacción”

Fabricante	Material	Detalles
KAN	PP-R	Blue Floor PE-RT, tubería con capas EVOH, acc. to DIN 4726, para calefacción radiante, T°max = 70 °C, Pmax = 0,6 MPa
KAN	PE-RT	Uniform PP-R PN16 (SDR7.4), tubería para aplicaciones de agua caliente y agua fría, T°max = 90 °C, Pmax = 1,6 MPa

En la siguiente tabla se señalan los materiales que conforman las capas del suelo radiante hidráulico. Aquí se van a conocer las características de estos materiales. La información es obtenida de la base de datos del software.

Tabla N°28: “Capas suelo radiante hidráulico”

Simbología	FLOOR1	Fabricante:	KAN			
Norma para cálculos: EN 1264/15377						
Cubierta del piso: Cerámica Rt=0.012 (m²·K/W)						
Condiciones de humedad: Semihúmedo						
Tipo de tubería utilizada para suelo radiante hidráulico: KAN BLUEFLOOR						
Capas sobre las tuberías:						
Simbología	Espesor	Info. del material	λ	ρ	cp	Rt
	m		W/(m·K)	kg/m³	kg/m³	m²·K/W
SCREED CEMENT	0,0650	Cemento para hormigón fino	1,300	2200	0,840	0,050
Simbología tubería:	KAN BLUEFLOOR	DNmin: 16 mm DNmax: 18 [mm]				
Lmax: 200 m	Distanciamiento entre tuberías Ymin: 0,06 m Ymax: 0,36 m					
Capas bajo la tubería:						
Simbología	Espesor	Info. del material	λ	ρ	cp	Rt
	m		W/(m·K)	kg/m³	kg/m³	m²·K/W
PROFIL2 EPS100 KAN 11	0,0110	Plancha de poliestireno	0,035	30	1,460	0,314
BOARD EPS 100-038 60	0,0600	Capa de poliestireno	0,038	20	1,460	1,579
FOIL PE D=0,15mm	0,0002	Lámina de polietileno para colocar bajo aislamiento	0,200	1300	1,420	0,001
CONCR-2400	0,2400	Hormigón	1,700	2400	0,840	0,141

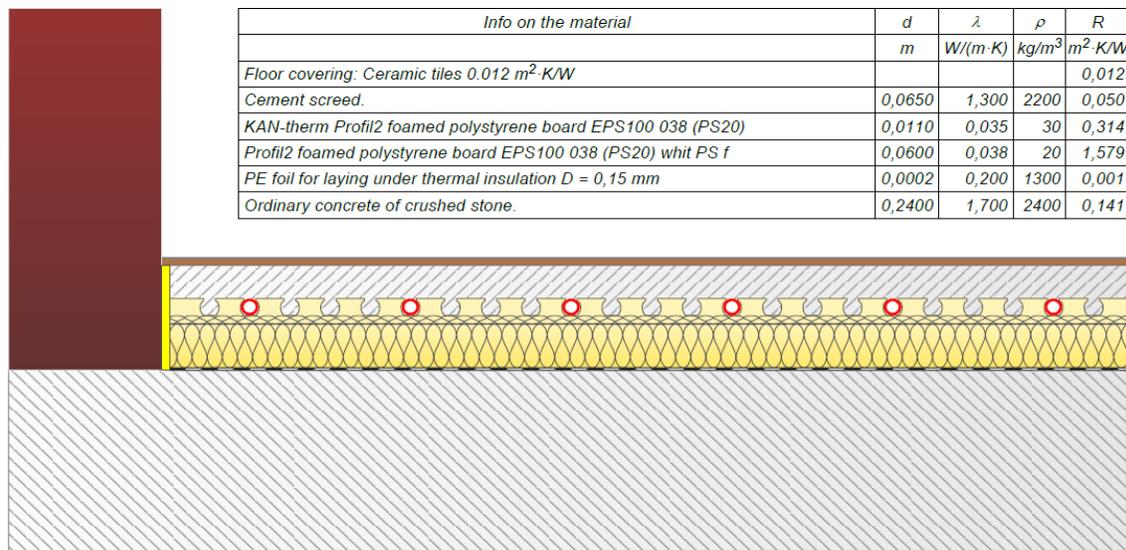


Imagen N°4: "Capas FLOOR1"

Tabla N°29: “Resultados globales para sistema de calefacción por suelo radiante hidráulico”.

Parámetros del fluido de calefacción:			
Temperatura de impulsión de diseño	$T^{\circ}\text{imp}$, [°C]:		37,00
Temperatura de retorno de diseño	$(T^{\circ}\text{r})$, [°C]:		30,00
Temperatura de retorno real	$T^{\circ}\text{r,r}$ [°C]:		28,28
	Tipo de fluido:		Agua
Información sobre el sistema de calefacción:			
Flujo de agua a través de instalación	\dot{m}_{inst} , [kg/s]:		0,533
Volumen total instalación	V_{inst} , [l]:		468
Potencia térmica requerida instalación	Q_{CT} , [W]:		15573
Pérdidas de potencia instalación	$Q_{\text{per,inst}}$, [W]:		2533
Potencia total entregada por la instalación	$Q_{\text{tot,inst}}$, [W]:		18106
Parámetros fuente de calor: Bomba de calor			
Resistencia hidráulica fuente de calor	Δp_{HS} , [Pa]:		100
Volumen de estanque de inercia	V_{ei} [l]:		200
Presión disponible requerida en la fuente de calor	Δp_{disp} [Pa]:		19215
Potencia total de diseño de la fuente de calor en invierno	Q_{CT} [W]:		15573
Suelo Radiante:			
Requerimiento de potencia	Q_{CT} [W]:		1575
Déficit de potencia	Q_{def} [W]:		932
Potencia de calentamiento real	Q_{SRH} [W]:		14407

Los resultados obtenidos son en base a los tipos de materiales seleccionados y a la configuración de los circuitos hidráulicos diámetros de tuberías y distancias entre ellas. Estos cálculos fueron realizados por el software, el cuál selecciona la mejor configuración de acuerdo con los requerimientos térmicos.

Se observa que existe un pequeño déficit, comparado con el total y además considerando que existen ganancias térmicas por ocupantes, iluminación, uso de equipos, etc., este déficit no tendrá influencia en el sistema en general.

15.1.2. Resultados para suelo radiante hidráulico por habitación.

La siguiente tabla muestra los resultados de manera más detallada del calor entregado por el sistema de calefacción.

Tabla N°30: “Resultado por recinto para suelo radiante hidráulico”

Recinto	A	L	Y	Leon	Ltot	Q _{CT}	Q _p	Q _r	Q _{r,tot}	q _r	T [°] F,extr	T [°] F,m	T [°] s	ṁ	Δp	V
	m ²	m	m	m	m	W	W	W	W	W/m ²	°C	°C	°C	kg/s	Pa	l
SERV.TEC	8,3	67,9	0,12	7,9	75,9	617	599	633	691	78	25,42	25,15	35,66	0,0211	1529	10,45
SERV.TEC	6,6	53,7	0,12	13,4	67,1	617	599	519	567	81	25,68	25,40	35,35	0,0211	1355	8,27
OF.G2	15,3	41,1	0,36	10,3	51,4	470	428	540	705	36	23,33	21,60	35,79	0,0161	744	6,33
COCINA	11,2	90,8	0,12	9,1	99,9	1027	1015	910	1066	83	25,92	25,64	36,30	0,0352	7956	13,98
SHOWROOM	11,5	70,4	0,18	14,3	84,7	748	673	756	900	66	24,71	24,21	36,05	0,0256	2888	10,84
SHOWROOM	12,0	59,4	0,18	3,1	62,5	748	673	765	829	71	25,17	24,63	36,65	0,0256	2207	9,15
SHOWROOM	12,4	69,9	0,18	4,7	74,5	748	673	833	999	66	24,69	24,19	36,55	0,0256	2544	10,76
SHOWROOM	13,2	72,1	0,18	6,2	78,3	748	673	847	1017	65	24,60	24,11	36,48	0,0256	2658	11,10
SHOWROOM	13,3	78,1	0,18	10,7	88,8	748	673	820	978	65	24,60	24,11	36,24	0,0256	3011	12,03
SHOWROOM	12,8	73,7	0,18	8,1	81,8	748	673	846	1016	65	24,55	24,06	36,37	0,0256	2760	11,34
SHOWROOM	11,2	90,9	0,12	3,0	93,9	748	673	850	1003	78	25,45	25,18	36,64	0,0256	3241	14,00
S.R.G.	14,7	71,2	0,20	4,2	75,4	1129	1051	977	1167	69	25,06	24,39	36,49	0,0386	7037	10,96
PASILLO	8,3	62,8	0,12	20,6	83,4	954	761	650	759	86	26,17	25,87	35,81	0,0326	5814	9,66
PASILLO	8,7	68,3	0,12	7,3	75,7	954	761	717	837	88	26,27	25,97	36,34	0,0326	5311	10,52
OF.3	6,8	55,2	0,12	18,7	73,9	600	599	535	569	81	25,69	25,41	35,48	0,0205	1407	8,50
OF.2	5,9	19,1	0,30	2,9	22,0	362	241	309	329	54	24,65	23,14	36,33	0,0124	237	2,94
OF.G1	6,9	18,0	0,36	2,6	20,6	417	183	310	330	48	24,82	22,60	36,42	0,0143	256	2,77
OF.G1	7,8	20,4	0,36	6,0	26,3	417	183	338	360	46	24,59	22,44	36,12	0,0143	327	3,14
OF.GEREN	8,6	70,0	0,12	6,5	76,5	781	769	716	762	85	26,08	25,78	36,34	0,0267	3145	10,78
OF.GEREN	10,5	84,4	0,12	14,1	98,5	781	769	808	860	80	25,61	25,33	35,97	0,0267	3925	12,99
HALL. P3	3,3	26,7	0,12	9,4	36,2	607	548	298	346	93	26,74	26,42	36,07	0,0208	729	4,11
HALL. P3	4,6	36,7	0,12	17,1	53,8	607	548	386	412	88	26,28	25,98	35,58	0,0208	1057	5,65

Nota: Que se repitan algunos recintos en la tabla N°30, es debido a que en ellos existe más de un circuito hidráulico de suelo radiante.

Donde:

- Y : Separación entre tuberías de suelo radiante hidráulico
- L : Largo de la tubería del circuito suelo radiante hidráulico
- L_{conn} : Longitud de tubería que conecta el circuito de suelo radiante hidráulico con manifold.
- L_{tot} : Largo total de la tubería por circuito de suelo radiante hidráulico.
- Q_{CT} : Potencia de calefacción de diseño requerida.
- Q_p : Potencia de calefacción de diseño del suelo radiante hidráulico.
- Q_r : Potencia de calentamiento real del suelo radiante hidráulico, transferida a la habitación encima de este.
- $Q_{r,\text{tot}}$: Potencia de calefacción real del radiador, teniendo en cuenta la potencia transferida hacia abajo.
- q_r : Calor entregado por unidad de área, desde el suelo radiante hidráulico al recinto.
- $T_{\text{F,extr}}$: Temperatura máxima del piso.
- $T_{\text{F,m}}$: Temperatura promedio del piso.
- T_s : Temperatura real de suministro hacia suelo radiante hidráulico.
- \dot{m} : Flujo másico a través del suelo radiante hidráulico.
- v : Velocidad del fluido en circuito suelo radiante hidráulico.
- Δp : Resistencia hidráulica en suelo radiante hidráulico.
- V : Volumen del circuito hidráulico.

15.1.3. Punto de operación de la bomba de recirculación y fuente de calor.

Los resultados del punto de operación de la bomba de recirculación son entregados por el software, el cual realizar los cálculos en base a las propiedades físicas de los materiales seleccionados y al diseño de la instalación.

Tabla N°31: “Punto de operación bomba recirculadora para sistema de calefacción”.

Bomba de recirculación	m	Δp	H	V	T°agua	ρ	Δp_{H_2O}	H_{H_2O}
	kg/s	Pa	m	m ³ /h	°C	kg/m ³	Pa	m
Punto de operación	0,533	19217	1,97	1,93	28,3	996	19217	1,97

Para el caso de las condiciones de la fuente de calor, la temperatura de impulsión es seleccionada de tal forma que la temperatura obtenida en la superficie del piso no supere los 29°C, esto debido a que existen estudios en los cuales se señala que a una temperatura mayor se genera una sensación de incomodidad en las personas.

Tabla N°32: “Resultados para fuente de calor”.

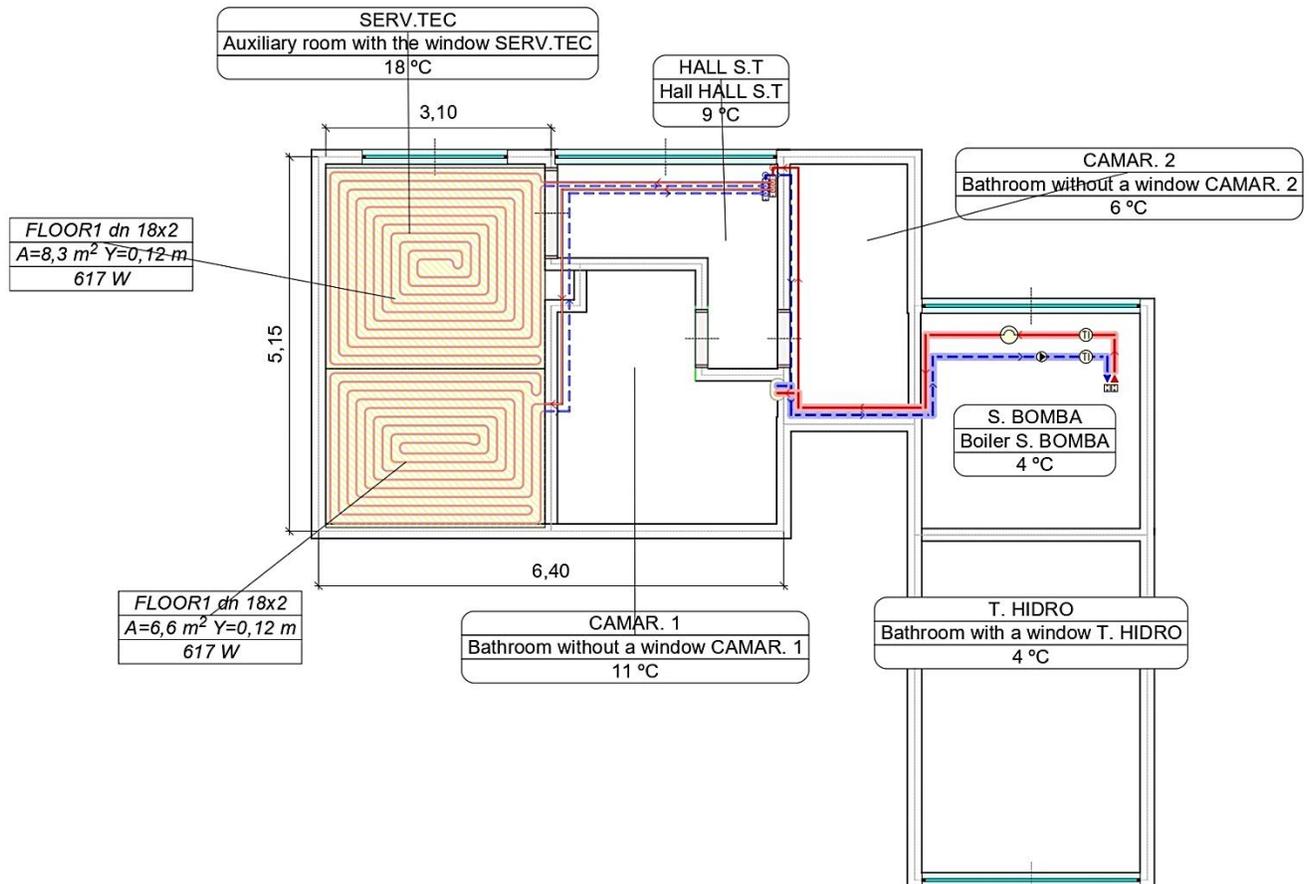
Fuente de calor	T°s	ΔT°_{DIS}	T°r,r	Δp_{HS}	\dot{m}_{inst}	V _{BF}	V _{inst}	V	Q _{CT}	Q _{per,inst}	Q _{tot,inst}
	oC	K	°C	Pa	kg/s	l	l	l	W	W	W
Bomba de calor	37,0	7,0	28,3	100	0,533	200,0	268,1	468,1	15573	2501	18074

Donde:

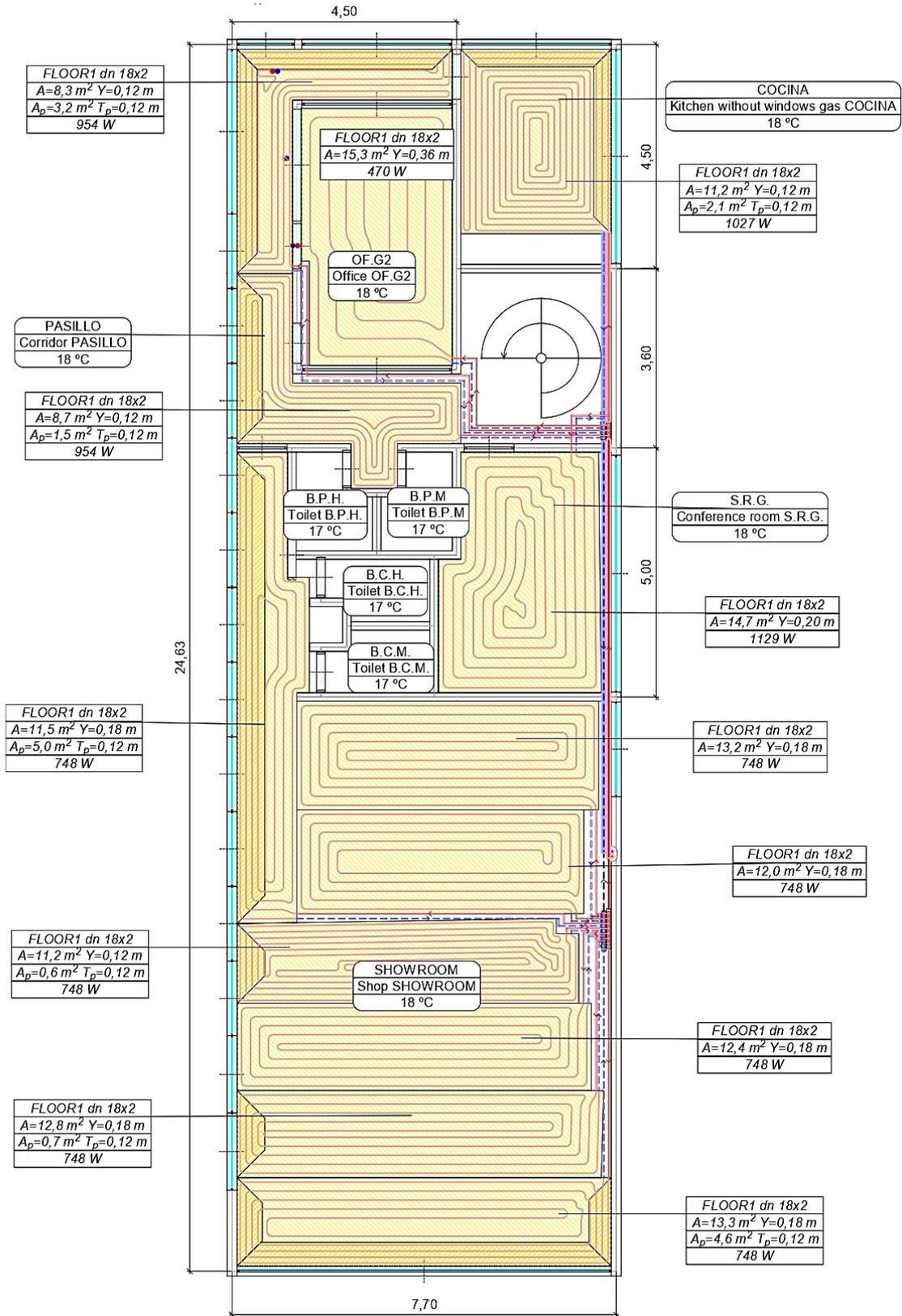
- ΔT°_{DIS} : Diferencia de temperatura de diseño entre impulsión y retorno.
- T°r,r Temperatura de retorno real.
- Δp_{HS} : Resistencia hidráulica fuente de calor.
- \dot{m}_{inst} : Flujo de agua en el sistema de calefacción.
- V_{BF}: Volumen estanque de inercia.
- Q_{per,inst}: Pérdidas de calor en el sistema hidráulico de calefacción (tuberías).

