

EVALUACIÓN DEL BALANCE TÉRMICO AL REALIZAR UN JARDÍN VERTICAL EN UNA VIVIENDA UBICADA EN SAN PEDRO DE LA PAZ

C. Zúñiga Cabezas¹, S. Toledo Valdés ², F. González Monsalve³

RESUMEN:

El propósito de este estudio es aprovechar los recursos que el medio ambiente ofrece para mejorar la eficiencia energética en viviendas, minimizando el impacto ambiental y maximizando el uso de soluciones sostenibles. Las condiciones climáticas llevan a muchas personas a utilizar métodos de climatización que son contaminantes, poco eficientes en cuanto a su rendimiento y el alto costo de estos. Por ello, es crucial buscar soluciones y medidas de mitigación que reduzcan el uso de estas tecnologías. Actualmente, se están implementando los techos verdes e investigando el uso de jardines verticales, con el fin de generar variaciones de temperatura y así disminuir los requerimientos energéticos de la vivienda.

Esto es importante, ya que puede significar un uso más eficiente de los recursos del hogar. En este contexto, se analiza una vivienda en San Pedro de la Paz, Región del Biobío construida con muros de albañilería convencional y techumbre con viga a la vista, características que demandan una mayor eficiencia energética tanto en enfriamiento como en calefacción.

Para la presente investigación, se aplicará el estándar Passivhaus, con el objetivo de obtener la mayor eficiencia energética. Es por esto, que se evaluará su balance térmico y la variación de temperatura obtenida con el jardín vertical con el fin de evaluar si la implementación del muro verde es efectiva.

Finalmente, los resultados muestran que la implementación de un jardín vertical no cumple con el objetivo de disminuir el consumo de energía en el hogar, al contrario, requiere una mayor cantidad de energía para lograr el balance térmico, en comparación a la vivienda sin jardín vertical.

PALABRAS CLAVES: Eficiencia energética, jardín vertical, balance térmico.

ABSTRACT:

The purpose of this study is to take advantage the resources that the environment offers to improve the energy efficiency in all houses, minimizing the environmental impact and maximizing the use of sustainable solutions. The climatic conditions take some peoples to use air conditioning methods that are contaminants, not very efficient in terms of yield and tend to be very expensive. Because of that is crucial to look for solutions and mitigation measures that reduce the use of these technologies. Now days people are implementing green roofs

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, czunigac@ing.ucsc.cl

² Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, sofiatoledo@ucsc.cl

³ Profesor Informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, fgonzalez@ucsc.cl

and searching the use of vertical gardens, to generate temperature variations and thus reduce the energy requirements of the houses.

This is important because this could mean a way much better way to leverage resources at home. In this context, a house located in San Pedro de la Paz, Biobio Region was analyzed, this one was built with conventional masonry walls and a roof with exposed beam, characteristics that demand greater energy efficiency in both cooling and heating.

For his investigation, the Passivhaus standard will be applied, with the purpose to get highest energy efficiency. This is why we will evaluate its thermal balance, and the temperature variation obtained with the vertical garden to see if the implementation of the green wall was effective.

Finally, the results show that the implementation of the vertical garden doesn't comply with the goal of reducing energy consumption in the home, on the contrary, it requires the biggest amount of energy to achieve thermal balance, compared to houses without a vertical garden.

KEYWORDS: Energy efficiency, vertical garden, thermal balance.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente año para la comuna de Concepción, existe una proyección de aumento en su población del 7.2% respecto al censo del año 2017 (INE, 2024), debido a esto las zonas urbanas son cada vez de mayor tamaño por la construcción de edificios, casas, caminos, carreteras, centros comerciales, entre otros tipos de infraestructuras similares. Como resultado de este aumento las áreas verdes de la ciudad se han visto reducidas (Herrería, Pellet, & Pellet, 2014) y la contaminación ambiental es más notoria producto de emisores contaminantes, los que por falta de vegetación no logran transformar los gases de dióxido de carbono a oxígeno en el ambiente (Ulloa & Villagrán, 2023), es por ellos que desde el año 2019 en Chile se están implementando los techos verdes y jardines verticales, tratamientos que en otros países han demostrado altos beneficios por ser la mejor opción para disminuir el efecto isla de calor, mejorando el control de la escorrentía al absorber y retener aguas lluvias, reducir la contaminación atmosférica al capturar el material particulado, ahorrar energía en la climatización de edificios favoreciendo la restauración del hábitat local, la biodiversidad y mejorando el bienestar de las personas y los ecosistemas (MINVU, 2019). Dentro del jardín vertical, también se encuentran tres tipos: los paneles, que suelen estar conectados directamente al muro de la estructura y poseen un sistema de riego. Las paredes tipo fieltro, que ubican a las plantas dentro de bolsillos impermeables anclados a una estructura de la pared y, por último, las plantas que crecen en contenedores o directamente del suelo, las cuales trepan por muros o estructuras auxiliares como enredaderas (López Benítez, 2016).

El principal propósito de este estudio es determinar la factibilidad de realizar un jardín vertical en una vivienda, con el fin de reducir el consumo energético en las diferentes épocas del año, esto se busca alcanzar mediante soluciones constructivas bajo los estándares Passivhaus. Se pretende implementar soluciones de balance térmico a través del jardín vertical, los que aportan una disminución del consumo energético. Se deberá

determinar el balance térmico de la vivienda de forma analítica, para la cual se utilizarán formulas empíricas que determinarán las potencias generadas por las cargas internas como externas que produce la vivienda.

Además, se realizará un análisis energético de la vivienda incluyendo el jardín vertical, con el fin de comparar los resultados teóricos que se obtengan. De esta forma, se determinarán las pérdidas de energía más significativas y en base de los resultados, presentar soluciones que puedan aportar a la disminución de la demanda energética.

Cabe mencionar, que la vivienda se encuentra ubicada en San Pedro de la Paz, provincia de Concepción, donde se busca evaluar y analizar el desarrollo de este método innovador de disminución energética en una vivienda.

2. MÉTODOS

Para comenzar el estudio de los diferentes cálculos de cargas térmicas y el rendimiento del jardín vertical, es necesario considerar que cuando se habla de carga térmica en la vivienda esta se asocia a su climatización, la que determina la cantidad de potencia térmica que se intercambia con el exterior. Según la frecuencia con que ocurren, las cargas térmicas se pueden categorizar de la siguiente manera:

- Cargas térmicas latentes: son aquellas que causarán un cambio en la humedad absoluta del ambiente. (Yunus A., 2007)
- Cargas de calor sensible: se vinculan con los cambios de temperatura en el ambiente. (Yunus A., 2007)

2.1. Área de estudio

La vivienda se ubica en San Pedro de la Paz, provincia de Concepción, Región del Bio Bío, Chile (**Figura 1 y figura 2**), exactamente (36.833054°S, 73.100000°O), se encuentra a 1 km al este del río Bío Bío. La zona tiene un clima que se caracteriza como templado cálido de estilo mediterráneo, cambiando a templado húmedo en áreas más al sur, con estaciones secas y húmedas parecidas, influenciadas por el sistema anticlinal del pacifico y subantártico (bcn, bcn, 2015).

Desde la Dirección General de Aguas (DGA) se obtiene el reporte meteorológico las temperaturas medias mensuales del año 2014 - 2015, considerando que junio, julio y agosto se registran las temperaturas promedio más fría de 8.86°C (**Figura 3**), mientras que en diciembre, enero y febrero la más cálida es de 11.93°C (ver anexo tabla 21), por un periodo libre de heladas de aproximadamente siete meses (octubre a abril).

Se considera que en invierno los vientos predominantes vienen del norte, mientras que en verano provienen del sureste, se debe tener en consideración que la vivienda se ubica a 15 msnm altura que contribuye considerablemente a la ventilación. Además, las lluvias se reparten de forma constante a lo largo de todo el año promediando un total de 1.330 mm de precipitación anual que se distribuye de forma desigual, dando lugar a inundaciones en áreas más bajas (bcn, bcn, 2015).

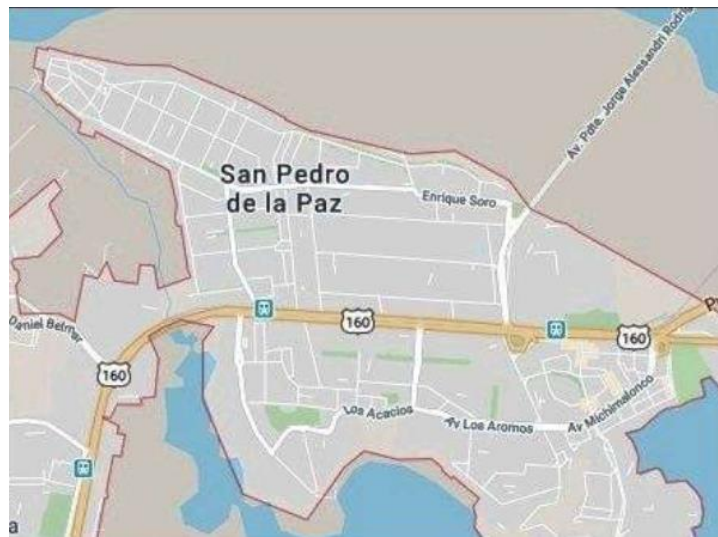


Figura 1: Mapa de San Pedro de la Paz.

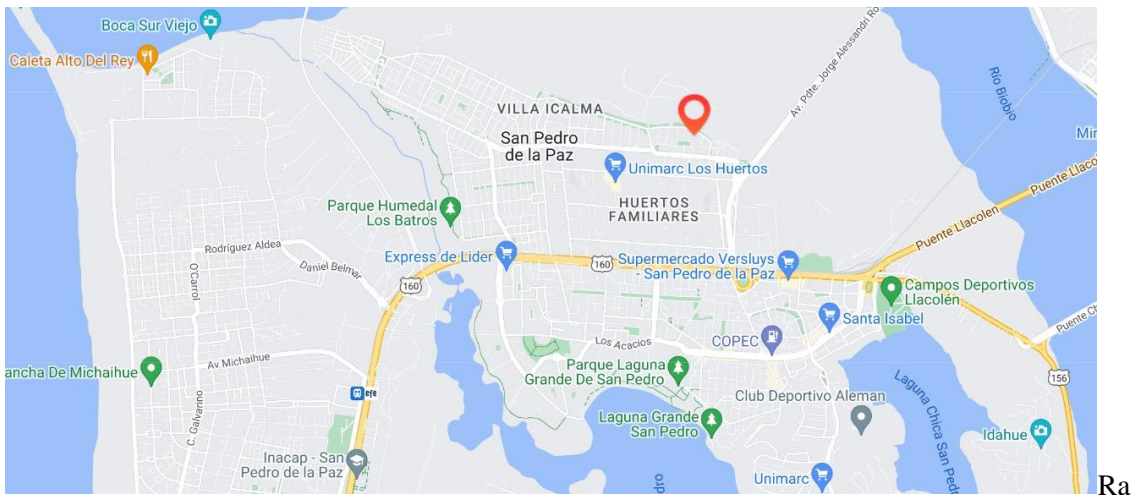


Figura 2: Mapa de San Pedro de la Paz, indicando la ubicación de la vivienda.

