

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU)  
Especialización en Edificación Energéticamente Optimizada (EEEE)



# | ENVOLVENTES VEGETALES Y SU APOORTE A VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN APÓSTOLES – MISIONES |

Trabajo final integrador para la obtención del Grado Académico de  
Especialista en Edificación Energéticamente Optimizada

**Autora: Arq. Antonella CLEVA**  
antonellacleva@gmail.com

**Directora del trabajo final: Dra. Arq. Herminia M. ALÍAS**

**2023**



## INDICE

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
<b>PRIMERA ETAPA   CLIMA Y VEGETACIÓN DE APÓSTOLES. USOS DE DISPOSITIVOS VEGETALES EN LA ARQUITECTURA .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1 - CONOCIENDO APÓSTOLES.....</b>	<b>8</b>
1.1 APÓSTOLES.....	8
<b>CAPÍTULO 2 - ESPECIES VEGETALES.....</b>	<b>11</b>
2.1 FITO GEOGRAFÍA .....	11
<b>CAPÍTULO 3 - ENVOLVENTE, ANÁLISIS DE CASOS .....</b>	<b>15</b>
3.1 ENVOLVENTES .....	15
3.1.1 ILUMINACIÓN NATURAL .....	16
3.1.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	16
3.1.3 MATERIALIDAD.....	17
3.2 ENVOLVENTE VEGETAL .....	18
<b>SEGUNDA ETAPA   OPERACIÓN SOBRE UN CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO 4 – PRESENTACIÓN DE UN CASO DE ESTUDIO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR.....</b>	<b>21</b>
4.1 MODELO A ANALIZADO.....	21
4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS TERMOFÍSICOS E HIGROTÉRMICOS GENERALES SEGÚN NORMATIVA DE HABITABILIDAD.....	24
4.3 ANÁLISIS DINÁMICO MEDIANTE SOFTWARE ECOTECT.....	24
<b>CAPÍTULO 5 – EL CASO DE ESTUDIO EN SITUACIÓN ORIGINAL .....</b>	<b>25</b>
5.1 PARÁMETROS SEGÚN NORMATIVA DE HABITABILIDAD.....	28
5.2 ANÁLISIS TÉRMICO (DINÁMICO) .....	30
5.2.1 DÍA MÁS CALUROSO (HOTTEST DAY) .....	31
5.2.2 DÍA MÁS FRÍO (COLDEST DAY) .....	36
5.3 ANÁLISIS DE CARGAS MENSUALES DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN (MONTHLY HEATING/COOLING LOADS) .....	41
5.4 ANÁLISIS DE SOMBRAS (SHADOWS) .....	42
5.5 ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR .....	49
<b>CAPÍTULO 6 - EL CASO DE ESTUDIO DE SITUACIÓN MEJORADA: PROPUESTAS.....</b>	<b>54</b>
6.1 PARÁMETROS SEGÚN NORMATIVA DE HABITABILIDAD.....	57
6.2 ANÁLISIS TÉRMICO (DINÁMICO) .....	59
6.2.1 DÍA MÁS CALUROSO (HOTTEST DAY) .....	60
6.2 DÍA MÁS FRÍO (COLDEST DAY).....	65



6.3 ANÁLISIS DE CARGAS MENSUALES DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN (MONTHLY HEATING/COOLING LOADS) .....	71
6.4 ANÁLISIS DE SOMBRAS (SHADOWS) .....	72
6.5 ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR .....	80
<b>TERCER ETAPA / PONDERACIÓN Y VALIDACIÓN .....</b>	<b>85</b>
<b>CAPÍTULO 7 – COMPARACIONES ENTRE SITUACIÓN ORIGINAL Y SITUACIÓN MEJORADA .....</b>	<b>86</b>
7.1 COMPARACIÓN Y VALORACIÓN DE RESULTADOS .....	86
7.2 ESTUDIO EMPÍRICO DE COMPORTAMIENTO .....	89
7.3 OPCIONES PROPUESTAS.....	90
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>
IMÁGENES REALISTAS DE LA PROPUESTA MEJORADA .....	96
PLANOS ORIGINALES DE LA EDIFICACIÓN .....	99
CLASIFICACIÓN BIOAMBIENTAL – IRAM 11603 .....	104
PLANILLAS DE CÁLCULO DE SITUACIÓN ORIGINAL .....	105
PLANILLAS DE CÁLCULO DE SITUACIÓN MEJORADA.....	108



## RESUMEN

Con el objetivo de elaborar una propuesta de diseño que vincule la envolvente constructiva de edificios (en sus aspectos arquitectónicos, constructivos, técnicos y funcionales) con el uso de la vegetación autóctona de Apóstoles (sur de Misiones), integrada a dicha envolvente, se realizó un análisis y clasificación de dicha vegetación autóctona, con el fin de estudiar sus posibilidades de aplicación en las envolventes constructivas de un caso de estudio edilicio (vivienda multifamiliar) y evaluar sus efectos a través de un software de simulación (ECOTECT).

Los resultados obtenidos arrojaron un impacto positivo (mejor desempeño higrotérmico de los locales del edificio y menor necesidad de energía para climatización) frente a las altas temperaturas y humedades, características de esa geografía y clima.

Se detectó que, a través de las propuestas desarrolladas de integración arquitectónico – constructiva de la vegetación a las envolventes del caso de estudio, se logra un microclima más cercano a las condiciones de bienestar humano, con una consecuente reducción del consumo energético para el acondicionamiento térmico, brindando confort y aportando positivamente y de manera ecológica desde la arquitectura al problema del calentamiento global y sus consecuencias, a la vez que contribuyendo a la difusión, tendiente a la implementación, de estas estrategias entre la población local y regional.

## ABSTRACT

With the aim of developing a design proposal that links the construction envelope of buildings (in their architectural, constructive, technical and functional aspects) with the use of native vegetation of Apóstoles (south of Misiones), integrated into this envelope, an analysis and classification of this native vegetation was carried out, in order to study its possibilities of application in the constructive envelopes of a building case study (multifamily housing) and to evaluate its effects through a simulation software (ECOTECT).

The results showed a positive impact (better hygrothermal performance of the premises of the building and less need of energy for air conditioning) against high temperatures and humidity, characteristics of that geography and climate.

It was detected that, through the developed proposals of architectural integration - constructive vegetation to the envelopes of the case study, a microclimate is achieved closer to the conditions of human well-being, with a consequent reduction of energy consumption for thermal conditioning, providing comfort and contributing positively and ecologically from the architecture to the problem of global warming and its consequences, while contributing to the diffusion, to implement these strategies among the local and regional population.

## PALABRAS CLAVES

VEGETACIÓN AUTÓCTONA, ENVOLVENTE CONSTRUCTIVA, MICROCLIMA, CALENTAMIENTO GLOBAL.

## KEYWORDS

NATIVE VEGETATION, CONSTRUCTIVE ENVELOPE, MICROCLIMATE, GLOBAL WARMING.



## INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Final de Especialización se encuentra dentro del campo de estudio de la arquitectura denominado sustentabilidad urbana y arquitectónica. Aborda una consideración, análisis y evaluación de las ventajas de la implementación de envolventes vegetales integradas a la envolvente constructiva de un caso de vivienda multifamiliar existente en la ciudad de Apóstoles, provincia de Misiones, Argentina. Se estudia el impacto de las altas temperaturas en dicho edificio – real existente- de vivienda, y de los resultados que se obtienen a través de la aplicación –teórica- de la envolvente vegetal, que contribuye al acondicionamiento ambiental para lograr un ahorro energético en climatización y un mayor bienestar de sus ocupantes.

Se trabajó con el objetivo general de elaborar una propuesta de diseño que vincule la envolvente constructiva (en sus aspectos arquitectónicos, constructivos, técnicos y funcionales) con el uso apropiado de la vegetación autóctona de Apóstoles, integrada a dicha envolvente. Los objetivos particulares fueron: a) Catalogar las especies vegetales y sus características, necesidades y prestaciones en Apóstoles, identificando sus posibilidades y condicionantes de uso en envolventes edilicias; y b) Verificar el comportamiento de un proyecto de vivienda multifamiliar en situación “con” y “sin” integración de vegetación en su envolvente.

Es así como el estudio de este caso se lleva adelante concretamente en la ciudad de Apóstoles. Este lugar, conocido como la Capital Nacional e Internacional de la Yerba Mate, posee un clima cálido con temperaturas que superan los 30°C en gran parte del año. A su vez, la humedad que posee el ambiente colabora a que la sensación térmica sea habitualmente muy elevada (por encima de los 38°C); los misioneros cuentan en su territorio con una vegetación abundante y muy diversa con más de 3000 (tres mil) especies. Estas dos características constituyen el marco de este trabajo y definen condicionantes y determinantes de partida para el mismo.

Este Trabajo Final presenta una organización tripartita, según las siguientes consideraciones:

En la Primera Etapa, que comprende los Capítulos 1 (uno) a 3 (tres), se desarrolla el Clima y Vegetación de la Ciudad de Apóstoles, como así también Usos y Dispositivos Vegetales en la Arquitectura.

En el Capítulo 1 se expone y contextualiza la Ciudad de Apóstoles y sus características climáticas, culturales, sociales, entre otras.

En el Capítulo 2 se presenta un estudio y catalogación de la vegetación autóctona del sur de Misiones para luego ser aplicada de forma contextualizada aprovechando las ventajas que cada especie aporta para promover un uso más eficiente colaborando con el medio ambiente a través del ahorro energético llevando adelante un acondicionamiento ambiental térmico.

En el Capítulo 3 se expone sobre Envolventes, tipos y características, como así también, se extiende la temática de envolvente vegetal, incluyendo análisis de casos de uso e integración de especies y dispositivos vegetales en el diseño arquitectónico adaptado al clima.

En la Segunda Etapa del Trabajo Final, que comprende los Capítulos 4 (cuatro) al 6 (seis), se expone y fundamenta operaciones sobre un caso de estudio, donde se analiza el comportamiento de una edificación multifamiliar en su situación original, y mejorando sus condiciones.

En el Capítulo 4 se interioriza sobre el software a utilizar para analizar los casos, y se analizan los parámetros termofísicos e higrotérmicos generales a partir de la adecuación a normas IRAM de habitabilidad.

En el Capítulo 5 se presenta el caso de estudio en su situación original verificando su comportamiento, exponiendo parámetros según normativa de habitabilidad, análisis térmicos, de cargas mensuales, de sombras e incidencia solar.

En el Capítulo 6 se presenta el caso de estudio en su situación mejorada, verificando su comportamiento con integración de vegetación en su envolvente, exponiendo parámetros según normativa de habitabilidad, análisis térmicos, de cargas mensuales, de sombras e incidencia solar.

A partir de ello, en la Tercera Etapa del Trabajo Final que comprende el Capítulo 7 (siete), se presenta una ponderación y validación de resultados obtenidos en la segunda etapa, estudio empírico de comportamiento y alternativas de posibles soluciones tecnológico-constructivas.

Finalmente, en las conclusiones se plantea como se evidencia la problemática ambiental, tanto de la crisis en los recursos naturales, como así también los efectos del calentamiento global, el rol



socialmente activo de los arquitectos que ayude a contrarrestar estos nocivos efectos para nuestro planeta, y además, se demuestra la incidencia que generan las envolventes para la optimización y administración energética, donde se aporta confort a la habitabilidad de las edificaciones, generando una revalorización de estas. Todo esto fue viable gracias a los significativos aportes de diferentes autores como ser: ALCHAPAR, N.C. (2013); ALIAS, H.M., & JACOBO, G.J (2009). BENNET, J (2016). GONZALEZ VASQUEZ, M. R; MOLINA PRIETO, L. F. (2018); VILLALBA, A. P. (2012); los cuales aportaron conocimientos acerca de acondicionamientos pasivos, envolventes vegetales, como así también cuestiones vinculadas con la flora autóctona del lugar. Estos son algunos de la amalgama de fuentes consultadas, no descriptos aquí pero visibles a lo largo del desarrollo, son la base teórica que direccionaron la planificación; puesta en marcha; como análisis y la respectiva conclusión de este trabajo, el cual, posee una relevancia elocuente por su aporte como una propuesta de valor, ya que por un lado es obtenido de un caso real, con valores reclutados en el campo de estudio y, por otra parte, actúa como un medio de incentivo para difusión de estas prácticas por su valioso y amigable aporte medioambiental en armonía con la arquitectura y diseño, haciéndolo una propuesta de vanguardia.



# **PRIMERA ETAPA | CLIMA Y VEGETACIÓN DE APÓSTOLES. USOS DE DISPOSITIVOS VEGETALES EN LA ARQUITECTURA**



## CAPÍTULO 1 - CONOCIENDO APÓSTOLES

### 1.1 APÓSTOLES

Es imprescindible que al iniciar cualquier actividad se contextualice el punto de partida, ya que esto nos permite posicionarnos de una manera más acertada a la hora de desempeñar nuestra actividad.

Es por ello por lo que se comienza ubicándose en la República Argentina, más precisamente en la Provincia de Misiones, como se muestra en la Figura 1, la cual se encuentra en el noreste del país, poseedora de unos de los paisajes más bellos, cuenta con una de las siete maravillas naturales del mundo, las cataratas del Iguazú.



Ajustando un poco más la lupa, este *Figura 1: Localización de la ciudad de Apóstoles, Misiones. - Fuente: elaboración propia.*

trabajo de investigación se llevó adelante en una ciudad de la mencionada provincia argentina, la cual posee el nombre de Apóstoles, es la ciudad cabecera del departamento de Apóstoles, en el sur de la Provincia norteña de Misiones, a 60km de la ciudad de Posadas, Capital de la Provincia. Se estableció en principio, como una reducción jesuítica, en 1638, decayendo en 1767 con la expulsión de estos.

Luego, con la llegada de los inmigrantes, en 1897 se repobló el territorio. En su mayoría eran polacos y ucranianos, llevando adelante el desarrollo urbanístico de la ciudad y trasladando a ella las características de las construcciones europeas.

En la actualidad, esta histórica ciudad es catalogada como la capital nacional e internacional de la yerba mate, contando con hitos representativos del mate<sup>1</sup>, como se observa en la Figura 2, como así también cuenta con la sede denominada “La Casa del Mate” donde se puede recabar información sobre el mate, la ciudad, la Fiesta representativa, entre otras.

Cuenta con 51.169 (cincuenta y un mil ciento sesenta y nueve) habitantes según los resultados provisionales que proporcionó el Censo Nacional llevado a cabo en el año 2022 (INDEC, 2023).

<sup>1</sup> Mate: Infusión realizada a partir de la hoja de la planta de la Yerba Mate. Su consumo es culturalmente representativo. Comúnmente se consume con el agua a una temperatura de 85°C, pero también se puede consumir en frío, vulgarmente denominado “Tereré”.



Figura 2: El mate como hito representativo de la Fiesta Nacional e Internacional de la Yerba Mate. - Fuente: [argentinaturismo.com.ar](https://www.argentinaturismo.com.ar/apostoles/turismoalternativo.php). Anónimo. <https://www.argentinaturismo.com.ar/apostoles/turismoalternativo.php>

Profundizado un poco más en las cualidades de esta ciudad, y como punto fundamental que moviliza este trabajo, es importante hacer una descripción detallada de las cuestiones climáticas que son una de las problemáticas latentes para los habitantes apostoleños. Como se ve en la Figura 3, los veranos son cálidos con temperaturas que oscilan entre los 33°C a 40°C, con una reducción de la temperatura durante el invierno el cual suele ser corto.

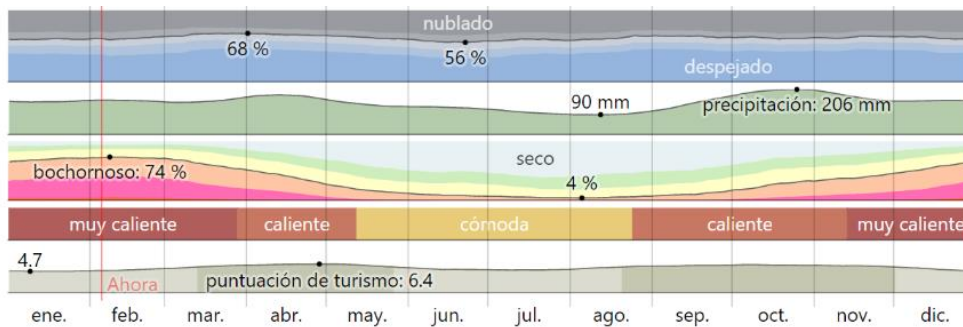


Figura 3: El tiempo por mes en la ciudad de Apóstoles, febrero 2023. - Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/29390/Clima-promedio-en-Ap%C3%B3stoles-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

“La temporada calurosa dura 3,8 meses, del 24 de noviembre al 17 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 30 °C. El mes más cálido del año en Apóstoles es enero, con una temperatura máxima promedio de 33 °C y mínima de 22 °C.

La temporada fresca dura 2,9 meses, del 16 de mayo al 13 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 23 °C. El mes más frío del año en Apóstoles es julio, con una temperatura mínima promedio de 12 °C y máxima de 21 °C.” (SPARK, 2023).

Valores que se ven expresados en el gráfico de la Figura 4.

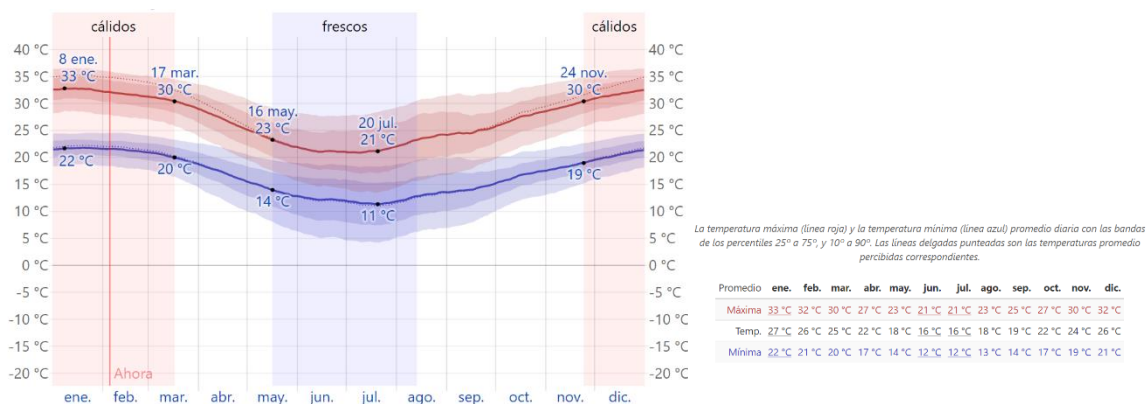


Figura 4: Temperatura máxima y mínima promedio en Apóstoles, febrero 2023 - Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/29390/Clima-promedio-en-Ap%C3%B3stoles-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Además de la temperatura, otras cualidades que condicionan a esta localidad son las lluvias, las cuales pueden alcanzar a los 202 ml mensuales, en los meses con mayores precipitaciones, y los 90 milímetros los meses con menor precipitación, datos que se representan en la Figura 5.

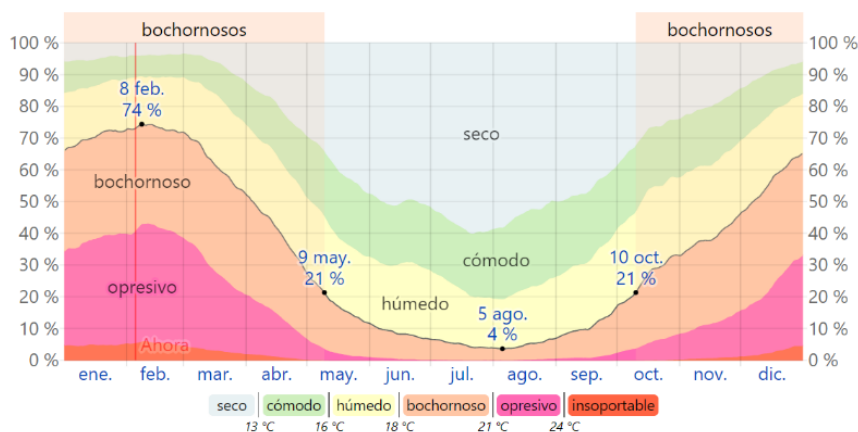


Figura 5: Niveles de comodidad de la humedad en Apóstoles, febrero 2023. - Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/29390/Clima-promedio-en-Ap%C3%B3stoles-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Representado en la figura 6, en lo que respecta a la humedad, la misma es alta en por lo menos 7 meses del año, disminuyendo en el invierno, sin embargo, es percibida a lo largo de todo el año. Con la intención de brindar un dato de interés para la aplicación de recolección de energía renovable es interesante tomar en cuenta la incidencia de la energía solar es por ello que se sirve de la información recolectada.

... “El período más resplandeciente del año dura 3,6 meses, del 1 de noviembre al 17 de febrero, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6,5 KW/h. El mes más resplandeciente del año en Apóstoles es diciembre, con un promedio de 7,3 KW/h.

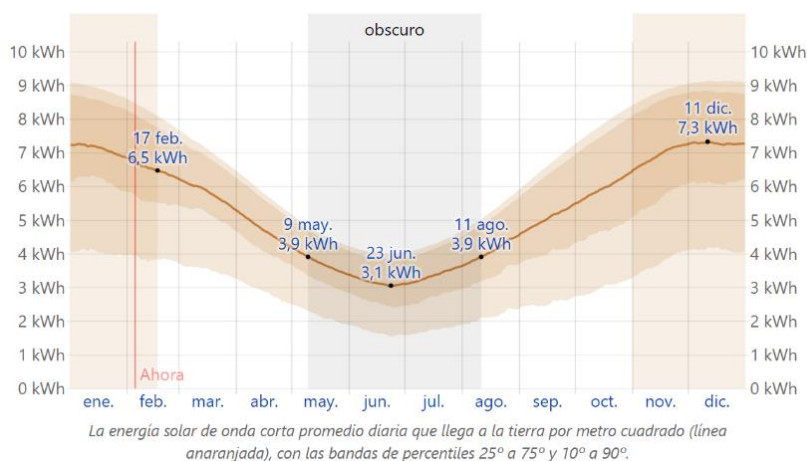


Figura 6: Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Apóstoles, febrero 2023. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/29390/Clima-promedio-en-Ap%C3%B3stoles-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

El periodo más oscuro del año dura 3,0 meses, del 9 de mayo al 11 de agosto, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 3,9 KW/h. El mes más oscuro del año en Apóstoles es junio, con un promedio de 3,2 KW/h.” (SPARK, 2023)

El área en un radio de 3 kilómetros de Apóstoles está cubierta de *arbustos* (43 %), *árboles* (36 %) y *pradera* (13 %), en un radio de 16 kilómetros de *arbustos* (37 %) y *árboles* (37 %) y en un radio de 80 kilómetros de *árboles* (40 %) y *arbustos* (28 %). (SPARK, 2023)

## CAPÍTULO 2 - ESPECIES VEGETALES

### 2.1 FITOGEOGRAFÍA

Al momento de realizar la elección de las diferentes especies vegetales es importante tener presente los motivos de la variabilidad los cuales son:

- A. Variabilidad ambiental: factores abióticos que poseen una variación gradual a lo largo del territorio.
- B. Barreras o límites:
  - Costas
  - Estrechos
  - Cadenas montañosas
  - Etc.
- C. Influencias de otras fuentes de diversidades vegetales.

Para poder aplicar de manera adecuada la elección de la flora a utilizar y para ello realizar un acondicionamiento pasivo que sea lo más óptimo posible, es que debemos ocuparnos de conocer al menos en parte cuál es el tipo de vegetación disponible.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente es necesario servirse de la fitogeografía la cual es una ciencia que se ocupa de estudiar la distribución geográfica de las plantas considerando sus formas biológicas; tipos de vegetación; identidad taxonómica; la relación vegetación ambiente; y, por último, el análisis de comunidades. Sin buscar profundizar mucho sobre la temática, el análisis se enfoca directamente en lo que (CABRERA, 1951) denomina REGIÓN NEOTROPICAL, compuesta por la Gobernación de Misiones, y el norte de Corrientes, lo que sería el noroeste de la República



Argentina, cuyo clima predominante como se mencionó con anterioridad es cálido y húmedo, y cuya vegetación predominante es la selva, con precipitaciones en verano, especialmente y heladas en invierno.

Dentro del predominio se encuentra la selva, y también las sábanas; sin embargo, el sudoeste de Misiones, y el nordeste de Corrientes, posee selva, pero también distritos de campos como ser pinares, hierbas graminiformes elevadas. También se cuenta con numerosas monocotiledóneas y dicotiledóneas de flores llamativas, pequeñas palmeras, arbustos.

Como es de amplio conocimiento, la selva cuenta con más de 3000 mil especies y por tanto es necesario realizar lo que en botánica se conoce como CLASIFICACIÓN MORFOLOGICA VEGETAL según los aportes brindados por (HILDT, 2022); la cual clasifica las características de la vegetación según el cuerpo de vegetales, sus formas visibles:

HÁBITO/ PORTE: Forma general, estructuración, como ser:

- Árboles (Figura 7), Arbustos, Hierbas (Figura 8).
- Subarbustos, Geófitas, Estípites, Cespitosas, Trepadoras (Figura 8, 10, 11 y 13), y lianas (Figura 9 y 12), Hierbas Arrosetadas.



Vista aérea del potrero y la forestación de Pino resinoso (*Pinus Elliottii*)

Figura 8: Vista aérea del Potrero y la Forestación de Pino Resinoso (*Pinus Elliottii*). - Fuente: *Conociendo la Vegetación del Sur de Misiones. Una introducción desde la biología y la botánica.* Autor: Hilt, Gustavo.



Figura 7: Enredadera *Tragia Volúbilis* (hierbas/arbustos) - Fuente:

[https://www.si.edu/object/nmnhbotany\\_10797415](https://www.si.edu/object/nmnhbotany_10797415)



Figura 9: Liana Caracolillo o *Cochlianthus Caracalla*. - Fuente:

<https://www.lanacion.com.ar/re-vista-jardin/estas-son-las-plantas-infalibles-para-proteger-de-la-mirada-de-los-vecinos-nid26112021/>

DURACIÓN: Anuales, Bienales, y Perennes (Figura 10, 11 y 12).



Figura 10: Enredadera *Passiflora caerulea* (hojas perennes). Fuente: *Conociendo la Vegetación del Sur de Misiones. Una introducción desde la biología y la botánica.* Autor: Hilt, Gustavo. Autor: Hilt Gustavo.



Figura 11: Hiedra trepadora de hojas perennes. - Fuente: <https://plantas.florpedia.com/-hiedra-yedra.html>



Figura 12: Liana Bignoneacea, *Bignonia binata*. - Fuente: *Conociendo la Vegetación del Sur de Misiones. Una introducción desde la biología y la botánica.* Autor: Hilt, Gustavo.