15.2. Esquema instalación suelo radiante hidráulico

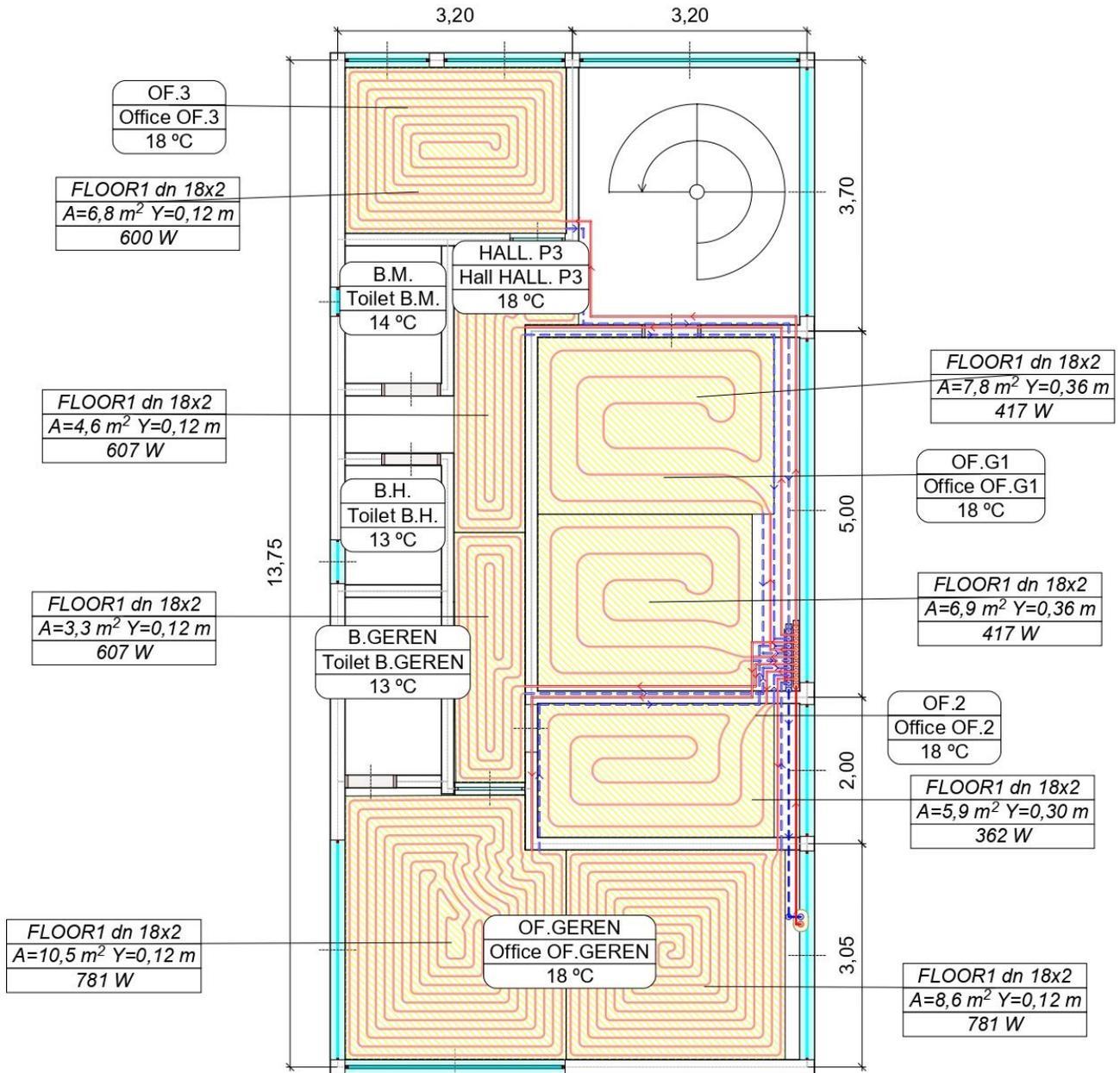
- Piso 1:



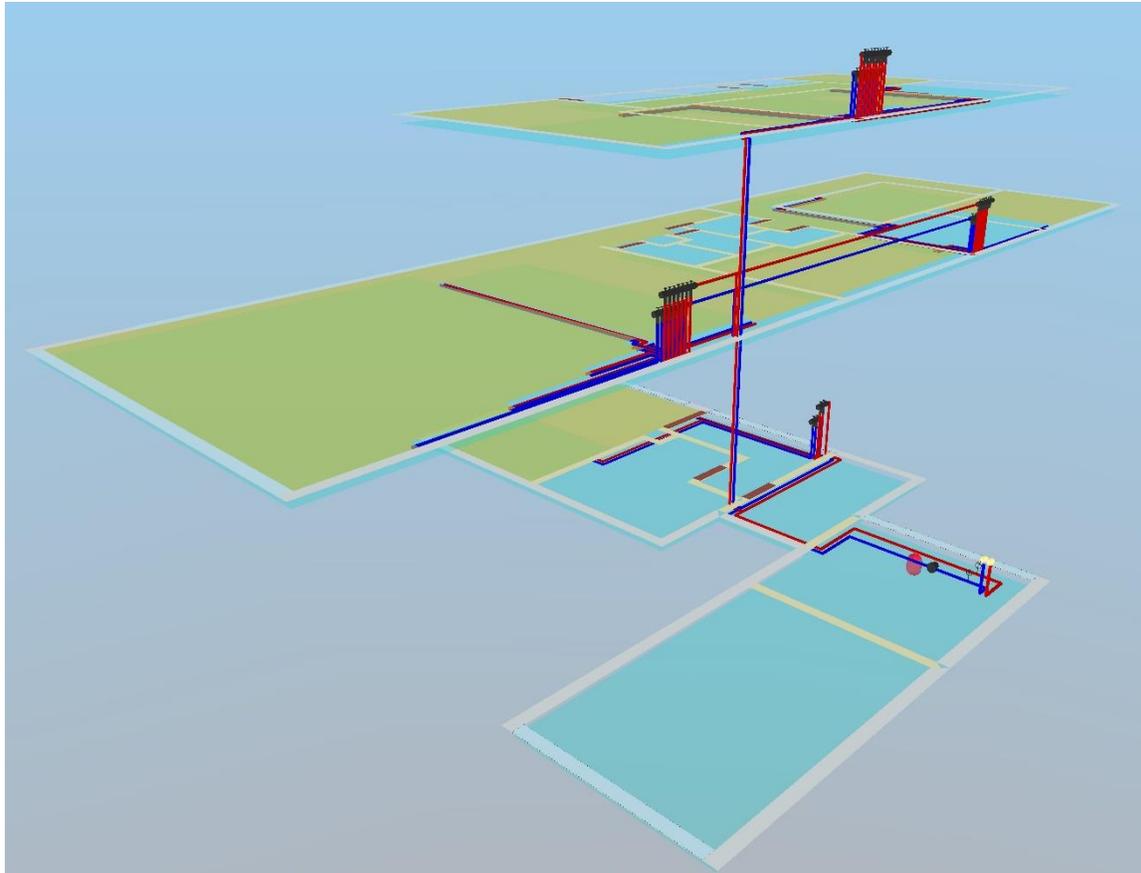
• Piso 2



• Piso 3



- Esquema 3D de sistema de calefacción



16. Selección de equipos

Debido a que en condición de verano la bomba de calor operará en modo enfriamiento, se utilizará un equipo para calefacción en conjunto con refrigeración y otro para la producción de ACS.

16.1. Equipos para calefacción y refrigeración:

16.1.1. Bomba de calor para calefacción y refrigeración:

La selección de la bomba de calor será en función del requerimiento de potencia en modo de enfriamiento, ya que en esta condición los requerimientos son mayores, siendo para este caso de 18.795(W), versus los 15.573(W) requeridos en calefacción.

Según lo mencionado, se seleccionarán 2 bombas de calor WPL 20 AC, la cual tiene una capacidad de refrigeración de 17.000 (W) en condición de enfriamiento, a 35°C de temperatura ambiente y 15,5°C de temperatura de impulsión del agua.

Para calefacción esta bomba tiene una capacidad de 11kW, a 3°C de temperatura ambiente y 35°C de temperatura de impulsión del agua.

Si bien el equipo seleccionado sobrepasa la capacidad requerida, 2 bombas de calor Stiebel-Eltron de menor capacidad no alcanzan a cubrir la demanda, al igual que 1 solo equipo de mayor tamaño.

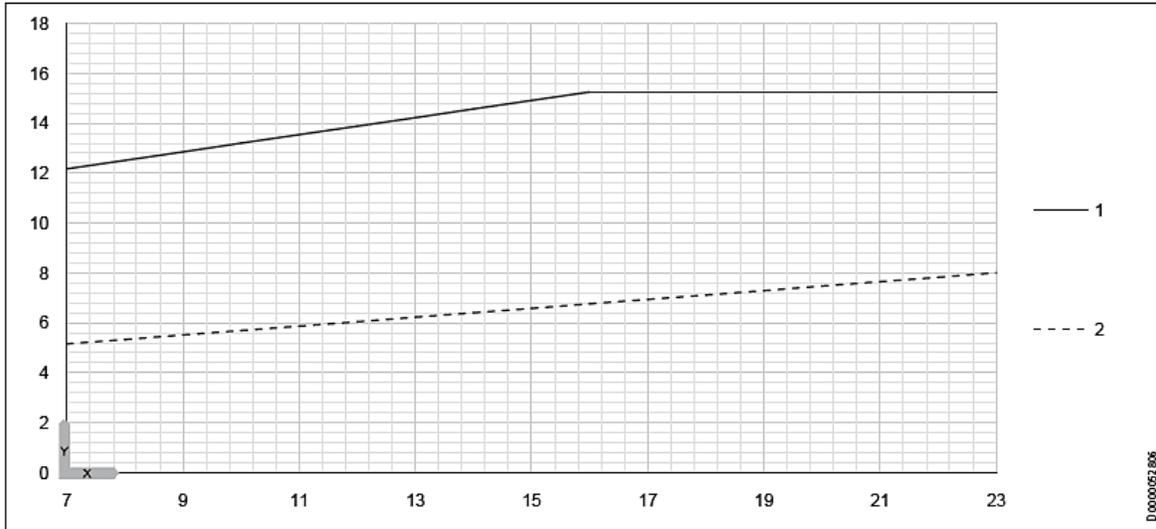


Imagen N°5: " Bomba de calor WPL 20 AC"

16.1.2. Curvas de potencia de refrigeración y calefacción bomba de calor WPL 20AC

Especificaciones técnicas

Capacidad de refrigeración

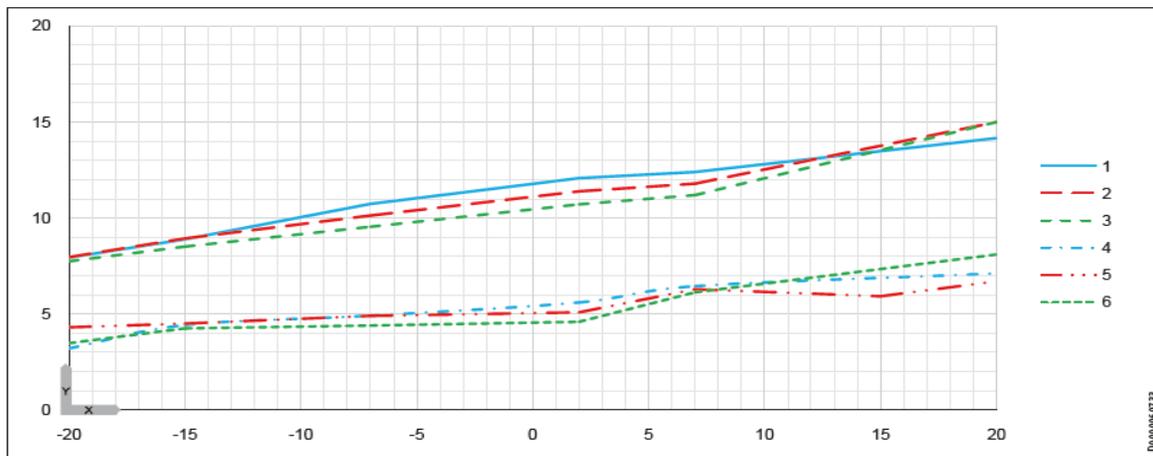


X Temperatura de impulsión [°C]
 Y Capacidad de refrigeración [kW]
 1 máx. A35
 2 Mín. A35

Imagen N°6: "Curva de capacidad de refrigeración WPL 20AC"

Diagramas de potencia WPL 20 A | WPL 20 AC

Potencia de calefacción



X Temperatura exterior [°C]
 Y Potencia de calefacción [kW]
 1 máx. W55
 2 máx. W45
 3 máx. W35
 4 mín. W55
 5 mín. W45
 6 mín. W35

Imagen N°7: "Curva de potencia de calefacción bomba de calor WPL 20AC".

La bomba extrae el calor del aire del ambiente a través del evaporador y lo traspasa al agua aumentando su temperatura por medio del condensador, expulsando el aire a una menor temperatura. Para el caso de refrigeración la bomba de calor realiza el proceso inverso, tomando el calor del agua que viene del circuito, traspasándosele al aire y expulsándolo a una mayor temperatura.

16.2. Estanque de expansión

Para el cálculo de la capacidad mínima del estanque de expansión, se utilizará la siguiente ecuación, obtenida de la empresa VAREM, la cual se dedica a la construcción de estanques.

$$V_{mínEE} = \frac{V_{inst}}{1 - \frac{p_{precarca}}{p_{máx}}} \times E \times F_s (lts) \tag{22}$$

Donde:

V_{inst} : Volumen total sistema de calefacción (478,1 lts)

$p_{precarca}$: Presión de precarga obtenida de tabla estanques VAREM.

$p_{máx}$: Presión a la que será calibrada la válvula de seguridad, para este caso se considerará la presión admisible por la bomba de calor (3 kPa)

E: Coeficiente de expansión a la temperatura del fluido, para este caso la temperatura máxima del agua es de 37°C, por lo que se interpolan los valores de “E” a 40°C y 30°C, dando como resultado E=0,0064.

F_s : Factor de seguridad, para este caso se considerará un factor de 1,5.

Obteniendo como resultado que el volumen mínimo requerido para estanque de expansión es de

$$V_{mínEE} = 18(lts)$$

°C	E	°C	E
0	0,00013	65	0,0198
10	0,00027	70	0,0227
20	0,00177	75	0,0258
30	0,00435	80	0,029
40	0,00782	85	0,0324
50	0,0121	90	0,0359
55	0,0145	95	0,0396
60	0,0171	100	0,0434



Imagen N°8: "Valores de E entregados por VAREM"

Presión de precarga según estanque seleccionado:

CAPACIDAD (Lts.)	VOLUMEN A UTILIZAR (Lts.)	PRESIÓN DE CARGA (Bar)	ALTURA MÁXIMA DE INSTALACIÓN (M)
5	3,1	0,5	5
	2,5	1	10
	1,9	1,5	15
8	5	0,5	5
	4	1,0	10
	3	1,5	15
12	7,5	0,5	5
	6	1,0	10
	4,5	1,5	15
18	11,3	0,5	5
	9	1,0	10
	6,7	1,5	15
25	15,6	0,5	5
	12,5	1,0	10
	9,4	1,5	15
40	25	0,5	5
	20	1,0	10
	15	1,5	15

Imagen N°9: "Presión de Carga estanque VAREM"

16.3. Bombas de recirculación

Se seleccionarán 2 bombas de recirculación, esto en base a los requerimientos del sistema de calefacción y al caudal mínimo requerido por las bombas de calor, el cuál es de 1 m³/hr, en cuanto a las pérdidas de carga para la bomba a instalar entre el estanque de inercia y la bomba de calor, no tendrá una gran influencia en la selección debido a que la distancia de instalación entre el estanque y la bomba de calor es cercana.

- Bomba recirculación para sistema suelo radiante hidráulico.

Para el sistema de suelo radiante hidráulico se utilizará el Kit WPKI-HK E ofrecido por Stiebel-Eltron, el cual incluye conexiones hidráulicas para sistema de calefacción y una bomba de recirculación modelo Wilo Yonos Para RS 25/6 RKA.



Imagen N°10: "Wilo Yonos Para RS 25/6 RKA."

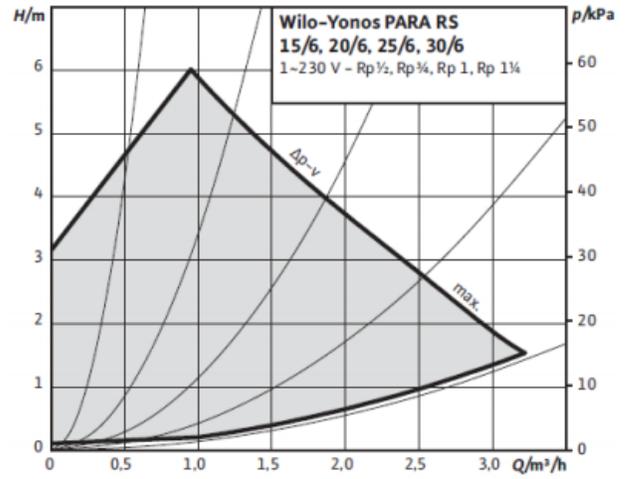


Imagen N°11: "Curva Wilo Yonos Para RS 25/6 RKA."