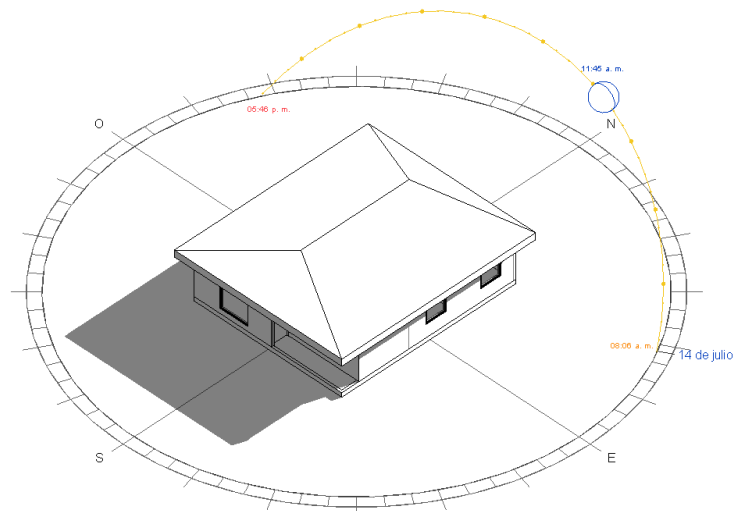


Figura 3: Vivienda, modelo en Software Revit, con el camino al sol activo. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Ecuación equilibrio energético

Se debe obtener el equilibrio energético, el cual mide la variación de temperatura y la diferencia de humedad relativa del ambiente. Se expresa con la siguiente formula:

$$\Delta T = \frac{ET_{\text{sustrato}} \times \lambda}{Q \times \rho \times c} \quad (1)$$

Donde:

- ΔT : Reducción de temperatura [$^{\circ}\text{C}$].
- ET_{sustrato} : Evapotranspiración del sustrato de la sección entera por detrás del jardín [kg/s].
- λ : Calor latente del agua [3004900 J/kg].
- Q : Flujo del aire por detrás del jardín vertical [m^3/s].
- ρ : Densidad del aire [kg/m^3].
- c : Calor específico del aire [$1004.16 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$] (Van der Linden, 2007).

2.3. Balance térmico (Díaz & Barreneche, 2005) Para calcular las necesidades de calefacción y/o enfriamiento en una vivienda, es necesario analizar las entradas y salidas de calor durante un periodo específico (Bustamante, Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, 2009), tomando en cuenta factores externos como el clima y las condiciones internas. En la **Ecuación (2)**, se puede expresar las ganancias y pérdidas de calor en la vivienda y de forma ilustrativa se puede visualizar en la **(Figura 4)**.

$$Q_{\text{total}} = Q_s + Q_i + Q_c + Q_v \quad (2)$$

Donde:

- Q_s : Balance térmico de cargas solares [kW].
- Q_i : Balance térmico de cargas internas [kW].
- Q_c : Balance térmico de los elementos de la envolvente [kW].
- Q_v : Balance térmico de cargas de ventilación [kW].

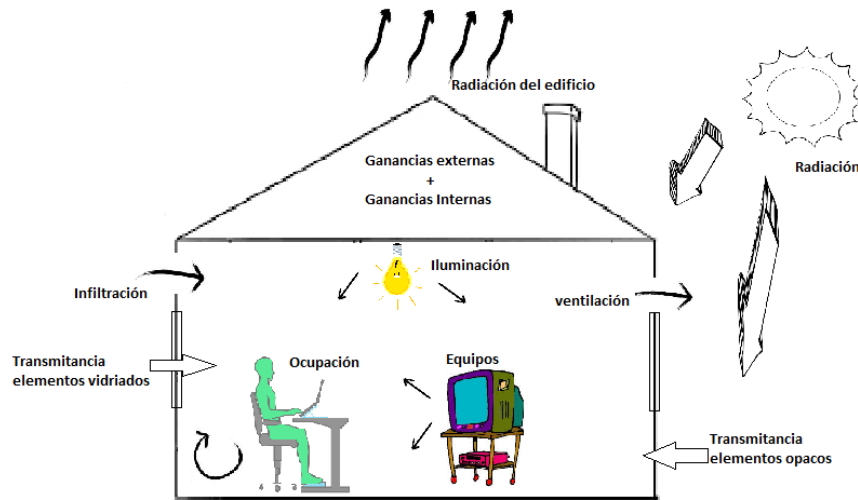


Figura 4: Transferencias de Calor en un recinto. Fuente: Entregada en clases de Física de la construcción.

Es la cantidad de calor que se necesita agregar o quitar de un área para cambiar su temperatura sin afectar su nivel de humedad. Para calcular la Carga térmica sensibles ($Q_{sensible}$), se utiliza la siguiente expresión:

2.3.1 Cargas Sensibles, $Q_{sensible}$ (Díaz & Barreneche, 2005)

$$Q_{sensible} = Q_s + Q_c + Q_{iii} + Q_{iid} + Q_{ips} + Q_{ie} + Q_{vs} \quad (3)$$

Donde:

- ❖ Q_s : Cargas Solares.
- ❖ Q_c : Cargas de elementos de la envolvente.
- ❖ Q_{iii} y Q_{iid} : Cargas internas de Iluminación.
- ❖ Q_{ips} : Carga interna sensible por ocupante.
- ❖ Q_{ie} : Cargas internas por artefacto.
- ❖ Q_{vs} : Carga sensible de ventilación.

I. Balance térmico de Cargas Solares, Q_s (Díaz & Barreneche, 2005)

a. Carga Solar indirecta (a través de muros y cubiertas), Q_{str}

Se tiene la carga por radiación y transmisión, la cual se transmite por las paredes y la techumbre los que limitan con el exterior, se calcula como:

$$Q_{srt} = U \times S \times (R \times \alpha \times R_{so}) \quad (4)$$

Donde:

- ❖ U : Transmitancia térmica del elemento [W/m^2K].
- ❖ S : Superficie opaca expuesta a la diferencia de temperatura [K].
- ❖ R : Radiación solar total incidente [W/m^2].
- ❖ α : Absortancia de la superficie [0-1].

❖ R_{so} : Resistencia de la película exterior de aire.

1. La transmitancia térmica se calculará de manera analítica siguiendo los métodos de cálculo para componentes de construcción, especialmente los de la envolvente, según NCh 853 (Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios , 2007).
2. Resistencia de la película exterior de aire: La resistencia ayuda a disminuir la transferencia de calor por convección, estos estándares deben ser cumplidos siendo verticales para muros y con cierta inclinación para techumbres (Bustamante, Acondicionamiento térmico , 1991).

b. Carga Solar directa (a través de elementos vidriados), Q_{sr}

La radiación solar atraviesa la superficie acristalada, como las ventanas, produciendo calor al interior de la vivienda. Esta cantidad de radiación se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{sr} = S \times R \times \sigma \quad (5)$$

Donde:

- ❖ S: Superficie acristalada expuesta a la radiación [m^2].
- ❖ R: Radiación solar que atraviesa la superficie del cristal [W/m^2].
- ❖ σ : Coeficiente de ganancia solar.

1. Radiación solar que atraviesa la superficie de cristal: La misma radiación considerada en el apartado anterior.
2. Coeficiente de ganancia solar (σ): Se describe como la radiación solar entrante, generando calor dentro de la vivienda, mediante los cristales de esta.

II. Balance térmico de Cargas de los elementos de la envolvente, Q_c (Díaz & Barreneche, 2005)

Se determina la pérdida de calor por transmisión en régimen estacionario de cada parte del perímetro del recinto (ventanas, paredes, techos, etc) utilizando las leyes de transmisión y la siguiente formula:

$$Q_c = U \times S \times (T_{ex} - T_{in}) \quad (6)$$

Donde:

- ❖ U: Transmitancia térmica del elemento [W/m^2K].
- ❖ S: Superficie expuesta a la diferencia de temperatura [m^2].
- ❖ T_{ex} : Temperatura de aire exterior [K].
- ❖ T_{in} : Temperatura de aire interior [K].

La suma de las pérdidas individuales de los elementos del contorno del local equivale a la pérdida total de calor por transmisión.

III. Cargas internas de iluminación, Q_{ii} (Díaz & Barreneche, 2005)

La iluminación es una fuente de calor perceptible, este calor se emite por radiación, convección y conducción.

- a. Carga interna sensible de iluminación para lámparas incandescentes, $Q_{ii, \text{incandescente}}$

$$Q_{iii} = n \times Pot_{\text{lámpara incandescente}} \quad (7)$$

Donde:

- ❖ n: Número de lámparas de cada tipo.
- ❖ $Pot_{\text{lámpara incandescente}}$: Potencia de la bombilla, lámparas incandescentes [W].

- b. Carga interna sensible de iluminación para lámparas de descarga, $Q_{ii, \text{descarga}}$

$$Q_{iid} = 1.25 \times n \times Pot_{\text{lámpara descarga}} \quad (8)$$

Donde:

- ❖ n: Número de lámparas de cada tipo.
- ❖ $Pot_{\text{lámpara descarga}}$: Potencia de la bombilla, lámparas de descarga [W].

IV. Carga interna sensible por ocupante, Q_{ips} (Díaz & Barreneche, 2005)

Es fundamental saber las cargas térmicas que produce cada individuo para determinar su carga sensible que este origina:

1. Radiación: La temperatura media del cuerpo es superior a la de los objetos que la rodean.
2. Convección: La superficie de la piel se encuentra a mayor temperatura que el aire que la rodea, la cual crea pequeñas corrientes de convección que aportan calor al aire.
3. Conducción: Originada a partir del contacto del cuerpo con otros elementos que la rodean.
4. Respiración: Origina un aporte de calor por el aire exhalado, que se encuentra a mayor temperatura.
5. Evaporación cutánea: Este aporte de calor es importante en verano.

La carga por habitante incluye una componente sensible y otra latente, en ambas situaciones es importante considerar la cantidad de personas que se encuentran dentro del espacio.

La suma del calor transmitido por radiación, conducción y convección, esta se llama calor sensible seco del cuerpo humano (Díaz & Barreneche, 2005), se puede expresar con la siguiente formula:

$$Q_{ips} = n \times C_{\text{sensible personas}} \quad (9)$$

Donde:

- ❖ n : Número de habitantes en la vivienda o recinto.
- ❖ C_{sensible} : Calor sensible por habitante y actividad que realice [W].

V. Carga interna por artefacto, Q_{ie} (Díaz & Barreneche, 2005)

Para determinar la carga térmica generada por la maquinaria, equipos y otros artefactos de la vivienda, se debe tomar en cuenta la potencia total de estos, la cual se convertirá en calor sensible. Se obtiene utilizando la siguiente formula:

$$Q_{ie} = \sum n \times C_{\text{artefacto}} \quad (10)$$

Donde:

- ❖ n : Número de artefactos en la vivienda o recinto.
- ❖ $C_{\text{artefacto}}$: Calor térmica sensible de cada artefacto [W].

VI. Carga sensible de ventilación, Q_{vs} (Díaz & Barreneche, 2005)

La carga sensible por infiltración y ventilación del aire exterior se determina con la siguiente expresión:

$$Q_{vs} = C_{e \text{ aire}} \times V_{\text{infil}} \times \rho \times \Delta T \quad (11)$$

Donde:

- ❖ $C_{e \text{ aire}}$: Calor específico del aire [1004.16 J/kg °C].
- ❖ V_{infil} : Caudal del aire de ventilación [m³/s].
- ❖ ρ : Densidad de aire [1.21 kg/m³].
- ❖ ΔT : Diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior [°C].

a. Caudal de aire de ventilación, V_{inf} (Díaz & Barreneche, 2005)

El flujo de aire que se filtra a través de puertas y ventanas exteriores depende de su uso, la orientación y la velocidad del viento. La cantidad se expresa en m³/s. Esto se define como el área considerada por el cual entra aire exterior multiplicado por la velocidad del viento.

$$V_{\text{infil}} = A \times V_{\text{viento}} [\text{m}^3/\text{s}] \quad (11.1)$$

2.3.2. Cargas Latentes, Q_{latente} (Díaz & Barreneche, 2005)

Para el cálculo de la carga térmica latente (Q_{latente}), se ocupa la siguiente expresión:

$$Q_{\text{latente}} = Q_{\text{ipl}} + Q_{\text{vl}} \quad (12)$$

Donde:

- ❖ Q_{ipl} : Carga latente por ocupante.

❖ Q_{vi} : Carga latente por ventilación.