Figura 13: Enamorado del muro, trepadora de hojas perenne. - Fuente: [https://fotos.habitissimo.es/foto/plantas-trepadoras-para-tapar-la-pared\\_1976159](https://fotos.habitissimo.es/foto/plantas-trepadoras-para-tapar-la-pared_1976159)

POR ADAPTACIÓN AL AMBIENTE:

- Por Húmedas: Xerófitas (Figura 14), Hidrófitas (Figura 15), Mesófitas (Figura 16).
- Halófitas (salinidad).



Figura 14: Camalotes o *Pontederia cordata* (Hidrófitas, acuática). - Fuente: [http://descubrircorrientes.com.ar/2012/index.php?option=com\\_content&view=category&id=1514&Itemid=497](http://descubrircorrientes.com.ar/2012/index.php?option=com_content&view=category&id=1514&Itemid=497)



Figura 15: Aloe Vera (Xerófitas, terrestre). - Fuente: <https://canal12misiones.com/noticias-de-misiones/agro/incentivaran-el-cultivo-de-aloe-vera-en-la-tierra-colorada/>



Figura 16: Arbusto de arándano (*Mesófito*, hoja caduca). - Fuente: <https://www.neahoy.com/2021/07/14/conoce-los-secretos-de-los-arandanos-misioneros/>

#### POR EL SUSTRATO EN EL QUE VIVEN:

- Acuáticas: sumergidas, flotantes (Figura 14) y emergentes.
- Terrestres y Saxícolas.
- Parásitas.
- Epífitas, Hemiepífitas.

#### DISTRIBUCIÓN:

- Cosmopolita: De distribución en todo el mundo.
- Nativas/Autóctonas: Propias del lugar.
- Endémicas: Restringidas a una región en particular.
- Exóticas: Especies introducidas que lograron auto-sustento o bien por invasión (difusión).

“El área en un radio de 3 kilómetros de Apóstoles está cubierta de arbustos (43 %), árboles (36 %) y pradera (13 %), en un radio de 16 kilómetros de arbustos (37 %) y árboles (37 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (40 %) y arbustos (28 %)”. (SPARK, 2023)

Sin buscar ser redundante, es importante tener en cuenta estas cuestiones, sumamente vitales para una correcta elección a la hora de realizar acondicionamientos pasivos con vegetales, ya que, de esta manera, podemos colaborar con la supervivencia de este, como así también podemos optimizar resultados teniendo en cuenta las características que tienen.



## CAPÍTULO 3 - ENVOLVENTE, ANÁLISIS DE CASOS

### 3.1 ENVOLVENTES

A lo largo de la historia, los seres humanos fueron asentándose y formando comunidades, que, se servían del entorno que los rodeaba para realizar distintas edificaciones, las cuales eran construidas con conocimientos básicos y empíricos, transferidos por generaciones, utilizando los recursos naturales en armonía con las condiciones climáticas del lugar; tal es el caso de los esquimales, por ejemplo, los cuales construían iglúes donde habitaban y se resguardaban de las condiciones climáticas. Como este, cada comunidad, adquiriría distintas características arquitectónicas autóctonas del lugar.

Tal lo detallan diferentes autores, como ser el caso de (BENNETT, 2016), la humanidad ha llevado adelante la sustentabilidad, durante siglos, a lo largo y ancho de los cinco continentes, las comunidades aprovecharon de manera racional los recursos naturales que ofrecía el entorno donde se fueron fundando los distintos asentamientos, todos ellos teniendo en cuenta y dando respuesta a las condiciones del clima.

Sin embargo, la historia se fue modificando, a partir de la REVOLUCIÓN INDUSTRIAL que surgió a finales del siglo XVII, dando origen a un proceso de explotación irracional de los recursos naturales, utilizados para fábricas, productos de consumo masivo, y generando como consecuencia una crisis ecológica de carácter mundial, la cual se manifestó durante la década de 1970 y la cual continúa. En acotadas palabras, esa crisis representa que se consume más rápido de lo que se llega a reponer los recursos, por tanto, esto ocasionaría, a no tan largo plazo, un agotamiento irreversible de los recursos naturales.

Frente a esta problemática mundial, la arquitectura ...” mantuvo durante muchos siglos, respeto y armonía con las condiciones climáticas de cada lugar, recurriendo para ello a los sistemas de ventilación, refrigeración y calefacciones natural que evolucionaron a partir de la arquitectura vernácula, la cual comprendía innumerables técnicas pasivas para la regulación de las temperaturas en las edificaciones”. (BUTTY, KEN y PERLIN, JOHN;., 1985)

Sin embargo, en la actualidad se puede ver que en muchos casos la estética prima por sobre lo que ancestralmente se fue forjando, es decir, que las construcciones respondan a las condiciones climáticas del lugar. Ya que como la historia fue demostrando uno de los precursores del desequilibrio ambiental ... *“se debe a la enorme demanda de materiales y energía que requieren los asentamientos humanos, que deben alojar a una población que en 2015 ya superaba los siete mil millones de habitantes”* (UNFPA, 2015)

Sumando antecedentes a esta catástrofe, estudios realizados por Yan, Shen, Fan Wang y Zhang (HUI YAN, 2009) arrojan resultados alarmantes ya que determinan que durante la construcción de edificios se realiza un gran impacto sobre el medio ambiente, involucrando tres fases que consumen mucha energía y generan el 82 – 87% de las emisiones contaminantes. Ante esta problemática, (JANDA, 2011) hace un llamado a los arquitectos para que lideren las tareas de reducir los consumos de energía, en ciudades, mediante un desarrollo de la profesión que busque incrementar la autosuficiencia energética, impulsando a estos profesionales como AGENTES ACTIVOS, que hagan frente a la mitigación del cambio climático con estrategias de diseños de la envolvente constructiva. Partiendo como base de los factores que generan mayor consumo energético en la arquitectura, como los desequilibrios térmicos del interior, la deficiencia lumínica, y la materialidad.

Planteado este antecedente, se puede contextualizar la importancia que conlleva la implementación de la envolvente constructiva, como ideología.

Evidenciar la importancia de la envolvente arquitectónica en términos de habitabilidad, a partir de tres aspectos: iluminación natural, materiales y eficiencia energética.

A partir del concepto de envolvente, es importante comprender que es un concepto contemporáneo que se constituye a partir de dos componentes clásicos como son: la cubierta y las fachadas, las cuales establecen límites entre los espacios interiores y exteriores de la edificación, pero le agrega



una profundidad que, volviendo a estos componentes como un elemento integral y vivo, como la piel del ser humano, responsable del intercambio con el ambiente, Es por medio de ella con la cual se realiza intercambios de aire, luz y calor ambiental. Tal lo expresa (CANALES, 2001)“Redefinir la piel es por tanto una de las operaciones que más necesita la arquitectura contemporánea”.

Si se observa los aportes de (BUSTAMANTE, 2014), la envolvente, que se puede definir como el espacio limítrofe entre el adentro y el afuera, y que, si se diseña y maneja adecuadamente, puede solucionar y optimizar el desempeño de la edificación, obteniendo eficiencia energética, confort térmico y optimización lumínica, entre otras calidades técnicas, y arquitectónicas requeridas por cualquier arquitectura.

A su vez esté autor plantea que, para analizar la envolvente, es necesario realizar el análisis a partir de tres categorías: iluminar, ventilar y mirar.

Expresado en esquema resumen de envolvente arquitectónica de la Figura 17.

### 3.1.1 ILUMINACIÓN NATURAL

Iluminar, categoría definida por (BUSTAMANTE, 2014) como parte constituyente de lo que el autor interpreta como envolvente. Para definir la misma, se sirve de la iluminación natural, la cual constituye un factor sumamente importante en la relevancia de los espacios interiores, ya que como lo destaca (VILLALBA, 2012) por medio de ella se permite el ahorro energéticos, reducción del consumo de energías no renovables y contaminantes y por ende se realiza un aporte a la disminución del calentamiento global; activación del ritmo circadiano, lo que es un efecto no-visual donde la iluminación natural tiene un aporte que aporta un beneficio a la salud humana y por último el confort y optimización visual que no es posible lograr con iluminación natural. Para lograr aplicar este aspecto de la envolvente es necesario ... “tener en cuenta tres escalas: *la escala urbana*, que involucra las características morfológicas urbana que rodean la edificación, permitiendo o impidiendo el paso de la radiación solar a una determinada fachada, es decir, a un sector o una fracción de la envolvente; *escala edilicia*, que incluye la orientación, los aislamientos y los patios de la edificación; y *componente de paso (la envolvente en sí misma)*, cuyos elementos compositivos permiten o impiden el ingreso de la radiación solar al interior del edificio”. (GONZÁLEZ VÁSQUEZ, M. R.; MOLINA PRIETO, L. F., 2018)

Expresado en esquema resumen de envolvente arquitectónica de la Figura 17.

### 3.1.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA

En lo que respecta a la eficiencia energética como parte constitutiva de la envolvente, la misma está orientada a lograr un equilibrio energético dentro de la edificación, es decir, que ésta no permita una pérdida excesiva de energía en invierno; pero a su vez no permita un ingreso excesivo de radiación solar en verano. Estos factores están directamente relacionados con la materialidad de la construcción, como así también con la implementación de la iluminación natural. La aplicación de esta, debe aportar a colaborar con la reducción del calentamiento global, al igual que debe ser sustentable en el tiempo, contextualizada al lugar donde se llevará adelante, atendiendo las necesidades económicas y sociales, las cuales condicionan la viabilidad de estas propuestas, que exige al arquitecto, entender la interrelación con aquellos elementos artificiales como ser altura y diseño del interior como así también aplicación de paneles solares, etc; los cuales deben encontrarse en armonía con los elementos de ventilación natural, el manejo de las sombras entre otros aspectos. Expresado en esquema resumen de envolvente arquitectónica de la Figura 17.



### 3.1.3 MATERIALIDAD

Este eslabón representa un aspecto esencial, ya que las materialidades de las edificaciones determinan la incidencia en la temperatura de la edificación como del ambiente urbano, ya que, según la composición de estos, algunos materiales se caracterizan por tener un alto IRS (INDICE DE REFLECTANCIA SOLAR), por ende no se calientan, y “contribuyen a disminuir la demanda de energía para refrigeración en edificios con aire acondicionado y mejoran el confort de los espacios abiertos, contribuyendo a la sustentabilidad ambiental” (ALCHAPAR, 2013). Según su clasificación, pueden ser transparentes, opacas o combinando ambas. En el caso de las transparentes, se caracterizan por su material vidriado, el cual, por lo general se compone de varias capas acristaladas, una estructura, cámaras de aire, y en algunos casos, elementos constructivos que funcionen como protección solar. Permiten conexión o continuidad visual entre espacios, favorece el acondicionamiento, e iluminación natural de los distintos espacios, ya sean interiores o exteriores. En cuanto a las envolventes opacas, están compuestas por materiales no translúcidos, cualquiera sea su tipo. Se conforman por una estructura principal, y el cerramiento con un material no acristalado, o en combinación.

Expresado en esquema resumen de envolvente arquitectónica de la Figura 17.

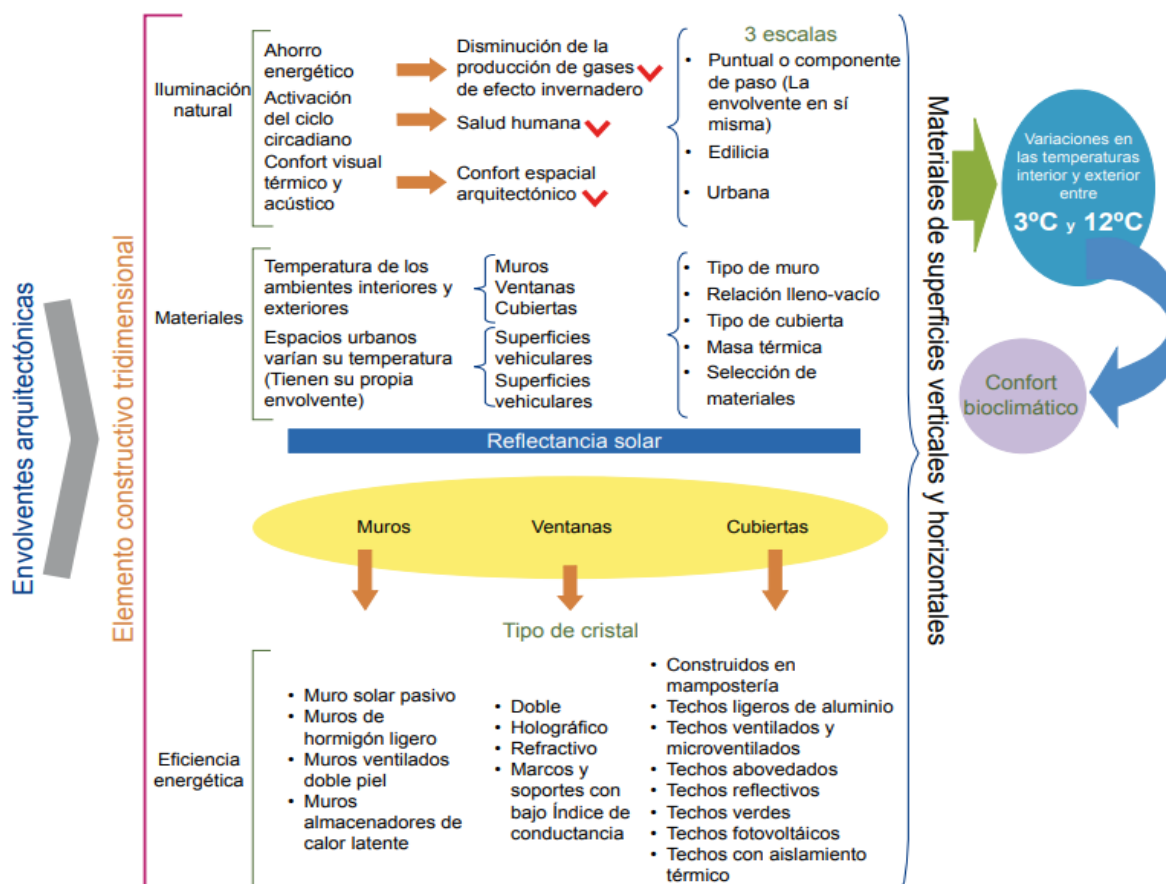


Figura 17: Envolventes arquitectónicas - Fuente: GONZALEZ & MOLINA (2017) “Envolvente Arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad”. Fundación Universidad de América.



En conclusión, para entender de manera conceptual a la envolvente, es necesario comprender la interrelación de sus partes, las cuales constituyen un sistema, en el cual todos sus componentes trabajan en conjunto para lograr un fin determinado, en este caso, contribuir de manera satisfactoria a reducir el avance del calentamiento global, a través de estrategias arquitectónicas que logren sustentabilidad, diseño y confort, reduciendo el desperdicio energético, sirviéndose de la naturaleza, contextualizando las edificaciones al medio en el cual se implementaran. Entender la misión y gran aporte como arquitectos frente a las problemáticas ambientales, es no solo un deber, sino también una revalidación y valorización de la importancia de la profesión como agentes de cambio activos.

### 3.2 ENVOLVENTE VEGETAL

Para dimensionar la envolvente vegetal, es primordial entender a esta como la piel que recubre la edificación entendiendo que esta, está compuesta por fachada y cubiertas.

Dentro de este grupo se encuentran las envolventes vegetales, compuestas por vegetación en una de sus capas compositivas, presentándose como: cubierta vegetal, elementos de sombreado o fachadas vegetales.

Algunas investigaciones como ser la de (BERSON, 2021), que se aprecia en la Figura 18, se analiza



Figura 18: Características aplicadas a una vivienda ubicada en Posadas, una ciudad situada a 60km de Apóstoles. - Fuente: <https://www.arquimaster.com.ar/galeria/obra220.htm>

la utilización de sobretechos para evitar la incidencia directa del sol en superficies y áreas específicas; aleros que regulan el ingreso e intensidad de sol a la vivienda según el momento determinado del año; sombras exteriores a partir de pérgolas que a su vez permiten la expansión y continuidad de los espacios interiores hacia los exteriores; entre otros. Características aplicadas a una vivienda ubicada en la localidad de Posadas, Misiones.

(KELLER, 2008) estudia los recursos vegetales utilizados por los guaraníes en sus unidades habitacionales partiendo de condicionantes, formas y métodos tradicionales para la construcción y utilización de estos recursos. Otra investigación local/regional, donde se estudian 3 (tres) casos locales, se concluye que existe un incremento en la incorporación del verde en la arquitectura, a partir de enrejados modulares, sistemas hidropónicos y cuadros vivos en la ciudad de Resistencia, Chaco, contribuyendo a la función de moderador ambiental de estos sistemas de enverdecimiento (GALIZZI, F. B.; PILAR, C.; VEDOYA, D., 2021).

(SUÁREZ, PABLO; CANTÓN, M. ALICIA; CORREA, ÉRICA, 2020) investigan el impacto de las Fachadas Verdes Tradicionales, en la condición térmica de edificios de vivienda de la ciudad de Mendoza, donde el clima es seco. Se analizan 2 casos de estudio concluyéndose que existen diferencias de impacto dependiendo de las características de la especie que se haya utilizado, espesor, contexto, etc. Notándose una importante disminución de las temperaturas superficiales y de los espacios interiores, disminuyéndose consecutivamente el consumo energético, siendo menor la demanda de climatización mecánica.

En cuanto a la diversidad vegetal, la página web del ministerio de Ecología de la Provincia de Misiones en su sección de biodiversidad, hace mención de la riqueza de biodiversidad que presenta la provincia y sus características particulares.



(CHANAMPA, y otros, 2009), indaga en la aplicación de los sistemas vegetales en las ciudades, afirmando que promueven el ahorro energético y aumento de superficies verdes, con beneficios a nivel urbano, de salud y estético.

Por otro lado, la propuesta contenida en este plan podría resultar de interés para todos aquellos interesados en la temática, para su aplicación a proyectos (ejecutados o aún no) emplazados en la zona y sus alrededores, así como a todos aquellos sitios que reúnen características similares a la ciudad de Apóstoles.



# **SEGUNDA ETAPA | OPERACIÓN SOBRE UN CASO DE ESTUDIO**



## CAPÍTULO 4 – PRESENTACIÓN DE UN CASO DE ESTUDIO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR

### 4.1 MODELO ANALIZADO

En este análisis, se estudian 2 casos del mismo edificio de vivienda multifamiliar, ubicado en la Ciudad de Apóstoles, Misiones (Figura 19). En la intersección de las calles Salta (lado de mayor superficie de terreno y edificación) y Rivadavia (lado de menor superficie de terreno y edificación). Posee una orientación Norte en la esquina, noreste su lado de mayor superficie y noroeste su lado de menor superficie.



Figura 19: Esquema de emplazamiento del lote de la edificación estudiada. - Fuente: mapas base extraídas de Google Maps, edición de elaboración propia.

El edificio a nivel proyecto está compuesto por: Planta Baja, Primer y Segundo Nivel.

La planta baja consta de 4 (cuatro) unidades funcionales:

- 2 (dos) departamentos de 1 (un) dormitorio.
- 1 (un) departamento de 2 (dos) dormitorios.
- 1 (un) local comercial
- Otros: galería en común semicubiertas, escalera externa, patio y entrada vehicular.

La planta de primer y segundo nivel consta de 4 (cuatro) unidades funcionales:

- 3 (tres) departamentos de 1 (un) dormitorio.
- 1 (un) departamento de 2 (dos) dormitorios.
- Otros: escalera externa y galerías en común semicubiertas.

Disposición y tipologías que se observan en la Figura 20.



Composición interna de cada unidad funcional:

- Departamento de 1 dormitorio: Living/comedor/cocina integrada, 1 dormitorio, 1 baño, 1 lavadero interno (+ balcón en 1ºy2º nivel).
- Departamento de 2 dormitorios: Living/comedor/cocina integrada, 2 dormitorios, 1 baño, 1 lavadero interno. (+ 2 (dos) balcones en 1ºy2º nivel).
- Local Comercial: área destinada a local comercial y 1 (un) baño.

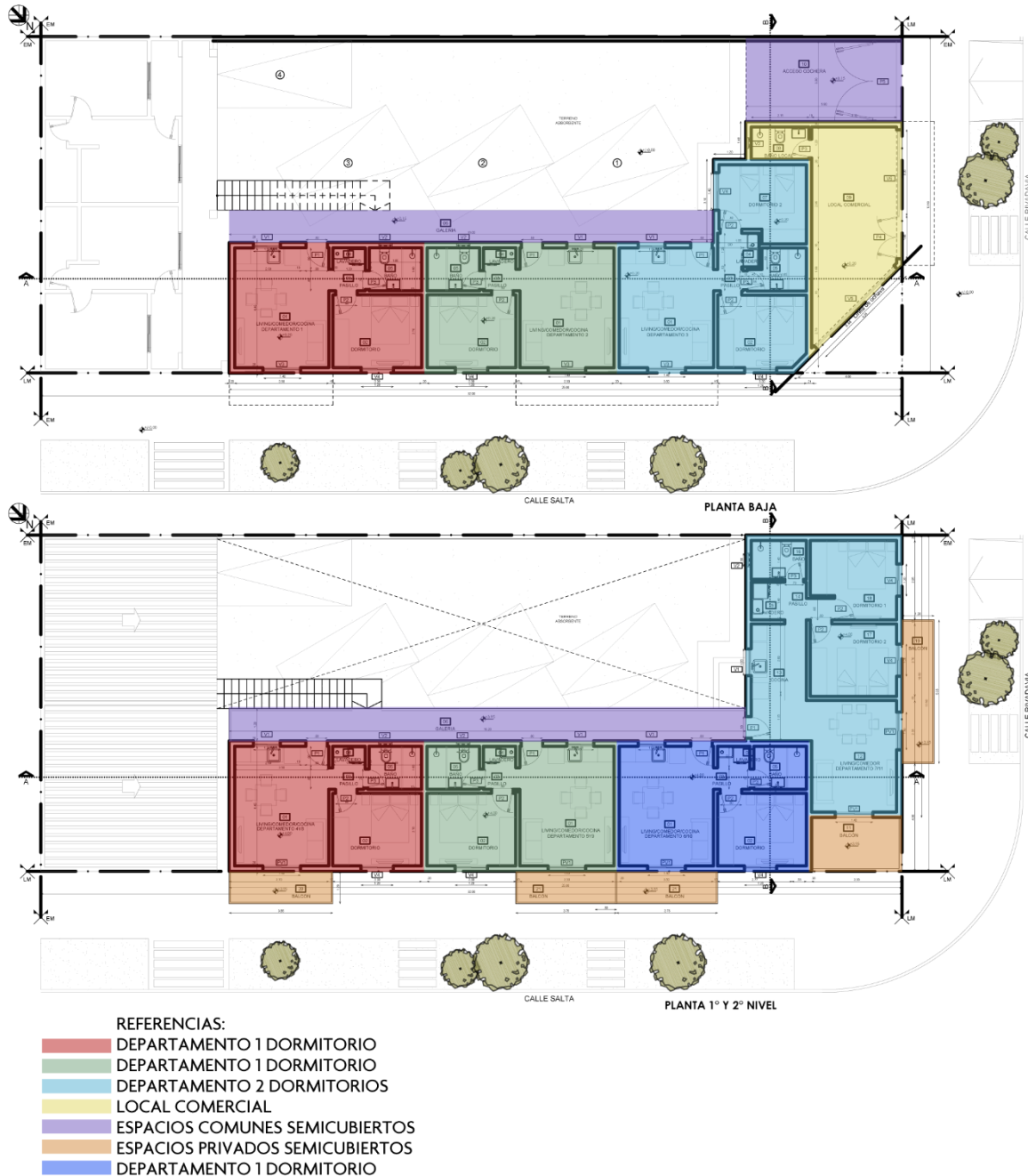


Figura 20: Esquema de tipologías de unidades funcionales. - Fuente: elaboración propia.

La edificación ya se encuentra construida en parte, por tal motivo el primer caso presenta características reales de materialidad, distribución y elementos de sombreado, y en el segundo caso se busca optimizar la tramitancia y optimización térmica de los componentes constructivos,



siempre que se respeten las dimensiones reglamentarias, incorporar elementos que proyecten sombra a partir de la envolvente vegetal entre otros criterios que el volumen, reglamentaciones, ubicación y disposición lo permita.

Según lo que menciona (MUNICIPALIDAD DE APÓSTOLES, Obras Particulares) en el Código de Planeamiento Urbano de la Municipalidad de Apóstoles, para el Distrito Residencial 1 (R1) donde se emplaza la edificación estudiada, se permite una altura máxima de edificación de 10 (diez) metros debido a que no existe sistema de red cloacal dinámico en la ciudad, únicamente estático (pozos absorbentes), por ende, no cuenta con la infraestructura necesaria para responder frente a una mayor demanda de distribución de aguas servidas y/o cloacales. Esta infraestructura se encuentra en proyecto, pero hoy en día no se cuenta con la misma aún. Por este motivo, se ve limitada la proyección en mayor altura, permitiendo una propuesta de planta baja, primer y segundo nivel.

Estas características actúan como condicionantes a la hora de proyectar posibles soluciones de envolvente vegetal sobre el volumen analizado, justificando la utilización de los componentes que se proponen en el modelo mejorado.

Fotos del Relevamiento (Figura 21):



Figura 21: Fotografía tomadas en el relevamiento de la edificación estudiada. - Fuente: elaboración propia.



## **4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS TERMOFÍSICOS E HIGROTÉRMICOS GENERALES SEGÚN NORMATIVA DE HABITABILIDAD**

Antes de adentrarse al análisis dinámico mediante el software Ecotect, es conveniente desarrollar un análisis más general y simplificado de los parámetros de habitabilidad mediante normativas básicas del IRAM.

Se analiza lo tratado en las siguientes normas IRAM, desarrollado para cada caso en particular (situación original y mejorada):

- IRAM 11603: norma establecida por la IRAM donde se determina el acondicionamiento térmico de los edificios, según se indica en (IRAM 11603, 1996)

- IRAM 11605: se establecen valores máximos de transmitancia térmica aplicables a muros y techos de edificios destinados a viviendas, de manera de asegurar condiciones mínimas de habitabilidad. (IRAM 11605, 1996)

- IRAM 11601: Establece los valores y los métodos fundamentales para el cálculo de las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. (IRAM 11601, 2002)

- IRAM 11900: establece una escala de clases de eficiencia energética donde cada una de ellas está relacionada con un Índice de prestaciones energéticas (IPE %) que muestra el ahorro de energía porcentual de la vivienda (IRAM 11900, 2019)

## **4.3 ANÁLISIS DINÁMICO MEDIANTE SOFTWARE ECOTECT**

Para llevar adelante el análisis del impacto climático en la edificación se utilizó el software ECOTECT (AUTODESK, Versión 2011), software de diseño que nos permite simular edificaciones y analizar su comportamiento térmico, solar, sombras, lumínico, acústico, el impacto ambiental, entre otros.

En el software, al momento de modelar, se definen cuáles son zonas térmicas (espacios completamente cerrados) y no térmicas (espacios semicubiertos, como ser balcones, galerías, ingreso a cochera, entre otros).