- Bomba de recirculación entre estanque de inercia y bombas de calor.

La bomba seleccionada es una Wilo Yonos Para RS KU 25/7.5



Imagen N°12: "Wilo Yonos Para RS KU 25/7.5."

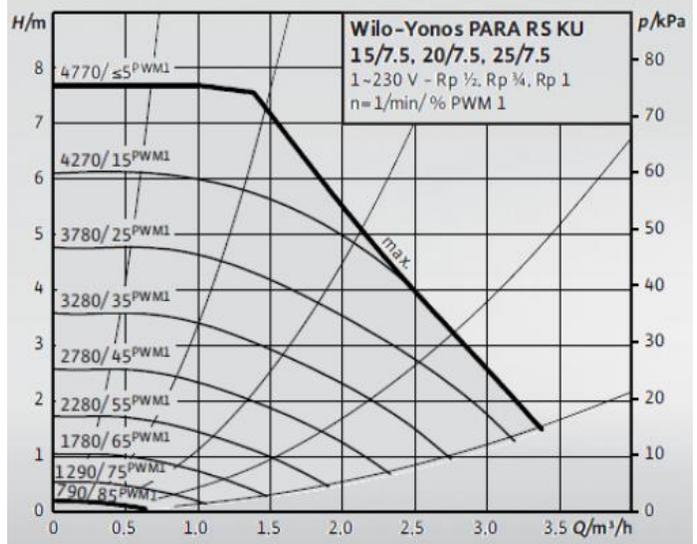


Imagen N°13: "Curva Wilo Yonos Para RS KU 25/7.5."

Tabla N°33: “Equipos a utilizar para calefacción y refrigeración”

Tipo	Fabricante	Modelo	Descripción	Imagen de referencia
Bomba de calor	Stiebel-Eltron	WPL 20 AC	Bomba de calor Aire-Agua, para calefacción y refrigeración	
Controlador Bomba de Calor	Stiebel-Eltron	WPM internacional	Controlador para bomba de calor y bombas de recirculación	
Controlador Web	Stiebel-Eltron	ISG	Controlador WEB. Permite el control de parámetros del sistema vía internet	
Bomba recicladora	Wilo	Wilo Yonos Para RS KU 25/7.5	Bomba recirculadora, para recirculación entre estanque de inercia y bombas de calor	
Kit hidráulico	Stiebel-Eltron	WPKI-HK E	Conjunto bomba recirculadora para de calefacción con válvula de corte y termómetros.	
Estanque de inercia	Stiebel-Eltron	SBP 200	Estanque de inercia con capacidad de 200 lts para circuito de calefacción y refrigeración	

Válvula de seguridad	Stiebel-Eltron	SV ½-6	Válvula de seguridad, Presión máxima 6 bar.	
Estanque de expansión	VAREM	Membrana fija de 18 lts	Estanque expansión de 18 lts, para circuito de calefacción.	

Se incluye un estanque de inercia de 200 lts de capacidad, esto recomendado por la empresa Stiebel-Eltron para calefacción por suelo radiante hidráulico. Esto tiene la finalidad de tener una acumulación de energía y así evitar el trabajo continuo de la bomba de calor.

	Depósito de inercia obligatorio	Volumen recomendado del depósito de inercia para la calefacción por suelo radiante
WPL 15 AS	no	100
WPL 15 ACS	no	100
WPL 20 A	no	200
WPL 20 AC	no	200
WPL 25 A	no	200
WPL 25 AS	no	200
WPL 25 AC	no	200
WPL 25 ACS	no	200

Imagen N°14: “Recomendación por estanque de inercia para suelo radiante hidráulico”

El control de la temperatura en los diferentes recintos se realizará con termostatos instalados en cada uno de estos recintos. Estos termostatos envían la señal a un bloque terminal, que puede controlar hasta 6 zonas (15 servomotores)

Tabla N°34: “Dispositivos para el control de temperatura en recintos”

Tipo	Fabricante	Modelo	Descripción	Imagen de referencia
Bloque terminal	KAN-Therm	Terminal block Basic+ 6 zones	Bloque terminal que lee la señal del termostato para actuar sobre el control de servo-motor en manifold (control hasta 6 zonas)	
Termostato	KAN-Therm	Thermostat with LCD control	Termostato LCD, para el control de temperatura en habitaciones	

16.4. Selección de equipos fan-coil

Debido a que el software utilizado no realiza el cálculo de requerimientos para condición de verano, se seleccionarán los equipos en base a los cálculos realizados de manera teórica.

Para la selección de equipos fan-coil, fue necesario realizar cálculos de transmisión de calor para cada recinto de forma individual, ya que las condiciones para cada uno de estos recintos son distintas durante el transcurso del día. Los cálculos se realizan de la misma forma que se realizó para el edificio de manera general, considerando radiación solar, orientación, tipo de elemento de construcción, temperatura exterior, ganancias térmicas por ocupantes, ganancias por iluminación y equipos, etc.

Tabla N°35: “Transmisión de calor para cada recinto”

Calor transferido por los distintos recintos											
Hora solar	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
SERV.TEC	815	885	941	901	948	1.085	1.170	1.244	1.273	1.272	1.216
OF.G2	1.168	1.212	1.247	1.149	1.183	1.222	1.248	1.270	1.282	1.286	1.278
COCINA	2.550	2.672	846	436	444	1.802	1.612	332	337	330	292
PASILLO	-2	215	125	255	345	508	904	1.539	2.111	2.230	1.403
S.R.G.	796	1.585	1.594	1.690	1.843	2.482	2.823	3.143	3.391	3.378	2.967
SHOWROOM	31	639	1.021	1.146	1.416	2.146	3.077	4.438	5.572	5.808	4.143
OF.G1	2.275	2.439	2.202	1.700	1.524	1.563	1.591	1.637	1.650	1.656	1.623
OF2	1.058	1.121	1.027	811	809	817	821	834	834	834	820
OF.3	1.018	1.067	971	719	667	743	786	815	825	810	773
OF.GEREN	164	331	443	423	512	674	939	1.327	1.661	1.729	1.238
HALL. P3	840	969	802	344	228	395	508	623	671	677	601
Total	10.714	13.134	11.219	9.574	9.918	13.438	15.479	17.202	19.607	20.010	16.353

Que resulten mayor las ganancias térmicas calculándolas de manera individual, es debido a que para el cálculo general del edificio se consideró la peor condición de manera global que es cuando el sol esta en la orientación oeste y no se consideró ganancias por personas en COCINA y S.R.G, debido a que estas personas están distribuidas dentro del edificio.

Por otro lado, para cada recinto considerado de forma individual, el cálculo de ganancias por radiación solar se realizó en base a la posición del sol más desfavorable para cada uno de ellos y además en COCINA y S.R.G. se sumaron ganancias por ocupación de personas

Equipos fan-coil seleccionados

Se selecciona el equipo en base a lo disponible en el mercado y a los requerimientos de cada recinto.

Tabla N°36: “Equipos fan-coil para cada recinto”

Equipos seleccionados					
Recinto	Q _{máx} (W)	Q equipo (W)	Cantidad	Tipo	Fabricante
SERV.TEC	1.273	2630	1	Muro	Midea
OF.G2	1.286	2630	1	Muro	Midea
COCINA	2.672	2970	1	Muro	Midea
PASILLO	2.230	2630	1	Cassette	Midea
S.R.G.	3.391	4250	1	Cassette	Midea
SHOWROOM	5.808	3190	2	Cassette	Midea
OF.G1	2.439	2630	1	Muro	Midea
OF2	1.121	2630	1	Muro	Midea
OF.3	1.067	2630	1	Muro	Midea
OF.GEREN	1.729	2630	1	Muro	Midea
HALL. P3	969	2630	1	Cassette	Midea

Obs: Los equipos quedan sobredimensionado debido a que se seleccionaron en base a los modelos que ofrece la empresa Anwo, siendo estos los de menor capacidad.

Además, cabe mencionar que la matriz utilizada para calefacción es la misma que se utilizará para el agua fría



Fan Coil Presentación Muro / Anwo

Características

2 tubos HEAT/COOL y 2 tubos COOL calefactor eléctrico HEAT, capacidades desde 250 a 600 CFM, incluye control remoto inalámbrico y válvula de 3 vías.

Especificaciones Técnicas - 2 Tubos

Modelos	Caudal (m³/h)	Potencia (w)		Consumo (w)	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
		Frio	Calor			
MKG-250-B	425	2.630	3.360	24	915x230x290	13
MKG-300-B	510	2.970	3.910	37	915x230x290	13
MKG-400-B	680	3.280	4.370	40	915x230x290	13.3
MKG-500-B	850	4.250	5.810	50	1072x230x315	15.8
MKG-600-B	1020	5.000	6.700	66	1072x230x315	15.8

Imagen N°15: “Fan-Coil muro Midea”



Fan Coil Presentación Cassette / Anwo Midea

Características:

1 y 4 vías, 2 y 4 tubos Heat/Cool, capacidades desde 300 CFM a 1500 CFM, control remoto inalámbrico, bomba de condensado incorporada.

Especificaciones Técnicas - Presentación Cassette 4 vías

Modelos		Caudal (m³/h)	Potencia (w)		Consumo (w)	Dimensiones (mm)		Peso (kg)	
2 Tubos	4 Tubos		Frio	Calor		Panel	Unidad	Panel	Unidad
MKD-300 -KIT	MKD-300CT -KIT	500	2.635	3.630	30	650x30x650	580x254x580	3	21
MKD-400 -KIT	MKD-400CT -KIT	630	3.190	4.425	45	650x30x650	580x254x580	3	21
MKD-500 -KIT	MKD-500CT -KIT	800	3.935	5.510	70	650x30x650	580x254x580	3	21
MKA-600 -KIT	MKA-600CT -KIT	1.000	5.109	7.160	120	950x40x950	840x240x840	3	36
MKA-750 -KIT	MKA-750CT -KIT	1.250	6.835	8.850	128	950x40x950	840x240x840	3	36
MKA-850 -KIT	MKA-850CT -KIT	1.400	7.260	10.240	144	950x40x950	840x240x840	3	40
MKA-950 -KIT	MKA-950CT -KIT	1.600	8.110	11.311	144	950x40x950	840x310x840	3	40
MKA-1200 -KIT	MKA-1200CT -KIT	2.000	9.849	13.745	180	950x40x950	840x310x840	3	40
MKA-1500 -KIT	MKA-1500CT -KIT	2.500	11.556	14.920	190	950x40x950	840x310x840	3	40

Imagen N°16: "Fan-coil cassette Midea"

El software Audytos CC, se encuentra en proceso de desarrollo, por lo aún no permite la selección de equipos, pero de si permite realizar el diseño de la instalación.

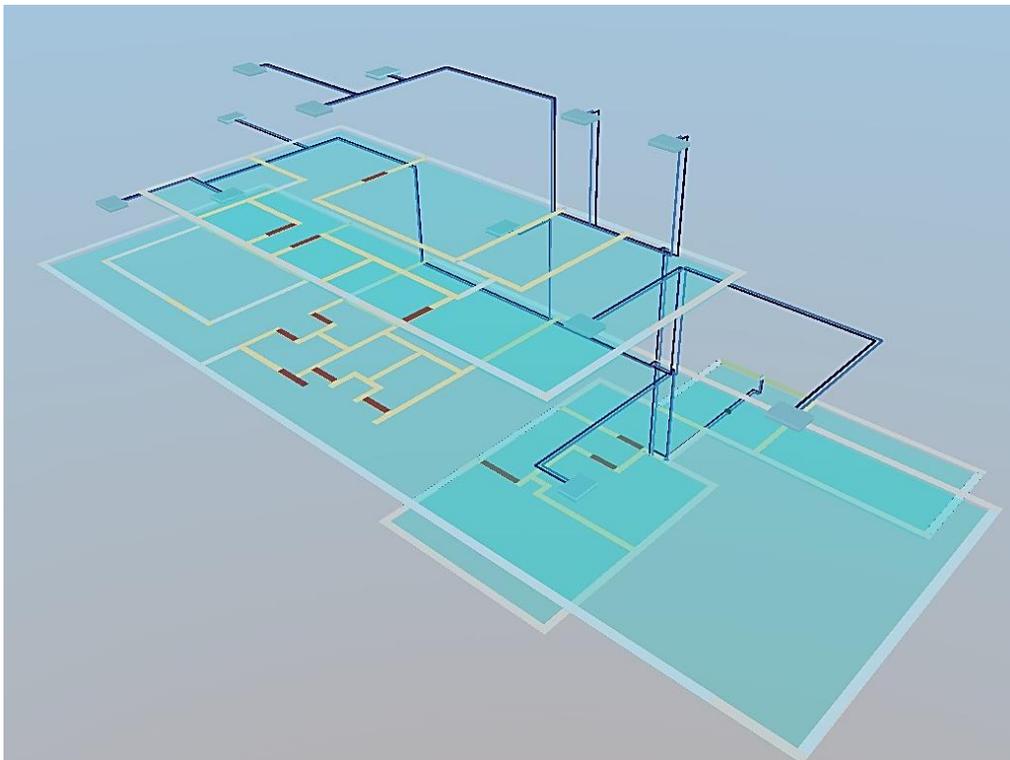


Imagen N°17: "Esquema 3D instalación hidráulica refrigeración".

16.5. Equipo para la producción de ACS.

En base a los resultados obtenidos, la cantidad mínima de acumulación de agua sanitaria al día es de 290 lts a una temperatura de 65°C, considerando esto selecciona una bomba de calor con estanque de acumulación integrado de 300lts.

Además, la potencia requerida del equipo a seleccionar se obtendrá en base al tiempo de recuperación, la eficiencia del equipo y el rendimiento de la instalación.

Para esto se considera:

Eficiencia del equipo=280%

Rendimiento de la instalación=80%

Tiempo de recuperación: 14 hrs (de 18:00 a 8:00 hrs)

Obteniendo el consumo energético para el volumen de 290 lts al día en kWh/día y además

$$Q_{ACS} = \frac{1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times 0,29(m^3) \times 1,163 \times 10^{-3} \left(\frac{kWh}{kg \cdot ^\circ C} \right) \times (65 - 10,8)(^\circ C)}{2,8 \times 0,8} = 7,62 \text{ (kWh)}$$

$$Q_{ACS} = \frac{7,62(kWh)}{14(h)} = 0,54 \text{ (kW)}$$

Por lo que la potencia requerida para el calentamiento de ACS es de 540 W.

En base a la acumulación de agua requerida y potencia del equipo la bomba de calor a utilizar será una WWK 300 electronic.



imagen N°18: "Bomba de calor WWK 300 electronic"

Tabla N°37: “Bomba de calor seleccionada y accesorio para producción de ACS”

Equipo	Marca	Modelo	Descripción
Bomba de calor	Stiebel Eltron	WWK 301 Electronic	Bomba de calor para ACS, con estanque de acumulación de 300 Lts
Válvula mezcladora termostática	Stiebel Eltron	ZTA 3/4	Válvula mezcladora termostática, para un mejor aprovechamiento del agua caliente.

16.5.1. Resultados sistema de agua caliente sanitaria

Los resultados para el sistema de agua caliente sanitaria son entregados por el software Audytor H2O.

Tabla N°38: “Duchas y grifos para agua seleccionados”

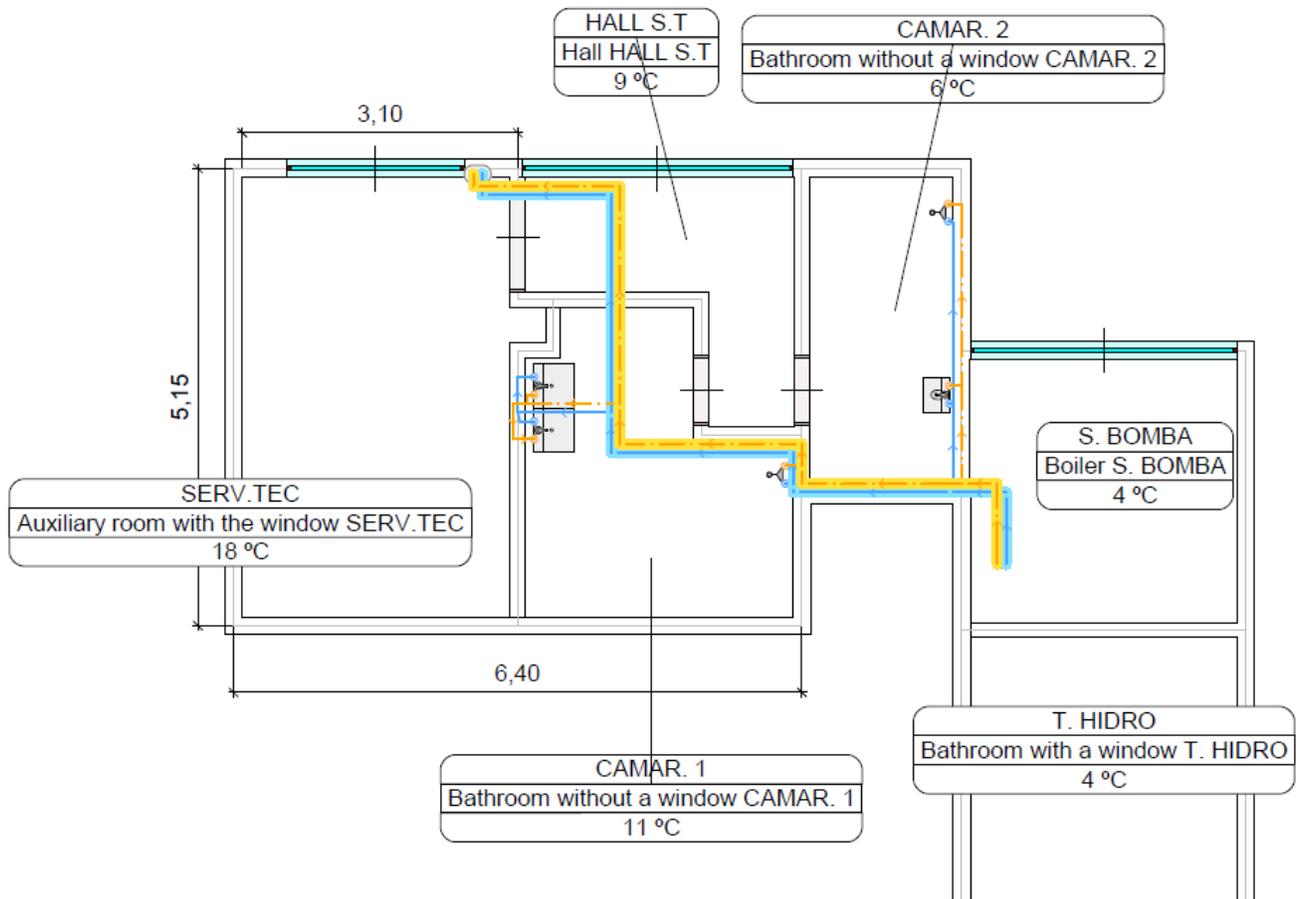
Simbología	Cantidad	Caudal	Detalle
	Unid	l/s	
FAUC SHOW DN15	2	0,15	Grifo de ducha extraíble DN 15 mm.
FAUC ST SINK DN15	11	0,07	Grifo de fregadero vertical extraíble, DN 15 mm.
PANEL SHOW	1	0,15	Ducha panel