1. Carga latente por ocupante, Q_{ipl} (Díaz & Barreneche, 2005)

La carga latente por ocupación de la vivienda o recinto se calcula multiplicando el calor latente emitido por cada persona y por la cantidad de ocupantes esperados en el espacio.

La fórmula para obtener el calor latente por ocupante es:

$$Q_{ilp} = n \times C_{latente\ persona} \quad (13)$$

Donde:

- ❖ n : Número de personas que ocupan la vivienda o recinto.
- ❖ $C_{artefacto}$: Calor latente por persona según la actividad que realice.

2. Carga latente de ventilación, Q_{vl} (Díaz & Barreneche, 2005)

La carga latente transmitida por ventilaciones e infiltraciones del aire exterior se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{vl} = V_r \times 0.84 \times \Delta W \quad (14)$$

Donde:

- ❖ V_r : Caudal de aire infiltrado y ventilación [m^3/s].
- ❖ ΔW : Diferencia de humedad entre el ambiente exterior e interior [$W_{ext} - W_{int}$].

a. Caudal de aire infiltrado y ventilación (Díaz & Barreneche, 2005)

La cantidad de aire filtrado se calculará de manera general, tomando en cuenta un numero especifico de renovación de aire requerida según el tipo de espacio. Para el cálculo, se utiliza la siguiente expresión:

$$V_r = V \times R.A.H \quad (14.1)$$

Donde:

- ❖ V : Volumen del recinto [m^3].
- ❖ $R.A.H$: Numero de renovación por hora, según tipo de recinto [$1/h$].

2.4. Plantas

Se debe considerar que para crear un jardín vertical es crucial tener en cuenta la temperatura al seleccionar las plantas y así garantizar su éxito, debido a que ciertas especies no logran sobrevivir en climas fríos o variaciones de temperaturas, de igual manera, considerar la fuente de luz que sea de forma natural y directa para tener un

mayor crecimiento en la planta, otro factor importante al momento de la elección de esta es la estación en la que se plantara y que se mantenga todo el año visualmente atractivo de fácil mantenimiento y se garantiza su durabilidad. (Amazonas paisajismo, s.f.)

- Hiedra

La hiedra común, también conocida como Hedera Helix, es una planta que proviene de los bosques húmedos de Europa occidental, central y meridional, norte de África y Asia. Sus hojas son sencillas con lóbulos, duras, brillantes de un color verde oscuro, con tamaño el cual varía entre 5 a 10 centímetros. Se pueden observar dos variedades de hojas en una planta: las de ramas sin flores con lóbulos pronunciados, mientras que las ramas con flores no tienen lóbulos (Bonells, 2019).

- Parra Virgen

La parra virgen, también llamada hiedra japonesa o hiedra de Boston, es una planta trepadora encantadora de la familia Vitaceace que proviene del este de Asia. Esta planta es extremadamente resistente y puede alcanzar una altura considerable, su follaje cambia durante la primavera y el otoño. En primavera sus hojas son de color verde intenso, pero a medida que se acerca el otoño adquiere una tonalidad marrón rojiza muy decorativa. Es perfecta para ubicaciones al exterior con luz media sombra o sol directo y requiere riegos regulares (Rincci, 2023).

2.4.1 Cuadro comparativo

En la **tabla 1**, se hace la comparativa de las ventajas y desventajas de las plantas (Blog hogar mapfre, 2024).

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las plantas.

Ventajas	Desventajas
Recubrimiento de la vivienda ecológico y sostenible.	Infiltran en las grietas y causan daños estructurales.
Es ambivalente para viviendas en el campo o en la ciudad	Ambiente apto para refugiar roedores.
Es económico.	Inducen el fuego si las plantas estan secas y estas entran en contacto con las chispas procedentes de la parte superior de la chimenea.
Potentes purificadoras de aire.	Al extraer las plantas trepadoras estas dañan la pintura de la vivienda por lo que se deberá volver a repintar,
Reductor térmico.	
Eliminan la humedad de las paredes.	
Reducen la perdida de temperatura.	
Se pueden eliminar de forma fácil y sin complicaciones.	
Aporta estilo y color para cada tipología de vivienda.	
Estéticamente es un valor añadido a la vivienda.	
Reduce los defectos estéticos y estructurales de la vivienda.	
Tienen un efecto relajante sobre las viviendas.	

2.5 Condiciones de diseño

Se deben fijar condiciones de diseño para calcular las cargas térmicas de la vivienda. Es por ello, que se realizaran estimaciones bajo la suposición de un régimen estacionario, donde las condiciones interiores (Martínez, Sarmiento, & Urquieta, 2005) y exteriores permanecen constantes por un tiempo determinado.

2.5.1 Temperatura y humedad de diseño

a. Condiciones interiores de calculo

En la **tabla 2**, se presentan temperaturas y humedades de diseño utilizadas en los cálculos, las cuales se consideran adecuadas para garantizar el confort térmico en el espacio.

Tabla 2: Condiciones interiores de diseño.

	Diciembre – Febrero	Marzo - Mayo	Junio – Julio	Septiembre - Noviembre
Temperatura operativa [°C]	25	20	20	25
Humedad relativa promedio [%]	75	75	75	75

b. Condiciones exteriores de calculo

Se evalúan las condiciones exteriores de diseño utilizando la página web de meteorología (Meteored, 2015) llamada “Meteored”, la cual recopila datos históricos de la estimación meteorológica más próxima a la vivienda, que es el Aeropuerto Carriel Sur Intl (SCIE). Se determina la temperatura y humedad de diseño, tomando como referencia el mes más frío y el más cálido. La **tabla 3** presenta la temperatura y la humedad para estos meses.

Tabla 3: Temperatura y humedad, según estación meteorológica “SCIE”

	Diciembre – Febrero	Marzo – Mayo	Junio – Julio	Septiembre - Noviembre
Temperatura operativa [°C]	11.93	11.51	8.82	8.96
Humedad relativa promedio [%]	72	82	86	77

2.5.2 Tipo de vivienda y uso

La vivienda en estudio es de uso doméstico, destinado a uso residencial donde solo habita una unidad familiar.

2.5.3 Radiación Solar

La energía solar se obtiene de un informe proporcionado por el ministerio de energía junto con la Universidad de Chile (Ministerio de energía, s.f.). Donde la radiación solar directa está presente todo el año, analiza el mes más cálido y el mes más frío del año, es por ello, que se divide la radiación en función del ángulo de incidencia (Axaopoulos) durante los meses analizados. Además, se hacen las siguientes suposiciones para obtener la radiación de diferentes direcciones y mes del año.

Radiación solar según ángulo de incidencia en verano (Diciembre – Febrero):

- Este: Se considera desde 07:00 a las 13:00 horas.
- Norte: Se considera en los horarios de 13:00 a 16:00 horas.
- Oeste: Considera la radiación solar entregada desde 15:00 a las 19:00 horas.
- Sur: Se considera radiación solar entregada desde las 07:00 a las 09:00 horas de la mañana.

Radiación solar según ángulo de incidencia en otoño (Marzo Mayo):

- Este: Se considera desde 07:00 a las 13:00 horas.
- Norte: Se considera radiación solar entregada desde las 07:00 a las 18:00 horas.
- Oeste: Considera la radiación solar entregada desde 14:00 a las 18:00 horas.
- Sur: En este sector se percibe luz solar, no así radiación solar. Por lo que la radiación solar es considerada en la fachada Sur nula.

Radiación solar según ángulo de incidencia en invierno (Junio – Agosto):

- Este: Se considera desde 07:00 a las 13:00 horas.
- Norte: Se considera en los horarios de 07:00 a 18:00 horas.
- Oeste: Considera la radiación solar entregada desde 13:00 a las 18:00 horas.
- Sur: En este sector se percibe luz solar, no así radiación solar. Por lo que la radiación solar es considerada en la fachada Sur nula.

Radiación solar según ángulo de incidencia en primavera (Septiembre – Noviembre):

- Este: Se considera desde 07:00 a las 13:00 horas.
- Norte: Se considera radiación solar entregada desde las 11:00 a las 14:00 horas.
- Oeste: Considera la radiación solar entregada desde 14:00 a las 19:00 horas.
- Sur: Se considera radiación solar entregada desde las 07:00 a las 09:00 horas de la mañana.

La **tabla 4** (véase anexo), muestra el calor de radiación solar adaptados para cada orientación y para la techumbre.

2.5.4 Potencia de ampolletas

Las lámparas de descarga se clasifican en dos categorías: paneles led circulares sobrepuestos y lámpara led bright. Para la situación analizada se tuvieron en cuenta las potencias proporcionadas por el “Catalogo de iluminación” (Downlight) de la empresa DOWNLIGHT, y se llevó a cabo un inventario de la cantidad de estas presentes en la vivienda. La **tabla 5** (véase anexo) resume cuantas lámparas hay en cada categoría de potencia.

2.5.5 Absortancia

La absorción de radiación por un material depende únicamente de su color y acabado, según información de absorción sobre distintos materiales y pinturas de las paredes, los valores utilizados se detallan en la **tabla 6** (véase anexo) (Sosa & Siem, 2004).

2.5.6 Coeficiente de ganancia solar

La **tabla 7** (véase anexo) muestra el coeficiente de ganancia solar para los distintos tipos de ventanas.

2.5.7 Carga sensible y latente por ocupante

La **tabla 8** (véase anexo) se presentan los valores de calor sensible y latente por persona en [W], liberados por una persona dependiendo de la actividad y el lugar donde se desarrolla.

2.5.8 Consideraciones para caudal de aire de ventilación

a. Condiciones de área de infiltración:

- Puertas: Se considera que el 100% del área de las puertas es un área de infiltración.
- Ventanas: Se considera que el 100% del área de las ventanas es un área de infiltración, además, se considera que un 5% de estas se abren en invierno.

b. Velocidades de Viento para considerar:

La información sobre la velocidad del viento se obtiene de un informe de vientos proporcionado por el sitio web del ministerio de energía en conjunto con la Universidad de Chile (Ministerio de energía, s.f.), utilizando datos de una rosa de los vientos de los meses estudiados (Explorador de energía eólica, 2023) (Véase **figura 6 - figura 9**) para determinar las velocidades para cada dirección de viento. La **tabla 9** (véase anexo) presenta las velocidades del viento a los 5 metros correspondiente a cada dirección.

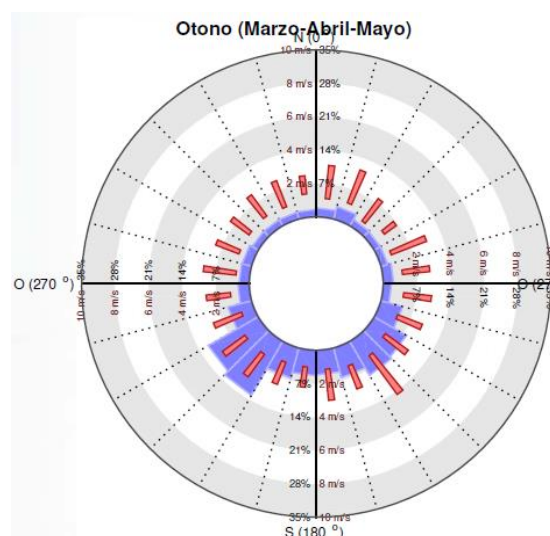


Figura 6: Rosa de los vientos, temporada de otoño (marzo – mayo)

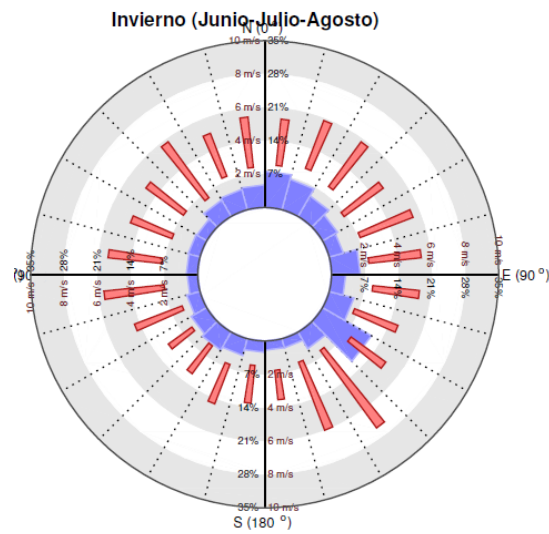


Figura 7: Rosa de los vientos, temporada de invierno (junio – agosto).