Teniendo en cuenta la superficie destinada a zonas térmicas tenemos un total de 143.05m<sup>2</sup> en planta baja, y 158.90m<sup>2</sup> en 1° y 2° nivel (en cada uno). Dentro de la superficie destinada a áreas no térmicas, tenemos un total de 39.10m<sup>2</sup> en planta baja y 49.75m<sup>2</sup> en 1° y 2° nivel (en cada uno). Dándonos un total de 599.45m<sup>2</sup> de superficie modelada y estudiada.

De este modo se definieron en el edificio completo en 66 zonas (52 térmicas y 14 no térmicas), que se indican en la figura 22, en función de las cuales se modelizó el edificio para realizar una primera simulación general de desempeño higrotérmico mediante el programa Ecotect, fijando una banda de confort entre los 19°C (mínima confortable de invierno) y los 29°C (máxima confortable de verano) y 55 a 65% de HR (humedad relativa) (ALÍAS & JACOBO, 2009).

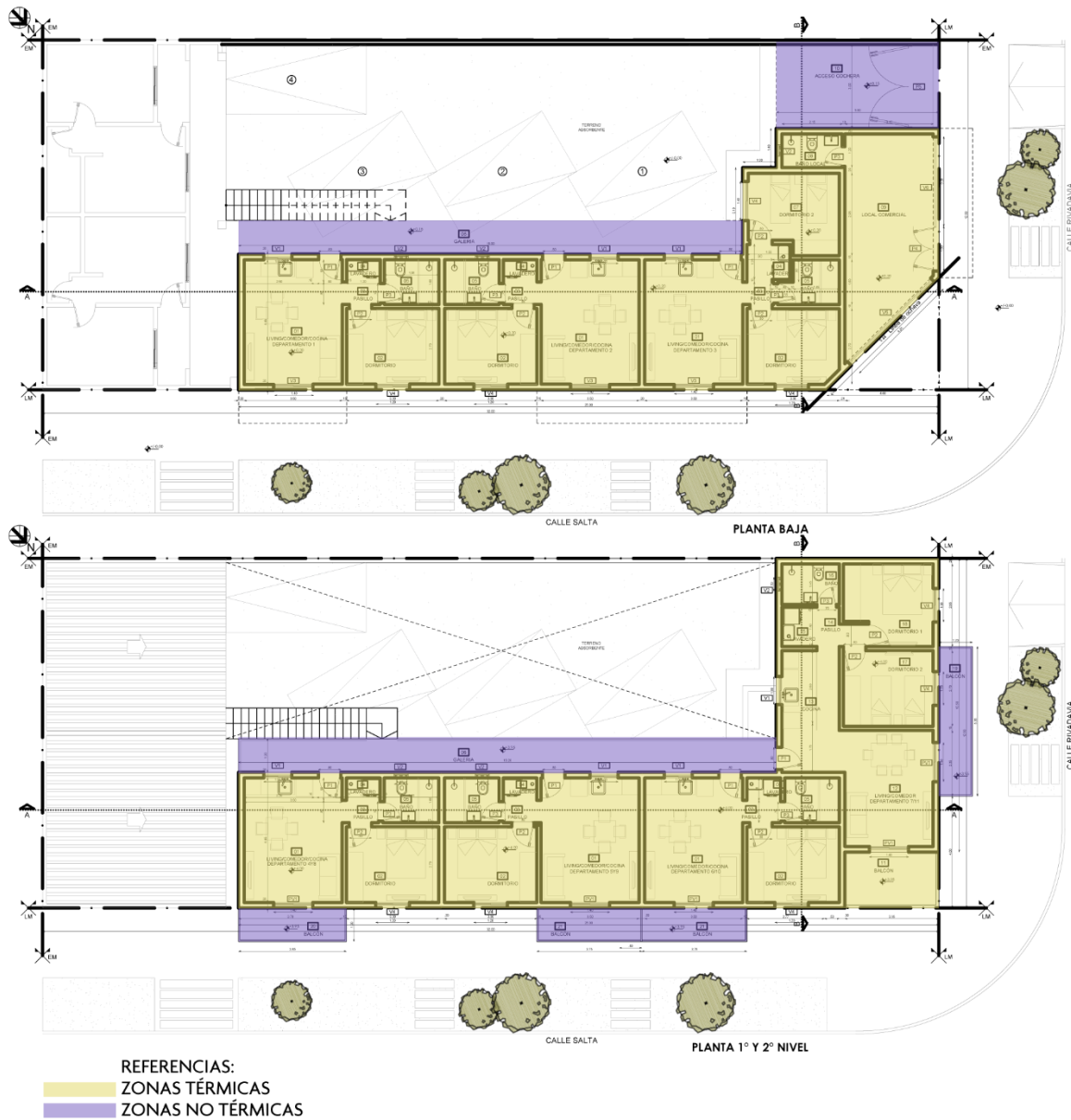


Figura 22: Esquema de zonas térmicas y no térmicas. Fuente: elaboración propia.

## CAPÍTULO 5 – EL CASO DE ESTUDIO EN SITUACIÓN ORIGINAL

El modelo estudiado (modelo original – construcción existente, figura 23 y 24) cuenta con paredes externas de 20cm de espesor son de ladrillo hueco, las paredes divisorias de unidades funcionales son también de 20cm de espesor de ladrillo hueco, las paredes divisorias internas, son en su mayoría de 15cm de espesor de ladrillo hueco, y en tramos específicos cambia el espesor a 10cm. Los cielorrasos aplicados y suspendidos de listones de PVC en balcones. Entrepisos de losa alivianada convencionales, piso de porcelanato y cerámica. Balcones abiertos con barandas metálicas. Cubierta de chapa a un agua (una sola pendiente), resuelta en la intersección de ambos faldones,

con una canaleta interna. Galería de circulación común con barandas metálicas y cubierta de chapa en el segundo nivel.

En cuanto a las aberturas, son de aluminio y vidrio simple, puertas de acceso de aluminio, puertas internas tipo placa de cedro, puertas ventanas de aluminio y vidrio simple, vidriera del local de vidrio simple de 6mm.

A la fecha de hoy, se encuentra ya concluida y ocupada la planta baja y el primer nivel en ejecución. Esquema del modelado:

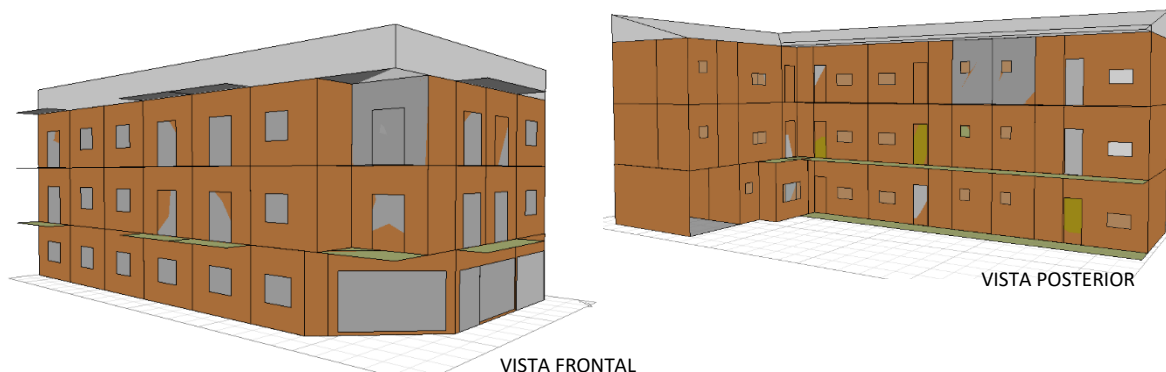
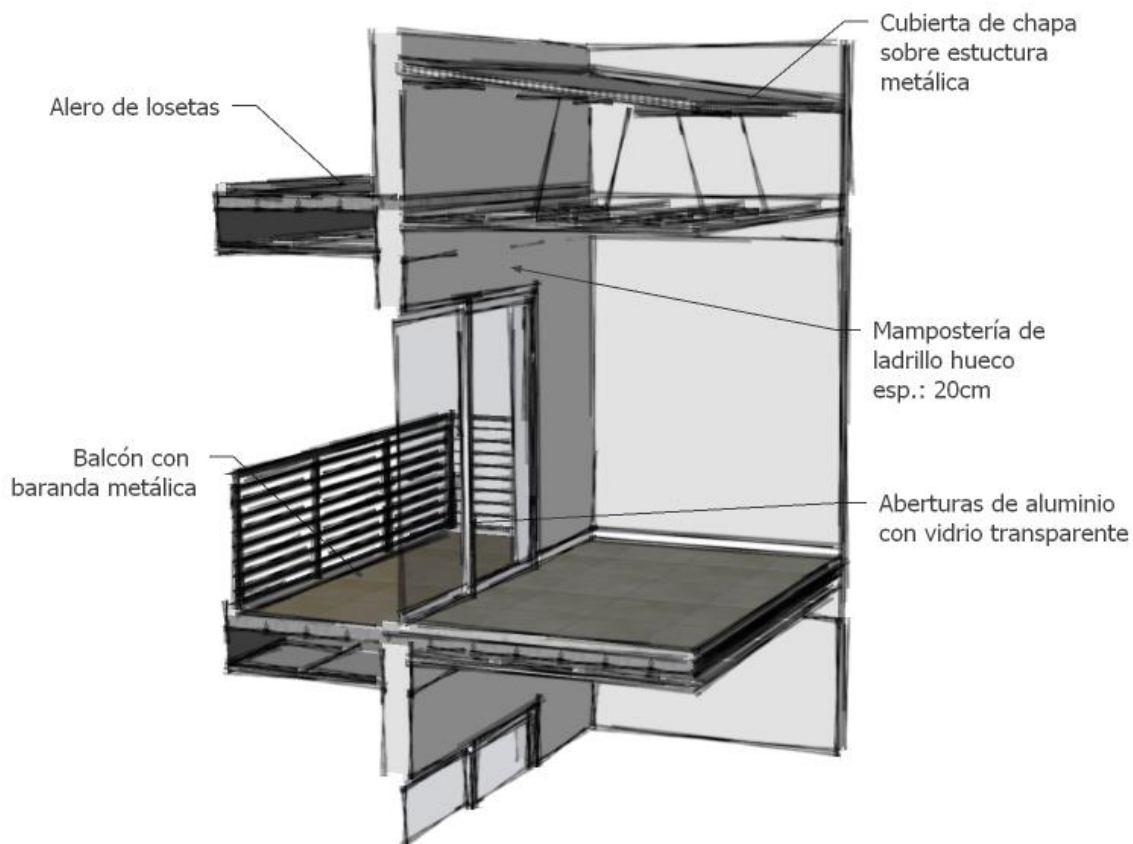


Figura 23: Volumen modelado en Software Ecotect, situación original. - Fuente: elaboración propia.



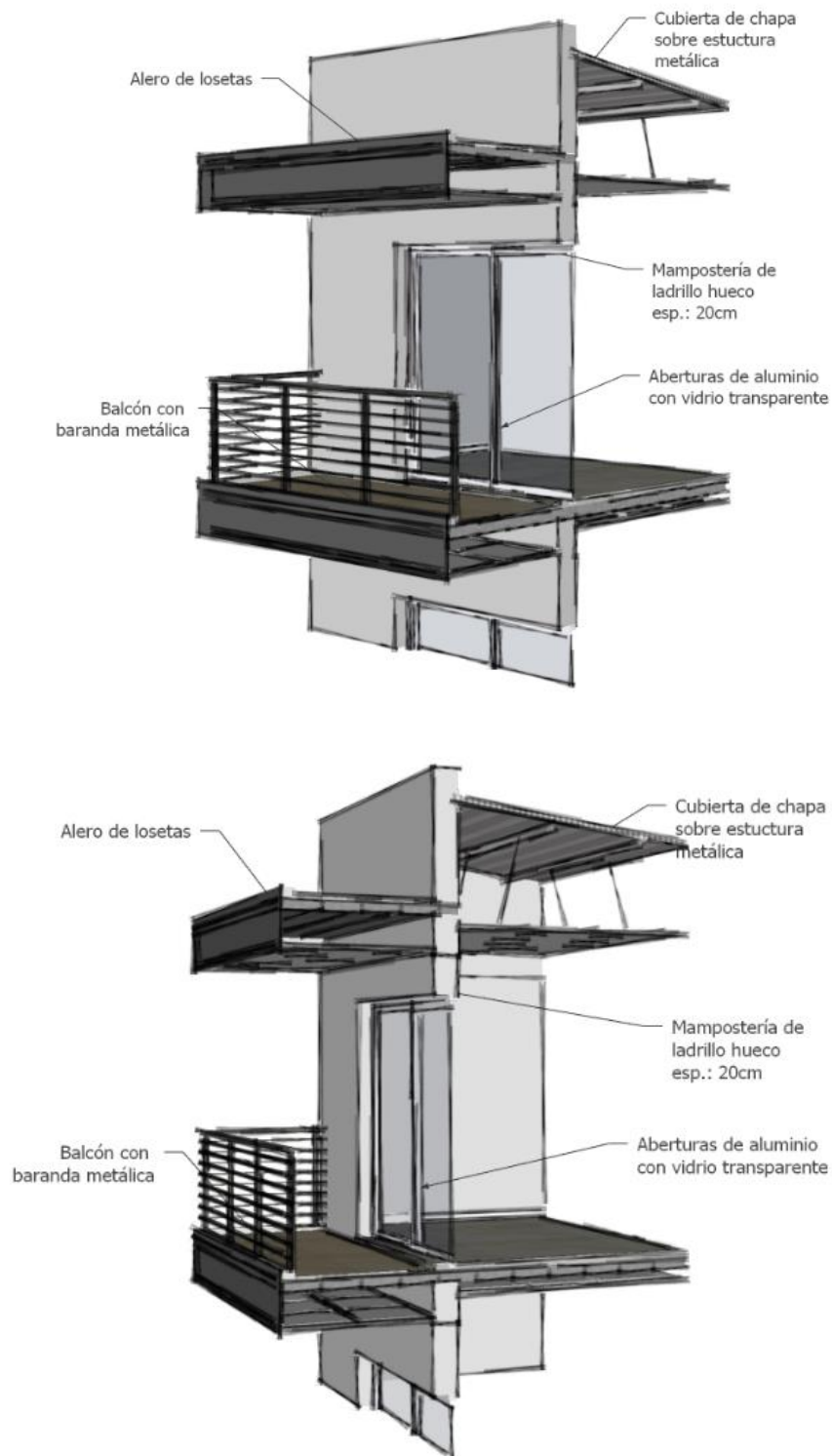


Figura 24: Esquema de paquete constructivo (pared-techo) de situación original. - Fuente: elaboración propia.



## 5.1 PARÁMETROS SEGÚN NORMATIVA DE HABITABILIDAD

- **Verificación de “Recomendaciones de diseño para la zona bioambiental “Ib” – Muy cálido, según normas IRAM 11603:**

La norma IRAM 11603:2012 establece una clasificación bioambiental de la República Argentina (ver mapa en Anexo – Clasificación Bioambiental), donde define características propias de cada zona, valores de temperaturas que alcanza en los distintos períodos del año, entre otros, a partir de lo cual define ciertas pautas generales para el diseño, la evaluación de orientaciones favorables, y el cumplimiento mínimo de asoleamiento de las viviendas, recomendaciones sobre protecciones solares, requerimientos que deberían cumplirse para lograr valores óptimos de diseño en relación con el proyecto.

La ciudad donde se ubica el modelo analizado se define como zona bioambiental “Ib” – Muy cálido. En esta zona, durante la época cálida presentan valores de temperatura máxima mayores que 34°C y valores medios mayores que 26°C, con amplitudes térmicas siempre mayores que 14°C. El período invernal es poco significativo, con temperaturas medias durante el mes más frío mayores que 12°C. (IRAM 11603, 1996)

### Recomendaciones generales sobre el diseño:

En la tabla 1, se observa una extracción de las pautas que plantea para la zona donde se emplaza el modelo analizado, donde se determina el cumplimiento o no de dichos ítems para el caso de estudio de situación original. Se puede ver como cumple un 20% de lo que la norma nos indica.

<b>5.1.1 Zona I: Muy Cálida – Se recomienda:</b>	
1. Colores claros en paredes exteriores y techos	SI CUMPLE
2. Gran aislación térmica en techos y en las paredes orientadas al este y al oeste.	NO CUMPLE
3. El eje mayor de la vivienda será, preferentemente, Este-Oeste	NO CUMPLE
4. Bajo todos los conceptos, deben estar todas las superficies protegidas de la radiación solar. Para ventanas, si es posible, no orientarlas al Este o al Oeste, y minimizar su superficie.	NO CUMPLE
5. La ventilación cruzada de la vivienda es fundamental, dada la influencia benéfica de la velocidad del aire, para disminuir el “discomfort”.	MEDIANAMENTE CUMPLE
6. La necesidad de minimizar las superficies que miren al Oeste y al Este deberán tenerse en cuenta. En esta zona, el invierno reviste muy poca importancia, por lo que no será necesario prestar atención a este aspecto.	NO CUMPLE
7. Deberá considerarse la necesidad de aprovechar los vientos dominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire.	NO CUMPLE

Tabla 1: Recomendaciones de diseño para la zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

### Evaluación de orientaciones por zonas bioambientales:

Se establece que el modelo estudiado posee una orientación óptima según lo que determina la norma IRAM 11603 como se ve en la tabla 2 y figura 25, ya que el lote se encuentra en una esquina, y la proyección del edificio de viviendas multifamiliar, se desarrolla en la orientación NO-N-NE.

<b>6.1.3 Zona I: Muy Cálida</b>	
Para toda esta zona, la orientación óptima resulta la NO-N-NE y la SO-S-SE. La situación crítica en relación al asoleamiento ocurre en verano.	SI CUMPLE

Tabla 2: Evaluación de orientaciones según zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

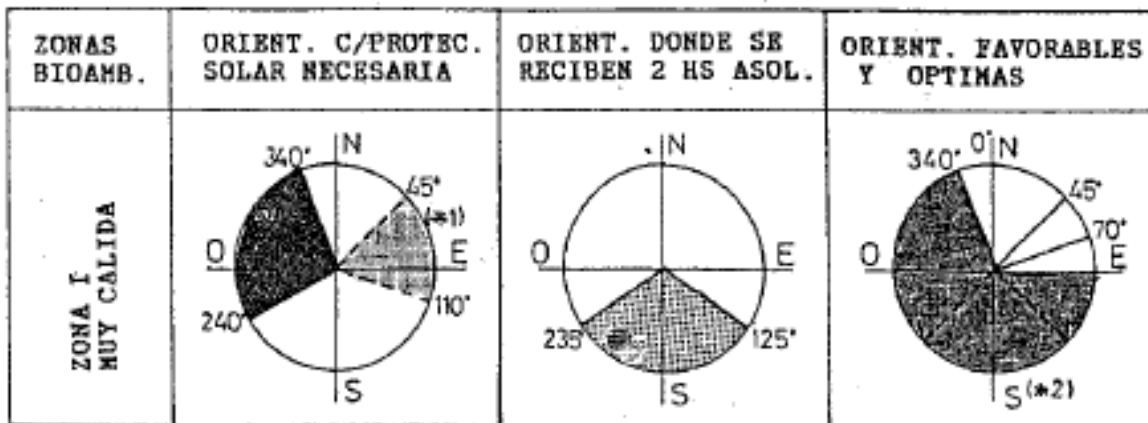


Figura 25: Análisis comparativo de orientaciones para zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

**Recomendaciones sobre protecciones solares:**

El caso analizado no cuenta con protección solar según lo que determina la norma IRAM 11603 como se ve en la tabla 3 y figura 25.

**7. PROTECCIONES SOLARES**

Se aconseja para las zonas bioambientales I a IV y para las orientaciones SO-O-NO-N-NE-E-SE el uso de sistemas de protección solar, como por ejemplo parasoles horizontales y verticales, cortinas de enrollar de color claro.

**NO CUMPLE**

Tabla 3: Evaluación de protecciones solares según zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

• **Transmitancia térmica de muros y techos exteriores y nivel de confort, según normas IRAM 11605:**

Las normas IRAM 11605 (IRAM 11605, 1996) establece los valores máximos de transmitancia térmica aplicables a muros y techos de edificios destinados a vivienda, de manera de asegurar condiciones mínimas de habitabilidad en relación con cada zona bioambiental.

Se establecen 3 (tres) niveles de confort higrotérmico como se puede ver en la figura 26.

- a) Nivel A: Recomendado
- b) Nivel B: Medio
- c) Nivel C: Mínimo

Figura 26: Niveles de confort higrotérmico. - Fuente: Normas IRAM 11605:1996

**Evaluación de la mampostería en situación original:**

Para el estudio de la mampostería, se establecen valores máximos de transmitancia térmica los que se observan en la tabla 4, determinados de acuerdo con la zona bioambiental Ib.

Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0.45	1.10	1.80
III y IV	0.5	1.25	2.00

Tabla 4: Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano para muros. - Fuente: normas IRAM 11605.

Se determina que el valor del coeficiente de conductividad K, para la mampostería en su situación original, sin ninguna proyección de aislación, es de 2.16 (W/m².K), el mismo no cumple con ningún nivel establecido en la tabla 4, determinando de este modo que la misma es una mampostería de



alta conductividad térmica, permitiendo el traspaso de calor desde el exterior al interior de los locales, aumentando su temperatura y generando disconfort en los usuarios de las distintas unidades funcionales.

Valores obtenidos a partir de la implementación de la planilla de cálculo de (GONZALO, NOTA, LEDESMA, & MARTÍNEZ, 2000), planilla que se visualiza en la sección de Anexos – Planillas de Cálculo de Situación Original – Condensación de muros.

**Evaluación de la cubierta en situación original:**

Para el estudio de la cubierta, se establecen valores máximos de transmitancia térmica los que se observa en la tabla 5, determinados de acuerdo con la zona bioambiental Ib.

<b>Tabla 3 – Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos – en W/m<sup>2</sup>.K</b>			
<b>Zona Bioambiental</b>	<b>Nivel A</b>	<b>Nivel B</b>	<b>Nivel C</b>
I y II	0.18	0.45	0.72
III y IV	0.19	0.48	0.76

*Tabla 5: Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos. - Fuente: normas IRAM 11605.*

Se determina que el valor del coeficiente de conductividad K, para la cubierta en su situación original, es de 0.77 (W/m<sup>2</sup>.K), no cumpliendo con los nivel establecido en la tabla 5, determinando de este modo que la misma es una cubierta que posee conductividad térmica, permitiendo el traspaso de calor desde el exterior al interior de los locales, aumentando su temperatura y generando disconfort en las personas que lo habitan.

Valores obtenidos a partir de la implementación de la planilla de cálculo de (GONZALO, NOTA, LEDESMA, & MARTÍNEZ, 2000), planilla que se visualiza en la sección de Anexos – Planillas de Cálculo de Situación Original – Condensación de cubierta.

- **Valoración de las estrategias pasivas de diseño arquitectónico (EPDA) del edificio, según IRAM 11900:**

Las EPDA (estrategias pasivas de diseño arquitectónico) dispuestas por (IRAM 11601, 2002), establecen una serie de recursos arquitectónicos – constructivos (RAC), que varían en función de la condición climática del lugar donde se emplaza el modelo estudiado y si interrelación con los demás RAC, a los que se los valoriza a partir de la caracterización y asignación de un puntaje tabulado, dependiendo de la forma en que se encuentren resueltos dentro del diseño analizado, con el propósito de reducir la demanda de energía y optimizar el confort higrotérmico a partir de estrategias pasivas de diseño o acondicionamiento natural para ambos períodos.

Las EPDA evalúan: aislación térmica, inercia térmica, protección solar, ventilación natural, captación solar, humidificación y el entorno.

A partir de haberse aplicado y cuantificado la Planilla general para la valoración de las EPDA, que se la puede ver en la sección de Anexos, donde se cuantifica el puntaje de estas para la región correspondiente, se observa que se obtiene un puntaje general de la “vivienda evaluada” (Ve) la cual se la compara con el puntaje de la “vivienda de referencia” (Vr) - valores otorgados por la norma, considerado como mayor porcentaje posible de aprovechamiento de las EPDA para la zona. Estableciéndose un porcentaje total para la Ve y Vr, y a su vez una valoración porcentual total de la relación de estas.

Para el caso de situación original se obtuvo como valor total un 33% respecto a sus referencias (Vr), interpretándose como un valor medio-bajo, de aprovechamiento de las EPDA, las que podrían variar si se modifica los valores de los RAC.

**5.2 ANÁLISIS TÉRMICO (DINÁMICO)**

El análisis térmico nos permite definir el comportamiento de una edificación, teniendo en cuenta la materialidad (según sean más o menos reflexivos o absorbentes), la ventilación con la que cuente,



el emplazamiento de este, condiciones climáticas, entre otros, es decir que nos permite analizar la interacción del clima y la envolvente de la edificación.

### 5.2.1 DÍA MÁS CALUROSO (HOTTEST DAY)

El software arroja el 18 (dieciocho) de diciembre como el día más caluroso del año, como resultado del análisis térmico, con los siguientes valores (tabla 6):

<p>HOURLY TEMPERATURES (temperaturas por hora) - 18th December                  All Visible Thermal Zones                  Total Surface Area: 3015.641 m2 (413.6% flr area).                  Total Exposed Area: 556.410 m2 (76.3% flr area).                  Total North Window: 8.870 m2 (1.2% flr area).                  Total Window Area: 40.536 m2 (5.6% flr area).                  Total Conductance (AU): 1204 W/°K                  Total Admittance (AY): 11669 W/°K</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 6: Valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso. - Fuente: elaboración propia.

En el siguiente gráfico (figura 27) se ve las líneas de referencia de temperatura exterior (en azul) a la fecha considerada como día más cálido en el caso, sin zonas modeladas.

Los valores de temperaturas exterior alcanzados van descendiendo levemente dentro del margen de horario de las 00:00hs hasta 05:00hs que alcanza su punto más bajo con un valor de 22°C, para luego comenzar a elevarse en coincidencia con el tiempo de exposición del sol, llegando al valor más alto a las 15:00hs con una temperatura de 37°C y por último comenzar nuevamente el descenso para alcanzar una temperatura aproximada de 29°C a las 24:00hs.

Se observa además que al comparar la temperatura exterior con la franja de confort regional (recuadro de color anaranjado), vemos como en su mayoría se ubica por encima de esta temperatura de referencia, solamente en horarios de madrugada se cuenta con temperatura exterior comfortable.