Tabla N°39: “Resultados generales para sistema ACS”

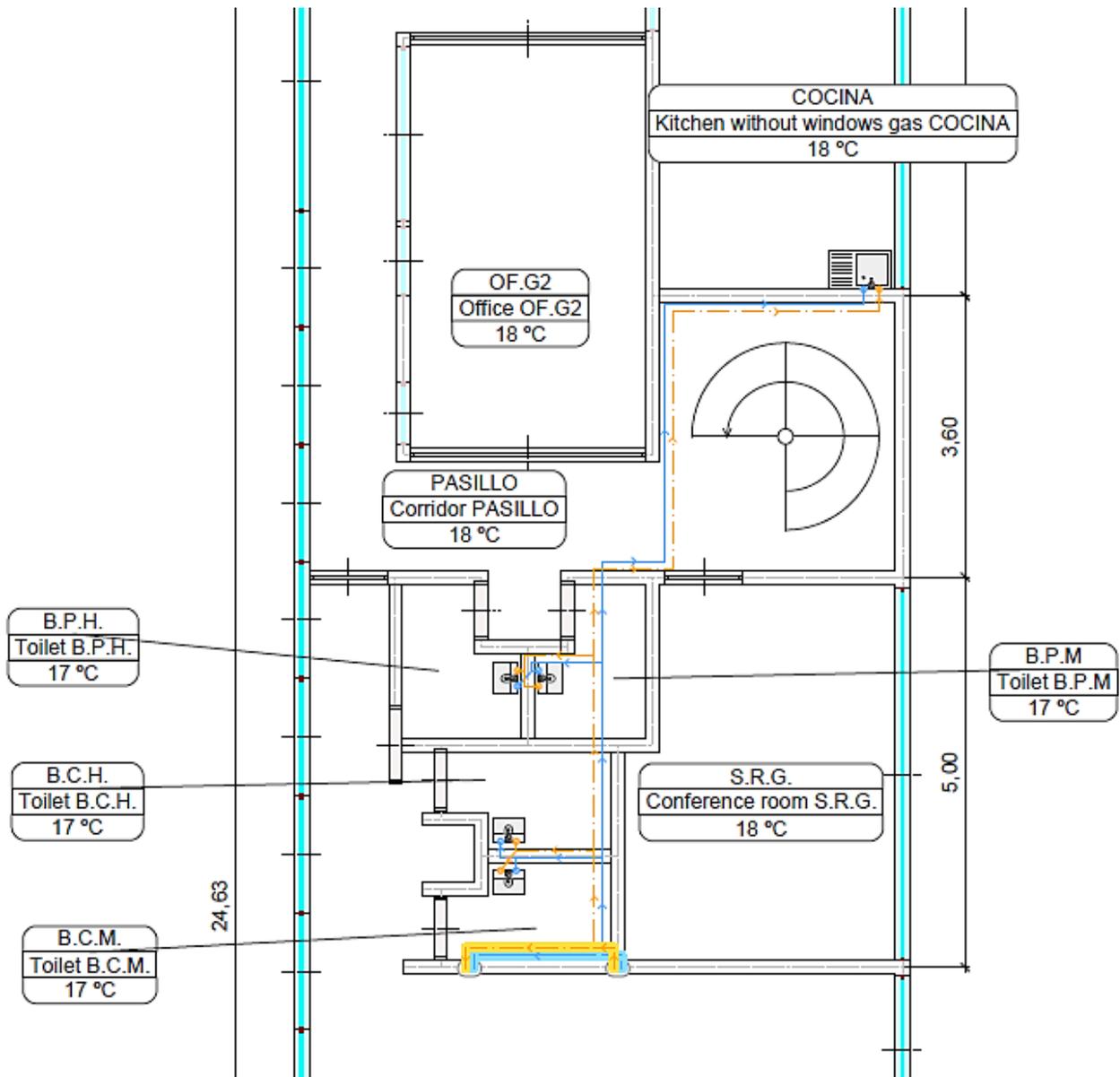
Información básica			
Nombre del proyecto	Edificio Ecogreen		
Ciudad:	Santiago		
Diseñador:	Sebastián Parada M.		
Tipo de tubería:	KAN PP PN16		
Tipo de fuente de suministro de agua caliente sanitaria:			
Tipo de fuente:	Bomba de calor		
Tipo de construcción:	Oficina o departamento		
	Agua sanitaria:	fría	Caliente
	Temperatura del agua, [°C]:	10,8	45,0
	Presión hidrostática, [m]:	6,43	6,43
	Suma de los flujos de todas las salidas, [l/s]:	1,22	1,22
	Flujo máximo probable calculado, [l/s]:	0,61	0,61
	Presión antes del receptor crítico [m]:	10,00	10,00
	Longitud tubería crítica, [m]:	21,45	22,15
	Resistencia del ramal a receptor crítico [m]:	2,81	2,59

16.5.2. Esquemas de instalación hidráulica para agua sanitaria

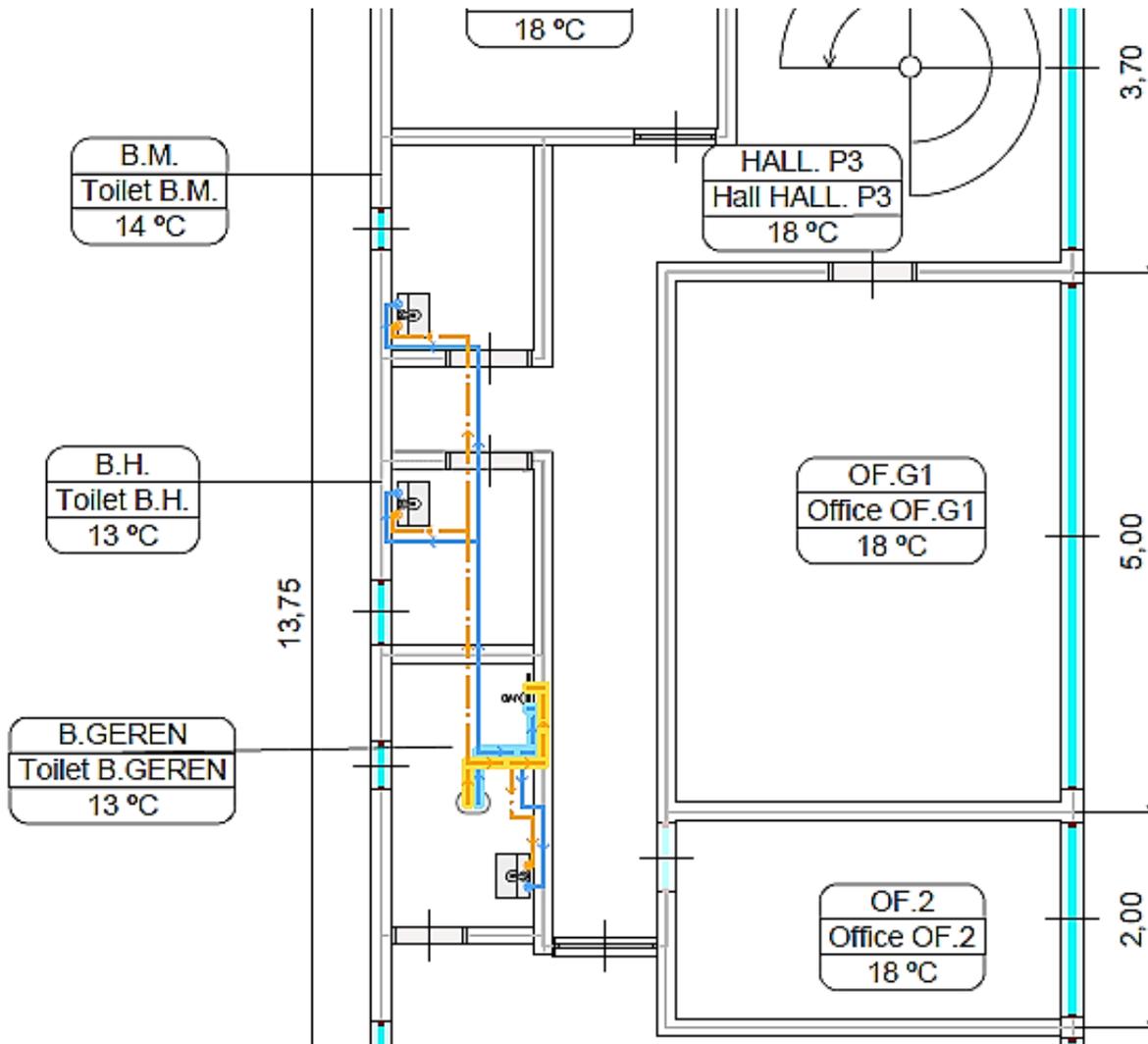
- **Piso1:**



- **Piso 2:**

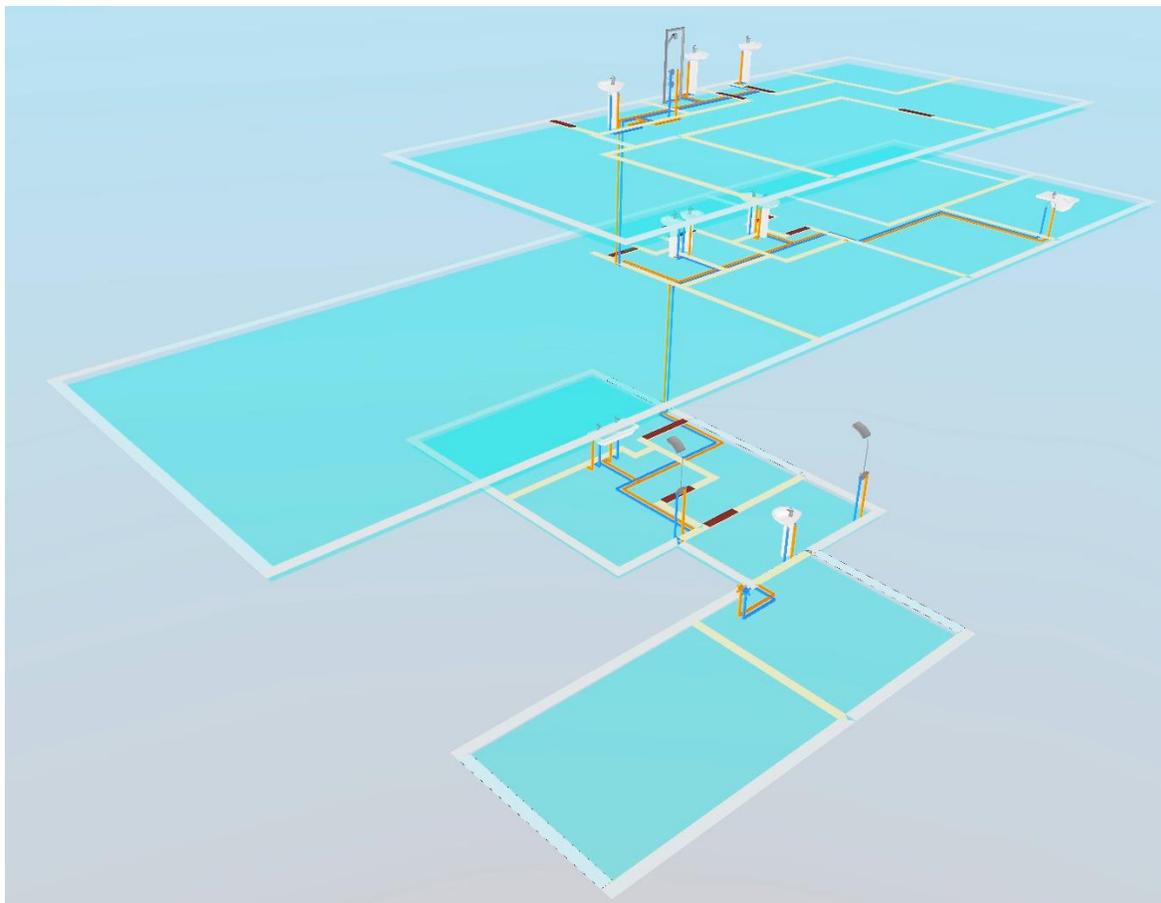


- **Piso 3:**



Obs: El tramo crítico del circuito de agua sanitaria esta señalado por las tuberías que se muestran en un color más remarcado.

- **Esquema 3D instalación agua sanitaria**



17. Inversión del proyecto

El costo de inversión de materiales y equipos se obtiene del listado de precios que entrega Stiebel-Eltrom y KAN-Therm a la empresa Ecogreen Chile y además del comercio en general.

17.1. Costo de quipos y materiales para calefacción y refrigeración”

Las siguientes tablas muestran el valor neto de los equipos y materiales a utilizar en el sistema de calefacción y refrigeración del edificio.

Listado de equipos

Tabla N°40: “Costo equipos para calefacción y refrigeración”

Equipo	Unid.	Precio USD/unid.	Total USD
Bomba de Calor WPL 20 AC	2	\$ 5.383,63	\$ 10.767,26
WPM International	1	\$ 339,84	\$ 339,84
ISG Controlador WEB	1	\$ 353,43	\$ 353,43
WPKI-HK E (Kit bomba de recirculación)	1	\$ 220,33	\$ 220,33
UP 25/7.5 PCV	1	\$ 118,94	\$ 118,94
SBP 200E	1	\$ 365,89	\$ 365,89
WPKI 5	1	\$ 183,51	\$ 183,51
VAREM 18 Lts	1	\$ 64,00	\$ 64,00
Total Neto:			\$ 12.413,22

Nota: Valores obtenidos de listado de precios Empresa Ecogreen Chile.

Tabla N°39: “Costo equipos fan-coil”.

Tipo	Modelo	Fabricante	Cantidad	Valor	Total
			Unid.	USD/unid.	USD
Fan-Coil	MKG-250-B	Midea	6	\$ 380,00	\$ 2.280,00
Fan-Coil	MKG-300-B	Midea	1	\$ 428,00	\$ 428,00
Fan-Coil	MKD-300-KIT	Midea	2	\$ 521,00	\$ 1.042,00
Fan-Coil	MKD-500-KIT	Midea	1	\$ 587,00	\$ 587,00
Fan-Coil	MKD-400-KIT	Midea	2	\$ 564,00	\$ 1.128,00
Total Neto:					\$ 5.465,00

Nota: Valores de fan-coil obtenidos de Anwo

Listado de materiales y accesorios para suelo radiante hidráulico y fan-coil

El listado de materiales y accesorios es obtenido de los resultados entregados por Audytor CH, el cual entrega los detalles en cuanto longitud, diámetros y cantidades.

Adicionalmente al costo total se agregará un 10% por concepto de pérdidas de material.

Tabla N°41: “Listado de tuberías y costo”

Tipo	Diámetro	Fabricante	Cantidad	Valor	Total
	mm		m	USD/m	USD
Cañería PP-R PN16	20x2,8	KAN-Therm	8,7	\$ 0	\$ 3,39
Cañería PP-R PN16	32x4,4	KAN-Therm	33,0	\$ 1	\$ 34,94
Cañería PP-R PN16	40x5,5	KAN-Therm	2,0	\$ 2	\$ 3,40
Cañería PP-R PN16	50x6,9	KAN-Therm	19,8	\$ 3	\$ 55,73
Cañería PE-RT para suelo radiante hidráulico	18x2	KAN-Therm	1501,1	\$ 0	\$ 710,03
Total sin pérdida de material:					\$ 807,48
10% pérdida de material:					\$ 80,75
Total Neto:					\$ 888,23

Tabla N°42: “Materiales de capas de aislación para montaje de suelo radiante hidráulico.”

Tipo	Fabricante	Cantidad	Precio	Total
		m ²	USD/m ²	USD
Plancha de poliestireno espumado Profil2 EPS200 036 (PS30) con lámina de PS hoja-dura de 1,12 m ²	KAN-Therm	213,9	\$ 8,13	\$ 1.738,13
Lámina de polietileno 0,2 mm (2,0x50 m)	KAN-Therm	213,9	\$ 0,82	\$ 175,69
Total sin pérdida de material:				\$ 1.913,83
10% pérdidas de material:				\$ 191,38
Total Neto:				\$ 2.105,21

Tabla N°43: “Dispositivos para el control de temperatura en recintos climatizados”.

Tipo	Modelo	Fabricante	Cantida	Valor	Total
			d	Unid.	USD/unid
Bloques terminales para el control de temperatura en habitaciones	Terminal block Basic+ 6 zones	KAN-Therm	4	\$ 27,65	\$ 110,60
Termostato para el control de ambiente	Thermostat with LCD control	KAN-Therm	11	\$ 50,57	\$ 556,24
Total					\$ 666,85

Tabla N°44: “Manifold y gabinetes para suelo radiante hidráulico”.