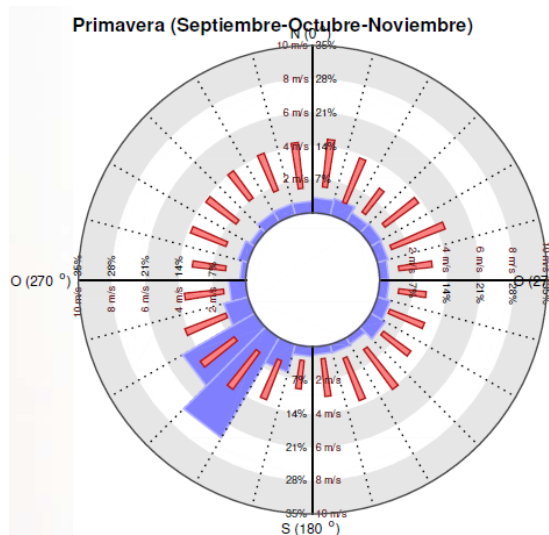


Figura 8: Rosa de los vientos, temporada de primavera (septiembre – noviembre).

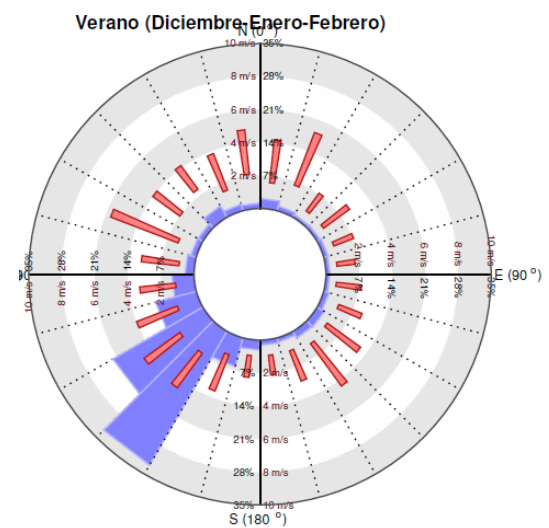


Figura 9: Rosa de los vientos, temporada de verano (diciembre – febrero).

2.5.9 Carga térmica por artefactos

En este caso, se considerarán varios dispositivos eléctricos que se encuentran en la vivienda, como el microondas, cafetera, horno eléctrico, refrigerador, impresora, notebook, televisor, entre otros. La **tabla 10** (véase anexo) detalla la cantidad de calor sensible generado por los artefactos y el porcentaje de la utilización diaria de cada uno de ellos.

2.5.10 Renovación de aire por hora

En este caso, se cataloga la vivienda como unifamiliar, la tasa de renovación por hora es de 7 [1/h] (Quadri, 2008), pero debe ser tomada en cuenta en [1/s], resultando en un valor final de 0.0019 [1/s].

3. RESULTADOS

3.1 Equilibrio energético

Para determinar la variación de las temperaturas en las diferentes épocas del año, se utilizó la **Ecuación (1)**, mencionada en el apartado 2.3, donde se obtuvieron los siguientes detalles.

- La **tabla 11** (véase anexo), hace referencia a los vientos en la zona, con el fin de obtener el caudal. Cabe mencionar que las especificaciones técnicas de la vivienda son que posee un largo de 11.5 metros, un ancho de 9.5 metros y una altura de 4.35 metros, debido a que la vivienda tiene viga a la vista en la techumbre.
- Finalmente, en la **tabla 12** (véase anexo), se observarán las variaciones de temperatura en los meses estudiados.

3.2 Balance térmico

3.2.1 Cargas sensibles, Q_{sensible}

Para realizar el cálculo de cargas sensibles, se utiliza la **Ecuación (3)**, mencionada en el apartado 2.4.1, donde se describe al detalle en cada una de estas.

I. Cálculo de Cargas Solares, Q_s

A. Carga Solar Indirecta (A través de muros y cubiertas), Q_{sr}

Para el cálculo de cargas solares indirectas, se emplea la **Ecuación (4)** previamente mencionada.

- La transferencia de calor para tener en cuenta incluye el techo, paredes de ladrillo, la **tabla 13** (véase anexo).
- La superficie de estos se considera según la orientación, los valores están resumidos en la **tabla 14** (véase anexo).
- Valores carga solar indirecta **tabla 15** (véase anexo).
- Las radiaciones solares por temporada son señaladas en la **tabla 4** (véase anexo).
- Resistencia de la película exterior de aire (R_{so}), corresponde a 0.055 [$\text{m}^2 \text{K/W}$], esto tanto para muros y techumbre.

B. Carga Solar Directa (a través de elementos vidriados), Q_{sr}

La carga solar directa se calcula según lo expresado en la **Ecuación (5)**.

- El coeficiente de ganancia solar es de 0.86, esto de acuerdo con la **tabla 7** y la caracterización del vidriado de la vivienda, vidrio simple color claro.
- Radiación solar, es señalada en la **tabla 4**.
- Al sustituir los valores en la **Ecuación (5)**, se calcula la carga solar directa, la cual se resume en la **tabla 16** (véase anexo).

II. Cálculo de cargas por envolvente, Q_c

La determinación de las cargas por envolvente se lleva a cabo siguiendo lo especificado en la **Ecuación (6)**. Teniendo en cuenta la temperatura de diseño interior y exterior mencionada anteriormente en la **tabla 2** y **tabla 3**.

En la **tabla 17** (véase anexo) se detallan los valores de las cargas por envolvente de las diferentes temporadas.

III. Cálculo de cargas internas de iluminación, Q_{ii}

Para el cálculo de las cargas internas de iluminación se realiza un catastro de la cantidad de ampolletas que se encuentran en la vivienda, la cantidad de estos se mencionan en la **tabla 5**.

A. Lámparas incandescentes, Q_{ii}

Los datos obtenidos y lo indicado en la **Ecuación (7)**, la carga por lámparas de descarga se resume en la **tabla 18** (véase anexo), se considera durante el tiempo de uso en la vivienda (10 horas diarias) correspondiendo a un 41.6% del día.

B. Lámparas de descarga, Q_{iid}

Es importante mencionar que en la vivienda no tiene luces de descarga, por lo tanto, no hay contribución de ese tipo.

IV. Cálculo Carga Sensible y latente por ocupante, Q_{ips} - Q_{ipl}

Para determinar la carga térmica por persona, se considera que habitan en la vivienda 4 personas, las cuales se asume que están en el hogar durante 10 horas, lo que equivale a un 41,6% del día.

Para obtener los valores de $C_{latente}$ y $C_{sensible}$ se utilizan los datos de la **tabla 8**, para personas que caminan, debido a que es la única acción que se considera a quienes habitan un hogar y sustituirlos en la **Ecuación (9)**, podemos resumir la carga sensible por ocupante en la carga sensible por ocupante en la **tabla 19** (véase anexo).

V. Cálculo cargas sensibles de ventilación, Q_{vs}

El cálculo de carga sensible por ventilación se lleva a cabo de acuerdo con lo indicado en la **Ecuación (11)**, siguiendo las consideraciones detalladas en el método, las áreas de infiltración para tener en cuenta se presentan de manera resumida en la **tabla 20** (véase anexo).

Considerando lo mencionado anteriormente, las temperaturas exteriores por temporada en la **tabla 21** (véase anexo), área de infiltración en **tabla 20** (véase anexo) y velocidad – dirección del viento en **tabla 9** (véase anexo), se obtiene la carga sensible de ventilación sensible de las diferentes temporadas se representa en la **tabla 22** (véase anexo).

VI. Carga latente de ventilación, Q_{vl}

Para determinar la carga latente de ventilación, primero se requiere calcular el caudal de aire infiltrado y de ventilación (V_r) **tabla 20** (véase anexo), siguiendo las indicaciones de la **Ecuación (14.1)**. Considerando que el volumen total de la vivienda es de 475.24 m^3 .

Así, haciendo uso de la **Ecuación (14)**, la carga de ventilación latente se puede ver expresado en la **tabla 23**.

VII. Cálculo cargas internas por artefactos, Q_{ie}

De acuerdo con lo expresado en la **Ecuación (10)** y reemplazando los valores proporcionados en la **tabla 9** (véase anexo), la carga total asociada a los artefactos eléctricos (Q_{ie}) es de 0.29 kW .

3.3 Balance térmico total, Q_{total}

A continuación, se presenta la potencia de calefacción - refrigeración necesaria para la vivienda, según los meses de diciembre a febrero, marzo a mayo, junio a agosto y septiembre a noviembre en la **tabla 24**, **tabla 25**, **tabla 26** y **tabla 27** (véase anexo).

3.4 Balance térmico incluyendo el jardín vertical

Basándose en los resultados anteriores de la vivienda, se realiza el análisis de balance térmico incluyendo el jardín vertical, el cual nos indica las diferentes variaciones de temperatura las que son expresadas en la **tabla 12** (véase anexo). Es por ello, que la potencia de calefacción – refrigeración requerida para la vivienda se muestra en la **tabla 28**, **tabla 29**, **tabla 30** y **tabla 31** (véase anexo), según los meses de diciembre a febrero, marzo a mayo, junio a agosto y de septiembre a noviembre.

4. CONCLUSIÓN

Una vez realizado el balance de energía total sin el jardín vertical, distribuida en las distintas estaciones del año, se observa que existen requerimientos energéticos en la vivienda para la temporada de invierno. Por lo tanto, es necesario suministrar un aporte de energía que cumpla con los requerimientos calculados, en este caso puede ser un aporte de energía eléctrico o a combustión, siendo esta última la opción más económica, específicamente una estufa a leña que posea un rango de calefacción de 220m² el cual es superior a las especificaciones técnicas de la vivienda.

Con respecto a la propuesta de mejora del jardín vertical, se considera una medida no factible, debido a que no cumple con su función de climatizar la vivienda en los meses más fríos de junio a agosto, sino que se puede apreciar un aumento de 18% de requerimiento de calefacción de esta. Mientras que en las otras temporadas el aumento de requerimiento energético es mucho mayor, por lo que el gasto a refrigerar la vivienda va en aumento.

Para concluir, es posible implementar la mejora de jardín vertical en San Pedro de la Paz, pero no es beneficioso, esto dado que, en lugar de climatizar la vivienda produce efectos contrarios tales como un aumento de temperatura en verano y una disminución de temperatura en invierno, en comparación a la vivienda sin jardín vertical. Como consecuencia al aumentar los requerimientos energéticos se necesitan otros tipos de medida de mitigación que entreguen un aporte energético mayor a lo que se necesitaba originalmente.

5. BIBLIOGRAFÍA

(2007). *Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios*. Santiago.

Amazonas paisajismo. (s.f.). Obtenido de *Amazonas paisajismo*:
<https://amazonasverticalgardens.com/blog/plantas/especies-de-plantas-para-jardines-verticales/>

Axaopoulos, P. (s.f.). *Principios de la Geometría Solar*.

bcn. (2015). *bcn*. Obtenido de bcn: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region8/clima.htm>

bcn. (s.f.). *bcn*. Obtenido de bcn: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region8/clima.htm>

Blog hogar mapfre. (17 de Marzo de 2024). *Blog Hogar Mapfre*. Obtenido de Blog Hogar Mapfre:
<https://www.hogar.mapfre.es/decoracion/decoracion-exterior/hiedra-trepadora/>

Bonells, J. E. (2 de octubre de 2019). *Jardines sin fronteras*. Obtenido de Jardines sin fronteras:
<https://jardinessinfronteras.com/2019/10/02/las-hiedras-en-los-edificios/>

Bustamante, W. (1991). *Acondicionamiento térmico*. Santiago.