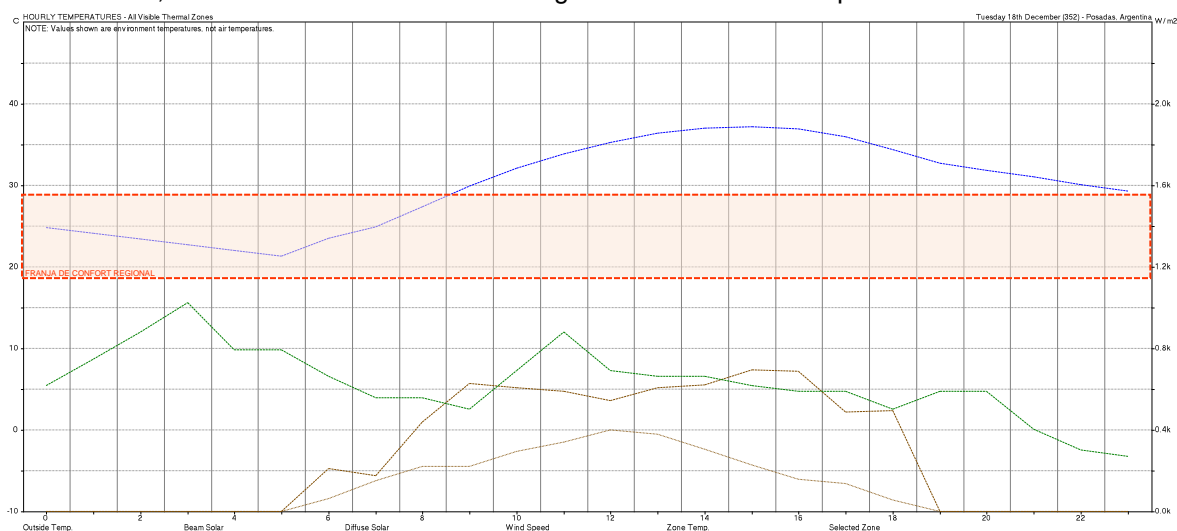


Figura 27: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso. - Fuente: elaboración propia.



Al encender las capas que nos muestran el total de las zonas modeladas (figura 28), se ve bien como se diferencia entre zonas con comportamiento más uniforme que tienen ventilación natural únicamente a través de ventanas como los baños; zonas térmicas con valores más elevados como los lavaderos y pasillos, en estos casos no cuentan con ventilación natural ni artificial y zonas con cambios de valores bruscos como los dormitorios, living/comedor/cocina y local comercial, donde tiene un acondicionamiento combinado (natural y artificial).

El modelado completo, alcanza valores mínimos de 27°C promedio y máximos de 43°C promedio. En este caso al tener todas las capas encendidas, se muestra perfectamente como la mayoría de los espacios funcionales se ubican por encima de la franja de confort, entrando dentro de la misma en horarios que coinciden con el uso de climatización, pero a pesar de esto, siguen estando en valores límites dentro de la franja.

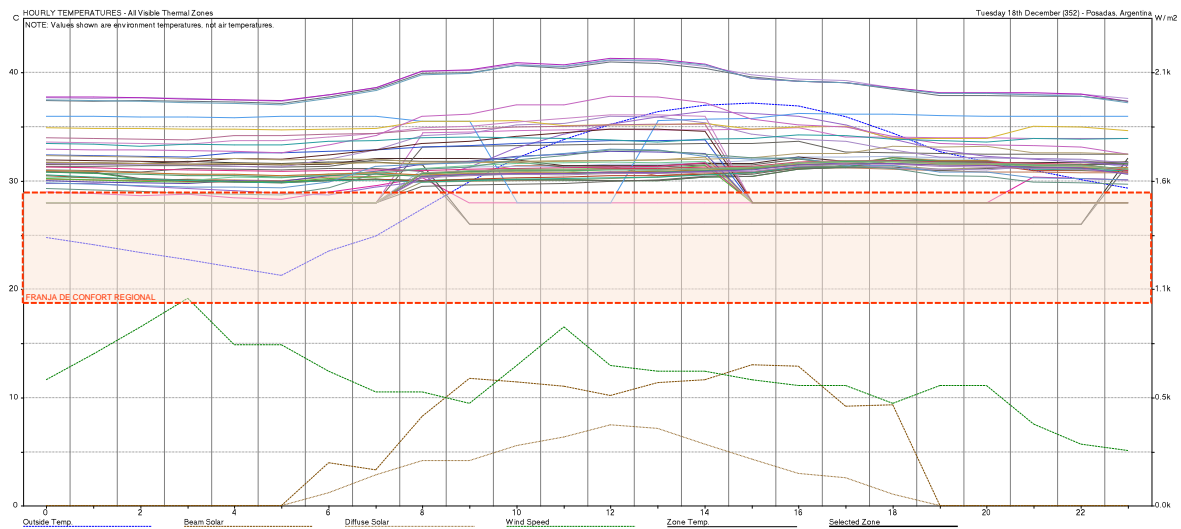


Figura 28: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso. - Fuente: elaboración propia.

Al analizar las zonas destinadas a baños (figura 29), se ve un comportamiento más uniforme. Tienen ventilación natural con ventana chica. No combinado con refrigeración. Los mismos poseen una orientación, dentro del volumen, hacia el sureste y suroeste, y al tener el edificio una forma tipo “L”, los sectores de baños, al igual que lavaderos y parte de las cocinas, reciben la orientación más desfavorable, menos sol durante el día, y a su vez se encuentran cubiertos por las galerías de distribución de espacios que los protege de vientos y lluvias, los que mayormente provienen del punto cardinal sur.

Se observa también que 3 (tres) espacios, tienen valores un poquito más elevados que los demás, representan a los 3 baños que se encuentran en el interior del volumen, sin ventilación natural, por tal motivo, la temperatura interior aumenta con respecto a los demás.

Alcanzan valores mínimos de 30°C promedio y máximos de 35°C promedio. Temperaturas que superan los valores de zona de confort en todo el día.

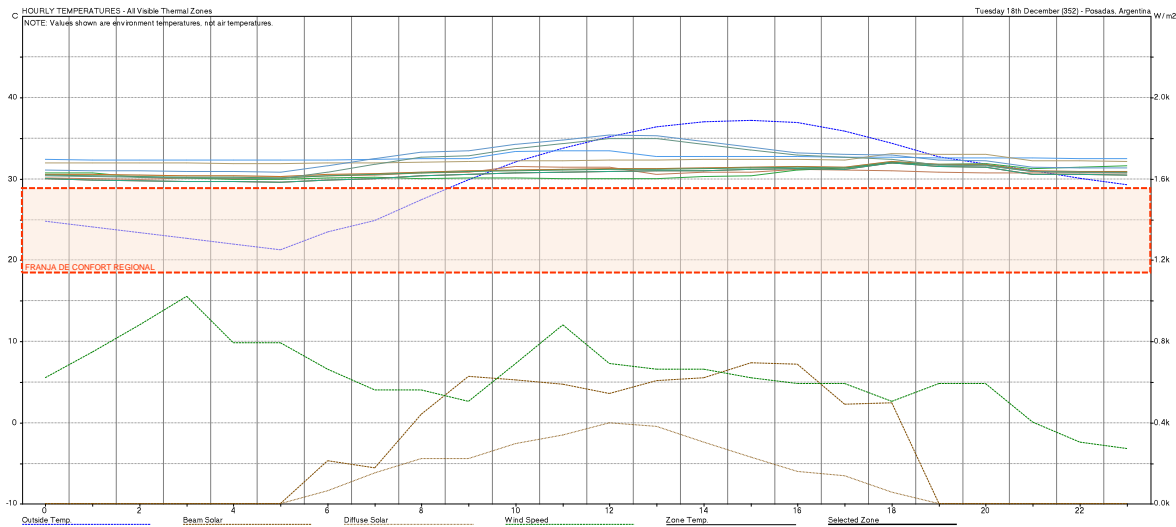


Figura 29: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

Una situación similar sucede con las zonas destinadas a lavaderos/pasillos (figura 30). Estas zonas no poseen ventilación natural por ende se generan temperaturas más elevadas en su interior en relación a los demás espacios que sí cuentan, en mayor o menor medida, con ventilación natural. En este caso se observa cómo estos espacios presentan valores casi lineales en su mayoría, pero mucho más elevados que la línea de referencia de temperatura exterior.

Alcanzan valores mínimos de 37°C promedio y máximos de 43°C promedio.

La diferencia es que se observan 2 espacios de iguales características, con la diferencia que estos tienen valores un poco más bajos a lo largo del día y dentro de la franja horaria de las 12:30hs a 19:00hs se ubican por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior.

Alcanzan valores mínimos de 38°C promedio y máximos de 43°C promedio.

En este caso, la característica que hace que estos dos espacios difieran de los demás (siempre hablando de las zonas con la misma función de uso), es que poseen una mayor superficie de área destinada a “pasillo”, que se encuentran dentro del ala más corta y se dispone hacia el patio, por ende no reciben la misma incidencia solar que las fachadas frontales, por lo tanto “son menos calientes”; y además, estos nos cuentan con la protección que ofrecen las galerías de espacios comunes. De igual modo, otras 3 (tres) zonas lavadero, muestran un comportamiento distinto, con valores intermedios entre el primer grupo y las últimas 2 (dos) zonas. En este caso, estos están emplazados en el interior de cada unidad funcional, sin caras que se encuentren en contacto con el exterior, y a su vez, sus valores varían según su ubicación dentro del volumen (planta baja, primero o segundo nivel).

Alcanzan valores mínimos de 32°C promedio y máximos de 37°C promedio, ubicándose bastante por encima de la zona de confort regional durante todo el día.

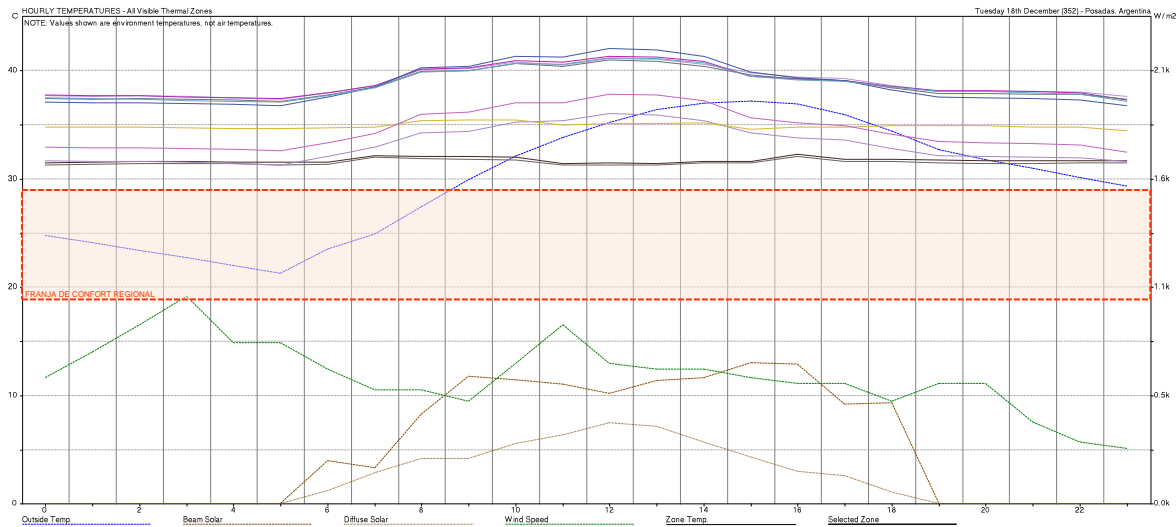


Figura 30: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

Si se menciona a los espacios con función de living/comedor/cocina, dormitorios y local comercial, (figura 31), podemos ver que las líneas de referencia de estos son lineales, levemente en pendiente, y horarios que comúnmente se utilizan estos espacios, muestran un cambio brusco a modo de “pico” y se comportan en forma lineal horizontal, en concordancia con el tiempo de uso del aire acondicionado y otro medio de refrigeración, ya que estos poseen acondicionamiento combinado o mixto.

Específicamente en el segundo dormitorio del departamento número 3 (tres) de la planta baja, representado por la línea de color verde agua, presenta un comportamiento diferente a los demás ya que es el único que tiene una orientación hacia el sur este. Los demás tienen orientación hacia el noreste, norte, y noroeste; Por lo tanto, recibe menor incidencia solar que las demás zonas destinadas a dormitorios.

Bajo el mismo criterio de orientación, los locales que se direccionan hacia el noroeste alcanzan valores más elevados en horarios pico (o críticos).

Alcanzan valores mínimos de 27°C promedio y máximos de 37°C promedio.

Al considerar que estos espacios cuentan con climatización, cuyo objetivo es colocar al espacio en cuestión dentro de la zona de confort, se observa como dentro de los horarios de utilización de estos, las temperaturas descienden y se ubican dentro de la zona de confort, pero muy cerca del límite superior.

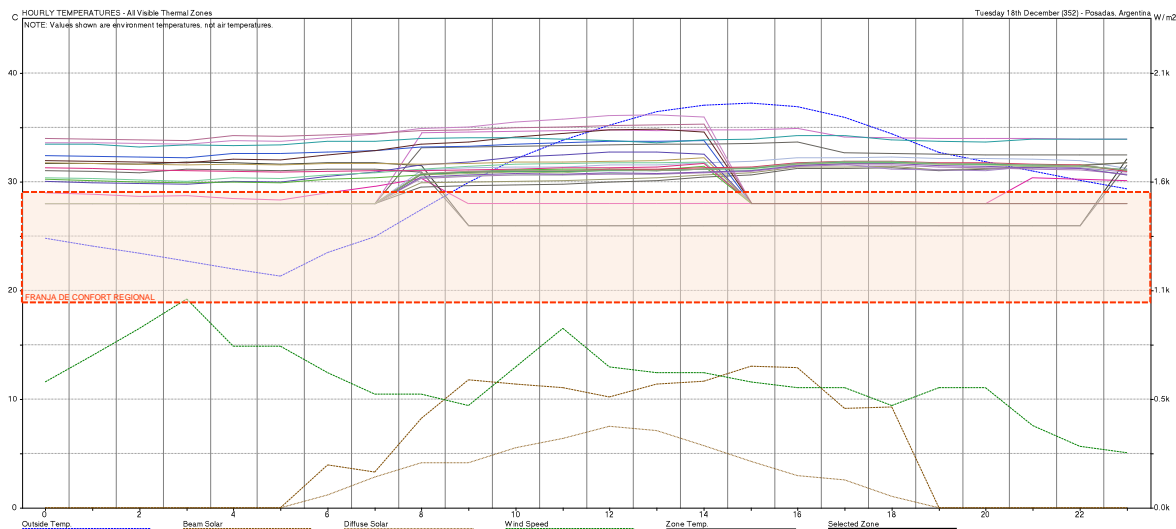


Figura 31: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

Si se analiza la cubierta de chapa (figura 32), observamos que en el rango horario de 00:00hs a 07:00hs se encuentra con un valor térmico muy por encima de la temperatura exterior, alcanzando apenas a las temperaturas de zona de confort para las 7 am aproximadamente. Entre las 07:00hs y 11:00hs, esa diferencia térmica comienza a ser descender. Luego entre 12:15hs y 18:30hs se coloca por debajo de la línea de referencia de la temperatura exterior (la temperatura exterior llega a los 38°C a las 15:00hs, para el 18 de diciembre. Luego de 18:30hs a 24:00hs comienza a elevarse la temperatura nuevamente sobrepasando los valores exteriores. Alcanza valores mínimos de 29°C promedio y máximos de 37°C promedio.

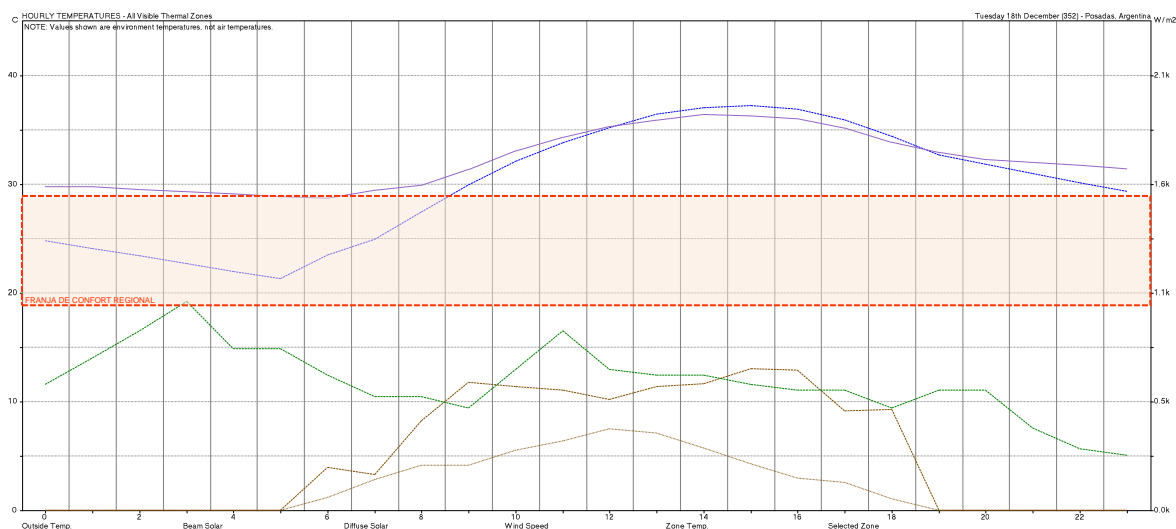


Figura 32: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.



### 5.2.2 DÍA MÁS FRÍO (COLDEST DAY)

El análisis nos dice que el día 6 (seis) de julio es el día más frío del año, como resultado del análisis térmico, con los siguientes valores (tabla 7):

<p>HOURLY TEMPERATURES (temperaturas por hora) - 6th July                  All Visible Thermal Zones                  Total Surface Area: 385.472 m<sup>2</sup>                  Total Exposed Area: 221.752 m<sup>2</sup>                  Total North Window: 0.000 m<sup>2</sup>                  Total Window Area: 0.000 m<sup>2</sup>                  Total Conductance (AU): 330 W/°K                  Total Admittance (AY): 794 W/°K</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 7: Valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Al igual que para el día más caluroso, en el siguiente gráfico se ve las líneas de referencia de temperatura exterior (en azul) a la fecha considerada como día más frío, sin encender las capas de las zonas del modelo (figura 33).

Los valores de temperaturas alcanzados van descendiendo, dentro del margen de horario de las 00:00hs hasta las 07:00hs que alcanza su punto más bajo con un valor de 2°C, para luego comenzar a elevarse en coincidencia con el tiempo de exposición del sol, llegando al valor más alto a las 14:00hs con una temperatura de 14°C y por último comenzar nuevamente el descenso para alcanzar una temperatura aproximada de 7°C a las 24:00hs.

Se ve además, que la temperatura exterior se ubica muy por debajo del recuadro (color anaranjado) que representa la zona de confort regional.

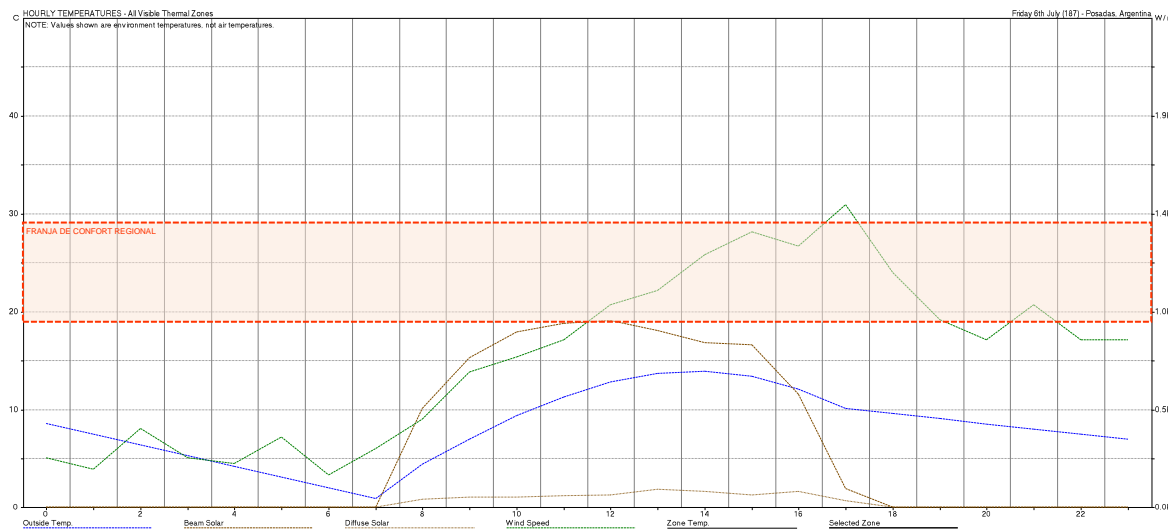


Figura 33: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Al evaluar los resultados brindados por el análisis térmico, donde se aprecia las líneas de referencia que representan el total de las zonas (figura 34), se observa bien cómo se diferencia entre zonas con comportamiento más uniforme que tienen ventilación natural únicamente a través de ventanas



como los baños; zonas térmicas con valores más elevados como los lavaderos y pasillos, en estos casos no cuentan con ventilación natural ni artificial y zonas con cambios de valores bruscos como los dormitorios, living/comedor/cocina y local comercial, donde tiene un acondicionamiento combinado (natural y artificial). Como así también la incidencia que genera la orientación del edificio con respecto al recorrido que realiza el sol, los espacios que tienen orientación hacia el noroeste, presentan valores más elevados que los que se encuentran con orientación noreste, norte; y a su vez estos muestran valores superiores a los lados orientados al sur, sureste y suroeste, los cuales reciben menor incidencia solar que las demás zonas.

El modelado completo, alcanza valores mínimos de 9°C promedio y máximos de 22°C promedio. Para el caso del período de frío, se observa como algunas zonas con destino a lavadero/ pasillos (espacios que no contienen ventilación natural) son las únicas en alcanzar valores considerados como franja de confort.

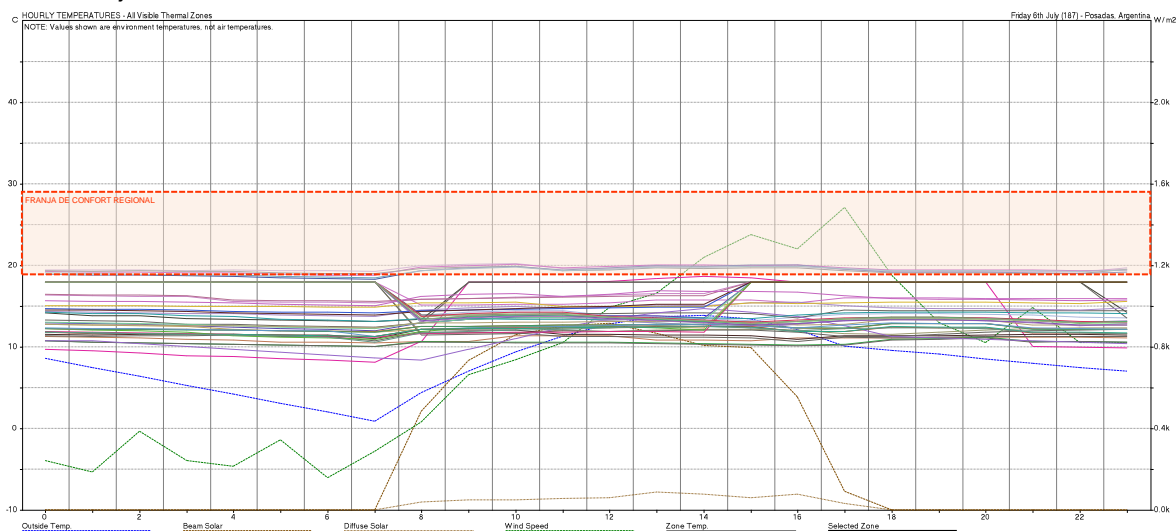


Figura 34: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Se observa en los sectores destinados a los baños (figura 35), que el comportamiento es relativamente uniforme, casi horizontal si se quiere, ubicándose muy por debajo de la franja de confort. Tienen ventilación natural con ventana de dimensión pequeña. No combinado con refrigeración y/o calefacción. Podemos observar que los espacios que se encuentran en el ala ubicada del lado de la calle Rivadavia, orientados hacia el sureste, reciben una mínima incidencia del sol de la mañana (este), por lo tanto, vemos que las líneas que los referencias se encuentran más abajo que las demás; esto quiere decir que son espacios más fríos. En los otros casos, del mismo modo que estos, se encuentran con orientación sur, pero al estar sobre el ala más larga, con vista hacia el suroeste, reciben una mínima incidencia solar del sol de la tarde (oeste) que es el más desfavorable. Por tal motivo presentan un comportamiento similar a lo largo del día, solamente hay una pequeña diferencia en niveles de temperaturas alcanzados.

En el rango horario de las 11:30hs a las 17:00hs podemos ver como los niveles de temperatura de las zonas, se ubican por debajo de la línea de referencia de nivel de temperatura exterior. Fuera de ese rango la temperatura aumenta, y se ubica por fuera (o por encima) de esa línea de referencia. En coincidencia con el tiempo de radiación solar alta.

Alcanzan valores mínimos de 10°C promedio y máximos de 14°C promedio.

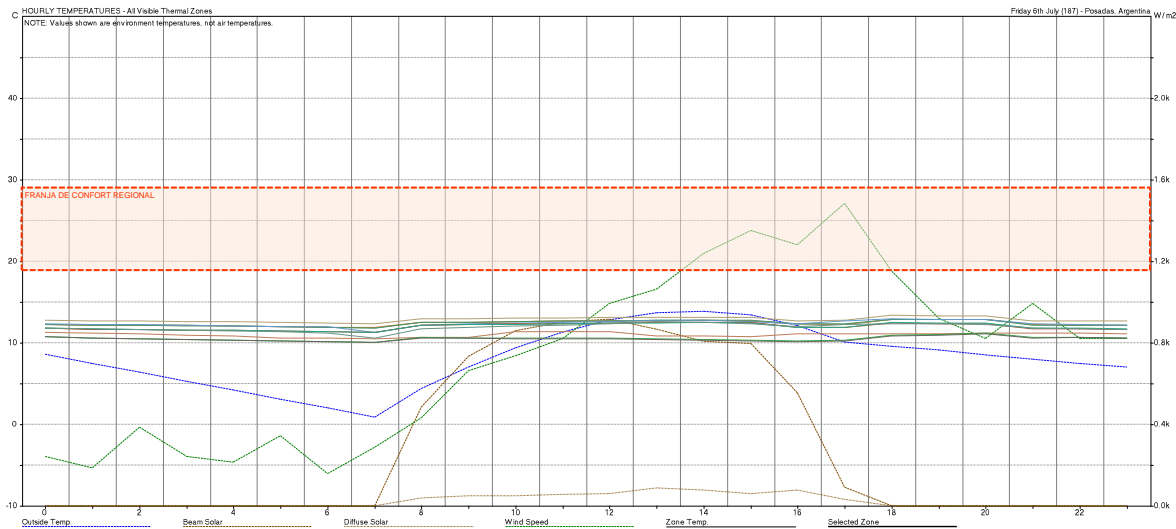


Figura 35: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los lavaderos y pasillos (figura 36), la situación es similar a la que sucede con las zonas destinadas a baños. Estas zonas no poseen ventilación natural por ende se generan temperaturas más elevadas en su interior en relación a los demás espacios que sí cuentan, en mayor o menor medida, con ventilación natural. En este caso se observa como estos espacios presentan valores casi lineales, pero mucho más elevados que la línea de referencia de temperatura exterior.