Tipo	Diámetro	Fabricante	Cantidad unid	Valor	Total
	mm			USD/unid	USD
Manifold 75A	25/20 2 1"	KAN-Therm	2	\$ 35,82	\$ 71,64
Manifold 75A	25/20 5 1"	KAN-Therm	2	\$ 79,34	\$ 158,69
Manifold 75A	25/20 7 1"	KAN-Therm	2	\$ 105,47	\$ 210,95
Manifold 75A	25/20 8 1"	KAN-Therm	2	\$ 122,83	\$ 245,66
Gabinete de pared - 4	-	KAN-Therm	1	\$ 20,96	\$ 20,96
Gabinete de pared - 6	-	KAN-Therm	1	\$ 23,38	\$ 23,38
Gabinete de pared - 8	-	KAN-Therm	2	\$ 25,23	\$ 50,47
Total Neto:					\$ 781,74

Tabla N°45: “Listado de materiales y costo calefacción y refrigeración”

Tipo	Diámetro nominal	Fabricante	Cantidad Unid.	Precio	Total
	mm			USD/unid.	USD
Conector macho recto PP-R	20x3/4"	KAN-Therm	2	\$ 1,35	\$ 2,70
Conector macho recto PP-R	32x1"	KAN-Therm	6	\$ 3,18	\$ 19,11
Adaptador Eurocono	18x2 G3/4"	KAN-Therm	44	\$ 1,78	\$ 78,35
Codo 90° PP-R	20	KAN-Therm	6	\$ 0,07	\$ 0,44
Codo 90° PP-R	32	KAN-Therm	8	\$ 0,19	\$ 1,55
Codo 90° PP-R	40	KAN-Therm	2	\$ 0,38	\$ 0,76
Codo 90° PP-R	50	KAN-Therm	12	\$ 0,76	\$ 9,18
Reducción PP-R	32x20	KAN-Therm	2	\$ 0,12	\$ 0,24
Reducción PP-R	40x32	KAN-Therm	4	\$ 0,21	\$ 0,85
Reducción PP-R	50x32	KAN-Therm	4	\$ 0,52	\$ 2,09
Tee PP-R	40	KAN-Therm	2	\$ 0,48	\$ 0,97
Tee PP-R	50x40x50	KAN-Therm	2	\$ 1,28	\$ 2,57
Tee PP-R	50	KAN	4	\$ 1,08	\$ 4,34
Válvula de bola Fusión-HE PP-R	50 x 1 1/2"	THC	2	\$ 47,79	\$ 95,58
Válvula de bola Fusión-HE PP-R	32X 1"	THC	4	\$ 20,78	\$ 83,14
Válvula de bola Fusión-Fusión PP-R	50	THC	2	\$ 50,37	\$ 100,73
Válvula de bola Fusión-Fusión PP-R	32	THC	10	\$ 20,21	\$ 202,15
Válvula de bola Fusión-Fusión PP-R	20	THC	2	\$ 10,99	\$ 21,97
Filtro Y	1"	RASTELLI	3	\$ 24,28	\$ 72,84
Terminal HE PP-R	50x2"	THC	4	\$ 15,02	\$ 60,10
Terminal HE PP-R	32x3/4"	THC	1	\$ 3,66	\$ 3,66
Reducción PP-R	50x32	THC	4	\$ 0,94	\$ 3,77
TEE reducción PP-R	50x32x20	THC	1	\$ 2,44	\$ 2,44
Purgador de aire (Bronce)	1/2"	Giacomini	2	\$ 10,59	\$ 21,18
termómetro radial 0-120°C	1/2"	-	2	\$ 39,79	\$ 79,58
Total sin pérdida de material					\$ 870,27
10% pérdidas de material					\$ 87,03
Total Neto:					\$ 957,30

17.2. Costos inversión ACS

Tabla N°46: “Costo bomba de calor ACS”

Producto	Fabricante	Cantidad	Precio
Bomba de calor WWK 301 electronic	Stiebel-Eltron	1	\$ 2.150,62
Total Neto:			\$ 2.150,62

Tabla N°47: “Listado de materiales ACS”

Tipo	Diámetro	Fabricante	Cantidad	Precio	Total
	mm		m	USD/m	USD
PP-R PN16	20x2,8	KAN-Therm	76,8	\$0,39	\$30,11
PP-R PN17	25x3,5	KAN-Therm	13,2	\$0,68	\$9,04
PP-R PN18	32x4,4	KAN-Therm	28,5	\$1,06	\$30,19
Total:					\$69,33
10% de pérdidas:					6,93
Total Neto:					\$76,27

Tabla N°48: “Fitting para sistema ACS”

Tipo	Diámetro	Fabricante	Cantidad	Precio	Total
	mm		unid.	US\$/unid.	US\$
Codo 90° PP-R	20	KAN-Therm	134	\$ 0,07	\$ 8,84
Codo 90° PP-R	25	KAN-Therm	12	\$ 0,11	\$ 1,27
Codo 90° PP-R	3	KAN-Therm	40	\$ 0,18	\$ 7,04
Reducción PP-R	25x20	KAN-Therm	4	\$ 0,07	\$ 0,30
Reducción PP-R	32x25	KAN-Therm	2	\$ 0,15	\$ 0,29
Tee PP-R	20	KAN-Therm	14	\$ 0,11	\$ 1,48
Tee PP-R	25	KAN-Therm	4	\$ 0,16	\$ 0,63
Tee PP-R	32	KAN-Therm	6	\$ 0,29	\$ 1,77
Tee reducción PP-R	32x25x32	KAN-Therm	2	\$ 0,29	\$ 0,59
Válvula de bola Fusión-Fusión PP-R	25	THC	2	\$ 14,07	\$ 28,13
Válvula de bola Fusión-Fusión PP-R	32	THC	4	\$ 20,21	\$ 80,86
Terminal HE PP-R	32x1"	THC	2	\$ 6,02	\$ 12,05
Total Neto:					\$ 143,25

17.3. Costo total inversión.

Las siguientes tablas muestran el resumen de los costos de inversión total para el proyecto

Tabla N°49: “Inversión total sistema de calefacción y refrigeración.”

Inversión calefacción y refrigeración	
Detalle	Costo
Equipos para calefacción y refrigeración	\$ 12.413,22
Equipos Fan-Coil	\$ 5.465,00
Tuberías	\$ 888,23
Materiales de capas de aislación para montaje de suelo radiante hidráulico	\$ 2.105,21
Dispositivos para el control de temperatura en recintos climatizados	\$ 666,85
Manifold y gabinetes para suelo radiante hidráulico	\$ 781,74
Listado de materiales y costo calefacción y refrigeración	\$ 957,30
Total Neto	\$ 23.277,55

Tabla N°50: “Inversión total sistema ACS.”

Inversión ACS	
Detalle	Costo US\$
Costo bomba de calor ACS	\$ 2.150,62
Listado de materiales ACS	\$ 76,27
Fitting para sistema ACS	\$ 143,25
Total Neto	\$ 2.370,14

Tabla N°51: “Inversión total sistema proyecto.”

Costo Total inversión en US\$	
Costo total Neto:	\$ 25.647,69
IVA:	\$ 4.873,06
Costo total inversión	\$ 30.520,75

18. Consumo energético y costos de operación bomba de calor

Los datos de consumo energético para cada caso son en base a los resultados obtenidos de demanda energética para calefacción, refrigeración y producción de ACS.

Ecuación a utilizar:

Consumo energético bomba de calor:

$$\text{Consumo ener. BC} = \frac{\text{demanda ener. ACS} + \text{demanda ener. calef.}}{COP_{\text{CALEFACCIÓN}}} + \frac{\text{demanda ener. refriger.}}{COP_{\text{REFRIGERACIÓN}}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right) \quad (23)$$

Costo energético con bomba de calor:

$$\text{Costo energético} = \text{Consumo ener. BC} \times \text{Costo energía eléctrica} \left(\frac{\$}{\text{mes}} \right) \quad (24)$$

- Datos para cálculos.

Valor Dólar: 852 CLP/USD

Bomba de calor:

$COP_{\text{CALEFACCIÓN}}$: 388% (Ref: Bomba de calor WPL 20 AC Stiebel-Eltron).

$COP_{\text{REFRIGERACIÓN}}$: 2,41% (Ref: Bomba de calor WPL 20 AC Stiebel-Eltron).

Costo energía eléctrica: 135 \$/kWh (Ref: Tarifa suministro clientes regulados ENEL).

Tabla N°52: “Consumos y costos por uso de bomba de calor.”

Mes	Demanda energética ACS	Demanda energética Calefacción	Demanda energética Refrigeración	Demanda energética total	Consumo Energético Bomba de calor	Costo energía
	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	US\$/mes
Enero	359,82	-	895,00	1.255	464,11	\$ 74,01
Febrero	330,35	-	754,36	1.085	398,15	\$ 63,50
Marzo	370,19	-	549,79	920	323,54	\$ 51,60
Abril	381,17	1.080,71	0	1.462	376,78	\$ 60,09
Mayo	427,94	2.200,63	0	2.629	677,47	\$ 108,04
Junio	452,82	3.019,64	0	3.472	894,97	\$ 142,72
Julio	494,57	3.317,37	0	3.812	982,46	\$ 156,68
Agosto	506,42	2.759,00	0	3.265	841,60	\$ 134,21
Septiembre	480,05	2.097,86	0	2.578	664,41	\$ 105,96
Octubre	464,95	-	140,64	606	178,19	\$ 28,42
Noviembre	401,24	-	626,50	1.028	363,37	\$ 57,95
Diciembre	304,44	-	856,64	1.161	433,92	\$ 69,20
Total	4.973,96	14.475,21	3.822,93	23.272,10	6.598,95	\$ 1.052,37

18.1. Comparación consumo de energía y costos por calefacción entre bomba de calor y caldera condensación a gas natural.

Para la comparación de consumo de energía y costos por el uso de bomba de calor, caldera condensación a gas natura y caldera a pellet, solo se utilizará la demanda energética para calefacción y producción de ACS.

Ecuaciones a utilizar:

$$\text{Consumo energético} = \frac{\text{demanda ener. calef.} + \text{demanda ener. ACS}}{\text{eficiencia. ó rendimiento equipo}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right) \quad (25)$$

$$\text{Costo energético} = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{PCI}} \times \text{Costo energía} \left(\frac{\$}{\text{mes}} \right) \quad (26)$$

- Datos para cálculos:

Bomba de calor:

COP: 388% (Ref: Bomba de calor WPL 20 AC Stiebel-Eltron).

Costo energía eléctrica: 135 \$/kWh (Ref: Tarifa suministro clientes regulados ENEL).

Caldera condensación gas natural:

Rendimiento caldera condensación: 107% (Ref: Caldera Ursus Trotter Premix 24)

Poder calorífico Gas Natural: 9300kcal/m³ (Ref: Tarifas para Gas Natural comercial BC-01)

Costo gas natural: 829 \$/m³ (Ref: Tarifas para Gas Natural comercial BC-01)

Caldera a pellet:

Rendimiento caldera a pellet: 90% (Ref: Caldera Artel compacta 20)

Poder calorífico Gas Natural: 485kcal/kg (Ref: Biomass Technology)

Costo gas natural: 222 \$/kg (Ref: Biomass Technology)

Tabla N°53: “Consumos de energía y costos por uso de bomba de calor.”

Mes	Consumo	Costo Energía
	kWh/mes	US\$/mes
Enero	92,74	\$ 14,79
Febrero	85,14	\$ 13,58
Marzo	95,41	\$ 15,22
Abril	376,78	\$ 60,09
Mayo	677,47	\$ 108,04
Junio	894,97	\$ 142,72
Julio	982,46	\$ 156,68
Agosto	841,60	\$ 134,21
Septiembre	664,41	\$ 105,96
Octubre	119,83	\$ 19,11
Noviembre	103,41	\$ 16,49
Diciembre	78,46	\$ 12,51
Total	5012,67	\$ 799,39

Tabla N°54: “Consumos de energía y costos por uso de caldera de condensación a gas natural.”

Mes	Consumo	Consumo GN	Costo Energía
	kWh/mes	m3/mes	US\$/mes
Enero	336,28	31,10	\$ 31,96
Febrero	308,74	28,55	\$ 29,34
Marzo	345,97	31,99	\$ 32,88
Abril	1366,25	126,34	\$ 129,85
Mayo	2456,60	227,17	\$ 233,47
Junio	3245,29	300,10	\$ 308,43
Julio	3562,56	329,44	\$ 338,58
Agosto	3051,79	282,21	\$ 290,04
Septiembre	2409,26	222,79	\$ 228,97
Octubre	434,54	40,18	\$ 41,30
Noviembre	374,99	34,68	\$ 35,64
Diciembre	284,53	26,31	\$ 27,04
Total	18.176,80	1.680,87	\$ 1.727,50

Tabla N°55: “Consumos de energía y costos por uso de caldera a pellet.”

Mes	Consumo	Consumo pellet	Costo Energía
	kWh/mes	kg/mes	US\$/mes
Enero	399,80	80,24	\$ 20,88
Febrero	367,06	73,67	\$ 19,17
Marzo	411,32	82,55	\$ 21,48
Abril	1.624,32	326,00	\$ 84,82
Mayo	2.920,63	586,17	\$ 152,51
Junio	3.858,29	774,36	\$ 201,47
Julio	4.235,49	850,06	\$ 221,16
Agosto	3.628,24	728,19	\$ 189,45
Septiembre	2.864,34	574,87	\$ 149,57
Octubre	516,62	103,69	\$ 26,98
Noviembre	445,82	89,48	\$ 23,28
Diciembre	338,27	67,89	\$ 17,66
Total	21.610,19	4.337,17	\$ 1.128,41

Con las Tablas N°50 y N°51 se comparan los resultados en cuanto a consumo energético y costos asociados, con los resultados obtenidos en la tabla N°49, obteniendo los siguientes valores de ahorro por el uso de bomba de calor aerotérmica para calefacción y producción de ACS.

Tabla N°56: “Ahorro energético obtenido por el uso de bomba de calor versus caldera condensación a gas y caldera a pellet”

Casos de comparación	Ahorro energético generado por uso de bomba de calor	Ahorro económico generado por uso de bomba de calor
Caldera condensación	72%	54%
Caldera pellets	77%	29%

El mayor ahorro energético se obtiene al comparar la bomba de calor con la caldera a pellet, ya que esta caldera presenta un menor rendimiento. En cambio, el mayor ahorro económico se genera al compara la bomba de calor con la caldera de condensación, esto es provocado por el precio del combustible utilizado.

19. Conclusiones

19.1. Conclusiones Generales:

Para la realización del estudio de ingeniería se debió tener en cuenta todos los factores que influirán en dicho estudio, como lo son la ubicación geográfica, condiciones climáticas, materiales a utilizar, etc.

Los resultados indican que los requerimientos de potencia son mayores en refrigeración con un valor de 18.795W y por otro lado para calefacción el valor fue de 15.573W. Esto es esperable, esto debido a que hoy en día se están utilizando materiales con una mayor resistencia térmica, lo cual en condición de calefacción es favorable, ya que disminuye la transferencia de calor desde el interior calentado al exterior, y con esto la demanda térmica, pero desfavorable en refrigeración ya que con esta disminución en la transferencia de calor al exterior, se reduce la capacidad de enfriamiento de los recintos de forma natural y con esto se requieren instalar equipos de mayor potencia.

Como era de esperar el consumo energético de equipos de eficiencia energética resulta ser menor a los sistemas convencionales con calderas, debido a que aprovechan de mejor manera la energía que consumen, pudiendo entregar un aporte energético incluso 3 veces mayor a su consumo.

19.2. Conclusiones específicas

19.2.1. Software de cálculo térmico.

El Software Audytor HL resultó ser de gran ayuda en para obtener la demanda térmica del edificio, entregan valores aceptables de potencia específica requerida con un valor de 62,3 W/m², en donde el rango aceptable para una edificación la cual considera una buena envolvente térmica es de entre 40 W/m² y 90 W/m².

Resultó de gran ayuda que el programa posea una base de datos con características físicas de diferentes materiales, lo cual redujo de gran manera los tiempos de diseño, sin la necesidad de buscar referencias en otras fuentes.

19.2.2. Software de diseño de instalaciones térmicas.

Para el caso del software Audytor CH, este entrega resultados detallados de potencia entregada por el sistema de calefacción, el cual se baso en los materiales seleccionados, propiedades del fluido, junto con esto consideró la temperatura máxima recomendada en la superficie del piso, la cual no debe superar los 29°C.

A pesar de que el software consideró la mejor configuración para el sistema hidráulico, ya sea con los diámetros y separación de tuberías existe un pequeño déficit de potencia de calefacción de 932W. Tomando en cuenta que este déficit es un total de todo el edificio, este no tendrá influencia en el confort térmico, ya que no se han considerado aportes de calor por ocupantes, iluminación y equipos, lo que cubriría este déficit.

Audytor H2O por su parte realizó los cálculos en base los dispositivos seleccionados, entregando el caudal requerido y permitió realizar el diseño hidráulico más rápidamente y con él se obtuvo una referencia del sistema hidráulico de ACS.

Debido a que los softwares no realzan el cálculo en modo de refrigeración Audytor CC, sólo permitió el diseño del circuito hidráulico y los equipos fueron seleccionados en base a los cálculos teóricos.

19.3. Demanda energética:

De los resultados obtenidos la demanda energética anual resultó ser mayor en calefacción con un valor de 14.475,21 kWh, en comparación con refrigeración de tan solo 3.822,93 kWh, esto porque los valores grados días son mayores en periodo de invierno.

Con la demanda de ACS de 290lts al día la demanda energética es de 4.973,96 kWh al año. Por otra parte, como se dispone de un gran periodo de tiempo para la recuperación de la temperatura del agua caliente, la potencia necesaria del equipo requerido resulta ser baja de apenas 540W.

Los resultados muestran un gran ahorro energético de la bomba de calor versus los otros sistemas de calefacción, obteniendo un ahorro del 72% comparado con la caldera de condensación a gas natural y un ahorro del 77% comparado con la caldera a pellets, esto es porque la gran eficiencia que presenta la bomba de calor.

Para el caso de comparación bomba de calor con la caldera de condensación el ahorro económico resulta de un 54% y para la caldera a pellet resulta más bajo con un valor del 29% causado por el bajo costo del pellet. Si bien el ahorro es bajo comparado con una caldera a pellet, se deben tener en cuenta otras consideraciones como por ejemplo disponer de espacio para el almacenamiento del pellet.

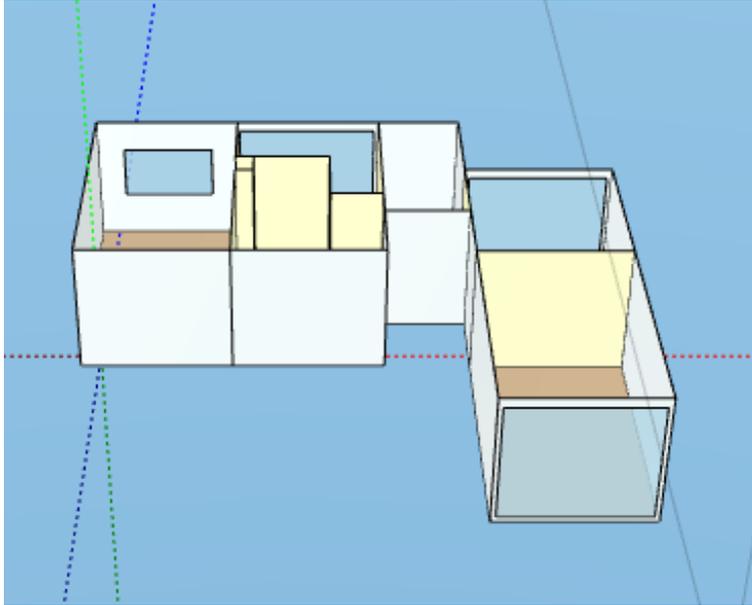
Referencias:

1. Normativa ISO PN-EN ISO 6946:2007. Building components and building elements- Thermal resistance and thermal transmittance- Calculation method.
2. Normativa ISO PN-EN ISO 14683:2007. Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance — Simplified methods and default values.
3. CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, “Manual de aire acondicionado” .1999.
4. Norma Chilena NCh853 Of71. “Acondicionamiento térmico – Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”
5. Norma Chilena NCh1078.C73. “Ingeniería Sanitaria. Artefactos de calefacción. Condiciones básicas de funcionamiento”.
6. Normativa ISO 7730:2005. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local
7. Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A.G.-División Técnica de Aire Acondicionado y Refrigeración. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITCH).2007.