Bustamante, W. (2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Santiago:
Ministerio de vivienda y urbanismo.

Czajkowski, Gómez, & Calisto, A. (s.f.). *Sistema de climatización Balance térmico de verano*. Argentina.

Díaz, V., & Barreneche, R. (2005). *Acondicionamiento térmico de edificios*. Argentina.

Downlight. (s.f.). *Iluminación*. Santiago.

- Explorador de energía eólica.* (2023). Obtenido de Explorador de energía eólica:
<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>
- Herrera, F., Pellet, P., & Pellet, O. (5 de marzo de 2014). Las áreas verdes en San Pedro de la Paz (Concepción, Chile): Primera aproximación. 66-72.
- INE. (01 de Julio de 2024). *BCN*. Obtenido de BCN:
https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2024&idcom=8101
- López Benítez, T. (2016). *Jardines Verticales*.
- Martínez, P., Sarmiento, P., & Urquieta, W. (2005). *Evaluación de la humedad por condensación al interior de viviendas sociales*. Santiago.
- Meteored. (2023). Obtenido de https://www.meteored.cl/tiempo-en_Concepcion-America+Sur-Chile-Biobio-SCIE-sactual-18576.html
- Ministerio de energía. (s.f.). *Explorador Solar*. Obtenido de Explorador Solar:
<https://solar.minenergia.cl/exploracion>
- MINVU. (17 de enero de 2019). *Gob*. Obtenido de Gob: <https://www.gob.cl/noticias/minvu-modifica-ordenanza-para-promover-el-aumento-de-los-techos-verdes/>
- Quadri, N. P. (2008). *Instalaciones de aire acondicionado y calefacción*. Argentina: Librería y editorial alsina.
- Rincci, F. (27 de octubre de 2023). *Mendoza post*. Obtenido de Mendoza post:
<https://www.mendozapost.com/estilodevida/la-parra-virgen-la-trepadora-maestra-de-las-superficies-lisas/>
- Santana Pérez, L. M. (2008). *Evapotranspiración del cultivo*.
- Sosa, M. E., & Siem, G. (2004). *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico*. Caracas.
- Ulloa, C., & Villagrán, G. (2023). *Análisis crítico al proceso de elaboración del PPDA (plan de prevención y descontaminación atmosférica) de Concepción Metropolitana en base a la determinación de factores influyentes*.
- Yunus A., C. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mc Graw-Hill.

6. ANEXO

Tabla 4: Valores de radiación solar según orientación [W/m^2]. Fuente: Entrega del explorador solar.

Meses	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00
7:00	9.09	0.00	0.00	29.36
8:00	167.34	87.90	9.71	154.03
9:00	354.43	239.75	125.41	290.13
10:00	530.29	368.63	183.82	346.26
11:00	684.57	487.85	226.87	444.10
12:00	786.60	447.15	178.99	490.21
13:00	836.12	595.03	212.91	550.80
14:00	794.30	594.76	255.32	483.13
15:00	742.46	540.14	267.74	480.02
16:00	568.87	424.52	202.82	388.02
17:00	367.52	268.00	196.61	215.96
18:00	166.92	85.93	13.79	100.11
19:00	7.11	0.83	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 5: Cantidad de lámparas según su clasificación y potencia. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Lámpara	Cantidad	Potencia [W]
Ampolleta Led Sobrepuesta	5	22
Ampolleta Led Bright	22	13

Tabla 6: Valores de absortividad. Fuente: Entrega en curso Física de la Construcción.

Material	Absortividad
Aluminio anodizado	14
Pizarra gris oscuro	90
Pintura verde claro	50

Tabla 7: Datos de coeficiente de ganancia solar para diferentes tipos de vidrios (Sosa & Siem, 2004).

Ventanas con Vidrio	Factor
Simple claro	0.86
Simple bronce/gris	0.73
Doble claro	0.76
Doble bronce/gris	0.62
Doble alta tecnología Low W	0.48
Doble alta ganancia solar Low E	0.71
Doble moderada ganancia solar Low E	0.53
Doble baja ganancia solar Low E	0.39
Triple moderada ganancia solar Low E	0.5
Triple baja ganancia solar Low E	0.33

Tabla 8: Calor sensible y latente por persona según actividad realizada. Fuente: “Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficiente”

Actividad	Qsensible [W]	Qlatente [W]
Persona que camina en vivienda	85	130
Realizando trabajo moderado de oficina	73	59
Haciendo trabajo sentado (restaurante)	81	81

Tabla 9: Promedio de velocidad de vientos por dirección, según la rosa de los vientos. Fuente: Extraída del Explorador solar.

Temporada	Dic - Feb		Mar - May		Jun - Agosto		Sept - Nov	
Hora	Velocidad [m/s]	Dirección	Velocidad [m/s]	Dirección	Velocidad [m/s]	Dirección	Velocidad [m/s]	Dirección
00:00	2.10	Sur	1.56	Sur	2.44	Norte; Este	1.95	Sur
01:00	1.72	Sur	1.44	Sur	2.46	Este	1.99	Sur
02:00	1.46	Sur	1.47	Sur	2.57	Este	1.93	Sur
03:00	1.36	Sur	1.42	Sur; Este	2.57	Norte; Este	1.98	Sur
04:00	1.25	Sur	1.39	Sur; Este	2.63	Norte; Este	2.02	Sur
05:00	1.22	Sur	1.41	Sur; Este	2.72	Norte; Este	2.03	Sur
06:00	1.12	Sur	1.42	Sur; Este	2.79	Norte; Este	1.99	Sur; Este
07:00	1.20	Sur	1.48	Este	2.87	Norte; Este	2.03	Norte; Este; Sur
08:00	1.23	Sur	1.50	Este	2.89	Norte; Este	2.07	Sur
09:00	1.39	Sur; Oeste	1.66	Este	2.98	Norte; Este	2.02	Sur; Oeste
10:00	1.65	Sur; Oeste	1.79	Sur; Oeste	2.97	Sur	2.05	Sur; Oeste
11:00	2.19	Sur; Oeste	1.96	Sur; Oeste	2.89	Sur	2.20	Sur; Oeste
12:00	2.72	Sur; Oeste	2.09	Sur; Oeste	2.84	Sur	2.46	Sur; Oeste
13:00	3.16	Sur; Oeste	2.31	Sur; Oeste	2.67	Sur	2.53	Sur; Oeste
14:00	3.47	Sur; Oeste	2.46	Sur; Oeste	2.80	Sur	2.74	Sur; Oeste
15:00	3.73	Sur; Oeste	2.67	Sur; Oeste	2.75	Norte; Sur	2.97	Sur; Oeste
16:00	3.92	Sur; Oeste	2.77	Sur; Oeste	2.72	Norte; Sur	3.12	Sur; Oeste
17:00	4.07	Sur; Oeste	2.66	Sur; Oeste	2.55	Norte	3.12	Sur; Oeste
18:00	4.10	Sur; Oeste	2.46	Sur	2.49	Norte	2.93	Sur; Oeste
19:00	3.91	Sur	2.30	Sur	2.36	Norte; Este	2.61	Sur
20:00	3.57	Sur	2.10	Sur	2.49	Norte; Este	2.40	Sur
21:00	3.27	Sur	1.96	Sur	2.36	Norte; Este	2.17	Sur
22:00	2.82	Sur	1.81	Sur	2.35	Norte; Este	2.15	Sur
23:00	2.52	Sur	1.75	Sur	2.35	Este	2.02	Sur

Tabla 10: Valor de calor sensible para diversos artefactos eléctricos. Fuente: Elaboración propia según “Sistema de climatización. Balance térmico de verano, (Czajkowski, Gómez, & Calisto)”

Carga debido a aparatos	n	Potencia [W]	Potencia Total [W]	10% Potencia Residual [W]	% del día que está activo	Potencia Total [W]
Televisor	4	150	600	15	50%	30
Conservadora	1	250	250	25	100%	25
Refrigerador	1	450	450	45	100%	45
Secador de Pelo	2	500	1000	50	4%	4
Horno eléctrico	1	3300	3300	330	2%	6.6
Lavadora	1	1200	1200	120	13%	15
Secadora	1	5000	5000	500	13%	65
Modem	1	50	50	5	100%	5
Hervidor	1	2200	2200	220	15%	33
Impresora	1	600	600	60	5%	3
Equipo	1	150	150	15	15%	2.25
Aspiradora	1	800	800	80	10%	8
Computador	4	300	1200	30	15%	18
Microonda	1	1300	1300	130	2%	2.6
Plancha de ropa	1	1500	1500	150	1%	1.5
Freidora de aire	1	1700	1700	170	5%	8.5
Alisador de pelo	2	2000	4000	200	4%	16

Tabla 11: Caudal de viento en [m³/s]. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
0:00	229.06	170.43	266.21	213.04
1:00	187.55	157.68	268.76	217.77
2:00	159.51	160.60	281.14	210.49
3:00	148.58	154.77	281.14	216.32
4:00	136.93	151.49	286.96	220.69
5:00	132.92	154.04	296.80	221.41
6:00	122.36	155.50	305.17	217.04
7:00	131.10	161.33	313.91	221.41
8:00	134.74	164.24	315.37	226.51
9:00	152.22	181.36	325.20	220.69
10:00	179.90	195.56	324.84	223.60
11:00	238.89	214.49	316.10	239.99
12:00	296.80	228.70	309.91	268.39
13:00	345.23	252.37	291.33	281.87
14:00	379.46	269.12	305.90	299.71
15:00	407.87	291.33	300.07	324.11
16:00	428.26	302.26	297.52	341.22
17:00	445.01	290.97	278.22	340.50
18:00	447.93	268.39	271.67	320.10
19:00	427.53	251.28	257.47	285.14
20:00	390.02	229.79	272.40	261.84
21:00	356.88	214.49	257.83	237.07
22:00	308.45	198.11	256.74	234.89
23:00	275.31	190.82	256.74	220.32

Tabla 12: Reducción de temperatura en [°C]. Fuente: Elaboración propia.

Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
1.02	1.32	0.95	1.08

Tabla 13: Tabla resumen de transmitancia térmica. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Sección	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica	e/k	Transmitancia térmica	% aportación	U ponderado
Muro Exterior	Montante	Ladrillo artesanal 285x143x58 mm cantería 20 mm estuco exterior y revestimiento interior de fibrocemento (Con poliuretano expandido 10 mm)	-	-	-	1.28	100.00%	1.28
Muros Interior	Montante	Ladrillo artesanal 285x143x58 mm cantería 20 mm estuco exterior y revestimiento interior de fibrocemento (Con poliuretano expandido 10 mm)	-	-	-	1.28	100.00%	1.28
			-	-	-			
Ventanas	Montante	RSE	-	-	-	1.8	70.00%	1.92
		Vidrio PVC	-	-	-			
		RSI	-	-	-			
	Aislante	RSE	-	-	-	2.2	30.00%	
		Perfil hueco PVC (2 cámaras)	-	-	-			
		RSI	-	-	-			
Techumbre	Montante	Panel INSTAPANEL – KOVER (modelo L-804), poliuretano inyectado de densidad 40 Kg/m ³	-	-	-	0.64	5.00%	0.29
			-	-	-			
			-	-	-			
			-	-	-			
	Aislante	Cerchas de madera pino 2x2", planchas de fibro-cemento de 4 mm, yeso cartón de 12,5 mm listonado de pino 2x2"	-	-	-	0.27	95.00%	
			-	-	-			
			-	-	-			
			-	-	-			
			-	-	-			
			-	-	-			

Tabla 14: Superficie por orientación [m²]

Elemento	Norte	Sur	Este	Oeste
Muro exterior	18.48	16.84	21.85	18.86
Muro interior	29.20	8.69	27.14	6.11
Ventanas	2.25	5.49	3.38	8.17
Puerta principal	-	-	1.80	-
Puerta trasera	1.60	-	-	-

Tabla 15: Cargas solares indirectas de la vivienda en kW. Fuente: Elaboración propia.