Alcanzan valores mínimos de 18°C promedio y máximos de 20°C promedio.

Se observa también, 2 (dos) espacios de iguales características, con la diferencia que estos tienen valores un poco más bajos a lo largo del día y dentro de la franja horaria de las 11:00hs a las 17:00hs se ubican por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior. En este caso, la característica que hace que estos dos espacios difieran de los demás, es que poseen una mayor superficie de área destinada a “pasillo”, que se encuentran dentro del ala más corta y se disponen hacia el patio, por ende no reciben la misma incidencia solar que las fachadas frontales, por lo tanto “son menos calientes”.

De igual modo, otras 3 (tres) zonas lavadero, muestran un comportamiento distinto, con valores intermedios entre el primer grupo y las últimas 2 (dos) zonas. En este caso, estos están emplazados en el interior de cada unidad funcional, sin caras que se encuentren en contacto con el exterior, y a su vez, sus valores varían según su ubicación dentro del volumen (planta baja, primero o segundo nivel). Dentro de éstos, los superiores, son las zonas que alcanzan valores considerados como zona de confort, saliendo de la misma en la franja horaria de 3:00hs a 7:30hs de la mañana.

Alcanzan valores mínimos de 11°C promedio y máximos de 13°C promedio, exceptuando los últimos, que alcanzan valores máximos de 19°C.

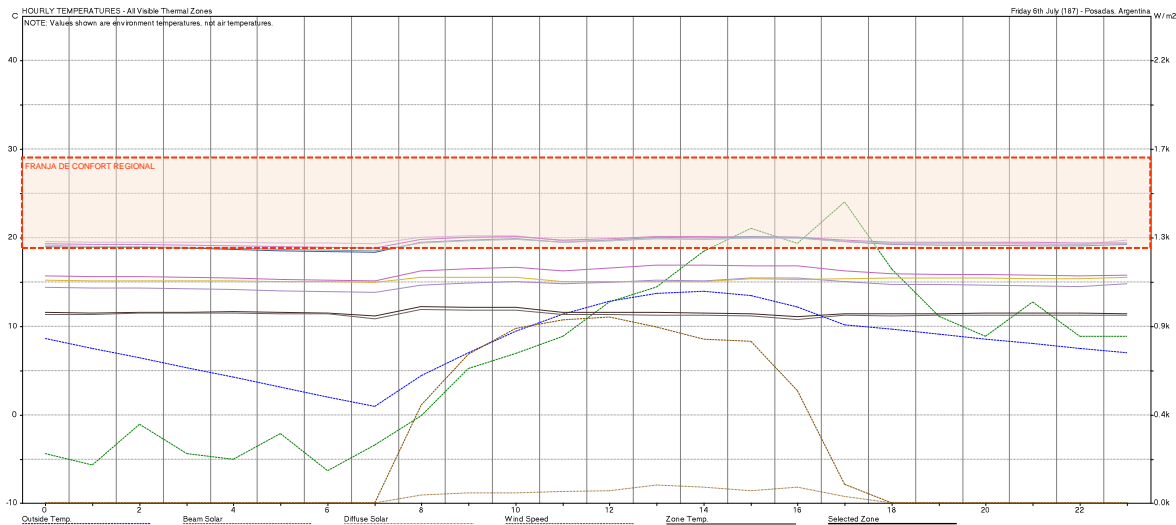


Figura 36: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

En el siguiente gráfico (figura 37), se ve las líneas de referencia que corresponden a los Living/comedor/cocina, dormitorios y local comercial, los cuales poseen climatización (refrigeración/calefacción) mixta,

De igual modo, otras 3 (tres) zonas (lavadero), muestran un comportamiento distinto, con valores intermedios entre el primer grupo y las últimas 2 (dos) zonas. En este caso, estos están emplazados en el interior de cada unidad funcional, sin caras que se encuentren en contacto con el exterior, y a su vez, sus valores varían según su ubicación dentro del volumen (planta baja, primero o segundo nivel).

En el caso del segundo dormitorio del departamento 3 (tres) de la planta baja del volumen (línea de color verde agua), presenta un comportamiento diferente a los demás ya que es el único que tiene una orientación hacia el sur este. Los demás tienen orientación hacia el noreste, norte, y noroeste. Por lo tanto, recibe menor incidencia solar que las demás zonas destinadas a dormitorios. Sus valores de temperatura aumentan durante el tiempo de incidencia solar, pero se mantiene sin generar picos de temperatura.

Bajo el mismo criterio de orientación, los locales que poseen disposición noroeste alcanzan valores más bajos en horarios críticos. Por ejemplo, en el caso de los dormitorios, los valores alcanzados se encuentran muy por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior, y es cuando se necesitan valores más altos que los arrojados. Y viceversa con respecto a los espacios destinados a living, comedores y cocinas.

En el caso del local comercial (representado por la línea de referencia de color magenta) que se encuentra en planta baja, emplazado sobre calle Rivadavia (lado más desfavorable – noroeste), e intersección de calles Rivadavia y Salta (norte), se observa como dentro del margen de horario laboral se mantiene uniforme, pero fuera de lo considerado horario laboral comercial, los valores descienden en mayor porcentaje, comparando con los demás espacios, sobre todo en horarios de madrugada (de 00:00hs a 06:00hs), esto se debe a que presenta una mayor superficie vidriada, con vidrio estándar común de 4mm, lo que permite una mayor absorción de la temperatura exterior, modificando en mayor escala, los valores interiores del local.

Alcanzan valores mínimos de 9°C promedio y máximos de 18°C promedio, no llegando a la zona de confort regional.

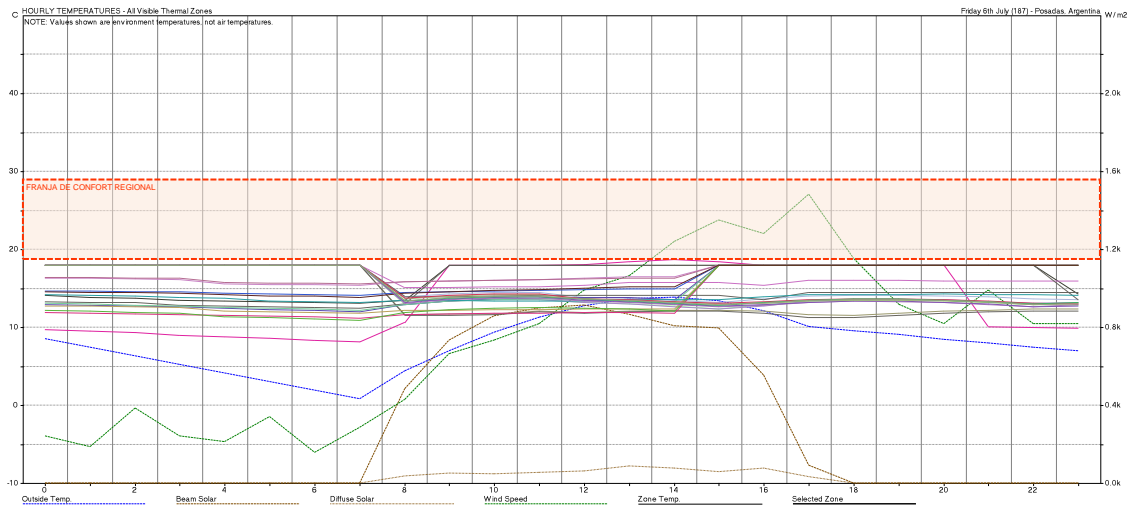


Figura 37: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Evaluando el gráfico que representa a la cubierta de chapa (figura 38), la línea de referencia, en este caso siempre se encuentra con valores que superan a los valores de la línea de referencia de temperatura exterior. En algunos horarios se aleja más de esta línea, como por ejemplo a las 7:00hs de la mañana, pero siempre con valores térmicos más elevados que el valor de temperatura exterior, pero por debajo de la zona de confort considerada para la región. Alcanza valores mínimos de 9°C promedio y máximos de 14°C promedio.

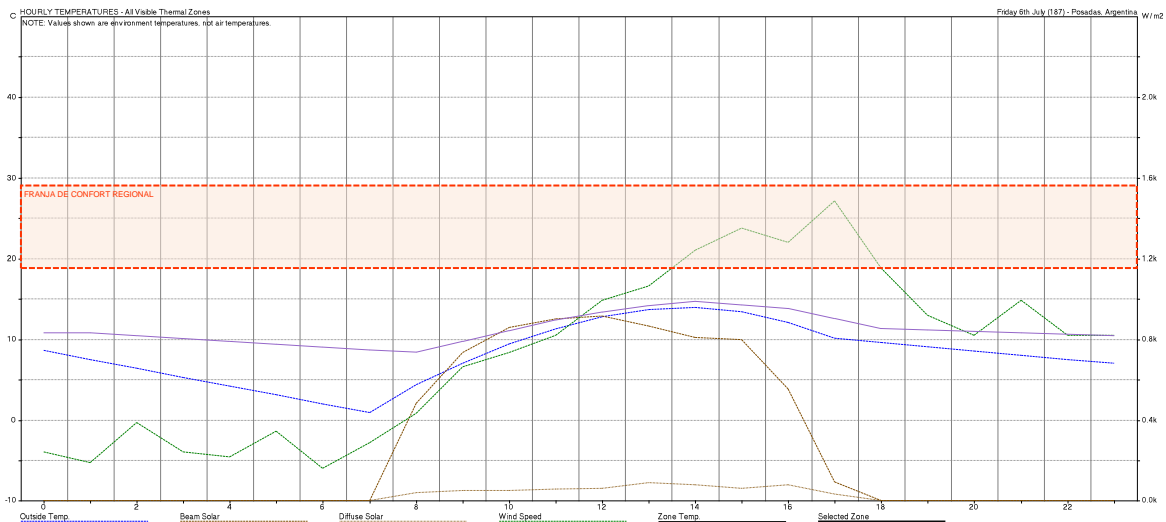


Figura 38: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.



### 5.3 ANÁLISIS DE CARGAS MENSUALES DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN (MONTHLY HEATING/COOLING LOADS)

Se observan los valores que arroja el análisis de cargas mensuales de calefacción/refrigeración en los cuales se ve que los días que el mes que más utiliza calefacción es junio y en segundo lugar el mes de julio (valores coloreados en rojo). Del mismo modo, los meses que más necesitan refrigeración son enero, y en segundo lugar diciembre (valores coloreados en azul). Tabla 8.

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating: 6474 W at 07:00 on 16th July			
Max Cooling: 17462 W at 17:00 on 3rd January			
MONTH	HEATING (W/h)	COOLING (W/h)	TOTAL (W/h)
-----	-----	-----	-----
Jan	11099	2357041	2368140
Feb	8586	1784876	1793462
Mar	7029	1406651	1413680
Apr	3318	350712	354031
May	43724	46604	90328
Jun	322241	91349	413590
Jul	299312	92635	391947
Aug	177676	176399	354075
Sep	49003	172913	221916
Oct	3203	482757	485960
Nov	5127	947192	952319
Dec	9365	1889191	1898556
-----	-----	-----	-----
TOTAL	939683	9798320	10738003

Tabla 8: Valores obtenidos del análisis de cargas mensuales de calefacción/refrigeración en Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

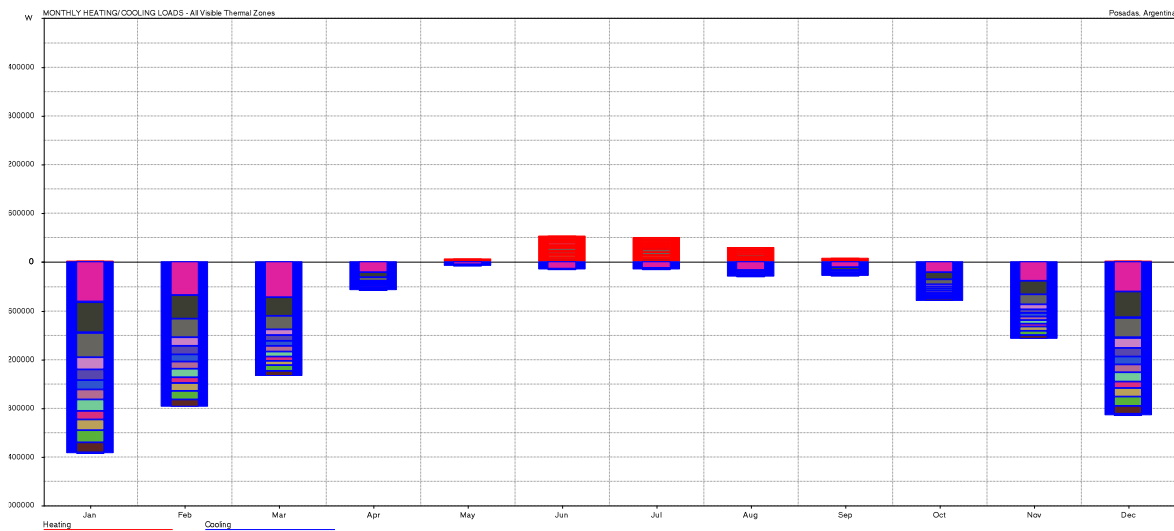


Figura 39: Gráfico de coordenada con valores obtenidos del análisis de cargas mensuales de calefacción/refrigeración en Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

El gráfico (figura 39) muestra la necesidad de uso de refrigeración/calefacción a lo largo del año, se puede ver que mayormente se utiliza la refrigeración (franjas azules) en comparación a la utilización de calefacción (franjas rojas), esto principalmente tiene que ver con la ubicación geográfica que tiene el modelo estudiado.

La utilización de refrigeración alcanza un valor de 2.357.041 W/h en el mes de enero, y la calefacción alcanza un valor de 322.241 W/h, en el mes de junio.

#### 5.4 ANÁLISIS DE SOMBRAS (SHADOWS)

El programa también permite visualizar la sombra que arroja la edificación y los elementos de sombreado que estén propuestos, en los distintos días y horarios a lo largo de todo el año.

En este caso se eligieron 4 (cuatro) horarios 10:00hs, 14:00hs, 15:00hs y 17:30hs para los días que anteriormente, en el análisis térmico, se arroja como día más caluroso y día más frío del año. Se toman estos 2 días, ya que son considerados los más críticos tanto para el calor como para el frío; y se consideran esos horarios de estudio para tener un horario promedio por la mañana, uno promedio por la tarde, el de las 14:00hs por ser el horario menos frío en los meses de invierno, y el de las 15:00hs por ser el día más cálido en el período de verano.

A continuación, se detallan los gráficos que muestran la proyección de la sombra en los distintos horarios detallados:

- **Para el 18 de diciembre** (considerado por el software como “hottest day”)

Horario analizado: 10:00hs (figura 40)



El sol posee mayor incidencia en el ala más larga ya que la misma tiene una disposición hacia el noreste, generando pequeñas sombras arrojadas por los balcones, y un 100% de sombra sobre el ala más corta del volumen (orientada hacia el noroeste).

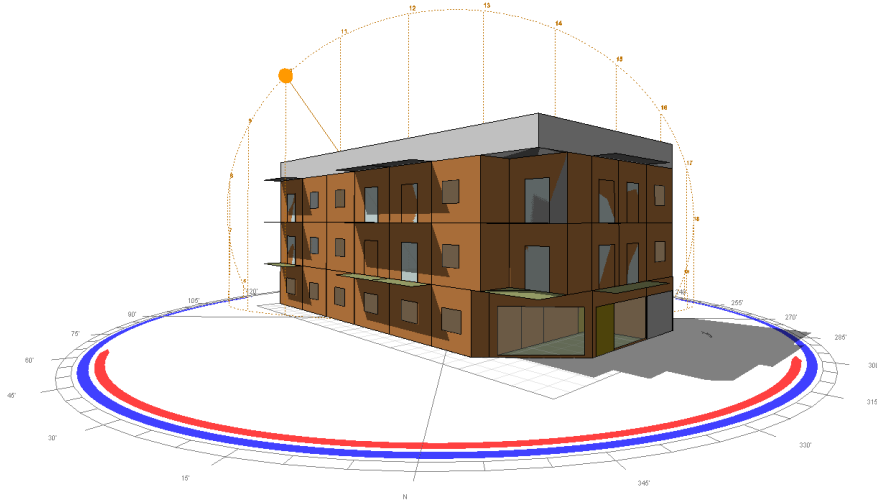


Figura 40: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 10:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 14:00hs (figura 41)

En este horario se ve como incide más el sol en la cara noroeste con pequeñas sombras arrojadas por los balcones, generando sombra casi completamente en la cara noreste.

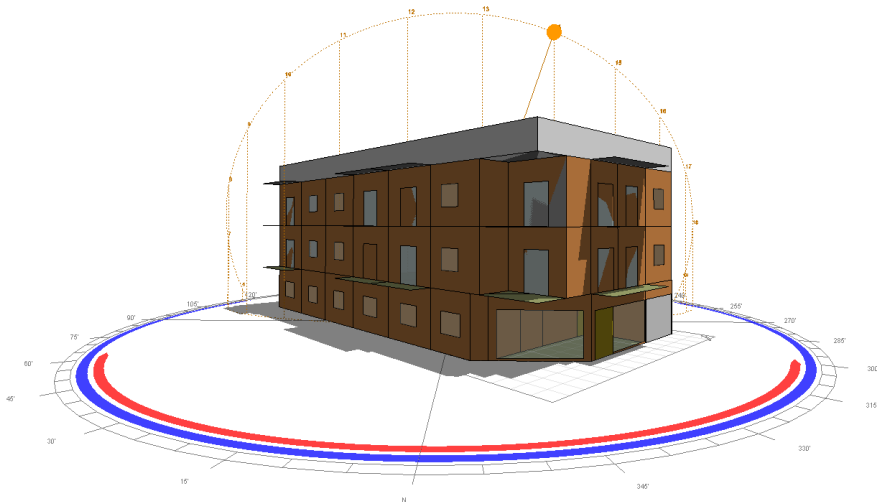


Figura 41: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 14:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 15:00hs (figura 42)

Es el horario pico, con mayor incidencia solar y considerado el horario de mayor incidencia térmica para el período de verano. Se observa que tiene un comportamiento similar al de las 14:00hs, pero



con mayor superficie con radiación solar en el ala que mira hacia el noroeste y mayor proyección de sombra otorgada por los balcones dentro de la misma orientación.

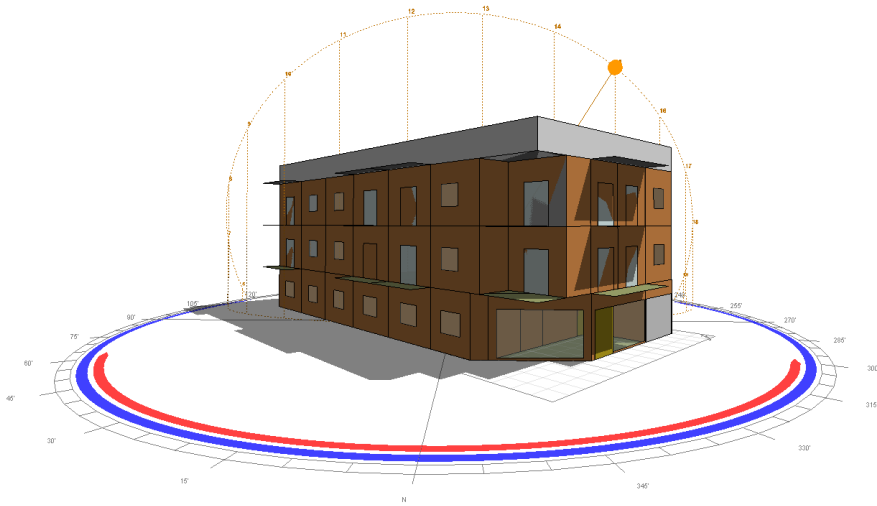


Figura 42: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 15:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### Horario analizado: 17:30hs (figura 43)

En este caso, el sol, al tener una ubicación más “baja” o de menor grado y ubicarse al oeste (donde se oculta), genera sombras provocadas por los balcones en la misma cara que en los 2 (dos) casos anteriores, pero de menor proyección. Y a su vez, no incide solarmente sobre la fachada del ala mayor, pero si a la cara interna del volumen del ala mayor (la cara que mira hacia el patio), pero esta con poca incidencia ya que existen edificaciones vecinas y el ala más corta de nuestro volumen, que se interponen a la radiación solar arrojada.

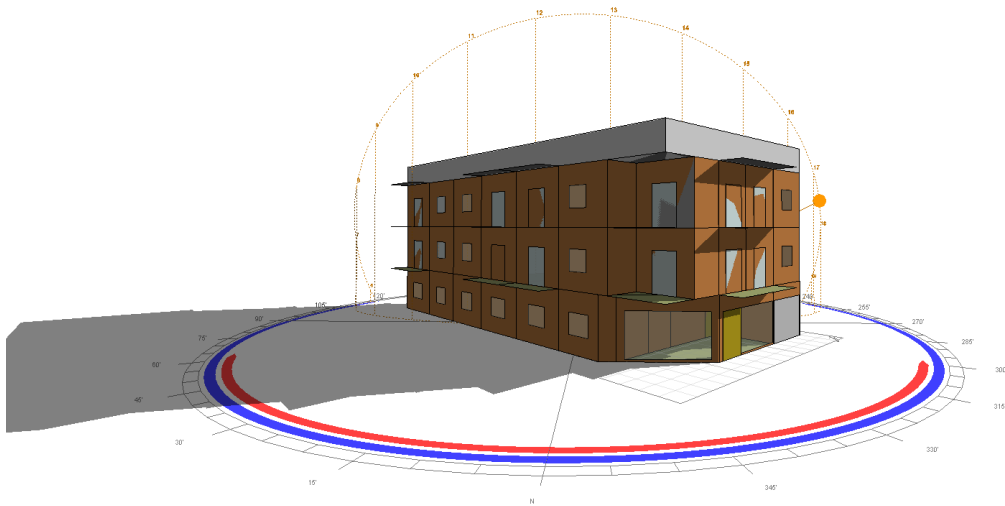


Figura 43: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 17:30hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Si se analiza las sombras arrojadas pro el volumen estudiado de forma progresiva, dentro del rango horario de 9:00hs a 17:30hs en concordancia con el período de incidencia del rayo solar (figura 44),

se puede determinar el volumen de sombra generado en cada cara de la edificación y en cada horario del rango considerado. Se ve que al estar ubicados en los meses que corresponden a la estación de verano, la trayectoria del sol posee un ángulo mayor, por ende, se direcciona hacia el edificio desde una orientación más cenital con respecto a los meses de invierno. Por tal motivo, las sombras que se generan a partir de volúmenes salientes como ser en este caso los balcones y aleros, son mayores que en el período de invierno.

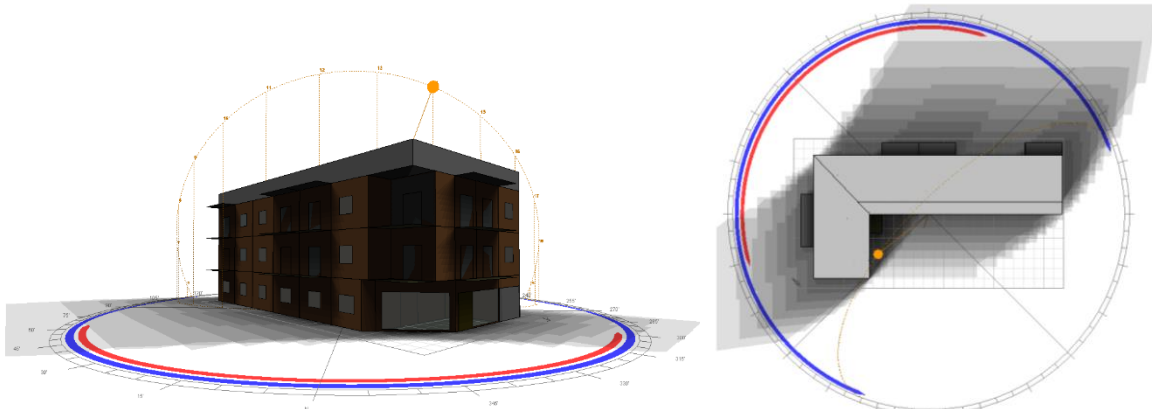


Figura 44: Proyección del recorrido del sol y las sombras que genera en vista y planta, de 9:00 a 17:30hs, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Además del recorrido del sol durante las horas del día, también se puede ver el recorrido de este, durante el día y a lo largo del año, representado por las líneas azules (recorrido del sol durante cada día del año).

En la imagen siguiente (figura 45), simbolizado con un punto amarillo, vemos la ubicación exacta del sol para la fecha considerada como “Hottest day”, el día más cálido del año, a las 15:00hs que considera la hora con temperatura más cálida alcanzada. Se ve también, el ángulo de inclinación con respecto al plano base, el cual posee un ángulo mayor que en el caso del período de invierno, eso explica porque contamos con superficies más oscuras que simulan las sombras generadas por el volumen edificado y sus componentes.

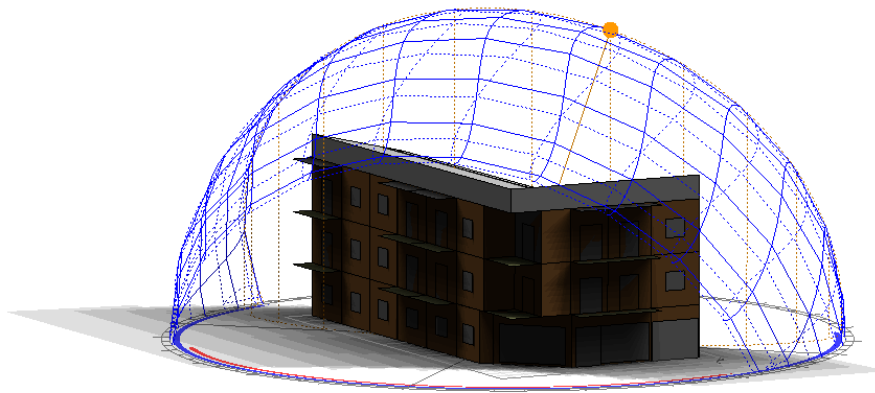


Figura 45: Recorrido del sol durante el día y a lo largo del año, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

- Para el 6 de julio (considerado por el software como “coldest day”)

Horario analizado: 10:00hs (figura 46)

En el período de invierno, al tener el sol una inclinación más baja, es decir, de menor ángulo. La sombra que arroja es menor que en el caso del período de verano. Bajo la misma comparación, se

ve que la incidencia solar se encuentra en su totalidad en la fachada mayor, pero también posee algo de incidencia sobre la fachada menor en combinación con la sombra que arroja el volúmen para el horario analizado.