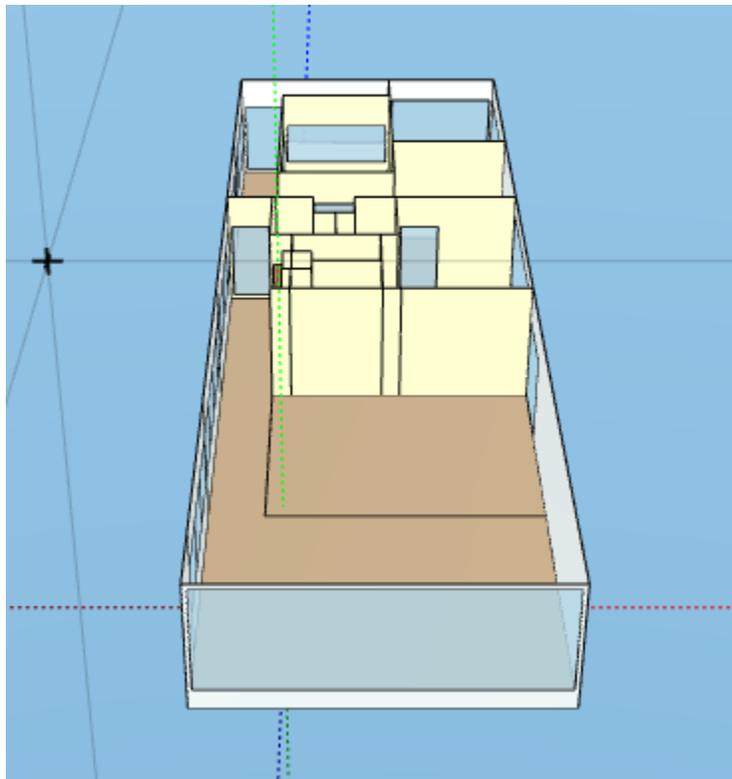
ANEXO 1

Imágenes obtenidas desde el software.

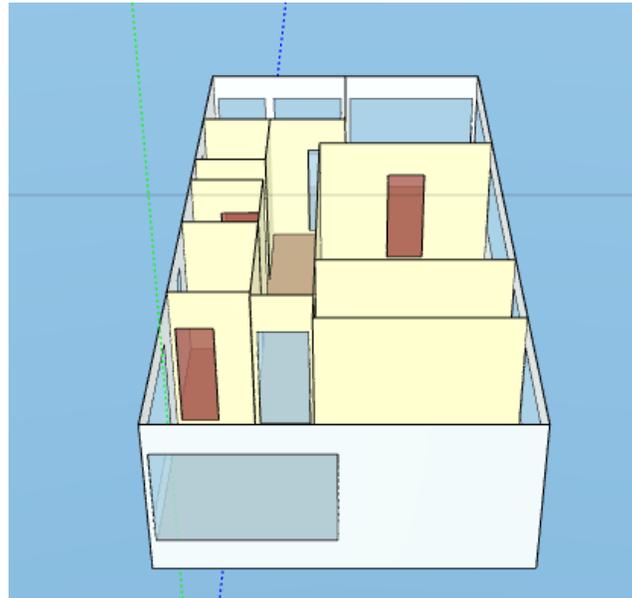
1. Piso 1 en 3D, Modelado en Audytor HL.



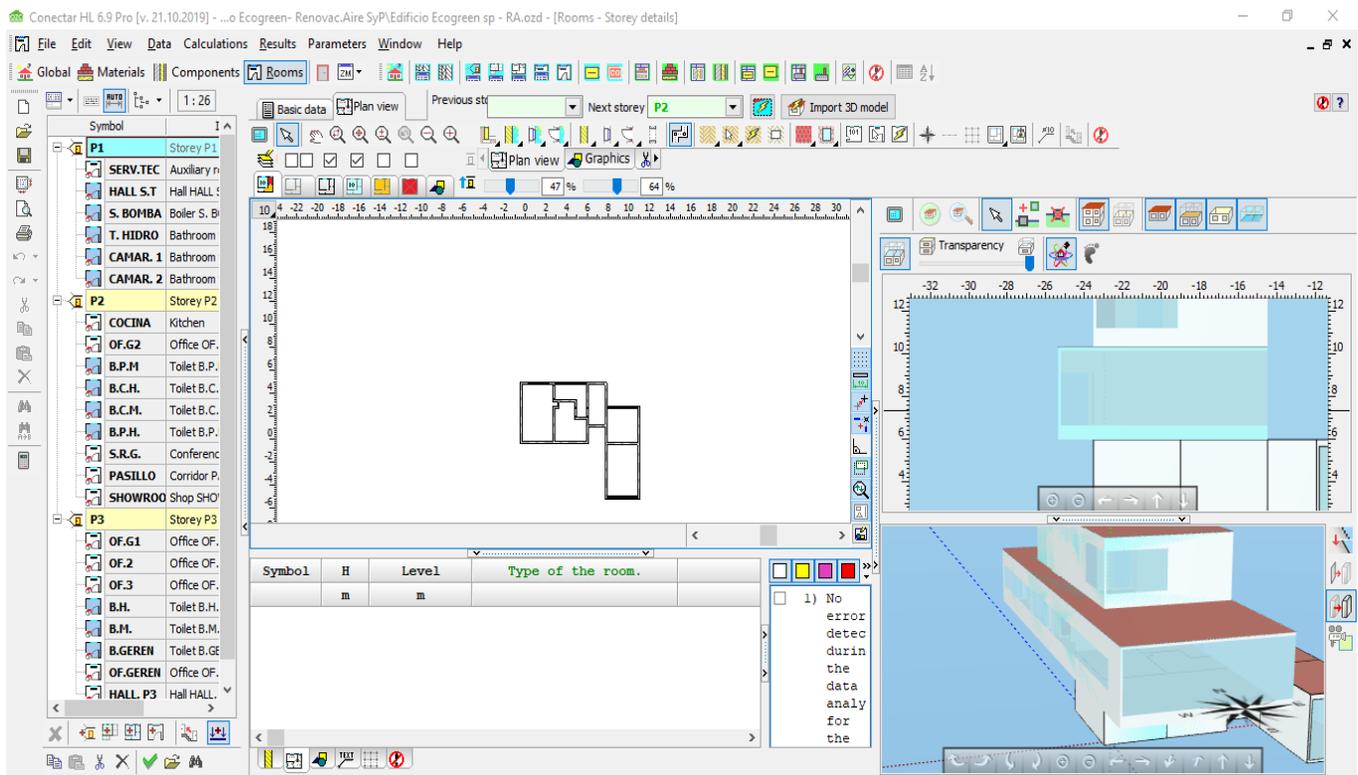
2. Piso 2 en 3D, Modelado en Audytor HL.



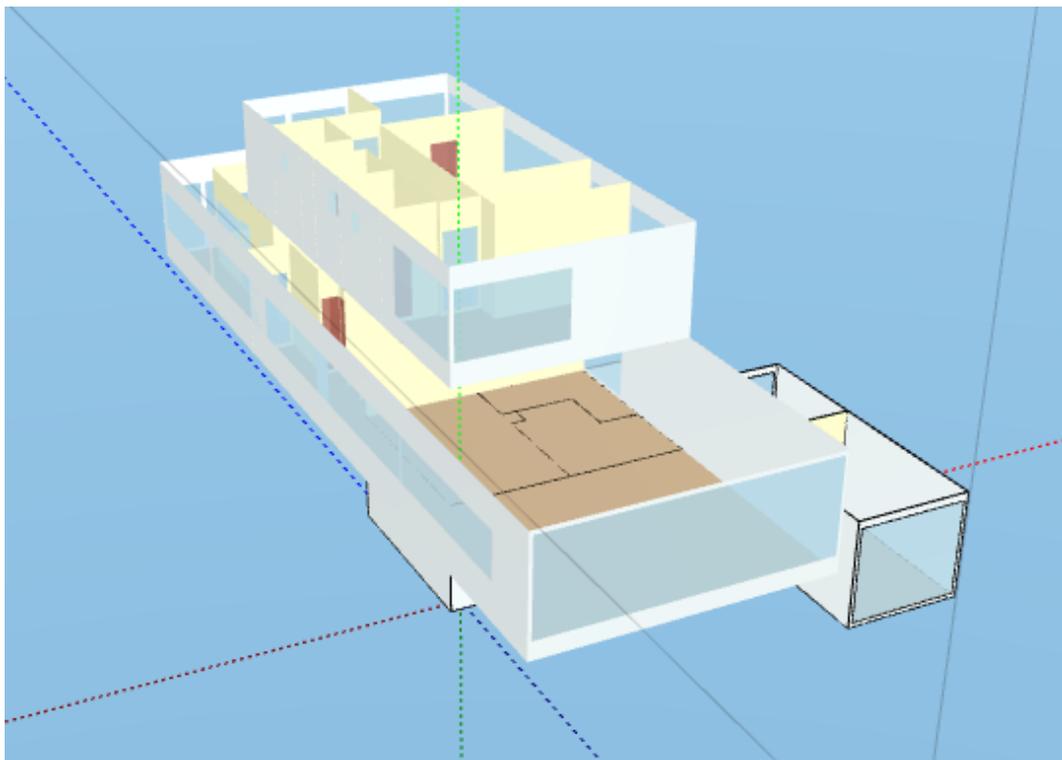
3. Piso 3 en 3D, Modelado en Audytor HL.



4. Ventana de diseño Audytor HL.



5. Edificio Ecogreen en 3D modelado en Audytor HL.



ANEXO 2

Valores predeterminados de transmitancia térmica lineal para puentes térmicos, acorde a Norma ISO 14683

Nota:

Subíndices		
e: Exterior	i: interior	oi: General interno

Tabla A.1: “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos (ψ) en techo”

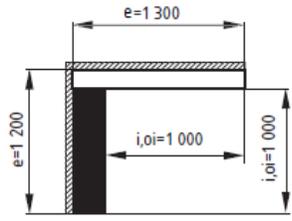
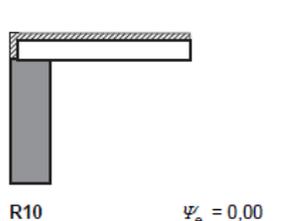
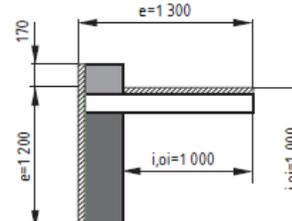
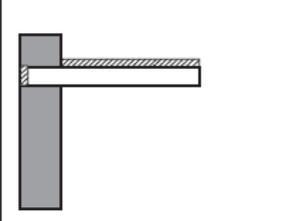
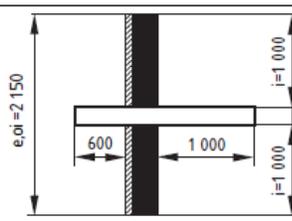
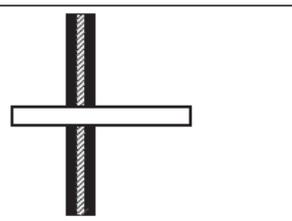
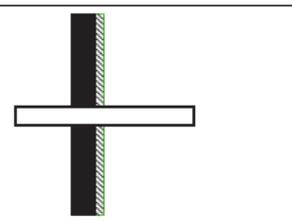
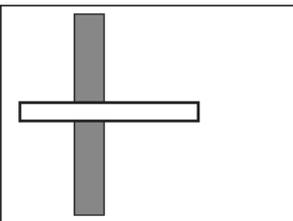
 <p>R9</p> <p>$\psi_e = -0,05$ $\psi_{oi} = 0,15$ $\psi_i = 0,15$</p>	 <p>R10</p> <p>$\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,20$ $\psi_i = 0,20$</p>	 <p>R11</p> <p>$\psi_e = 0,05$ $\psi_{oi} = 0,25$ $\psi_i = 0,25$</p>	 <p>R12</p> <p>$\psi_e = 0,15$ $\psi_{oi} = 0,40$ $\psi_i = 0,40$</p>
Balconies			
 <p>B1</p> <p>$\psi_e = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 1,05$</p>	 <p>B2</p> <p>$\psi_e = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 1,05$</p>	 <p>B3</p> <p>$\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 1,00$</p>	 <p>B4</p> <p>$\psi_e = 0,70$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,80$</p>

Tabla A.2: “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos (ψ) en esquinas”

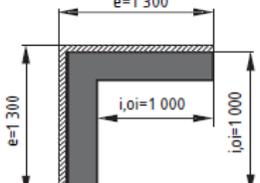
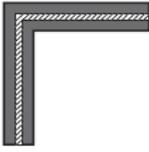
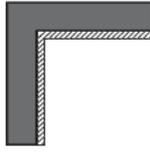
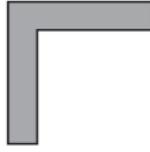
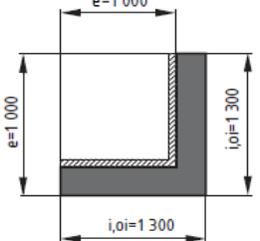
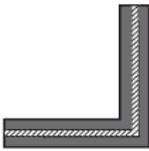
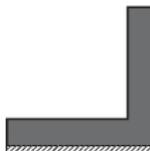
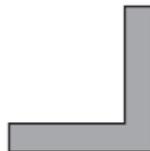
 <p>C1</p> <p>$\psi_e = -0,05$ $\psi_{oi} = 0,15$ $\psi_i = 0,15$</p>	 <p>C2</p> <p>$\psi_e = -0,10$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$</p>	 <p>C3</p> <p>$\psi_e = -0,20$ $\psi_{oi} = 0,05$ $\psi_i = 0,05$</p>	 <p>C4</p> <p>$\psi_e = -0,15$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$</p>
 <p>C5</p> <p>$\psi_e = 0,05$ $\psi_{oi} = -0,15$ $\psi_i = -0,15$</p>	 <p>C6</p> <p>$\psi_e = 0,15$ $\psi_{oi} = -0,10$ $\psi_i = -0,10$</p>	 <p>C7</p> <p>$\psi_e = 0,15$ $\psi_{oi} = -0,05$ $\psi_i = -0,05$</p>	 <p>C8</p> <p>$\psi_e = 0,10$ $\psi_{oi} = -0,10$ $\psi_i = -0,10$</p>

Tabla A.3; “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos (ψ) en pisos intermedios”

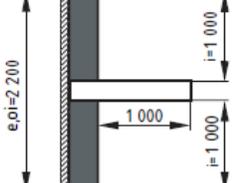
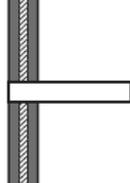
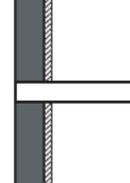
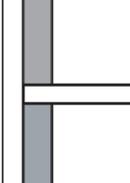
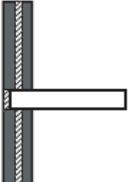
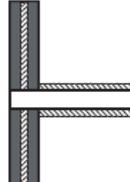
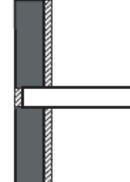
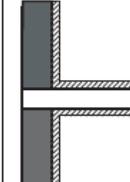
 <p>IF1</p> <p>$\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,10$</p>	 <p>IF2</p> <p>$\psi_e = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 1,05$</p>	 <p>IF3</p> <p>$\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 1,00$</p>	 <p>IF4</p> <p>$\psi_e = 0,70$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,80$</p>
 <p>IF5</p> <p>$\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,60$ $\psi_i = 0,65$</p>	 <p>IF6</p> <p>$\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 1,00$</p>	 <p>IF7</p> <p>$\psi_e = 0,70$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,80$</p>	 <p>IF8</p> <p>$\psi_e = 0,45$ $\psi_{oi} = 0,45$ $\psi_i = 0,60$</p>

Tabla A.4: “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos (ψ) en losa de planta bala”

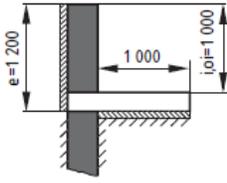
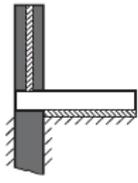
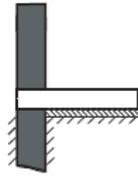
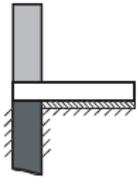
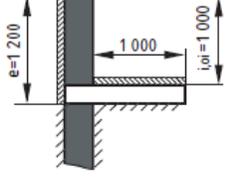
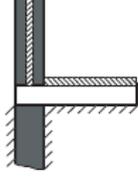
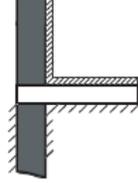
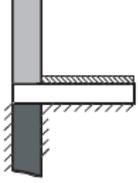
 <p>GF1</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,65 \\ \psi_{oi} &= 0,80 \\ \psi_i &= 0,80 \end{aligned}$	 <p>GF2</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,60 \\ \psi_{oi} &= 0,75 \\ \psi_i &= 0,75 \end{aligned}$	 <p>GF3</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,55 \\ \psi_{oi} &= 0,70 \\ \psi_i &= 0,70 \end{aligned}$	 <p>GF4</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,50 \\ \psi_{oi} &= 0,65 \\ \psi_i &= 0,65 \end{aligned}$
 <p>GF5</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,60 \\ \psi_{oi} &= 0,75 \\ \psi_i &= 0,75 \end{aligned}$	 <p>GF6</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,45 \\ \psi_{oi} &= 0,60 \\ \psi_i &= 0,60 \end{aligned}$	 <p>GF7</p> $\begin{aligned} \psi_e &= -0,05 \\ \psi_{oi} &= 0,10 \\ \psi_i &= 0,10 \end{aligned}$	 <p>GF8</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,05 \\ \psi_{oi} &= 0,20 \\ \psi_i &= 0,20 \end{aligned}$

Tabla A.5: “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos (ψ) en planta baja suspendida”

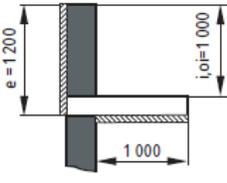
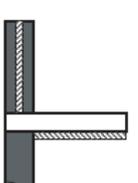
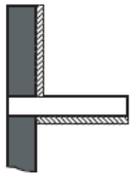
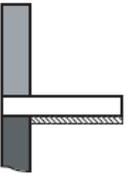
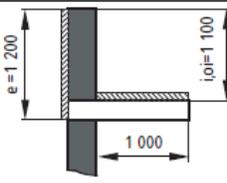
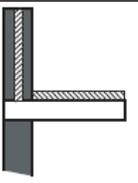
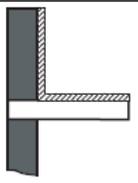
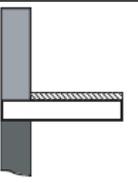
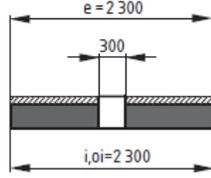
 <p>GF9</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,75 \\ \psi_{oi} &= 0,95 \\ \psi_i &= 0,95 \end{aligned}$	 <p>GF10</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,65 \\ \psi_{oi} &= 0,85 \\ \psi_i &= 0,85 \end{aligned}$	 <p>GF11</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,55 \\ \psi_{oi} &= 0,75 \\ \psi_i &= 0,75 \end{aligned}$	 <p>GF12</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,50 \\ \psi_{oi} &= 0,70 \\ \psi_i &= 0,70 \end{aligned}$
 <p>GF13</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,60 \\ \psi_{oi} &= 0,80 \\ \psi_i &= 0,80 \end{aligned}$	 <p>GF14</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,45 \\ \psi_{oi} &= 0,65 \\ \psi_i &= 0,65 \end{aligned}$	 <p>GF15</p> $\begin{aligned} \psi_e &= -0,10 \\ \psi_{oi} &= 0,10 \\ \psi_i &= 0,10 \end{aligned}$	 <p>GF16</p> $\begin{aligned} \psi_e &= 0,00 \\ \psi_{oi} &= 0,20 \\ \psi_i &= 0,20 \end{aligned}$

Tabla A.6: “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos (ψ) en pilares”

 <p>P1</p> $\psi_e = 1,30$ $\psi_{oi} = 1,30$ $\psi_i = 1,30$	 <p>P2</p> $\psi_e = 1,20$ $\psi_{oi} = 1,20$ $\psi_i = 1,20$	 <p>P3</p> $\psi_e = 1,15$ $\psi_{oi} = 1,15$ $\psi_i = 1,15$	 <p>P4</p> $\psi_e = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 0,90$
---	---	--	---

Valores predeterminados de transmitancia térmica lineal para puentes térmicos, acorde a Norma EN ISO 10211-1

La tabla ---Enumera datos sobre puentes térmicos. Los puentes térmicos se identifican mediante un código que se utiliza como una referencia en las tablas siguientes sobre las pérdidas de calor de las habitaciones.