Meses	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00
7:00	4.79	4.97	1.78	5.26
8:00	18.96	13.19	3.05	16.16
9:00	36.95	27.78	14.64	29.43
10:00	33.13	40.64	20.19	21.46
11:00	42.25	52.19	24.88	47.28
12:00	51.52	48.88	19.40	53.64
13:00	90.12	92.80	23.52	59.58
14:00	47.60	65.94	28.31	53.56
15:00	82.31	59.88	29.69	32.12
16:00	63.07	45.37	22.49	25.96
17:00	24.59	27.57	21.02	14.45
18:00	10.88	8.77	1.42	6.53
19:00	0.41	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00



Tabla 16: Cargas solares directas de la vivienda en [kW]. Fuente: Entregada en el explorador solar.

Hora	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
0:00	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0
7:00	0.09	0.00	0.00	0.28
8:00	1.60	0.43	0.05	1.47
9:00	3.39	1.16	0.61	2.77
10:00	2.57	1.78	0.89	1.68
11:00	3.31	2.36	1.10	2.15
12:00	3.81	2.16	0.87	2.37
13:00	9.92	7.06	2.53	6.54
14:00	7.12	5.33	2.29	4.33
15:00	6.65	4.84	2.40	4.30
16:00	5.10	3.80	1.82	3.48
17:00	3.29	2.40	1.76	1.94
18:00	1.50	0.77	0.12	0.90
19:00	0.05	0.01	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 17: Resultados para carga por envolvente en kW. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept – Nov
0:00	-3.15	-2.05	-2.80	-3.97
1:00	-3.21	-2.09	-2.82	-4.01
2:00	-3.25	-2.11	-2.83	-4.08
3:00	-3.29	-2.14	-2.86	-4.14
4:00	-3.34	-2.17	-2.88	-4.17
5:00	-3.40	-2.19	-2.90	-4.21
6:00	-3.46	-2.21	-2.92	-4.24
7:00	-3.41	-2.24	-2.95	-4.17
8:00	-3.18	-2.24	-2.95	-3.93
9:00	-2.83	-2.09	-2.90	-3.60
10:00	-2.44	-1.80	-2.72	-3.25
11:00	-2.10	-1.44	-2.53	-2.98
12:00	-1.84	-1.16	-2.35	-2.81
13:00	-1.69	-1.02	-2.21	-2.72
14:00	-1.62	-0.96	-2.14	-2.69
15:00	-1.61	-0.94	-2.12	-2.72
16:00	-1.69	-1.03	-2.18	-2.80
17:00	-1.82	-1.18	-2.31	-2.94
18:00	-2.00	-1.41	-2.49	-3.13
19:00	-2.29	-1.62	-2.58	-3.39
20:00	-2.59	-1.75	-2.65	-3.59
21:00	-2.78	-1.85	-2.70	-3.72
22:00	-2.95	-1.93	-2.74	-3.82
23:00	-3.05	-1.99	-2.78	-3.91

Tabla 18: Carga interna de iluminación. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Lámpara	n	Potencia [W]	Qii[w]
Ampolleta Led Sobrepuesta	5	22	110
Ampolleta Led Bright	22	13	286
Qii[kW]			0.40

Tabla 19: Valores de calor latente y sensible por persona que camina en [kW]. Fuente: Elaboración propia.

Persona que camina	$C_{Sensible}$ (Qips)	$C_{Latente}$ (Qipi)
Total [kW]	0.22	0.64



Tabla 20: Área de infiltración de puertas y ventanas en [m²]. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Este (Landside)	Norte	Oeste (Airsde)	Sur
0:00	0.10	0.08	0.16	0.11
1:00	0.10	0.08	0.16	0.11
2:00	0.10	0.08	0.16	0.11
3:00	0.10	0.08	0.16	0.11
4:00	0.10	0.08	0.16	0.11
5:00	0.10	0.08	0.16	0.11
6:00	0.10	0.08	0.16	0.11
7:00	0.10	0.16	0.33	0.11
8:00	0.23	0.08	0.41	0.33
9:00	0.31	0.27	0.65	0.22
10:00	0.71	0.86	0.16	0.60
11:00	0.37	0.86	0.16	1.04
12:00	0.71	0.08	0.82	0.99
13:00	1.05	0.49	1.06	1.37
14:00	0.71	0.95	0.16	1.54
15:00	0.37	0.45	0.16	0.93
16:00	0.37	0.61	0.16	0.66
17:00	0.21	1.26	0.16	0.11
18:00	0.53	0.37	0.16	0.11
19:00	0.10	0.22	0.16	0.11
20:00	0.10	0.17	0.16	0.11
21:00	0.10	0.11	0.16	0.11
22:00	0.10	0.08	0.16	0.11
23:00	0.10	0.08	0.16	0.11



Tabla 21: Temperaturas exteriores por temporada [°C]. Fuente: Entregada por explorador solar.

Meses	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
0:00	13.47	11.10	9.03	11.13
1:00	13.30	10.98	8.93	10.94
2:00	13.18	10.89	8.83	10.65
3:00	13.04	10.77	8.72	10.45
4:00	12.94	10.64	8.65	10.26
5:00	12.82	10.53	8.54	10.06
6:00	12.67	10.45	8.44	9.93
7:00	12.66	10.34	8.31	10.37
8:00	13.14	10.27	8.46	11.58
9:00	14.22	10.59	9.02	12.95
10:00	15.75	11.45	9.86	14.33
11:00	17.16	12.49	10.75	15.37
12:00	18.23	13.41	11.45	16.04
13:00	18.83	13.99	11.88	16.38
14:00	19.14	14.25	12.05	16.53
15:00	19.20	14.25	12.09	16.49
16:00	18.93	13.97	11.85	16.16
17:00	18.42	13.42	11.38	15.59
18:00	17.65	12.63	10.71	14.85
19:00	16.51	12.17	10.17	13.79
20:00	15.42	11.86	9.84	12.87
21:00	14.75	11.60	9.60	12.23
22:00	14.19	11.35	9.37	11.81
23:00	13.80	11.19	9.19	11.43
Promedio	11.93	11.51	8.82	8.96



Tabla 22: Resultados para carga por ventilación sensible en [kW]. Fuente: Elaboración propia.

Meses	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
0:00	-3.17	-1.82	-5.79	-3.55
1:00	-2.63	-1.71	-3.37	-3.67
2:00	-2.26	-1.76	-3.56	-3.62
3:00	-2.13	-4.97	-6.29	-3.78
4:00	-1.98	-4.90	-6.46	-3.90
5:00	-1.94	-4.99	-6.74	-3.97
6:00	-1.81	-5.05	-6.99	-7.63
7:00	-1.94	-1.76	-10.39	-13.06
8:00	-5.75	-4.01	-12.23	-10.94
9:00	-15.66	-5.71	-22.66	-25.38
10:00	-13.96	-14.02	-21.75	-20.01
11:00	-24.69	-21.24	-33.34	-30.47
12:00	-39.63	-29.76	-28.64	-47.45
13:00	-56.65	-40.35	-35.51	-63.41
14:00	-41.32	-28.77	-40.86	-47.19
15:00	-28.37	-20.08	-35.78	-33.05
16:00	-23.35	-16.39	-33.54	-27.12
17:00	-8.74	-5.72	-33.00	-9.56
18:00	-9.84	-2.38	-10.09	-9.71
19:00	-4.36	-2.36	-8.82	-3.84
20:00	-4.48	-2.25	-8.33	-3.81
21:00	-4.39	-2.16	-6.26	-3.63
22:00	-4.00	-2.06	-5.41	-3.72
23:00	-3.70	-2.02	-3.14	-3.59



Tabla 23: Resultados para carga por ventilación latente en [kW]. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Dic - Feb	Mar - May	Jun - Agosto	Sept - Nov
00:00	-0.001924	0.001432	0.002236	0.001790
01:00	0.006302	0.003974	0.006773	0.007317
02:00	0.008039	0.006745	0.009446	0.010609
03:00	0.009985	0.007800	0.011808	0.014536
04:00	0.012652	0.008908	0.012052	0.016684
05:00	0.014515	0.010352	0.012465	0.020459
06:00	0.014390	0.011756	0.012817	0.020055
07:00	0.016519	0.013551	0.013184	0.022318
08:00	0.018109	0.013796	0.013245	0.024735
09:00	0.021737	0.015234	0.013658	0.024099
10:00	0.025689	0.018070	0.016372	0.024417
11:00	0.028094	0.019819	0.015931	0.022175
12:00	0.012465	0.017289	0.015619	0.011272
13:00	-0.008700	0.008480	0.009789	-0.007103
14:00	-0.025500	-0.009042	-0.002570	-0.022658
15:00	-0.044539	-0.024472	-0.012603	-0.032670
16:00	-0.050363	-0.035546	-0.022493	-0.040128
17:00	-0.059810	-0.036662	-0.025708	-0.042902
18:00	-0.060201	-0.036072	-0.027384	-0.040333
19:00	-0.053869	-0.033771	-0.025953	-0.033533
20:00	-0.045867	-0.027023	-0.025169	-0.028592
21:00	-0.038972	-0.019819	-0.019492	-0.021905
22:00	-0.028501	-0.011649	-0.008626	-0.015784
23:00	-0.016188	-0.003206	-0.002157	-0.005552

Tabla 24: Cargas totales de enfriamiento y calefacción para los meses de diciembre a febrero. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl	Qt	Refrigeración	Calefacción
0:00	-3.15	0.00	0.00	-3.17	0.22	0.69	-0.00192	0.64	-4.77	0.00	-4.77
1:00	-3.21	0.00	0.00	-2.63	0.00	0.00	0.00630	0.00	-5.83	0.00	-5.83
2:00	-3.25	0.00	0.00	-2.26	0.00	0.00	0.00804	0.00	-5.50	0.00	-5.50
3:00	-3.29	0.00	0.00	-2.13	0.00	0.00	0.00998	0.00	-5.42	0.00	-5.42
4:00	-3.34	0.00	0.00	-1.98	0.00	0.00	0.01265	0.00	-5.31	0.00	-5.31
5:00	-3.40	0.00	0.00	-1.94	0.00	0.00	0.01451	0.00	-5.32	0.00	-5.32
6:00	-3.46	0.00	0.00	-1.81	0.22	0.35	0.01439	0.64	-4.04	0.00	-4.04
7:00	-3.41	0.09	4.79	-1.94	0.22	0.35	0.01652	0.64	0.76	0.76	0.00
8:00	-3.18	1.60	18.96	-5.75	0.22	0.35	0.01811	0.64	12.85	12.85	0.00
9:00	-2.83	3.39	36.95	-15.66	0.00	0.00	0.02174	0.00	21.87	21.87	0.00
10:00	-2.44	2.57	33.13	-13.96	0.11	0.35	0.02569	0.32	20.11	20.11	0.00
11:00	-2.10	3.31	42.25	-24.69	0.11	0.35	0.02809	0.32	19.58	19.58	0.00
12:00	-1.84	3.81	51.52	-39.63	0.11	0.35	0.01247	0.32	14.65	14.65	0.00
13:00	-1.69	9.92	90.12	-56.65	0.11	0.35	-0.00870	0.32	42.47	42.47	0.00
14:00	-1.62	7.12	47.60	-41.32	0.11	0.35	-0.02550	0.32	12.53	12.53	0.00
15:00	-1.61	6.65	82.31	-28.37	0.11	0.35	-0.04454	0.32	59.71	59.71	0.00
16:00	-1.69	5.10	63.07	-23.35	0.11	0.35	-0.05036	0.32	43.86	43.86	0.00
17:00	-1.82	3.29	24.59	-8.74	0.11	0.35	-0.05981	0.32	18.04	18.04	0.00
18:00	-2.00	1.50	10.88	-9.84	0.11	0.35	-0.06020	0.32	1.26	1.26	0.00
19:00	-2.29	0.05	0.41	-4.36	0.22	0.69	-0.05387	0.64	-4.69	0.00	-4.69
20:00	-2.59	0.00	0.00	-4.48	0.22	0.69	-0.04587	0.64	-5.57	0.00	-5.57
21:00	-2.78	0.00	0.00	-4.39	0.22	0.69	-0.03897	0.64	-5.66	0.00	-5.66
22:00	-2.95	0.00	0.00	-4.00	0.22	0.69	-0.02850	0.64	-5.43	0.00	-5.43
23:00	-3.05	0.00	0.00	-3.70	0.22	0.69	-0.01619	0.64	-5.22	0.00	-5.22