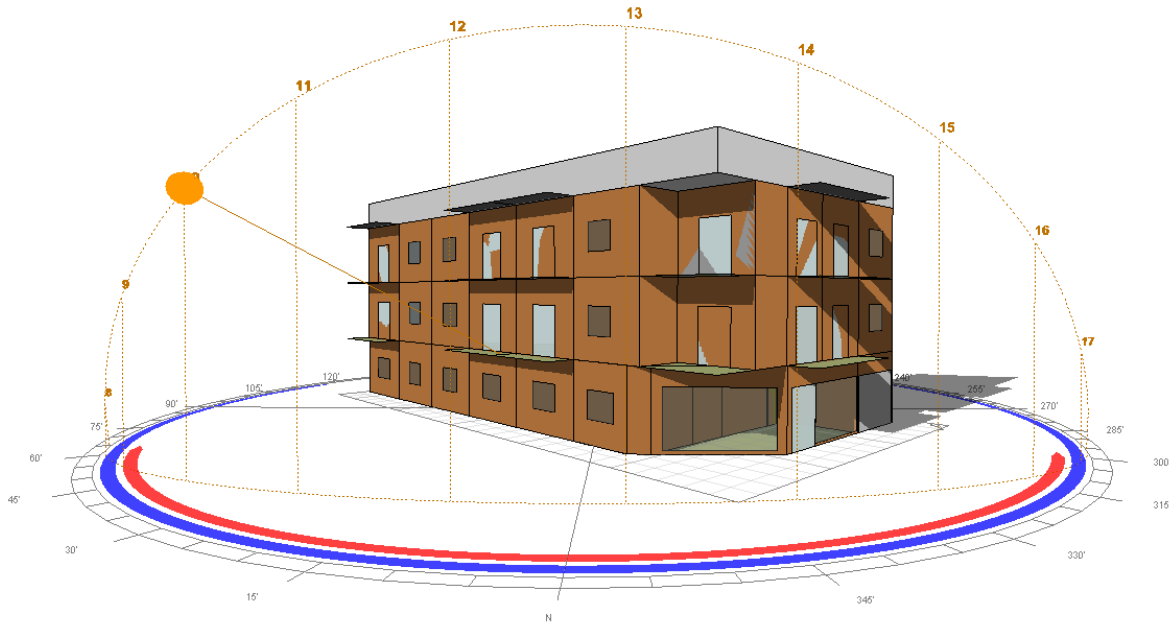


Figura 46: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 10:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### Horario analizado: 14:00hs (figura 47)

Las 14:00hs es el horario considerado menos frío o más cálido para los meses que abarca el invierno. Se puede establecer como ambas fachadas reciben radiación solar por el ángulo que tiene el recorrido del sol para ese día y mes del año. Por tal motivo, la sombra que se observa, proviene de los volúmenes salientes que en este caso son los balcones y aleros, y la proyección de la sombra que se arroja es pequeña, comparándolo con el período de verano.

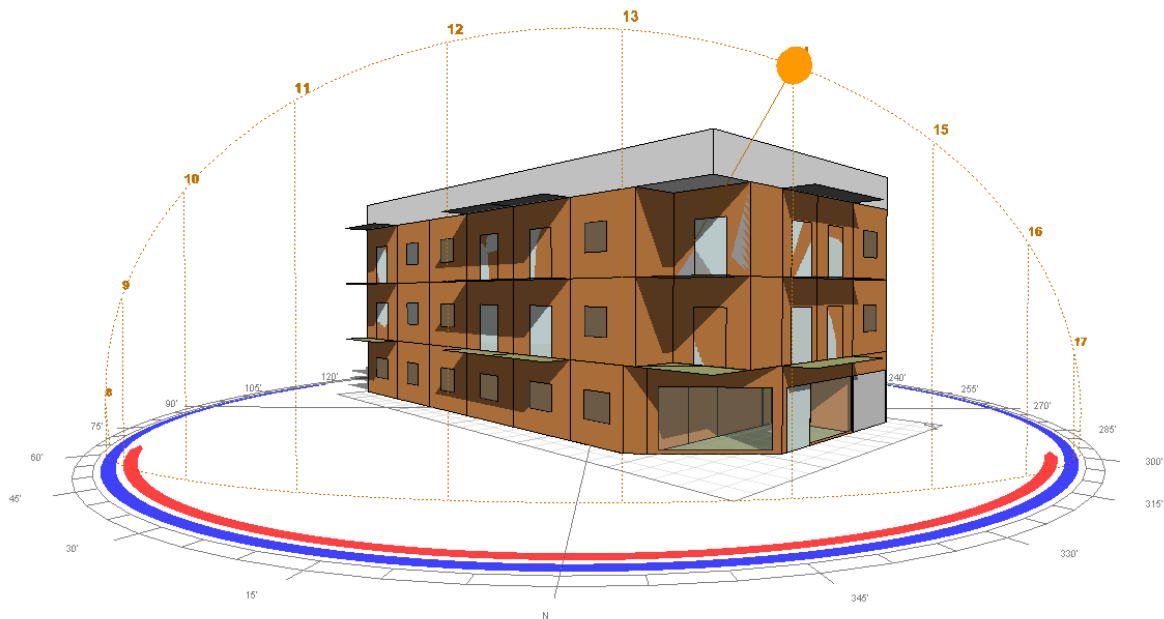


Figura 47: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 14:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 15:00hs (figura 48)

En la franja horaria de las 15:00hs se ve un comportamiento similar, con la incidencia solar en ambas caras, pero con la diferencia que la sombra que proyectan los balcones y aleros es mayor que a las 14:00hs.

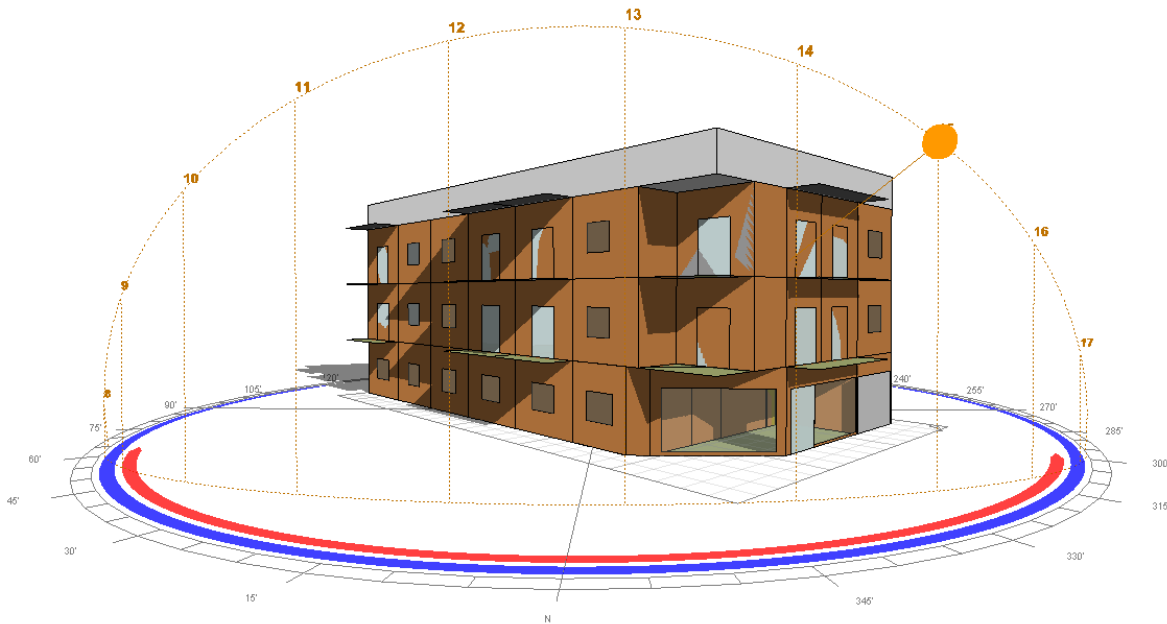


Figura 48: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 15:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.



Horario analizado: 17:30hs (figura 49)

En este horario se observa más sombra sobre la fachada de mayor superficie, pero no en su totalidad a diferencia de lo que observamos en el mes de diciembre. En este caso, por la ubicación solar y su ángulo, los balcones y aleros dispuestos en la fachada noroeste, prácticamente no arrojan sombra.

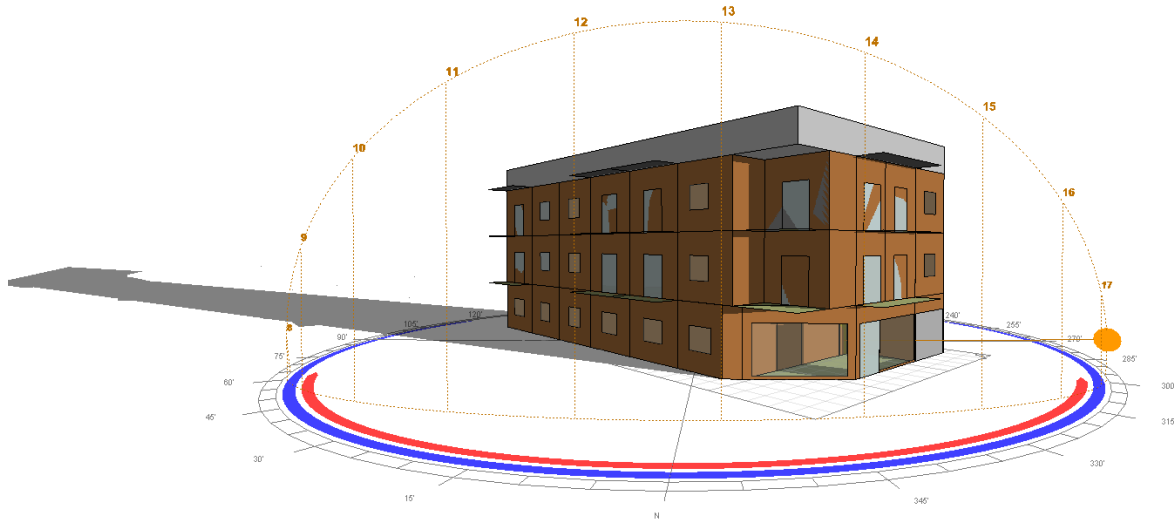


Figura 49: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 17:30hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Dentro del juego de sombras arrojado de forma progresiva, dentro del rango horario de 9:00hs a 17:30hs en concordancia con el período de incidencia del rayo solar (figura 50), se ve que, al estar ubicados en los meses que corresponden a la estación de invierno, la trayectoria del sol posee un ángulo menor o más bajo, por ende, se direcciona hacia el edificio desde una orientación más de ángulo azimutal en contraposición a los meses que abarca el verano que poseen una ubicación más cenital. Por tal motivo, las sombras que se generan a partir de volúmenes salientes como ser en este caso los balcones y aleros, son menores que en el período de verano. Es decir que la superficie total del edificio recibe mayor incidencia del sol a comparación de la época de verano, que se observa mayor superficie con sombras (sombreado más oscuro).

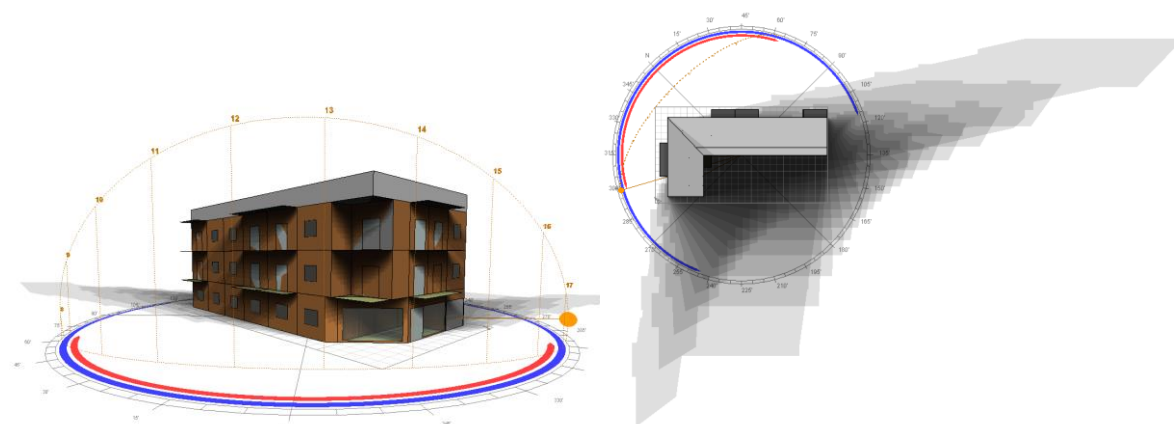


Figura 50: Proyección del recorrido del sol y las sombras que genera en vista y planta, de 9:00 a 17:30hs, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.



Además del recorrido del sol durante las horas del día, también se puede ver el recorrido de este, durante el día y a lo largo del año. En la imagen siguiente (figura 51), simbolizado con un punto amarillo, se establece la ubicación exacta del sol para la fecha considerada como “Coldest day”, el

día más frío del año, a las 14:00hs que considera la hora con temperatura más cálida alcanzada. Se puede ver también, el ángulo de inclinación con respecto al plano base, explicado anteriormente.

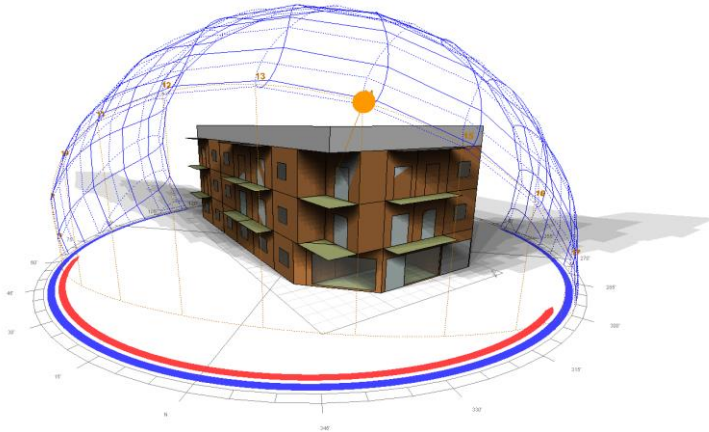


Figura 51: Recorrido del sol durante el día y a lo largo del año, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

## 5.5 ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR

Cuando se habla de incidencia solar, se está hablando de la cantidad de sol que recibe una superficie de la edificación, la cual adquiere un valor medido en  $W/h/m^2$  dependiendo del tiempo de exposición del sol, orientación que posee la superficie o espacio analizado, propiedades de los materiales, y del ángulo de incidencia solar, que a su vez este último depende del día y hora del año que se esté analizando.

Analizando el día más caluroso y el día más frío del año, considerando a estos los días más desfavorables a nivel anual, y evaluando horarios estipulados anteriormente, se obtuvo los siguientes resultados:

- **Para el día 18 (dieciocho) de diciembre (Hottest day):**

Horario analizado: 10:00hs (figura 52)

Se ve que la mayor superficie correspondiente a las fachadas frontales (mayor en el ala más larga), poseen valores elevados, representados en colores de la paleta del rojo, naranja y amarillo. Además se ve como esos valores disminuyen gradualmente en las áreas que se encuentran, en mayor o menor porcentaje, con elementos que generan sombra sobre su superficie, representado con la paleta de colores del violeta y azul.



A diferencia de la fachada posterior, los valores alcanzados son más bajos en comparación con la fachada frontal ya que estos poseen menor exposición solar al tener una orientación sur, sureste y suroeste. Se observa un leve aumento de valor en las superficies orientadas a la salida y puesta del sol principalmente. La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

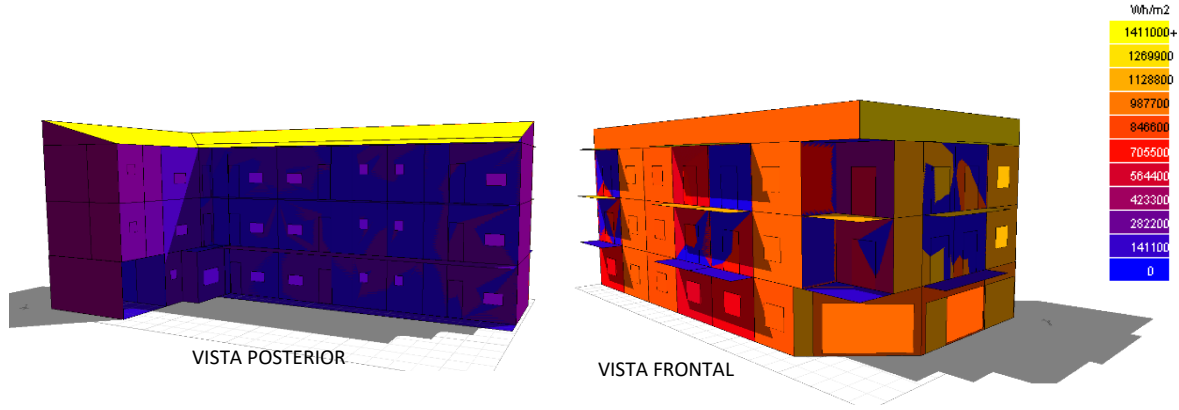


Figura 52: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 10:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

**Horario analizado: 14:00hs (figura 53)**

Al igual que en análisis correspondiente al horario de las 10:00hs, se ve que la mayor superficie correspondiente a las fachadas frontales, poseen valores elevados, representados en colores de la paleta del rojo, naranja y amarillo. Con rojo más radiante se encuentra la fachada correspondiente al ala más corta del volúmen. Además se determina como esos valores disminuyen gradualmente en las áreas que se encuentran con elementos que generan sombra sobre su superficie, representado con la paleta de colores del violeta y azul.

En la fachada posterior, los valores alcanzados son más bajos en comparación con la fachada frontal ya que estos poseen menor exposición solar al tener una orientación sur, sureste y suroeste. Se observa un leve aumento de valor en las superficies orientadas a la salida y puesta del sol principalmente.

La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

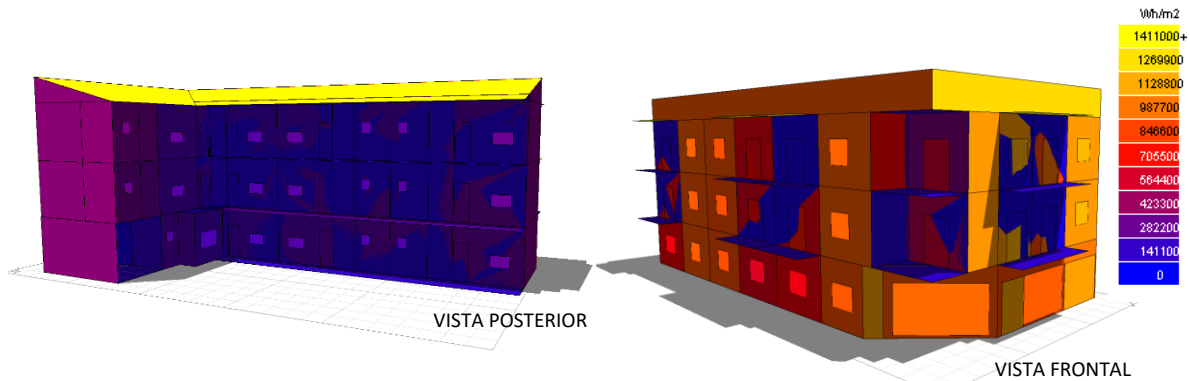


Figura 53: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 14:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 15:00hs (figura 54)

Varía muy poco su comportamiento con respecto a lo visto para las 14:00hs. La sombra arrojada cambia ya que cambia el ángulo de incidencia solar.

La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

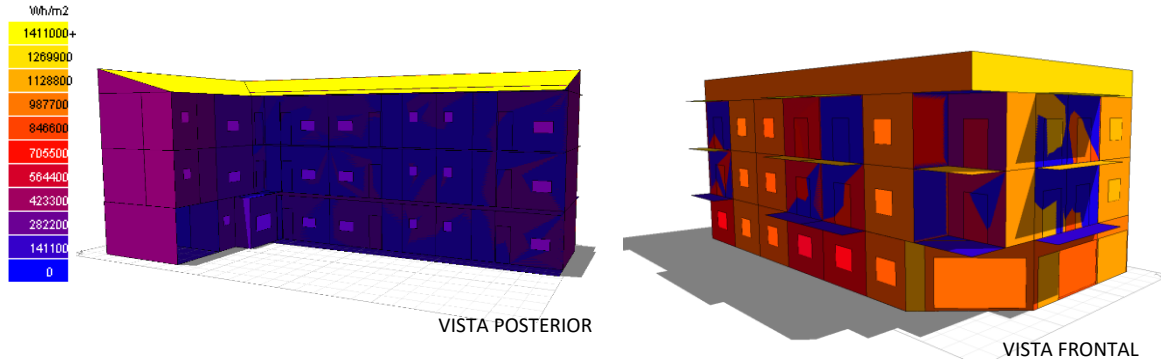


Figura 54: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 15:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 17:30hs (figura 55)

En el rango horario de las 17:30hs se observa que posee un aumento de incidencia solar sobre el ala orientada al noroeste, disminución de proyección de sombras producida por los balcones y aleros, dentro de la misma fachada.

Con respecto a la fachada posterior, se ve como esta aumenta sus valores con respecto a los horarios anteriores, en la fachada posterior correspondiente al ala más larga del modelo estudiado, como así también la medianera que se orienta hacia el oeste.

La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

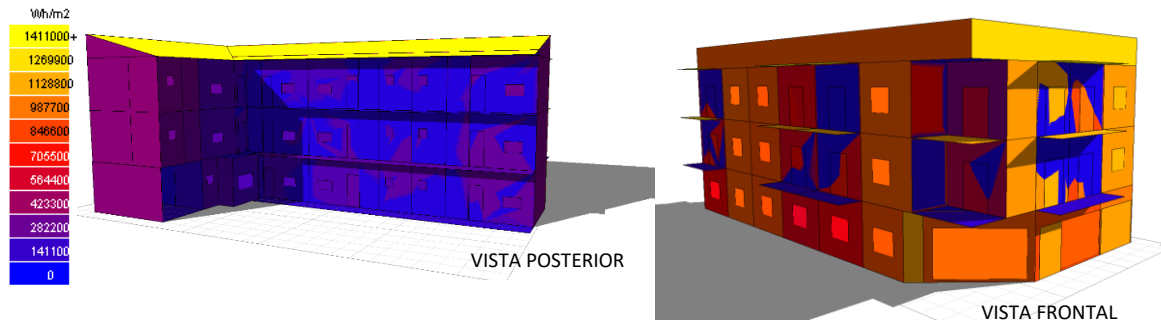


Figura 55: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 17:30hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

- **Para el día 6 (seis) de julio (Coldest day):**

Horario analizado: 10:00hs (figura 56)

En esta época del año al tener el sol un ángulo de inclinación menor, con respecto al plano base, comparando con el ángulo que posee en temporada de verano, se observa mayor incidencia solar en la superficie de ambas fachadas frontales, representado con rojo vivo. Pero a diferencia de la



época de verano, las sombras arrojadas por los balcones y aleros son menores. En cuanto a la fachada posterior, prácticamente no recibe incidencia solar en este horario, solamente la cubierta recibe incidencia, con un valor muy elevado, al igual que los aleros superiores.

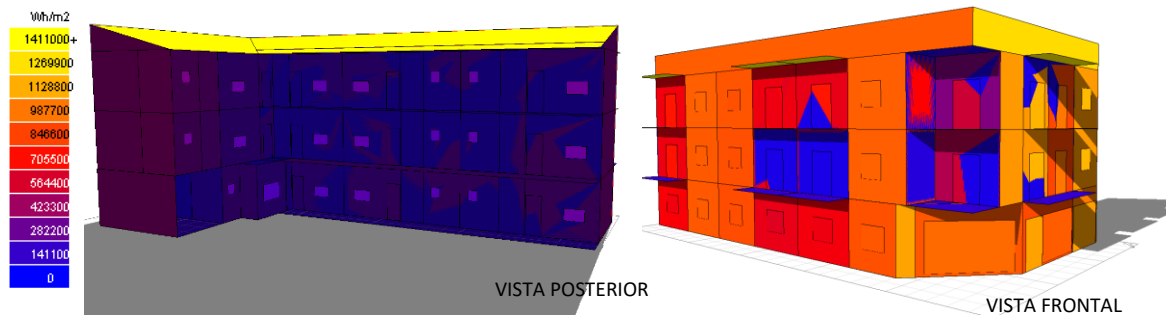


Figura 56: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 10:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

**Horario analizado: 14:00hs (figura 57)**

Con el mismo criterio anterior, al ser menor el ángulo correspondiente al movimiento solar diario, ambas caras de la fachada frontal recibe una cantidad considerable de incidencias solar, y además este es el horario considerado pico para este período de invierno.

La fachada posterior muestra valores más bajos con muy poca incidencia comparando con la fachada frontal, y del bajo el mismo criterio anterior, la cubierta recibe incidencia, con un valor muy elevado, al igual que los aleros superiores.

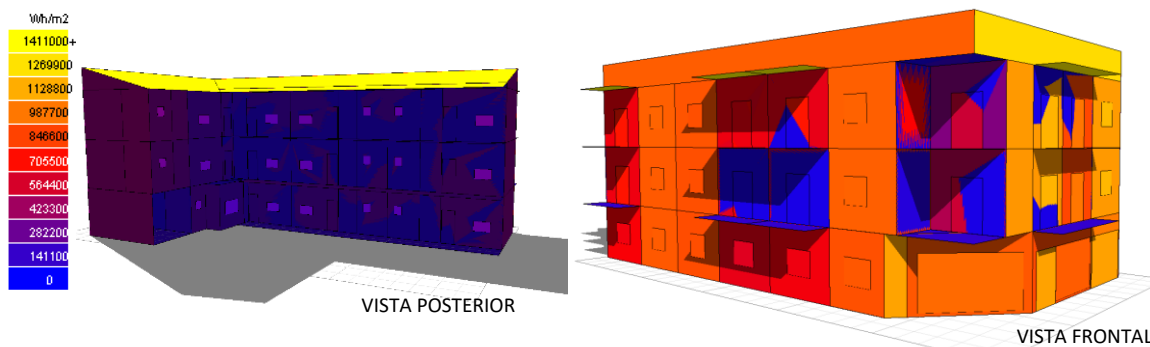


Figura 57: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 14:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

**Horario analizado: 15:00hs (figura 58)**

El resultado arrojado por este horario es muy similar al anterior (de las 14:00hs). En las fachadas frontales aumentan sus valores y en las posteriores disminuyen los valores con respecto al horario analizado anteriormente. Del mismo modo la cubierta y los aleros superiores son las superficies de valores mayores.

La diferencia principal, aparte de los valores alcanzados es que, por el ángulo solar, aumenta la superficie de sombras proyectada pro balcons y aleros en al cara de mayor superficie, lo que hace que varien estos valores positivamente.