Tabla B.1 : “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos acorde a Norma EN ISO 10211-1”

Código	Descripción	Ψ_l
		W/m·K
01A	Ángulo de la pared externa	0,01
02A	Ángulo de la pared externa en el edificio vecino, interior a exterior.	0,01
02B	Ángulo de la pared externa en el edificio vecino, interior al edificio vecino	0,01
03A	Pared interna que termina a pared externa aislada	0,195
04A	Separación interna que termina a la pared aislada externa, al exterior	0,125
05A	Separación interna que termina en la pared externa aislada, al exterior a través del aislamiento máximo	0,125
05B	Separación interna que termina en una pared aislada externa, para exterminar a través de un aislamiento mínimo	0,125
11A	Techo de la planta baja al ático en el edificio vecino	0,33
11B	Techo de la planta baja al ático vecino	0,33
12A	Techo de la planta baja, interior al aire exterior	0,33
12B	Techo de la planta baja, interior al ático	0,33
13A	Techo de planta baja en fachada este, interior a aire exterior	0,33
13B	Techo de planta baja en fachada este, interior al ático	0,33
14A	Planta baja techo a ático, pared interna	0,01
15A	Planta baja, techo al ático, separación interna, al ático	0,01
21A	Planta baja del sótano al edificio vecino	0,325
21B	Planta baja a edificio vecino	0,325
22A	Planta baja, pared del sótano no aislada o sótano, interior al sótano o bodega	0,325
22B	Planta baja, pared de sótano no aislada o sótano, interior a exterior	0,325
23A	Planta baja, pared de bodega aislada, interior a bodega	0,325
23B	Planta baja, pared de bodega aislada, interior a exterior	0,325
24A	Pared interna que cruza planta baja, interior a bodega o sótano, directo	0,24
25A	Separación interna en planta baja, en pared de bodega, interior a bodega, directo	0,24
28A	Separación interna de la escalera (en la pared del sótano), interior de la escalera.	0,04
28C	Separación interna a escalera (en pared de bodega), bodega a escalera	0,17
29A	Separación interna de la escalera (en la pared aislada de la bodega), interior de la escalera.	0,04
29C	Separación interna a la escalera (en la pared de la bodega aislada), bodega a la escalera	0,095
30A	Separación interna a escalera (en planta baja), interior a escalera	0,04
31A	Separación interna en planta baja, interior a bodega	0,04
34A	Ángulo de separación interna	0,035
35B	Separación interna cruzando, puente a través de pared recta	0,03
41A	Ángulo de la pared exterior de la bodega, en el sótano, bodega al exterior	0,035
41B	Ángulo de la pared exterior de la bodega, en el sótano, bodega al sótano	0,035

Tabla B.1 : “Transmitancia térmica lineal para puentes térmicos acorde a Norma EN ISO 10211-1”
(continuación)

Código	Descripción	Y _l
		W/m·K
42A	Ángulo de pared exterior aislado de la bodega, bodega al exterior	0,01
43A	Bodega ángulo de la pared externa, bodega al exterior	0,035
47A	Pared de bodega aislada interna que termina en el exterior (aislado y no aislado), de interior a exterior a través del aislamiento	0,01
47B	Pared de bodega aislada interna que termina en externa (aislada y no aislada), de interior a exterior sin aislamiento	0,03
48A	Pared de bodega interna aislada que termina en exterior aislado, desde interior a exterior a través del aislamiento	0,01
48B	Pared de bodega aislada interna que termina en exterior aislado, desde interior a exterior a sin aislamiento	0,13
49A	Pared interior de la bodega que termina en la pared externa, desde interior a exterior	0,03
50A	Cruce interno de la pared del sótano, a través de la pared	0,03
51A	Cruce interno de la pared del sótano aislado, a través de la pared recta no aislada	0,03
51B	Cruce interno de la pared del sótano aislado, a través de la pared aislada recta	0,01
61A	Piso de la puerta de entrada	0,13
61B	Puerta de entrada superior	0,12
61C	Lado de la puerta de entrada	0,12
62A	Base de la ventana	0,12
62B	Parte superior de la ventana	0,12
62C	Lado de la ventana	0,12
63A	Base de la puerta de la ventana	0,13
63B	Ventana de la puerta superior	0,12
63C	Lado de la puerta de la ventana	0,12
64A	Base de puerta de garaje	0,13
64B	Puerta de garaje superior	0,12
64C	Lado de la puerta de garaje	0,12
65A	Base de la puerta interna	0,13
65B	Puerta interior superior	0,12
65C	Lado interno de la puerta	0,12
66	Lado de la puerta en la pared interna	0,54

ANEXO3

Tablas utilizadas de Manual de carrier

1. Taba N°6 Manual de Carrier.

TABLA 6. MÁXIMAS APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE CRISTAL SENCILLO *
kcal/ (hora) (m²)

LATITUD NORTE	MES	ORIENTACIÓN (LATITUD NORTE)									MES	LATITUD SUR
		N**	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.		
0°	Junio	160	423	398	113	38	113	398	423	612	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	0°
	Julio y Mayo	130	414	412	141	38	141	412	414	631		
	Agosto y Abril	67	382	442	214	38	214	442	382	664		
	Sept. y Marzo	27	320	452	320	38	320	452	320	678		
	Oct. y Febrero	27	214	442	382	92	382	442	214	664		
	Nov. y Enero	27	141	412	414	181	414	412	141	631		
	Diciembre	27	113	398	423	222	423	398	113	612		
10°	Junio	108	414	420	149	38	149	420	414	659	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	10°
	Julio y Mayo	81	401	428	179	38	179	428	401	669		
	Agosto y Abril	35	352	442	254	38	254	442	352	678		
	Sept. y Marzo	27	279	444	344	75	344	444	279	669		
	Oct. y Febrero	27	179	420	404	198	404	420	179	623		
	Nov. y Enero	24	100	397	436	287	436	397	100	569		
	Diciembre	24	75	371	442	324	442	371	75	547		
20°	Junio	70	417	433	198	38	198	433	417	678	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	20°
	Julio y Mayo	51	374	442	230	38	230	442	374	680		
	Agosto y Abril	29	320	447	306	70	306	447	320	689		
	Sept. y Marzo	27	235	442	379	176	379	442	235	631		
	Oct. y Febrero	24	141	398	433	301	433	398	141	564		
	Nov. y Enero	21	70	347	444	382	444	347	70	488		
	Diciembre	21	48	328	452	404	452	328	48	461		
30°	Junio	54	377	436	244	57	244	436	377	678	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	30°
	Julio y Mayo	43	355	444	271	81	271	444	355	667		
	Agosto y Abril	29	292	447	349	170	349	447	292	637		
	Sept. y Marzo	24	244	428	412	284	412	428	244	574		
	Oct. y Febrero	21	165	366	442	393	442	366	165	485		
	Nov. y Enero	19	43	314	439	431	439	314	43	393		
	Diciembre	16	32	284	439	442	439	284	32	355		
40°	Junio	46	360	439	301	146	301	439	360	642	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	40°
	Julio y Mayo	40	344	444	339	187	339	444	344	631		
	Agosto y Abril	29	276	439	395	276	396	439	276	580		
	Sept. y Marzo	24	157	404	439	379	439	404	157	496		
	Oct. y Febrero	19	94	330	442	439	442	330	94	349		
	Nov. y Enero	13	32	271	423	450	423	271	32	279		
	Diciembre	13	27	233	401	447	401	233	27	230		
50°	Junio	43	341	444	366	252	366	444	341	596	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	50°
	Julio y Mayo	38	317	442	387	287	387	442	317	572		
	Agosto y Abril	29	254	428	425	374	425	428	254	501		
	Sept. y Marzo	21	157	374	442	428	442	374	157	401		
	Oct. y Febrero	13	78	284	425	452	425	284	78	254		
	Nov. y Enero	10	24	173	344	414	344	173	24	143		
	Diciembre	8	19	127	314	382	314	127	19	108		
		S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.		
ORIENTACIÓN (LATITUD SUR)												
Coeficiente de corrección	Marco metálico o ningún marco x 1,085 ó 1,17	Limpidez = 15 % máx.		Altitud + 0,7 % por 300 m		Punto de rocío superior a 19,5° C - 5 % por 4° C		Punto de rocío inferior a 19,5° C + 5 % por 14° C		Latitud Sur Dic. o Enero + 7 %		

2. Tabla N° 8: Manual de Carrier.

TABLA 8. FACTORES DE ALMACENAMIENTO SOBRE CARGA TÉRMICA, APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO

Con vidrio descubierto o con elementos de sombra externos*

Funcionamiento de 24 horas diarias, Temperatura interior constante**

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO(*** (kg por m ² de superf de suelo)	HORA SOLAR																								ORIENTACIÓN (Latitud Sur)					
		MAÑANA												TARDE													MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5						
NE	750 y más	0,17	0,27	0,33	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	SE						
	500	0,19	0,31	0,38	0,39	0,36	0,34	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,12	0,10	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04		0,03					
	150	0,31	0,56	0,65	0,61	0,46	0,33	0,26	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0	0		0					
E	750 y más	0,16	0,26	0,34	0,39	0,40	0,38	0,34	0,30	0,28	0,26	0,23	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	E					
	500	0,16	0,29	0,40	0,46	0,46	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06	0,05	0,04						
	150	0,27	0,50	0,67	0,73	0,68	0,53	0,38	0,27	0,22	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,01						
SE	750 y más	0,08	0,14	0,22	0,31	0,38	0,43	0,44	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	NE					
	500	0,05	0,12	0,23	0,35	0,44	0,49	0,51	0,47	0,41	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06						
	150	0	0,18	0,40	0,59	0,72	0,77	0,72	0,60	0,44	0,32	0,23	0,18	0,14	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0	0						
S	750 y más	0,10	0,10	0,13	0,20	0,28	0,35	0,42	0,48	0,51	0,51	0,48	0,42	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	N					
	500	0,07	0,06	0,12	0,20	0,30	0,39	0,48	0,54	0,58	0,57	0,53	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,08						
	150	0	0	0,12	0,29	0,48	0,64	0,75	0,82	0,81	0,75	0,61	0,42	0,28	0,19	0,13	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0						
SO	750 y más	0,11	0,10	0,10	0,10	0,14	0,21	0,29	0,36	0,43	0,47	0,46	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	NO						
	500	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,14	0,22	0,31	0,42	0,50	0,53	0,51	0,44	0,35	0,29	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11		0,09					
	150	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,12	0,34	0,53	0,68	0,78	0,78	0,68	0,46	0,29	0,20	0,14	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01		0,01					
O	750 y más	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,13	0,19	0,27	0,36	0,42	0,44	0,38	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	O					
	500	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,12	0,19	0,30	0,40	0,48	0,51	0,42	0,35	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,09						
	150	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,14	0,29	0,49	0,67	0,76	0,75	0,59	0,33	0,22	0,15	0,11	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01						
NO	750 y más	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,17	0,25	0,34	0,39	0,34	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10	SO					
	500	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	0,19	0,29	0,40	0,46	0,40	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,08						
	150	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,13	0,27	0,48	0,55	0,73	0,49	0,31	0,21	0,16	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02		0,01				
N y sombra	750 y más	0,16	0,23	0,33	0,41	0,47	0,52	0,57	0,61	0,66	0,69	0,72	0,74	0,59	0,52	0,46	0,42	0,37	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,21	0,17	S y sombra					
	500	0,11	0,33	0,44	0,51	0,57	0,62	0,66	0,70	0,74	0,76	0,79	0,80	0,60	0,51	0,44	0,37	0,32	0,29	0,27	0,23	0,21	0,18	0,16	0,13						
	150	0	0,48	0,66	0,76	0,82	0,87	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,98	0,52	0,34	0,24	0,16	0,11	0,07	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01						

3. Tabla 15: Manual de Carrier.

TABLA 15. APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO
kcal/h × (m² de abertura)

0°		HORA SOLAR														0°	
0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR														0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época	
21 Junio	N	0	122	176	200	211	217	221	217	211	200	176	122	0	22 Diciembre		
	NE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0		SE	
	E	0	314	398	366	252	116	38	38	38	35	29	16	0		E	
	SE	0	100	113	73	40	38	38	38	38	35	29	16	0		NE	
	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0		N	
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	40	73	113	100	0		NO	
O	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	398	314	0	O			
NO	0	16	29	35	38	38	34	143	267	360	417	423	322	0	SO		
Horizontal	0	75	235	398	518	580	612	588	518	398	235	75	0	Horizontal			
22 Julio y 21 Mayo	N	0	100	146	165	176	179	181	179	176	165	146	100	0	21 Enero y 21 Noviembre		
	NE	0	320	414	406	336	233	116	43	38	35	29	16	0		SE	
	E	0	328	410	377	260	116	38	38	38	35	29	16	0		E	
	SE	0	124	141	97	48	38	38	38	38	35	29	16	0		NE	
	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0		N	
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	48	97	141	124	0		NO	
O	0	16	29	35	38	38	38	116	269	377	412	328	0	O			
NO	0	16	29	35	38	38	44	116	233	336	406	414	320	0	SO		
Horizontal	0	78	246	409	528	605	631	604	528	409	246	78	0	Horizontal			
24 Agosto y 20 Abril	N	0	46	75	84	89	92	92	92	89	84	75	46	0	20 Febrero y 23 Octubre		
	NE	0	298	382	360	276	165	65	38	38	35	32	16	0		SE	
	E	0	349	442	401	279	125	38	38	38	35	32	16	0		E	
	SE	0	101	114	176	94	41	38	38	38	35	32	16	0		NE	
	S	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0		N	
	SO	0	16	32	35	38	38	38	40	94	176	214	101	0		NO	
O	0	16	32	35	38	38	38	124	279	401	442	349	0	O			
NO	0	16	32	35	38	38	38	65	165	276	360	382	298	0	SO		
Horizontal	0	84	263	406	558	634	664	634	558	406	263	84	0	Horizontal			
22 Septiembre y 22 Marzo	N	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0	22 Marzo y 22 Septiembre		
	NE	0	257	320	273	184	84	38	38	38	35	32	16	0		SE	
	E	0	363	452	409	290	127	38	38	38	35	32	16	0		E	
	SE	0	257	320	273	184	84	38	38	38	35	32	16	0		NE	
	S	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0		N	
	SO	0	16	32	35	38	38	38	38	84	184	273	320	257		0	NO
O	0	16	32	35	38	38	38	127	290	409	452	363	0	O			
NO	0	16	32	35	38	38	38	84	184	273	320	257	0	SO			
Horizontal	0	86	263	442	569	659	678	659	569	442	271	86	0	Horizontal			
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0	20 Abril y 24 Agosto		
	NE	0	181	214	176	94	40	38	38	38	35	32	16	0		SE	
	E	0	349	442	401	279	124	38	38	38	35	32	16	0		E	
	SE	0	298	382	360	276	165	65	38	38	35	32	16	0		NE	
	S	0	46	75	84	89	92	92	92	89	84	75	46	0		N	
	SO	0	16	32	35	38	38	65	165	276	360	382	298	0		NO	
O	0	16	32	35	38	38	38	124	279	401	442	349	0	O			
NO	0	16	32	35	38	38	38	40	94	176	214	181	0	SO			
Horizontal	0	84	263	406	558	634	664	634	558	406	263	84	0	Horizontal			
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	21 Mayo y 23 Julio		
	NE	0	124	141	97	48	38	38	38	38	35	29	16	0		SE	
	E	0	328	412	377	260	116	38	38	38	35	29	16	0		E	
	SE	0	320	414	406	336	233	116	43	38	35	29	16	0		NE	
	S	0	100	146	165	176	179	181	179	176	165	146	100	0		N	
	SO	0	16	29	35	38	38	43	116	233	336	414	320	0		NO	
O	0	16	29	35	38	38	38	116	260	377	412	320	0	O			
NO	0	16	29	35	38	38	38	48	97	141	176	124	0	SO			
Horizontal	0	78	246	409	528	604	631	604	528	409	246	78	0	Horizontal			
22 Diciembre	N	0	100	113	73	40	38	38	38	38	35	29	16	0	21 Junio		
	NE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0		SE	
	E	0	314	398	366	252	116	38	38	38	35	29	16	0		E	
	SE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0		NE	
	S	0	122	176	200	211	217	221	217	211	200	176	122	0		N	
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	40	73	113	100	0		NO	
O	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	398	314	0	O			
NO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	40	73	113	100	0	SO		
Horizontal	0	75	235	398	518	580	612	588	518	398	235	75	0	Horizontal			

Correcciones	Marco metálico o ningún marco × 1,085 ó 1,17	Defecto de limpieza 15 % máx.	Altitud + 0,7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 18,5° C - 14 % por 10° C	Punto de rocío superior a 19,5° C + 14 % por 10° C	Latitud sur Dis. o Enero + 7 %
--------------	--	-------------------------------------	------------------------------	--	--	--------------------------------------

4. Tabla 19: Manual de Carrier.

TABLA 19. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)

Muros soleados o en sombra*

aledero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h. mes de Julio y 40° de latitud Norte**

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO *** (kg/m²)	HORA SOLAR																									
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA					
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
NE	100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	SUR SE	
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5		
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8		
	700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9		
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	E NE	
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0		
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,9	3,3		
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7		
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	NE N	
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1		
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9		
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0		
S	100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5	N No	
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5		
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8		
	700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9		
SO	100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5	No O	
	300	1,1	0,5	0	0	0	6,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,7		
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9		
	700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	5,5	8,3	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4		
O	100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25,0	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5	O SO	
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1		
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4		
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,2		
NO	100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	SO S	
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	-1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5		
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8		
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0		
N en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	4,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	S	
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-6,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1		
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5		
	700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA					
		HORA SOLAR																									