Tabla 25: Cargas totales de enfriamiento y calefacción para los meses de marzo a mayo. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas Latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl		Refrigeración	Calefacción
0:00	-2.05	0.00	0.00	-1.82	0.22	0.69	0.00143	0.64	-2.32	0.00	-2.32
1:00	-2.09	0.00	0.00	-1.71	0.00	0.00	0.00397	0.00	-3.79	0.00	-3.79
2:00	-2.11	0.00	0.00	-1.76	0.00	0.00	0.00675	0.00	-3.86	0.00	-3.86
3:00	-2.14	0.00	0.00	-4.97	0.00	0.00	0.00780	0.00	-7.11	0.00	-7.11
4:00	-2.17	0.00	0.00	-4.90	0.00	0.00	0.00891	0.00	-7.06	0.00	-7.06
5:00	-2.19	0.00	0.00	-4.99	0.00	0.00	0.01035	0.00	-7.17	0.00	-7.17
6:00	-2.21	0.00	0.00	-5.05	0.22	0.35	0.01176	0.64	-6.04	0.00	-6.04
7:00	-2.24	0.00	4.97	-1.76	0.22	0.35	0.01355	0.64	2.19	2.19	0.00
8:00	-2.24	0.43	13.19	-4.01	0.22	0.35	0.01380	0.64	8.58	8.58	0.00
9:00	-2.09	1.16	27.78	-5.71	0.00	0.00	0.01523	0.00	21.16	21.16	0.00
10:00	-1.80	1.78	40.64	-14.02	0.11	0.35	0.01807	0.32	27.40	27.40	0.00
11:00	-1.44	2.36	52.19	-21.24	0.11	0.35	0.01982	0.32	32.68	32.68	0.00
12:00	-1.16	2.16	48.88	-29.76	0.11	0.35	0.01729	0.32	20.93	20.93	0.00
13:00	-1.02	7.06	92.80	-40.35	0.11	0.35	0.00848	0.32	59.28	59.28	0.00
14:00	-0.96	5.33	65.94	-28.77	0.11	0.35	-0.00904	0.32	42.31	42.31	0.00
15:00	-0.94	4.84	59.88	-20.08	0.11	0.35	-0.02447	0.32	44.46	44.46	0.00
16:00	-1.03	3.80	45.37	-16.39	0.11	0.35	-0.03555	0.32	32.50	32.50	0.00
17:00	-1.18	2.40	27.57	-5.72	0.11	0.35	-0.03666	0.32	23.83	23.83	0.00
18:00	-1.41	0.77	8.77	-2.38	0.11	0.35	-0.03607	0.32	6.50	6.50	0.00
19:00	-1.62	0.01	0.00	-2.36	0.22	0.69	-0.03377	0.64	-2.46	0.00	-2.46
20:00	-1.75	0.00	0.00	-2.25	0.22	0.69	-0.02702	0.64	-2.48	0.00	-2.48
21:00	-1.85	0.00	0.00	-2.16	0.22	0.69	-0.01982	0.64	-2.49	0.00	-2.49
22:00	-1.93	0.00	0.00	-2.06	0.22	0.69	-0.01165	0.64	-2.45	0.00	-2.45
23:00	-1.99	0.00	0.00	-2.02	0.22	0.69	-0.00321	0.64	-2.46	0.00	-2.46

Tabla 26: Cargas totales de enfriamiento y calefacción para los meses de junio a agosto. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas Latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl		Refrigeración	Calefacción
0:00	-2.80	0.00	0.00	-5.79	0.22	0.69	0.00224	0.64	-7.04	0.00	-7.04
1:00	-2.82	0.00	0.00	-3.37	0.00	0.00	0.00677	0.00	-6.18	0.00	-6.18
2:00	-2.83	0.00	0.00	-3.56	0.00	0.00	0.00945	0.00	-6.38	0.00	-6.38
3:00	-2.86	0.00	0.00	-6.29	0.00	0.00	0.01181	0.00	-9.14	0.00	-9.14
4:00	-2.88	0.00	0.00	-6.46	0.00	0.00	0.01205	0.00	-9.33	0.00	-9.33
5:00	-2.90	0.00	0.00	-6.74	0.00	0.00	0.01247	0.00	-9.64	0.00	-9.64
6:00	-2.92	0.00	0.00	-6.99	0.22	0.35	0.01282	0.64	-8.69	0.00	-8.69
7:00	-2.95	0.00	1.78	-10.39	0.22	0.35	0.01318	0.64	-10.34	0.00	-10.34
8:00	-2.95	0.05	3.05	-12.23	0.22	0.35	0.01325	0.64	-10.87	0.00	-10.87
9:00	-2.90	0.61	14.64	-22.66	0.00	0.00	0.01366	0.00	-10.31	0.00	-10.31
10:00	-2.72	0.89	20.19	-21.75	0.11	0.35	0.01637	0.32	-2.59	0.00	-2.59
11:00	-2.53	1.10	24.88	-33.34	0.11	0.35	0.01593	0.32	-9.10	0.00	-9.10
12:00	-2.35	0.87	19.40	-28.64	0.11	0.35	0.01562	0.32	-9.92	0.00	-9.92
13:00	-2.21	2.53	23.52	-35.51	0.11	0.35	0.00979	0.32	-10.89	0.00	-10.89
14:00	-2.14	2.29	28.31	-40.86	0.11	0.35	-0.00257	0.32	-11.62	0.00	-11.62
15:00	-2.12	2.40	29.69	-35.78	0.11	0.35	-0.01260	0.32	-5.05	0.00	-5.05
16:00	-2.18	1.82	22.49	-33.54	0.11	0.35	-0.02249	0.32	-10.65	0.00	-10.65
17:00	-2.31	1.76	21.02	-33.00	0.11	0.35	-0.02571	0.32	-11.78	0.00	-11.78
18:00	-2.49	0.12	1.42	-10.09	0.11	0.35	-0.02738	0.32	-10.28	0.00	-10.28
19:00	-2.58	0.00	0.00	-8.82	0.22	0.69	-0.02595	0.64	-9.88	0.00	-9.88
20:00	-2.65	0.00	0.00	-8.33	0.22	0.69	-0.02517	0.64	-9.45	0.00	-9.45
21:00	-2.70	0.00	0.00	-6.26	0.22	0.69	-0.01949	0.64	-7.42	0.00	-7.42
22:00	-2.74	0.00	0.00	-5.41	0.22	0.69	-0.00863	0.64	-6.61	0.00	-6.61
23:00	-2.78	0.00	0.00	-3.14	0.22	0.69	-0.00216	0.64	-4.38	0.00	-4.38

Tabla 27: Cargas totales de enfriamiento y calefacción para los meses de septiembre a noviembre. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas Latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl		Refrigeración	Calefacción
0:00	-3.97	0.00	0.00	-3.5	0.22	0.7	0.00179	0.64	-5.96	0.00	-5.96
1:00	-4.01	0.00	0.00	-3.7	0.00	0.0	0.00732	0.00	-7.68	0.00	-7.68
2:00	-4.08	0.00	0.00	-3.6	0.00	0.0	0.01061	0.00	-7.70	0.00	-7.70
3:00	-4.14	0.00	0.00	-3.8	0.00	0.0	0.01454	0.00	-7.90	0.00	-7.90
4:00	-4.17	0.00	0.00	-3.9	0.00	0.0	0.01668	0.00	-8.06	0.00	-8.06
5:00	-4.21	0.00	0.00	-4.0	0.00	0.0	0.02046	0.00	-8.16	0.00	-8.16
6:00	-4.24	0.00	0.00	-7.6	0.22	0.4	0.02005	0.64	-10.64	0.00	-10.64
7:00	-4.17	0.28	5.26	-13.1	0.22	0.4	0.02232	0.64	-10.46	0.00	-10.46
8:00	-3.93	1.47	16.16	-10.9	0.22	0.4	0.02474	0.64	4.00	4.00	0.00
9:00	-3.60	2.77	29.43	-25.4	0.00	0.0	0.02410	0.00	3.26	3.26	0.00
10:00	-3.25	1.68	21.46	-20.0	0.11	0.4	0.02442	0.32	0.67	0.67	0.00
11:00	-2.98	2.15	47.28	-30.5	0.11	0.4	0.02217	0.32	16.77	16.77	0.00
12:00	-2.81	2.37	53.64	-47.4	0.11	0.4	0.01127	0.32	6.54	6.54	0.00
13:00	-2.72	6.54	59.58	-63.4	0.11	0.4	-0.00710	0.32	0.76	0.76	0.00
14:00	-2.69	4.33	53.56	-47.2	0.11	0.4	-0.02266	0.32	8.77	8.77	0.00
15:00	-2.72	4.30	32.12	-33.0	0.11	0.4	-0.03267	0.32	1.40	1.40	0.00
16:00	-2.80	3.48	25.96	-27.1	0.11	0.4	-0.04013	0.32	0.26	0.26	0.00
17:00	-2.94	1.94	14.45	-9.6	0.11	0.4	-0.04290	0.32	4.63	4.63	0.00
18:00	-3.13	0.90	6.53	-9.7	0.11	0.4	-0.04033	0.32	-4.68	0.00	-4.68
19:00	-3.39	0.00	0.00	-3.8	0.22	0.7	-0.03353	0.64	-5.70	0.00	-5.70
20:00	-3.59	0.00	0.00	-3.8	0.22	0.7	-0.02859	0.64	-5.88	0.00	-5.88
21:00	-3.72	0.00	0.00	-3.6	0.22	0.7	-0.02191	0.64	-5.83	0.00	-5.83
22:00	-3.82	0.00	0.00	-3.7	0.22	0.7	-0.01578	0.64	-6.01	0.00	-6.01
23:00	-3.91	0.00	0.00	-3.6	0.22	0.7	-0.00555	0.64	-5.95	0.00	-5.95