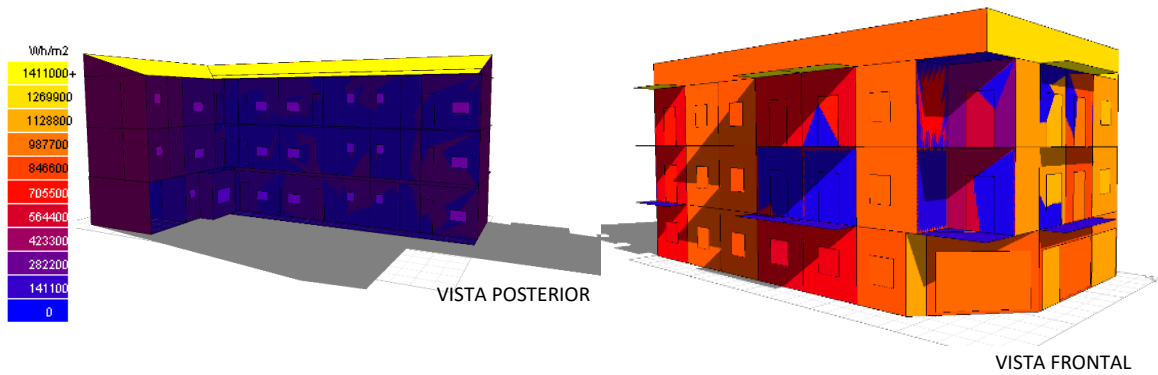


Figura 58: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 15:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### Horario analizado: 17:30hs (figura 59)

En este caso se ve que la incidencia solar aumenta en la fachada frontal correspondiente al ala más corta del volumen, y del mismo modo disminuye la incidencia sobre la cara de la fachada frontal más larga. Lo mismo ocurre con las fachadas del lado posterior, solamente se observan valores más elevados que estos en las medianeras, lo que estará muy sujeto a construcciones vecinas.

En cuanto a la cubierta y aleros superiores, siguen siendo los que presentan valores muy elevados de incidencia solar.

Se puede ver cómo cambia la incidencia solar según cómo esté ubicado el sol, y a su vez este dependerá de la hora, día y mes del año en el que nos ubiquemos al momento del análisis.

En las distintas imágenes se aprecia el nivel de incidencia solar que posee cada espacio, con sus valores alcanzados en los días más desfavorables (día más cálido y día más frío del año) y en distintos horarios para poder evaluar el desarrollo de este.

Esto permite definir criterios de diseño, dónde se requiere mayor o menor intervención, principalmente para definir elementos que producen sombra los que ayudan a realizar el cambio positivamente en estos valores, tomando principios de acondicionamiento pasivo, para poder disminuir esa incidencia de la radiación solar que repercute directamente en el interior de los espacios.

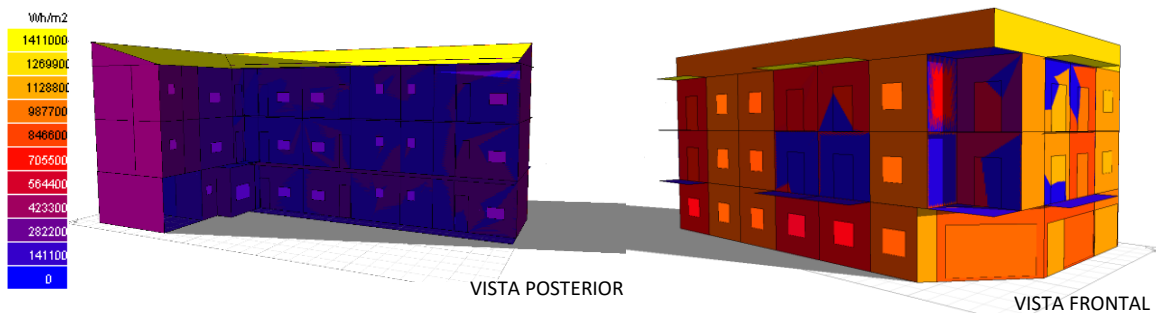


Figura 59: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 17:30hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.



## CAPÍTULO 6 - EL CASO DE ESTUDIO DE SITUACIÓN MEJORADA: PROPUESTAS

En el segundo caso se propone optimizar lo existente, dentro de lo que nos permite el Reglamento General de Construcciones de la ciudad de Apóstoles, la distribución de los espacios, las sombras ejercidas por distintos componentes en conjunto con envolvente vegetal, entre otros.

El volumen modelado y estudiado (figura 60 y 61), cuenta con paredes externas de 20cm de espesor son de ladrillo hueco, a las que se le adiciona un segundo tabique de placas de roca de yeso + aislación térmica; las paredes divisorias de unidades funcionales son también de 20cm de espesor de ladrillo hueco manteniendo en iguales condiciones, las paredes divisorias internas, son en su mayoría de 15cm de espesor de ladrillo hueco, y en tramos específicos cambia el espesor a 10cm. Los cielorrasos aplicados y suspendidos de listones de PVC en balcones. Entrepisos de losa alivianada convencionales, piso de porcelanato y cerámica.

En los balcones abiertos con barandas metálicas se le complementa paneles de madera perforada, perfiles metálicos y tensores con vegetación. El mismo criterio se considera en las galerías de distribución, se adiciona a modo de paneles de sombreado compuesto por tensores y vegetación además de las barandas metálicas y cubierta vegetal en el segundo nivel.

En este modelo la cubierta se reemplaza por un techo o cubierta verde, compuesta por una losa, aislaciones, drenajes y sustrato vegetal. De igual manera se trabaja en las losas de los balcones del último nivel. Se adopta este criterio ya que según lo que menciona (MUNICIPALIDAD DE APÓSTOLES, Obras Particulares) en el Código de Planeamiento Urbano de la Municipalidad de Apóstoles, para el Distrito Residencial 1 (R1) donde se emplaza la edificación analizada, se permite una altura máxima de edificación de 10 (diez) metros debido a que no existe sistema de red cloacal dinámico en la ciudad, únicamente sistema estático (pozos absorbentes), por ende, no cuenta con la infraestructura necesaria para responder frente a una mayor demanda de distribución de aguas servidas y/o cloacales. Por este motivo, se ve limitado la proyección en mayor altura, permitiendo una propuesta de planta baja, primer y segundo nivel, no permitiendo proyectarse a mayor altura.

En cuanto a las aberturas, se mantienen las originales, ya que al ser unidades funcionales destinadas a personas desconocidas y que en su mayoría van rotando, no se puede controlar el correcto uso de estas, por tal motivo se opta por mantener las existentes trabajando la fachada para generar sombras a las mismas y así disminuir la transmitancia térmica en dicho punto.

Bajo el mismo criterio se selecciona la siguiente vegetación con su correspondiente característica para su utilización en la fachada:

- Enredadera Passiflora caerulea: es una planta trepadora y de hojas perenne, puede alcanzar los 10 (diez) metros de altura. Es una planta de tallos verdes, finos y leñosos y sus hojas tienen 3 (tres) lóbulos bien marcados y dentados.
- Hiedra: es un tipo de enredadera trepadora que se adapta muy bien a entornos de mucho sol o poco sol. Sus hojas son de color verde oscuro, perennes y si se encuentran con mucha exposición al sol, adquieren un color verde amarillento. Crecen muy rápido, entre 10 (diez) y 20 (veinte) centímetros por año, son muy resistentes al frío, resiste heladas de hasta -6°C y además no necesitan riego constante (dos o tres veces por semana en períodos de mucho calor).
- Enamorada del muro: planta tipo trepadora, puede alcanzar entre 6 (seis) y 8 (ocho) metros de altura. Arbusto trepador de hojas perennes.
- Cochliadanthus caracolla (Caracolillo o Caracol): es un tipo de liana (enredadera vigorosa y leñosa) que crece muy rápido. Sus hojas poseen una morfología compuesta, grandes y verde bastante claro y además posee flores con forma de caracol (en color lila, crema y púrpura). Estas florecen a finales de la primavera hasta el período de verano.

Se seleccionaron estos tipos de vegetación mencionados con el objetivo de proyectarlos en conjunto generando un juego de colores ya que poseen distinto tonos de verde y morfología de las hojas, como así también uno de los elegidos florece.

Para su aplicación en la fachada de la edificación, el más predominante es la hiedra por su resistencia y necesidades de mantenimiento en comparación con los demás, y a esta se le alternan las restantes plantas elegidas para el caso dispuestas según sus características.

Esquema del modelado:

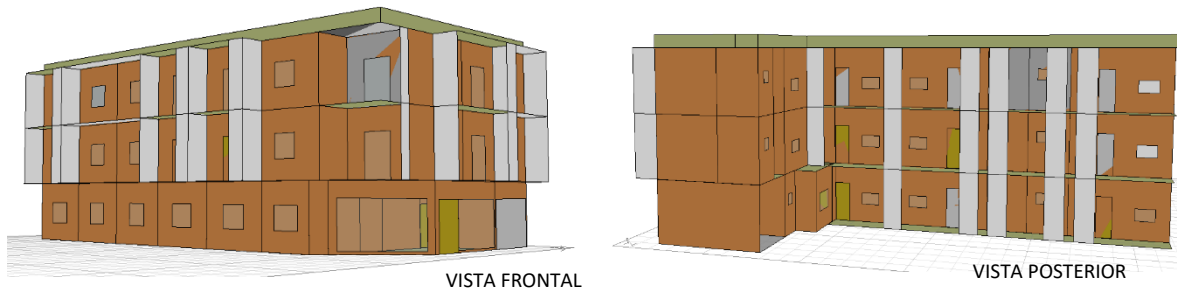


Figura 60: Volumen modelado en Software Ecotect, situación mejorada. - Fuente: elaboración propia.



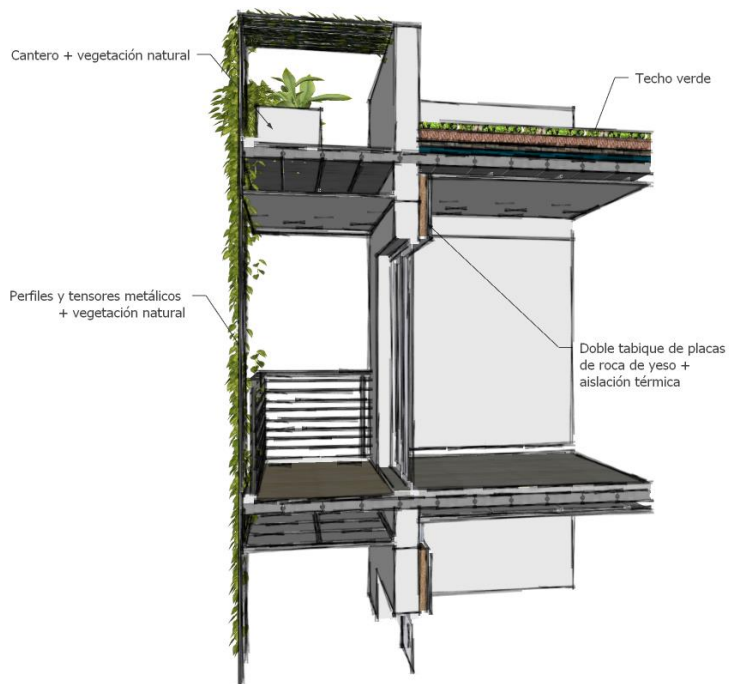
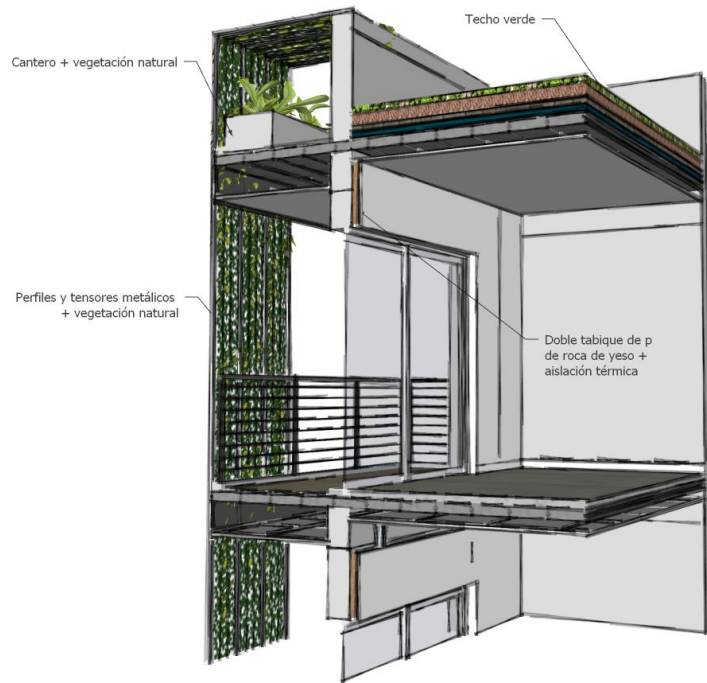


Figura 61: Esquema de paquete constructivo (pared-techo) de situación mejorada. - Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar el modelado, se asignaron estos materiales mencionados en el párrafo anterior y se realizaron una serie de análisis que se detallan a continuación:



## 6.1 PARÁMETROS SEGÚN NORMATIVA DE HABITABILIDAD

- **Verificación de “Recomendaciones de diseño para la zona bioambiental “Ib” – Muy cálido, según normas IRAM 11603:**

La norma IRAM 11603:2012 establece una clasificación bioambiental de la República Argentina (ver mapa en Anexo – Clasificación Bioambiental), donde define características propias de cada zona, valores de temperaturas que alcanza en los distintos períodos del año, entre otros, a partir de lo cual define ciertas pautas generales para el diseño, la evaluación de orientaciones favorables, y el cumplimiento mínimo de asoleamiento de las viviendas, recomendaciones sobre protecciones solares, requerimientos que deberían cumplirse para lograr valores óptimos de diseño en relación con el proyecto.

La ciudad donde se ubica el modelo analizado se define como zona bioambiental “Ib” – Muy cálido. En esta zona, durante la época cálida presentan valores de temperatura máxima mayores que 34°C y valores medios mayores que 26°C, con amplitudes térmicas siempre mayores que 14°C. El período invernal es poco significativo, con temperaturas medias durante el mes más frío mayores que 12°C. (IRAM 11603, 1996)

### Recomendaciones generales sobre el diseño:

En la tabla 9, se observa una extracción de las pautas que plantea para la zona donde se emplaza el modelo analizado, donde se determina el cumplimiento o no de dichos ítems para el caso de estudio de situación original. Se puede ver como cumple un 50% de lo que la norma nos indica.

<b>5.1.1 Zona I: Muy Cálida – Se recomienda:</b>	
1. Colores claros en paredes exteriores y techos	SI CUMPLE
2. Gran aislación térmica en techos y en las paredes orientadas al este y al oeste.	SI CUMPLE
3. El eje mayor de la vivienda será, preferentemente, Este-Oeste	NO CUMPLE
4. Bajo todos los conceptos, deben estar todas las superficies protegidas de la radiación solar. Para ventanas, si es posible, no orientarlas al Este o al Oeste, y minimizar su superficie.	SI CUMPLE
5. La ventilación cruzada de la vivienda es fundamental, dada la influencia benéfica de la velocidad del aire, para disminuir el “discomfort”.	MEDIANAMENTE CUMPLE
6. La necesidad de minimizar las superficies que miren al Oeste y al Este deberán tenerse en cuenta. En esta zona, el invierno reviste muy poca importancia, por lo que no será necesario prestar atención a este aspecto.	NO CUMPLE
7. Deberá considerarse la necesidad de aprovechar los vientos dominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire.	NO CUMPLE

Tabla 9: Recomendaciones de diseño para la zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

### Evaluación de orientaciones por zonas bioambientales:

Se establece que el modelo estudiado posee una orientación óptima según lo que determina la norma IRAM 11603 como se ve en la tabla 10 y figura 62, ya que el lote se encuentra en una esquina, y la proyección del edificio de viviendas multifamiliar, se desarrolla en la orientación NO-N-NE.

<b>6.1.3 Zona I: Muy Cálida</b>	
Para toda esta zona, la orientación óptima resulta la NO-N-NE y la SO-S-SE. La situación crítica en relación al asoleamiento ocurre en verano.	SI CUMPLE

Tabla 10: Evaluación de orientaciones según zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

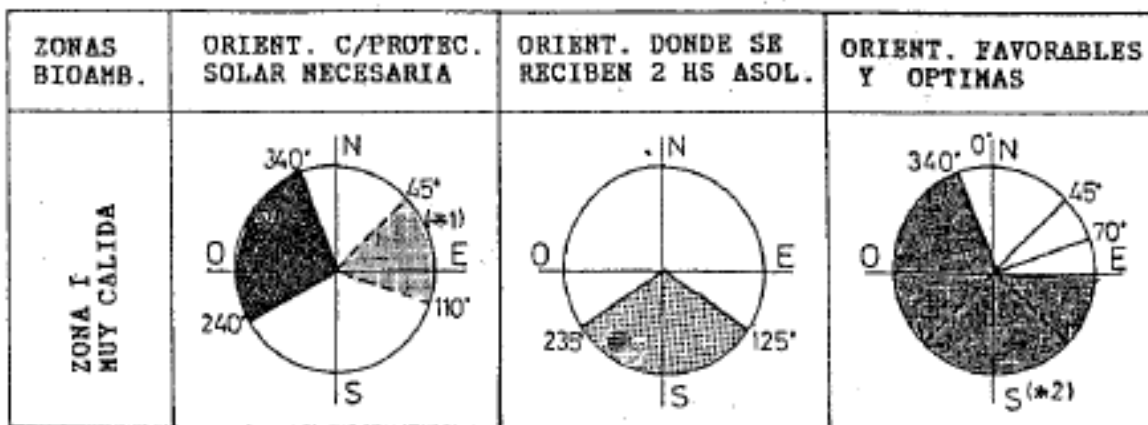


Figura 62: Análisis comparativo de orientaciones para zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

### Recomendaciones sobre protecciones solares:

El caso analizado no cuenta con protección solar según lo que determina la norma IRAM 11603 como se puede ver en la tabla 11 y figura 62.

## 7. PROTECCIONES SOLARES

Se aconseja para las zonas bioambientales I a IV y para las orientaciones SO-O-NO-N-NE-E-SE el uso de sistemas de protección solar, como por ejemplo parasoles horizontales y verticales, cortinas de enrollar de color claro.

SI CUMPLE

Tabla 11: Evaluación de protecciones solares según zona bioambiental I - Fuente: normas IRAM 11603:2012

### • Transmitancia térmica de muros y techos exteriores y nivel de confort, según normas IRAM 11605:

Las normas IRAM 11605 (IRAM 11605, 1996) establece los valores máximos de transmitancia térmica aplicables a muros y techos de edificios destinados a vivienda, de manera de asegurar condiciones mínimas de habitabilidad en relación con cada zona bioambiental.

Se establecen 3 (tres) niveles de confort higrotérmico como se observa en la figura 63.

- a) Nivel A: Recomendado
- b) Nivel B: Medio
- c) Nivel C: Mínimo

Figura 63: Niveles de confort higrotérmico. - Fuente: Normas IRAM 11605:1996

### Evaluación de la mampostería en situación mejorada:

Para el estudio de la mampostería, se establecen valores máximos de transmitancia térmica los que se observan en la tabla 12, determinados de acuerdo con la zona bioambiental Ib.

Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0.45	1.10	1.80
III y IV	0.5	1.25	2.00

Tabla 12: Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano para muros. - Fuente: normas IRAM 11605.

Se determina que el valor del coeficiente de conductividad K, para la mampostería en su situación original, sin ninguna proyección de aislación, es de 0.37 (W/m<sup>2</sup>.K), el mismo cumple con todos los niveles establecido en la tabla 12, determinando de este modo que la misma es una mampostería de conductividad térmica recomendada, controlando el traspaso de calor desde el exterior al interior



de los locales, regulando su temperatura y generando mayor confort en los usuarios de las distintas unidades funcionales.

Valores obtenidos a partir de la implementación de la planilla de cálculo de (GONZALO, NOTA, LEDESMA, & MARTÍNEZ, 2000), planilla que se visualiza en la sección de Anexos – Planillas de Cálculo de Situación Mejorada – Condensación de muros.

**Evaluación de la cubierta en situación mejorada:**

Para el estudio de la cubierta, se establecen valores máximos de transmitancia térmica los que se observan en la tabla 13, determinados de acuerdo con la zona bioambiental lb.

<b>Tabla 3 – Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos – en W/m<sup>2</sup>.K</b>			
<b>Zona Bioambiental</b>	<b>Nivel A</b>	<b>Nivel B</b>	<b>Nivel C</b>
I y II	0.18	0.45	0.72
III y IV	0.19	0.48	0.76

*Tabla 13:Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos. - Fuente: normas IRAM 11605.*

Se determina que el valor del coeficiente de conductividad K, para la cubierta en su situación original, es de 0.16 (W/m<sup>2</sup>.K), cumpliendo con los nivel establecido en la tabla 14, determinando de este modo que la misma es una cubierta que posee muy buena aislación térmica, restringiendo el traspaso de calor desde el exterior al interior de los locales, regulando su temperatura y generando ambientes más comfortable para las personas que lo habitan.

Valores obtenidos a partir de la implementación de la planilla de cálculo de (GONZALO, NOTA, LEDESMA, & MARTÍNEZ, 2000), planilla que se visualiza en la sección de Anexos – Planillas de Cálculo de Situación Mejorada – Condensación de cubierta.

• **Valoración de las estrategias pasivas de diseño arquitectónico (EPDA) del edificio, según IRAM 11900:**

Las EPDA (estrategias pasivas de diseño arquitectónico) dispuestas por (IRAM 11601, 2002), establecen una serie de recursos arquitectónicos – constructivos (RAC), que varían en función de la condición climática del lugar donde se emplaza el modelo estudiado y si interrelación con los demás RAC, a los que se los valoriza a partir de la caracterización y asignación de un puntaje tabulado, dependiendo de la forma en que se encuentren resueltos dentro del diseño analizado, con el propósito de reducir la demanda de energía y optimizar el confort higrotérmico a partir de estrategias pasivas de diseño o acondicionamiento natural para ambos períodos.

Las EPDA evalúan: aislación térmica, inercia térmica, protección solar, ventilación natural, captación solar, humidificación y el entorno.

A partir de haberse aplicado y cuantificado la Planilla general para la valoración de las EPDA, que se la puede ver en la sección de Anexos, donde se cuantifica el puntaje de estas para la región correspondiente, se observa que se obtiene un puntaje general de la “vivienda evaluada” (Ve) la cual se la compara con el puntaje de la “vivienda de referencia” (Vr) - valores otorgados por la norma, considerado como mayor porcentaje posible de aprovechamiento de las EPDA para la zona. Estableciéndose un porcentaje total para la Ve y Vr, y a su vez una valoración porcentual total de la relación de estas.

Para el caso de situación mejorada se obtuvo como valor total un 61% respecto a sus referencias (Vr), interpretándose como un valor medio-alto, de aprovechamiento de las EPDA. Se puede ver como variando los valores de los RAC, podemos obtener una mejoría importante a partir de la implementación de estrategias pasivas.

**6.2 ANÁLISIS TÉRMICO (DINÁMICO)**

El análisis térmico permite definir el comportamiento de una edificación, teniendo en cuenta la materialidad (según sean más o menos reflexivos o absorbentes), la ventilación con la que cuente,



el emplazamiento de este, condiciones climáticas, entre otros, es decir que nos permite analizar la interacción del clima y la envolvente de la edificación.

### 6.2.1 DÍA MÁS CALUROSO (HOTTEST DAY)

Se determina el 18 (dieciocho) de diciembre como el día más caluroso del año, como resultado del análisis térmico, con los siguientes valores: (tabla 14)

<p>HOURLY TEMPERATURES (temperaturas por hora) - 18th December                  All Visible Thermal Zones                  Total Surface Area: 2983.890 m2 (411.6% flr area).                  Total Exposed Area: 524.654 m2 (72.4% flr area).                  Total North Window: 8.870 m2 (1.2% flr area).                  Total Window Area: 40.536 m2 (5.6% flr area).                  Total Conductance (AU): 1349 W/°K                  Total Admittance (AY): 11936 W/°K</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 14: Valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso. - Fuente: elaboración propia.

En el siguiente gráfico (figura 64) se ve las líneas de referencia de temperatura exterior (en azul) a la fecha considerada como día más cálido del año, sin zonas modeladas.

Los valores de temperaturas exterior alcanzados van descendiendo levemente dentro del margen de horario de las 00:00hs hasta 05:00hs que alcanza su punto más bajo con un valor de 22°C, para luego comenzar a elevarse en coincidencia con el tiempo de exposición del sol, llegando al valor más alto a las 15:00hs con una temperatura de 37°C y por último comenzar nuevamente el descenso para alcanzar una temperatura aproximada de 29°C a las 24:00hs.

Según lo expresado y lo que se observa en el gráfico, dentro de los horarios de 24hs a 8:30hs de la mañana aproximadamente, los valores de temperatura exterior, se encuentran dentro de la franja considerada de confort regional.

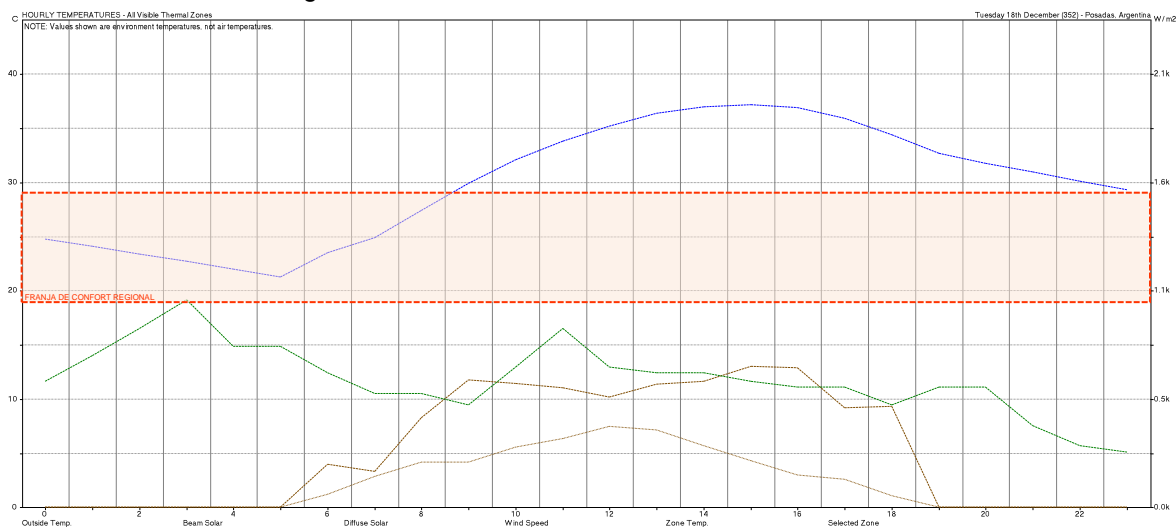


Figura 64: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso. - Fuente: elaboración propia.