5. Tabla N°20: Manual de Carrier.

TABLA 20. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)
TECHO SOLEADO O EN SOMBRA *

Valedero para techos de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h., mes de Julio y 40° de latitud Norte **

CONDICIONES	PESO DEL TECHO *** (kg/m²)	HORA SOLAR																								
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
Soleado	50	-2,2	-3,3	-3,9	-2,8	-0,5	3,9	8,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,6	25,0	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7	
	100	0	-0,5	-1,1	-0,5	1,1	5,0	8,9	12,8	16,7	20,0	22,8	23,9	22,2	19,4	16,7	13,9	11,1	8,3	6,7	4,4	3,3	2,2	1,1		
	200	2,2	1,7	1,1	1,7	3,3	5,5	8,9	12,8	15,6	18,3	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5,0	3,3	
	300	5,0	4,4	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15,0	17,2	19,4	21,1	21,7	21,1	20,0	18,9	17,2	15,4	13,9	12,2	10,0	8,9	7,2	6,1	
Cubierto de agua	100	-2,8	-1,1	0	1,1	2,2	5,5	8,9	10,6	12,2	11,1	10,0	8,9	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-2,2	-2,8	
	200	-1,7	-1,1	-0,5	-0,5	0	2,8	5,5	7,2	8,3	8,3	8,9	8,3	8,3	7,8	6,7	5,5	3,9	2,8	1,7	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	1,1	2,8	3,9	5,5	6,7	7,8	8,3	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5	0	
	Rociado	100	-2,2	-1,1	0	1,1	2,2	4,4	6,7	8,3	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,1	-1,7	-1,7
200		-1,1	-1,1	-0,5	-0,5	0	1,1	2,8	5,0	7,2	7,8	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	5,0	3,9	2,8	1,7	0,5	0	0	-0,5	-0,5	
300		-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	
(en la sombra)		100	-2,8	-2,8	-2,2	-1,1	0	1,1	3,3	5,0	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	2,8	1,1	0,5	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	-2,8
	200	-2,8	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	
	300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5	5,5	5,0	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,1	
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA				
		HORA SOLAR																								

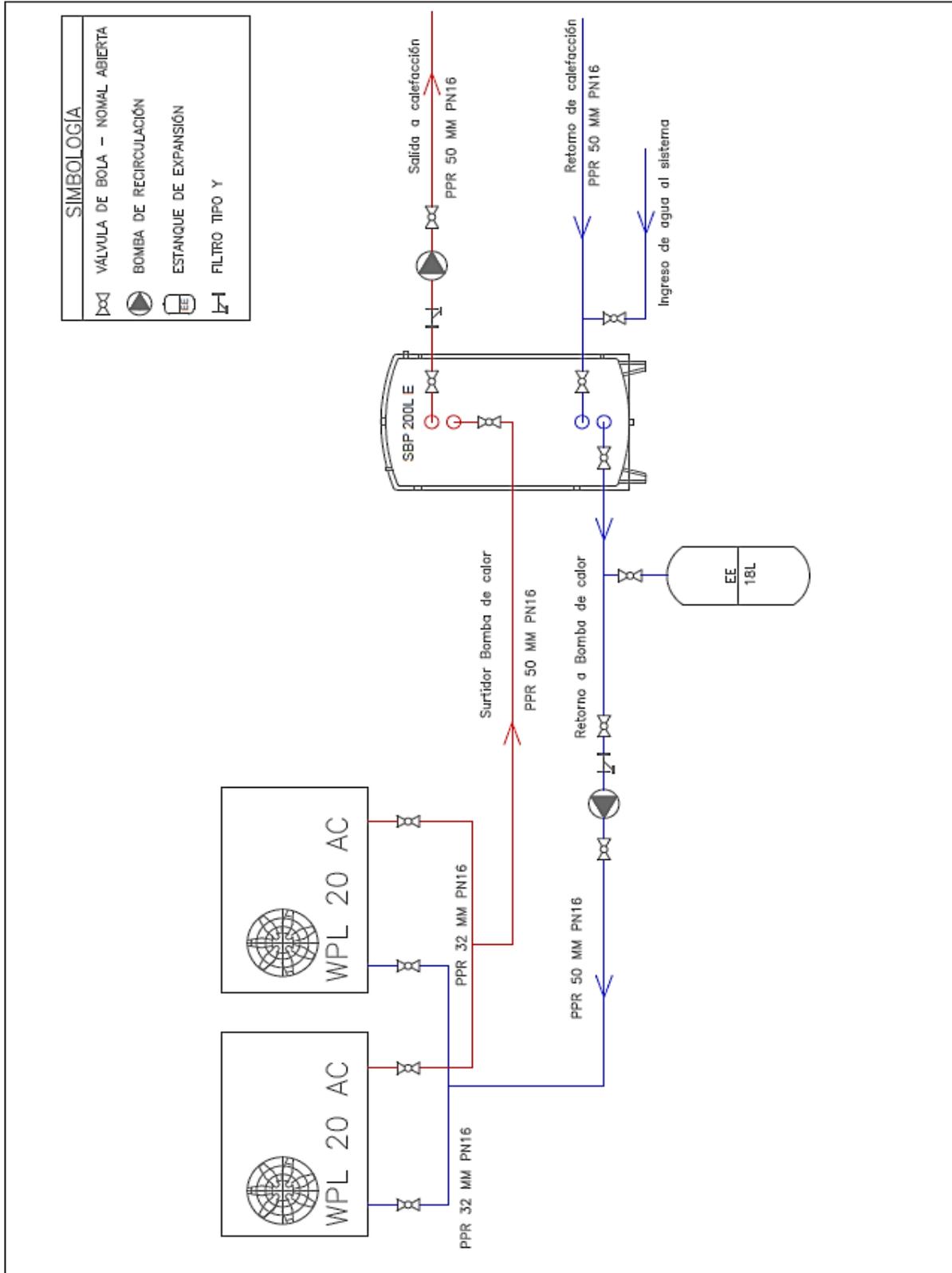
6. Tabla N°20A: Manual de Carrier.

TABLA 20 A. CORRECCIONES DE LAS DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA (°C)

Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 h																					
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26,0	-26,5	-27,0	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8				
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22,0	-22,5	-23,0	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8				
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18,0	-18,5	-19,0	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8				
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14,0	-14,5	-15,0	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8				
0	-5,0	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8,0	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6				
+2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7,0	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,6	-11,1	-11,7				
+4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5,0	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,6	-9,1	-9,7				
+6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4,0	-4,5	-5,0	-5,4	-5,9	-6,7	-7,2	-7,8				
+8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2,0	-2,5	-3,0	-3,4	-3,9	-4,7	-5,2	-5,8				
+10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2,0	-2,8	-3,3	-3,9				
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8				
+14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2				
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2				
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2				
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2				
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13,0	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10,0	9,4	8,9	8,3				

Anexo 4

Diagrama de flujo bombas de calor-estanque de inercia

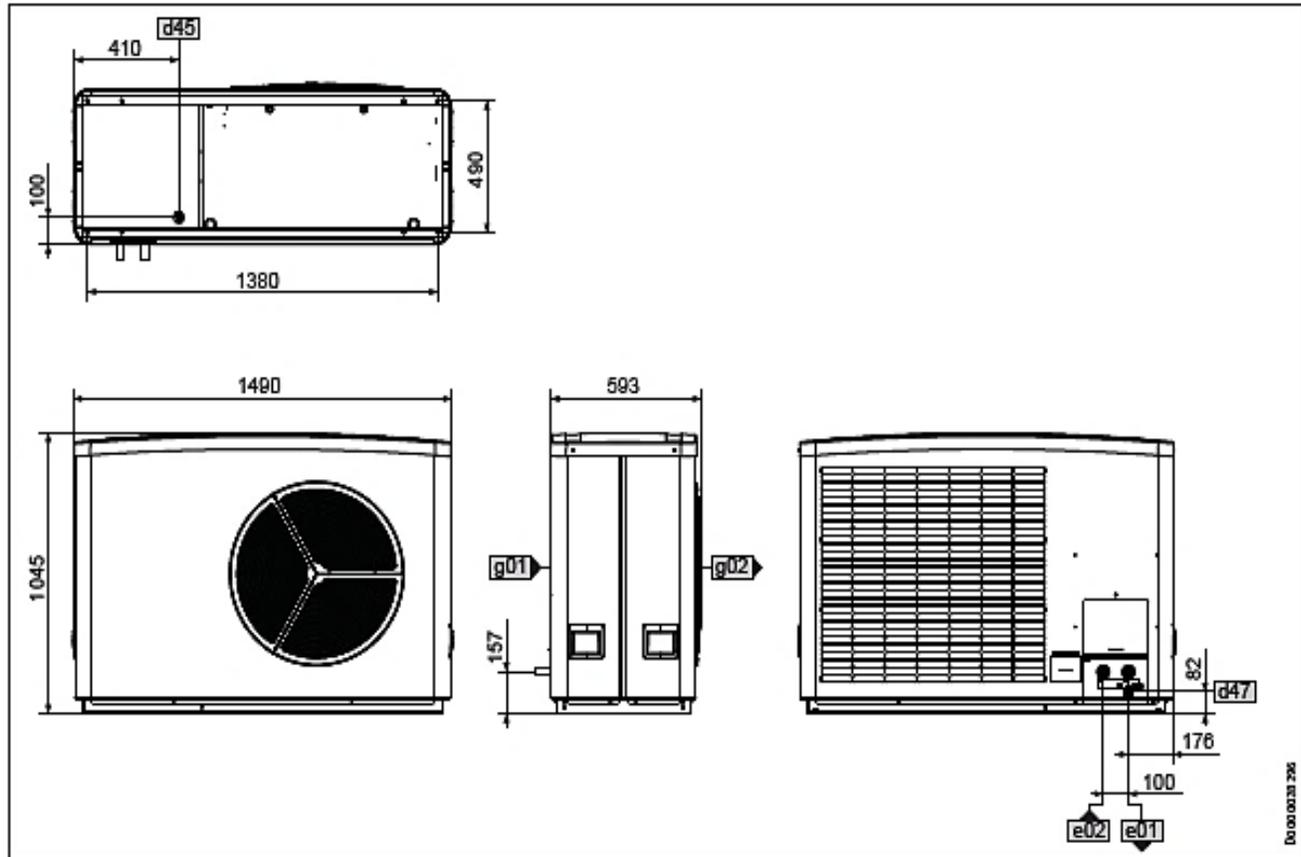


ANEXO 5

Conexiones hidráulicas bombas de calor y estanque de inercia.

1. Diagrama de conexiones hidráulicas WPL 20 AC:

WPL 20 A | WPL 20 AC | WPL 25 A | WPL 25 AS | WPL 25 AC |
WPL 25 ACS

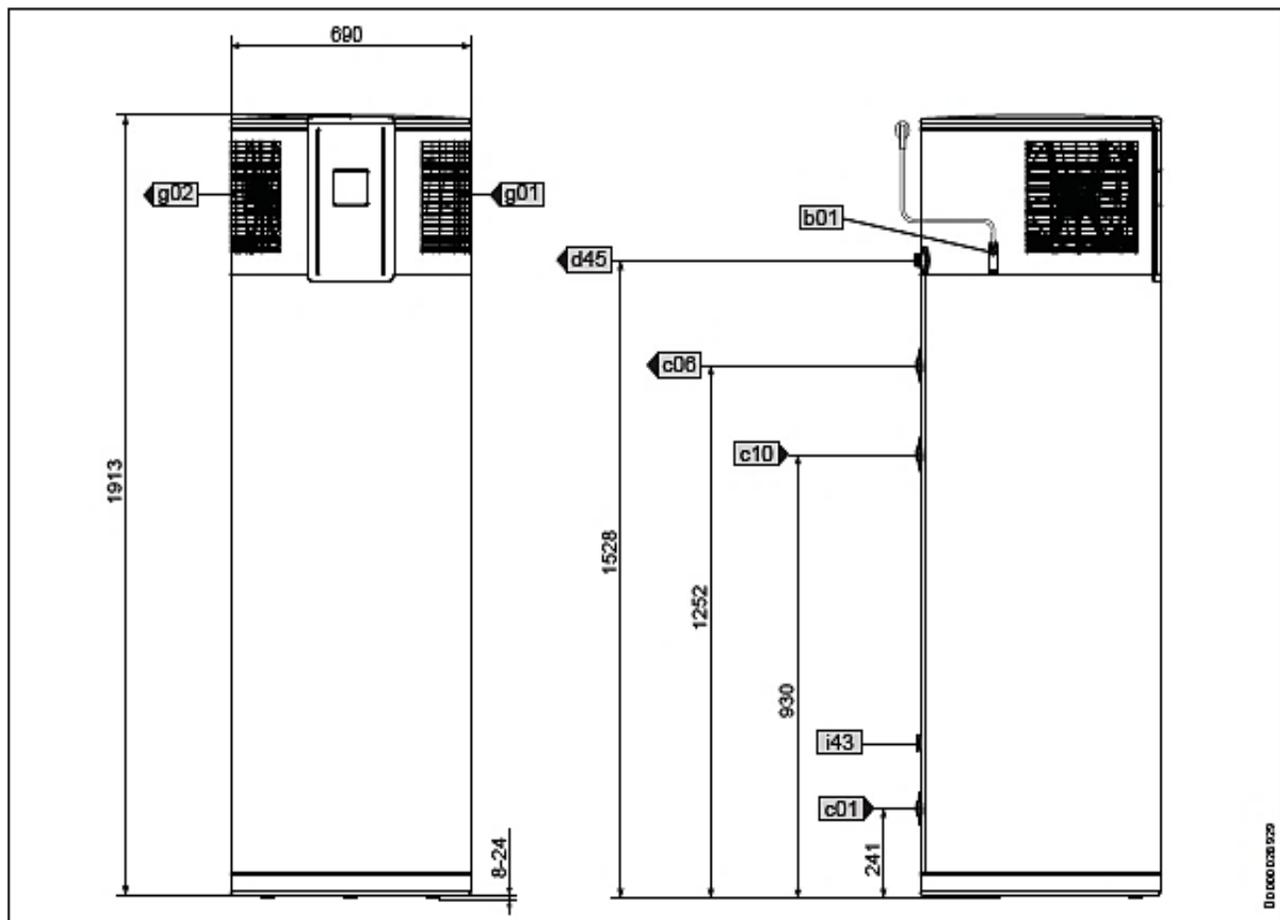


			WPL 20 A	WPL 20 AC	WPL 25 A	WPL 25 AS	WPL 25 AC	WPL 25 ACS
e01	Impulsión calefacción	Tipo de conexión	Conector	Conector	Conector	Conector	Conector	Conector
		Diámetro	mm	28	28	28	28	28
e02	Retorno calefacción	Tipo de conexión	Conector	Conector	Conector	Conector	Conector	Conector
		Diámetro	mm	28	28	28	28	28
d45	Evacuación de condensación	Diámetro	mm	22	22	22	22	22
d47	Drenaje							
g01	Entrada de aire							
g02	Salida de aire							

imagen N°19: "Diagrama de conexiones WPL 20 AC"

2. Diagrama de conexiones hidráulicas bomba de calor WWK 300 electronic

WWK 300 electronic



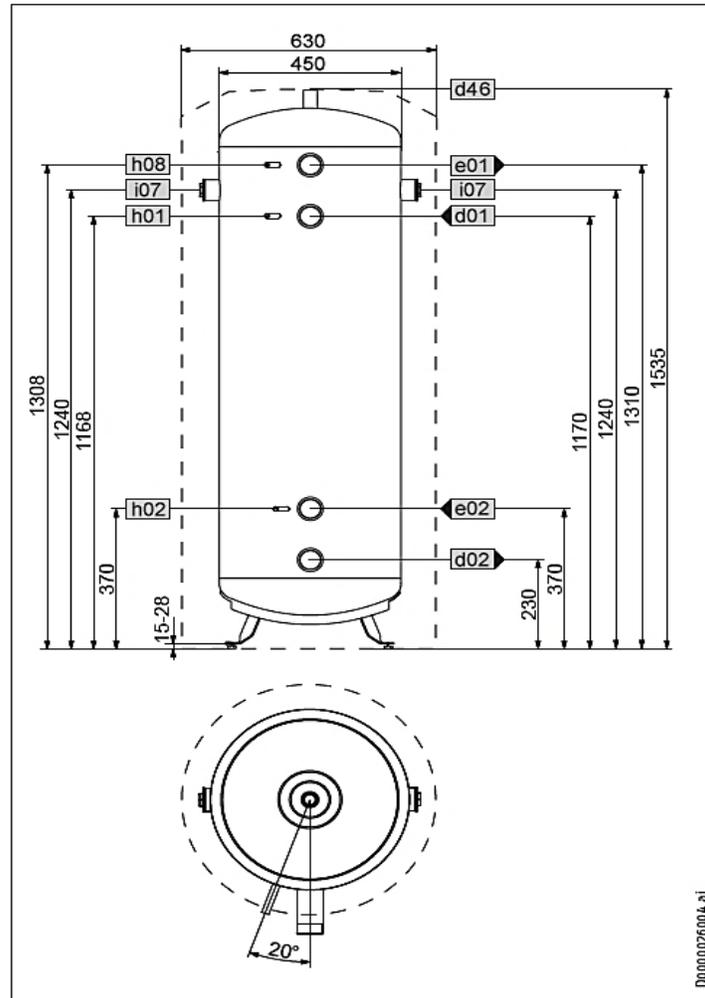
WWK 300 electronic			
b01	Entry electrical cables		
c01	Cold water inlet	Male thread	G 1
c06	DHW outlet	Male thread	G 1
c10	DHW circulation	Male thread	G 1/2 A
d45	Condensate drain	Male thread	G 3/4
g01	Air intake		
g02	Air discharge		
i43	Manufacturing aperture cover		

imagen N°20: "Diagrama de conexiones WWK 300 electronic"

3. Diagrama de conexiones estanque de inercia

Dimensions and connections

SBP 200 E | SBP 200 E cool



			SBP 200 E	SBP 200 E cool
d01	Heat pump flow	Male thread	G 2 A	G 2 A
d02	Heat pump return	Male thread	G 2 A	G 2 A
d46	Ventilation	Female thread	G 3/4	G 3/4
e01	Heating flow	Male thread	G 2 A	G 2 A
e02	Heating return	Male thread	G 2 A	G 2 A
h01	Sensor heat pump flow	Diameter	mm 9.5	9.5
h02	Sensor heat pump return	Diameter	mm 9.5	9.5
h08	Sensor heat pump cooling	Diameter	mm 9.5	9.5
i07	Electric emergency/booster heater	Female thread	G 1 1/2	G 1 1/2

imagen N°29: "Diagrama de conexiones SBP 200 E"