Tabla 28: Cargas totales incluyendo jardín vertical para los meses de diciembre a febrero. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl	Qt	Refrigeración	Calefacción
0:00	-2.88	0.00	0.00	-2.89	0.22	0.69	-0.00192	0.64	-4.22	0.00	-4.22
1:00	-2.94	0.00	0.00	-2.40	0.00	0.00	0.00630	0.00	-5.34	0.00	-5.34
2:00	-2.98	0.00	0.00	-2.07	0.00	0.00	0.00804	0.00	-5.04	0.00	-5.04
3:00	-3.02	0.00	0.00	-1.95	0.00	0.00	0.00998	0.00	-4.96	0.00	-4.96
4:00	-3.07	0.00	0.00	-1.81	0.00	0.00	0.01265	0.00	-4.87	0.00	-4.87
5:00	-3.13	0.00	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.01451	0.00	-4.89	0.00	-4.89
6:00	-3.19	0.00	0.00	-1.66	0.22	0.35	0.01439	0.64	-3.62	0.00	-3.62
7:00	-3.14	0.09	4.79	-1.78	0.22	0.35	0.01652	0.64	1.19	1.19	0.00
8:00	-2.91	1.60	18.96	-5.26	0.22	0.35	0.01811	0.64	13.62	13.62	0.00
9:00	-2.56	3.39	36.95	-14.18	0.00	0.00	0.02174	0.00	23.62	23.62	0.00
10:00	-2.17	2.57	33.13	-12.42	0.11	0.35	0.02569	0.32	21.92	21.92	0.00
11:00	-1.83	3.31	42.25	-21.47	0.11	0.35	0.02809	0.32	23.07	23.07	0.00
12:00	-1.57	3.81	51.52	-33.66	0.11	0.35	0.01247	0.32	20.89	20.89	0.00
13:00	-1.42	9.92	90.12	-47.28	0.11	0.35	-0.00870	0.32	52.11	52.11	0.00
14:00	-1.35	7.12	47.60	-34.13	0.11	0.35	-0.02550	0.32	20.00	20.00	0.00
15:00	-1.35	6.65	82.31	-23.38	0.11	0.35	-0.04454	0.32	64.97	64.97	0.00
16:00	-1.42	5.10	63.07	-19.43	0.11	0.35	-0.05036	0.32	48.05	48.05	0.00
17:00	-1.55	3.29	24.59	-7.39	0.11	0.35	-0.05981	0.32	19.67	19.67	0.00
18:00	-1.73	1.50	10.88	-8.47	0.11	0.35	-0.06020	0.32	2.89	2.89	0.00
19:00	-2.02	0.05	0.41	-3.83	0.22	0.69	-0.05387	0.64	-3.90	0.00	-3.90
20:00	-2.32	0.00	0.00	-4.01	0.22	0.69	-0.04587	0.64	-4.82	0.00	-4.82
21:00	-2.51	0.00	0.00	-3.95	0.22	0.69	-0.03897	0.64	-4.95	0.00	-4.95
22:00	-2.68	0.00	0.00	-3.62	0.22	0.69	-0.02850	0.64	-4.78	0.00	-4.78
23:00	-2.78	0.00	0.00	-3.36	0.22	0.69	-0.01619	0.64	-4.61	0.00	-4.61

Tabla 29: Cargas totales incluyendo jardín vertical para los meses de marzo a mayo. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas Latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl		Refrigeración	Calefacción
0:00	-2.40	0.00	0.00	-2.09	0.22	0.69	0.00143	0.64	-2.94	0.00	-2.94
1:00	-2.43	0.00	0.00	-1.96	0.00	0.00	0.00397	0.00	-4.38	0.00	-4.38
2:00	-2.46	0.00	0.00	-2.01	0.00	0.00	0.00675	0.00	-4.46	0.00	-4.46
3:00	-2.49	0.00	0.00	-5.44	0.00	0.00	0.00780	0.00	-7.93	0.00	-7.93
4:00	-2.52	0.00	0.00	-5.36	0.00	0.00	0.00891	0.00	-7.86	0.00	-7.86
5:00	-2.53	0.00	0.00	-5.46	0.00	0.00	0.01035	0.00	-7.99	0.00	-7.99
6:00	-2.56	0.00	0.00	-5.53	0.22	0.35	0.01176	0.64	-6.86	0.00	-6.86
7:00	-2.59	0.00	4.97	-2.00	0.22	0.35	0.01355	0.64	1.61	1.61	0.00
8:00	-2.59	0.43	13.19	-4.55	0.22	0.35	0.01380	0.64	7.70	7.70	0.00
9:00	-2.44	1.16	27.78	-6.51	0.00	0.00	0.01523	0.00	20.01	20.01	0.00
10:00	-2.15	1.78	40.64	-16.17	0.11	0.35	0.01807	0.32	24.90	24.90	0.00
11:00	-1.78	2.36	52.19	-24.94	0.11	0.35	0.01982	0.32	28.63	28.63	0.00
12:00	-1.51	2.16	48.88	-35.67	0.11	0.35	0.01729	0.32	14.67	14.67	0.00
13:00	-1.37	7.06	92.80	-49.15	0.11	0.35	0.00848	0.32	50.13	50.13	0.00
14:00	-1.30	5.33	65.94	-35.32	0.11	0.35	-0.00904	0.32	35.41	35.41	0.00
15:00	-1.29	4.84	59.88	-24.65	0.11	0.35	-0.02447	0.32	39.53	39.53	0.00
16:00	-1.37	3.80	45.37	-19.95	0.11	0.35	-0.03555	0.32	28.60	28.60	0.00
17:00	-1.52	2.40	27.57	-6.86	0.11	0.35	-0.03666	0.32	22.34	22.34	0.00
18:00	-1.76	0.77	8.77	-2.80	0.11	0.35	-0.03607	0.32	5.73	5.73	0.00
19:00	-1.97	0.01	0.00	-2.76	0.22	0.69	-0.03377	0.64	-3.20	0.00	-3.20
20:00	-2.10	0.00	0.00	-2.61	0.22	0.69	-0.02702	0.64	-3.18	0.00	-3.18
21:00	-2.20	0.00	0.00	-2.50	0.22	0.69	-0.01982	0.64	-3.17	0.00	-3.17
22:00	-2.28	0.00	0.00	-2.37	0.22	0.69	-0.01165	0.64	-3.11	0.00	-3.11
23:00	-2.33	0.00	0.00	-2.32	0.22	0.69	-0.00321	0.64	-3.11	0.00	-3.11

Tabla 30: Cargas totales incluyendo jardín vertical para los meses de junio a agosto. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas Latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl		Refrigeración	Calefacción
0:00	-3.05	0.00	0.00	-6.29	0.22	0.69	0.00224	0.64	-7.79	0.00	-7.79
1:00	-3.07	0.00	0.00	-3.66	0.00	0.00	0.00677	0.00	-6.72	0.00	-6.72
2:00	-3.09	0.00	0.00	-3.86	0.00	0.00	0.00945	0.00	-6.94	0.00	-6.94
3:00	-3.11	0.00	0.00	-6.82	0.00	0.00	0.01181	0.00	-9.92	0.00	-9.92
4:00	-3.13	0.00	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.01205	0.00	-10.12	0.00	-10.12
5:00	-3.16	0.00	0.00	-7.30	0.00	0.00	0.01247	0.00	-10.45	0.00	-10.45
6:00	-3.17	0.00	0.00	-7.57	0.22	0.35	0.01282	0.64	-9.52	0.00	-9.52
7:00	-3.20	0.00	1.78	-11.24	0.22	0.35	0.01318	0.64	-11.43	0.00	-11.43
8:00	-3.21	0.05	3.05	-13.24	0.22	0.35	0.01325	0.64	-12.13	0.00	-12.13
9:00	-3.15	0.61	14.64	-24.63	0.00	0.00	0.01366	0.00	-12.52	0.00	-12.52
10:00	-2.97	0.89	20.19	-23.78	0.11	0.35	0.01637	0.32	-4.87	0.00	-4.87
11:00	-2.78	1.10	24.88	-36.76	0.11	0.35	0.01593	0.32	-12.77	0.00	-12.77
12:00	-2.60	0.87	19.40	-31.82	0.11	0.35	0.01562	0.32	-13.35	0.00	-13.35
13:00	-2.46	2.53	23.52	-39.66	0.11	0.35	0.00979	0.32	-15.29	0.00	-15.29
14:00	-2.39	2.29	28.31	-45.74	0.11	0.35	-0.00257	0.32	-16.75	0.00	-16.75
15:00	-2.37	2.40	29.69	-40.08	0.11	0.35	-0.01260	0.32	-9.60	0.00	-9.60
16:00	-2.43	1.82	22.49	-37.44	0.11	0.35	-0.02249	0.32	-14.80	0.00	-14.80
17:00	-2.57	1.76	21.02	-36.64	0.11	0.35	-0.02571	0.32	-15.67	0.00	-15.67
18:00	-2.74	0.12	1.42	-11.12	0.11	0.35	-0.02738	0.32	-11.57	0.00	-11.57
19:00	-2.83	0.00	0.00	-9.67	0.22	0.69	-0.02595	0.64	-10.98	0.00	-10.98
20:00	-2.90	0.00	0.00	-9.10	0.22	0.69	-0.02517	0.64	-10.48	0.00	-10.48
21:00	-2.95	0.00	0.00	-6.83	0.22	0.69	-0.01949	0.64	-8.24	0.00	-8.24
22:00	-2.99	0.00	0.00	-5.90	0.22	0.69	-0.00863	0.64	-7.35	0.00	-7.35
23:00	-3.03	0.00	0.00	-3.42	0.22	0.69	-0.00216	0.64	-4.90	0.00	-4.90

Tabla 31: Cargas totales incluyendo jardín vertical para los meses de septiembre a noviembre. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Cargas Sensibles [kW]						Cargas Latentes [kW]		Total [kW]	Potencia [kW]	
	Qc	Qsr	Qsrt	Qvs	Qips	Qie +Qiii	Qvl	Qipl		Refrigeración	Calefacción
0:00	-3.68	0.00	0.00	-3.3	0.22	0.7	0.00179	0.64	-5.40	0.00	-5.40
1:00	-3.73	0.00	0.00	-3.4	0.00	0.0	0.00732	0.00	-7.11	0.00	-7.11
2:00	-3.80	0.00	0.00	-3.4	0.00	0.0	0.01061	0.00	-7.14	0.00	-7.14
3:00	-3.85	0.00	0.00	-3.5	0.00	0.0	0.01454	0.00	-7.33	0.00	-7.33
4:00	-3.89	0.00	0.00	-3.6	0.00	0.0	0.01668	0.00	-7.49	0.00	-7.49
5:00	-3.93	0.00	0.00	-3.7	0.00	0.0	0.02046	0.00	-7.59	0.00	-7.59
6:00	-3.96	0.00	0.00	-7.1	0.22	0.4	0.02005	0.64	-9.81	0.00	-9.81
7:00	-3.88	0.28	5.26	-12.1	0.22	0.4	0.02232	0.64	-9.21	0.00	-9.21
8:00	-3.64	1.47	16.16	-10.1	0.22	0.4	0.02474	0.64	5.16	5.16	0.00
9:00	-3.31	2.77	29.43	-23.1	0.00	0.0	0.02410	0.00	5.82	5.82	0.00
10:00	-2.97	1.68	21.46	-18.0	0.11	0.4	0.02442	0.32	2.98	2.98	0.00
11:00	-2.70	2.15	47.28	-27.1	0.11	0.4	0.02217	0.32	20.48	20.48	0.00
12:00	-2.53	2.37	53.64	-41.7	0.11	0.4	0.01127	0.32	12.55	12.55	0.00
13:00	-2.44	6.54	59.58	-55.5	0.11	0.4	-0.00710	0.32	8.98	8.98	0.00
14:00	-2.41	4.33	53.56	-41.2	0.11	0.4	-0.02266	0.32	15.07	15.07	0.00
15:00	-2.43	4.30	32.12	-28.9	0.11	0.4	-0.03267	0.32	5.88	5.88	0.00
16:00	-2.52	3.48	25.96	-23.8	0.11	0.4	-0.04013	0.32	3.85	3.85	0.00
17:00	-2.65	1.94	14.45	-8.5	0.11	0.4	-0.04290	0.32	6.01	6.01	0.00
18:00	-2.85	0.90	6.53	-8.7	0.11	0.4	-0.04033	0.32	-3.36	0.00	-3.36
19:00	-3.10	0.00	0.00	-3.5	0.22	0.7	-0.03353	0.64	-5.05	0.00	-5.05
20:00	-3.30	0.00	0.00	-3.5	0.22	0.7	-0.02859	0.64	-5.25	0.00	-5.25
21:00	-3.44	0.00	0.00	-3.3	0.22	0.7	-0.02191	0.64	-5.23	0.00	-5.23
22:00	-3.54	0.00	0.00	-3.4	0.22	0.7	-0.01578	0.64	-5.42	0.00	-5.42
23:00	-3.62	0.00	0.00	-3.3	0.22	0.7	-0.00555	0.64	-5.38	0.00	-5.38



UCSC

Simposio de Habilitación Profesional
Departamento de Ingeniería Civil
Octubre 2024