Al encender las capas que muestran el total de las zonas modeladas (figura 65), se ve bien cómo se diferencia entre zonas con comportamiento más uniforme que tienen ventilación natural únicamente a través de ventanas como los baños; zonas térmicas con valores más elevados como los lavaderos y pasillos, en estos casos no cuentan con ventilación natural ni artificial e incluso 3 (tres de ellos) se encuentran completamente en el interior, sin contar con caras en contacto con el exterior) y zonas con cambios de valores bruscos como los dormitorios, living/comedor/cocina y local comercial, donde tiene un acondicionamiento combinado (natural y artificial), en coincidencia con el tiempo establecido de utilidad del espacio según la función que cumple.

El modelado completo, alcanza valores mínimos de 25°C promedio y máximos de 41°C promedio. Solamente algunas de las zonas alcanzan la franja de confort regional (recuadro anaranjado), principalmente cuando coincide con el uso de climatización.

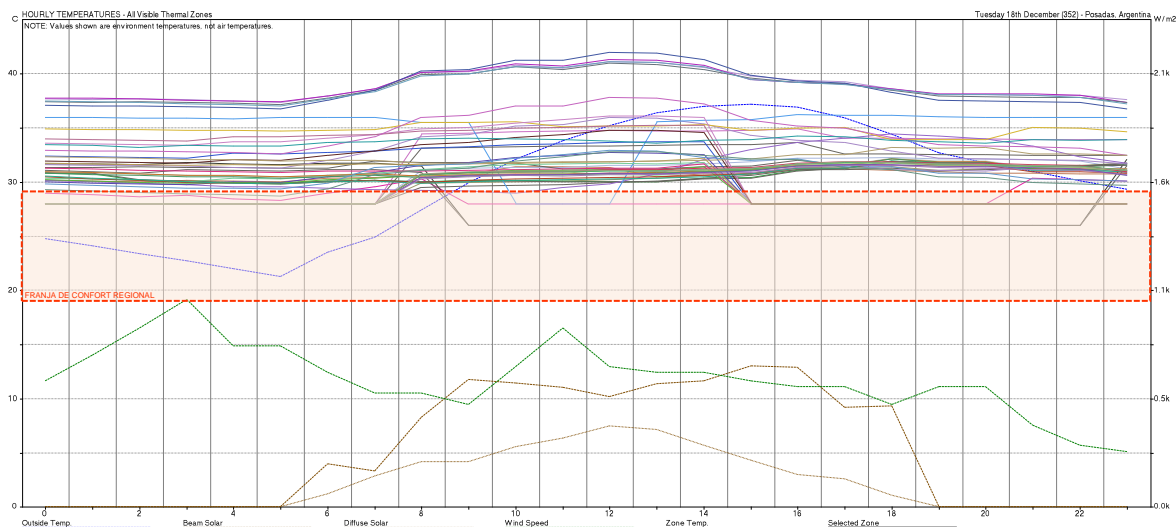


Figura 65: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

Al analizar las zonas destinadas a baños (figura 66), vemos un comportamiento más uniforme. Estos espacios tienen ventilación natural con ventana chica pero dentro de los reglamentario. No combinado con refrigeración. Los mismos poseen una orientación, dentro del volumen, hacia el sureste y suroeste, y al tener el edificio una forma tipo “L”, los sectores de baños, al igual que lavaderos y parte de las cocinas, reciben la orientación más desfavorable, en el sentido de que cuentan con menor incidencia del sol durante el día, y a su vez se encuentran cubiertos por las galerías de distribución de espacios que los protege de vientos y lluvias, los que mayormente provienen del punto cardinal sur.

Se ve también que 3 (tres) espacios, tienen valores un poquito más elevados que los demás, representan a los 3 baños que se encuentran en el interior del volumen, sin ventilación natural, por tal motivo, la temperatura interior aumenta con respecto a los demás.

Dentro del rango horario de las 10:00hs y 18hs se encuentran por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior; fuera de este rango, sobre todo en horarios de madrugada, aumenta esta diferencia, desfavorablemente, generando valores más elevados en relación con el valor representativo del exterior.

Alcanzan valores mínimos de 29°C promedio y máximos de 33°C promedio. Valores que superan la franja de confort, en algunos casos roza sutilmente, los valores máximos de esta.

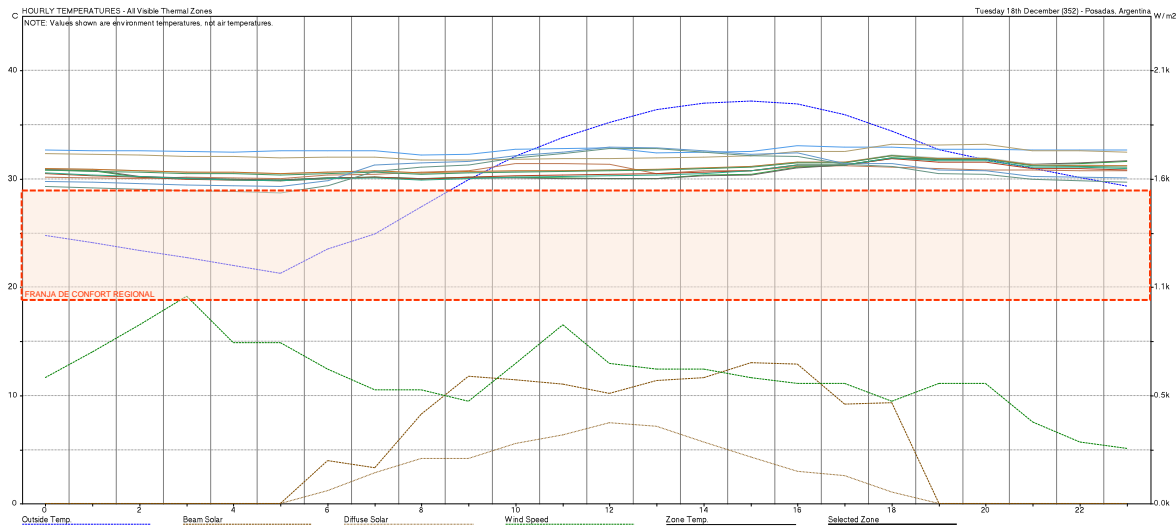


Figura 66: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

Una situación similar sucede con las zonas destinadas a lavaderos/pasillos (figura 67). Estas zonas no poseen ventilación natural ni forzada, por ende se generan temperaturas más elevadas en su interior en relación a los demás espacios que sí cuentan con ventilación. En este caso se observa cómo estos espacios presentan valores casi lineales en su mayoría, pero mucho más elevados que la línea de referencia de temperatura exterior.

Alcanzan valores mínimos de 36°C promedio y máximos de 41°C promedio.

La discrepancia es que se observan 2 espacios de iguales características, con la diferencia que estos tienen valores un poco más bajos a lo largo del día y dentro de la franja horaria de las 12:30hs a 20:00hs se ubican por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior. En este caso, la característica que hace que estos dos espacios difieran de los demás (siempre hablando de zonas con la misma función de uso), es que poseen una mayor superficie de área destinada a “pasillo”, se encuentran dentro del ala más corta y se disponen hacia el patio, por ende no reciben la misma incidencia solar que las fachadas frontales, es decir: “son menos calientes”.

De igual modo, otras 3 (tres) zonas lavadero, muestran un comportamiento distinto, con valores intermedios entre el primer grupo y las últimas 2 (dos) zonas. En este caso, estos están emplazados en el interior de cada unidad funcional, sin caras que se encuentren en contacto con el exterior, y a su vez, sus valores varían según su ubicación dentro del volúmen (planta baja, primero o segundo nivel).

Alcanzan valores mínimos de 30°C promedio y máximos de 35°C promedio. Todas las zonas se encuentran por encima de la franja de confort regional.

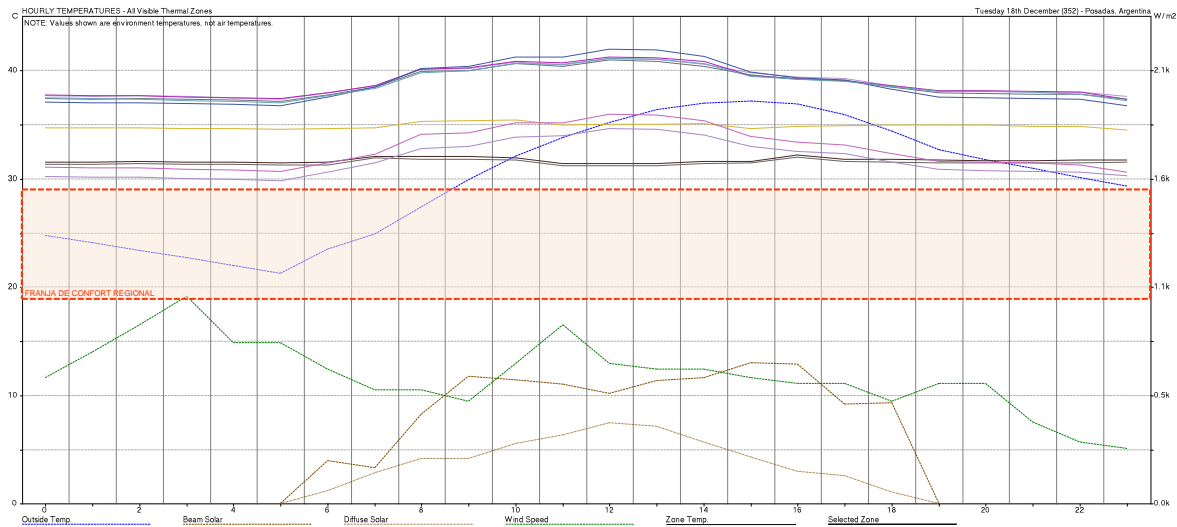


Figura 67: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

Si se menciona a los espacios con función de living/comedor/cocina, dormitorios y local comercial, (figura 68) se observa que las líneas de referencia de estos son lineales, levemente en pendiente, y horarios que comúnmente se utilizan estos espacios, muestran un cambio brusco a modo de “pico” y se comportan en forma lineal horizontal, en concordancia con el tiempo de uso del aire acondicionado y otro medio de refrigeración, ya que estos poseen acondicionamiento combinado o mixto.

Específicamente en el segundo dormitorio del departamento número 3 (tres) de la planta baja, representado por la línea de color verde agua, presenta un comportamiento diferente a los demás ya que es el único que tiene una orientación hacia el sur este. Los demás tienen orientación hacia el noreste, norte, y noroeste; Por lo tanto, recibe menor incidencia solar que las demás zonas destinadas a dormitorios.

Bajo el mismo criterio de orientación, los locales que se direccionan hacia el noroeste alcanzan valores más elevados en horarios pico (o críticos), como así también los que se encuentran en los niveles superiores, con la salvedad de que el último nivel cuenta con la cubierta vegetal que genera que esos valores varíen con respecto al primer caso estudiado.

Alcanzan valores mínimos de 25°C promedio y máximos de 36°C promedio. Levemente ingresan a la zona de confort regional por la madrugada, momento en que desciende la temperatura exterior, y en momentos en lo que se encuentra activa la climatización.

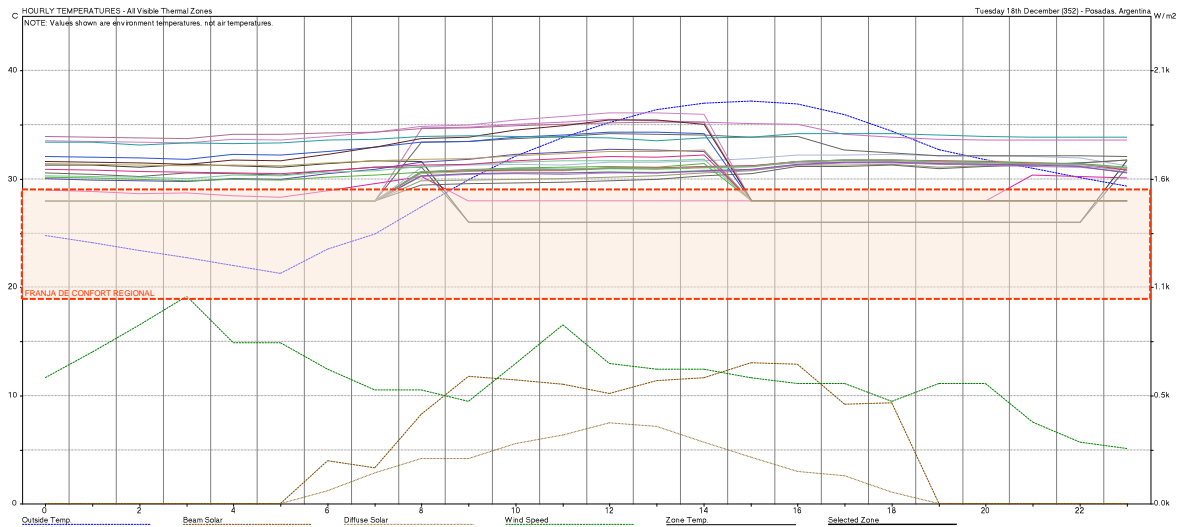


Figura 68: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

Si se analiza la cubierta (figura 69), en este caso es techo o cubierta vegetal, se observa que en el rango horario de 00:00hs a 08:30hs se encuentra con un valor térmico muy por encima de la temperatura exterior que se muestra en descenso, y esos valores van desde 30°C a 28°C, entrando en el rango de temperaturas que contiene la franja de confort regional. Entre las 08:30hs y 10:15hs, se mantiene aproximadamente dentro de la misma temperatura, pero por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior.

A partir de las 10:15hs comienza a ascender la temperatura hasta alcanzar los 32°C a las 18:00hs y a su vez se iguala al valor alcanzado por la temperatura exterior.

Luego de 18:00hs a 24:00hs comienza a descender nuevamente la temperatura hasta alcanzar los 32°C a las 24:00hs, en este caso sobrepasando los valores exteriores.

Alcanza valores mínimos de 28°C promedio y máximos de 34°C promedio.

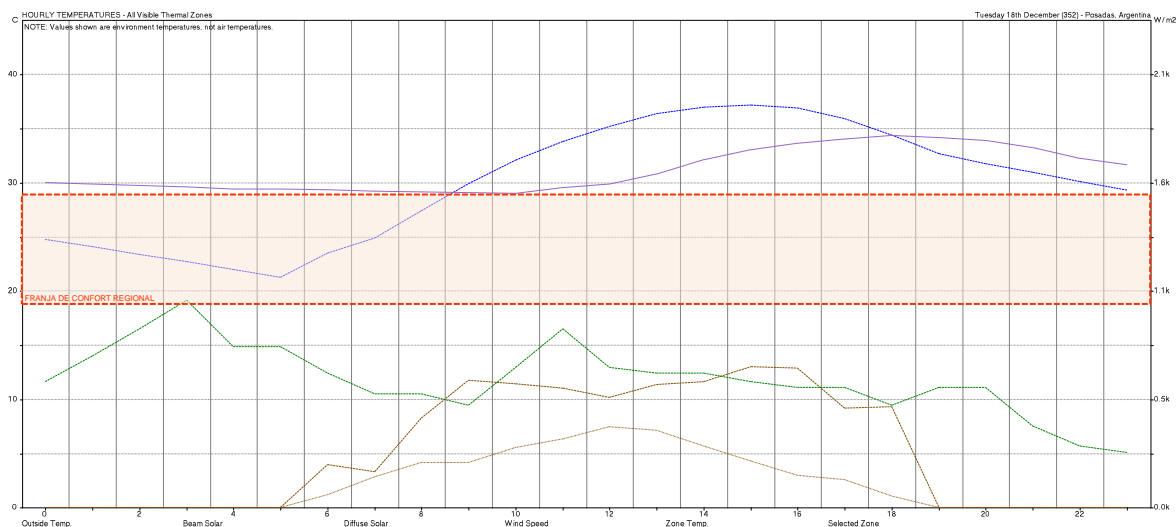


Figura 69: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más caluroso.  
 - Fuente: elaboración propia.

## 6.2 DÍA MÁS FRÍO (COLDEST DAY)

El análisis indica que el día 6 (seis) de julio es el día más frío del año, como resultado del análisis térmico, con los siguientes valores: (tabla 15)

HOURLY TEMPERATURES (temperaturas por hora) - 6th July  
 All Visible Thermal Zones  
 Total Surface Area: 385.472 m<sup>2</sup>  
 Total Exposed Area: 221.752 m<sup>2</sup>  
 Total North Window: 0.000 m<sup>2</sup>  
 Total Window Area: 0.000 m<sup>2</sup>  
 Total Conductance (AU): 330 W/°K  
 Total Admittance (AY): 794 W/°K

Tabla 15: Valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. -  
 Fuente: elaboración propia.

En el siguiente gráfico (figura 70) se ven las líneas de referencia de temperatura exterior (en azul) a la fecha considerada como día más frío del año, sin zonas modeladas.

Los valores de temperaturas alcanzados van descendiendo, dentro del margen de horario de las 00:00hs hasta las 07:00hs que alcanza su punto más bajo con un valor de 2°C, para luego comenzar a elevarse en coincidencia con el tiempo de exposición del sol, llegando al valor más alto a las 14:00hs con una temperatura de 14°C y por último comenzar nuevamente el descenso para alcanzar una temperatura aproximada de 7°C a las 24:00hs. En todas las horas del día, se ubica muy por debajo de los valores de referencia de la zona de confort regional.

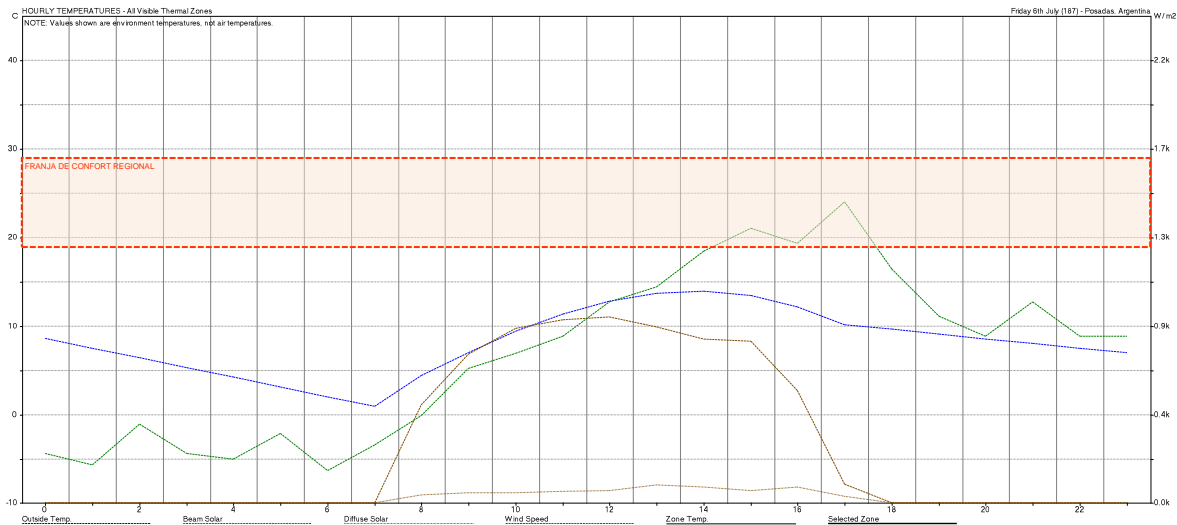


Figura 70: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Al encender las capas que muestran el total de las zonas modeladas (figura 71), se observa cómo se diferencia entre zonas con comportamiento más uniforme que tienen ventilación natural únicamente a través de ventanas como los baños; zonas térmicas con valores más elevados como los lavaderos y pasillos, en estos casos no cuentan con ventilación natural ni artificial e incluso 3 (tres de ellos) se encuentran completamente en el interior, sin contar con caras en contacto con el exterior), así como también son las zonas que más se acercan e incluso se encuentran dentro de la zona de confort regional en la mayor parte del tiempo, y zonas con cambios de valores bruscos como los dormitorios, living/comedor/cocina y local comercial, donde tiene un acondicionamiento combinado (natural y artificial), en coincidencia con el tiempo establecido de utilidad del espacio según la función que cumple.

El valor de temperatura más bajo alcanzado es 8°C, a las 7:00hs de la mañana por el local comercial el cual posee bastante superficie vidriada lo que permite equilibrarse más con la temperatura exterior, por eso en el gráfico vemos como se acerca más que las demás zonas, a esta línea de referencia. El modelado completo, alcanza valores mínimos de 8°C promedio y máximos de 20°C promedio.

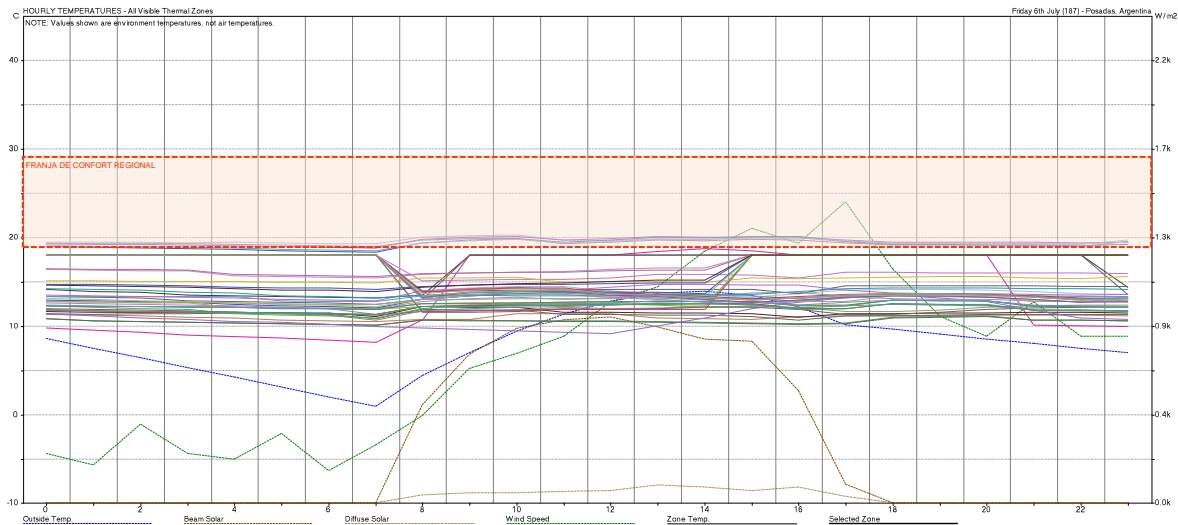


Figura 71: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Al analizar las zonas destinadas a baños (figura 72), se observa un comportamiento más uniforme. Estos espacios tienen ventilación natural con ventana chica pero dentro de los reglamentario. No combinado con refrigeración. Los mismos poseen una orientación, dentro del volumen, hacia el sureste y suroeste, y al tener el edificio una forma tipo “L”, los sectores de baños, al igual que lavaderos y parte de las cocinas, reciben la orientación más desfavorable, en el sentido de que cuentan con menor incidencia del sol durante el día, y a su vez se encuentran cubiertos por las galerías de distribución de espacios que los protege de vientos y lluvias, los que mayormente provienen del punto cardinal sur.

Se ve también que 3 (tres) espacios, tienen valores un poquito más elevados que los demás, representan a los 3 baños que se encuentran en el interior del volumen, sin ventilación natural, por tal motivo, la temperatura interior aumenta con respecto a los demás.

Dentro del rango horario de las 11:00hs y 16:00hs se encuentran por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior; fuera de este rango, sobre todo en horarios de madrugada, aumenta esta diferencia, desfavorablemente, generando valores más elevados en relación con el valor representativo del exterior.

Se alcanzan valores mínimos de 11°C promedio y máximos de 14°C promedio, ubicándose muy por debajo de la franja de confort considerada para la región, durante todo el día.

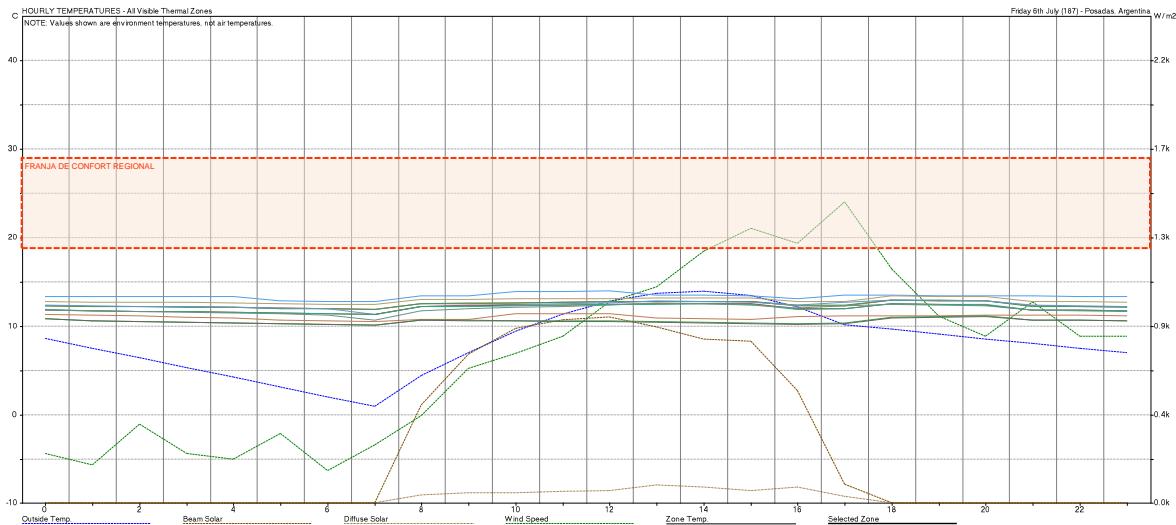


Figura 72: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Una situación similar sucede con las zonas destinadas a lavaderos/pasillos (figura 73). Estas zonas no poseen ventilación natural ni forzada, por ende se generan temperaturas más elevadas en su interior en relación a los demás espacios que sí cuentan con ventilación. En este caso se observa cómo estos espacios presentan valores casi lineales en su mayoría, pero mucho más elevados que la línea de referencia de temperatura exterior.

Se alcanzan valores mínimos de 18°C promedio y máximos de 20°C promedio, entrando dentro de lo considerado como franja de confort regional.

La discrepancia es que se observan 2 espacios de iguales características, con la diferencia que estos tienen valores un poco más bajos a lo largo del día y dentro de la franja horaria de las 11:00hs a 16:00hs se ubican por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior. En este caso, la característica que hace que estos dos espacios difieran de los demás (siempre hablando de zonas con la misma función de uso), es que poseen una mayor superficie de área destinada a "pasillo", se encuentran dentro del ala más corta y se disponen hacia el patio, por ende no reciben la misma incidencia solar que las fachadas frontales.

De igual modo, otras 3 (tres) zonas lavadero, muestran un comportamiento distinto, con valores intermedios entre el primer grupo y las últimas 2 (dos) zonas. En este caso, estos están emplazados en el interior de cada unidad funcional, sin caras que se encuentren en contacto con el exterior, y a su vez, sus valores varían según su ubicación dentro del volúmen (planta baja, primero o segundo nivel).

Alcanzan valores mínimos de 11°C promedio y máximos de 15°C promedio, sin ingresar dentro de la franja de confort.

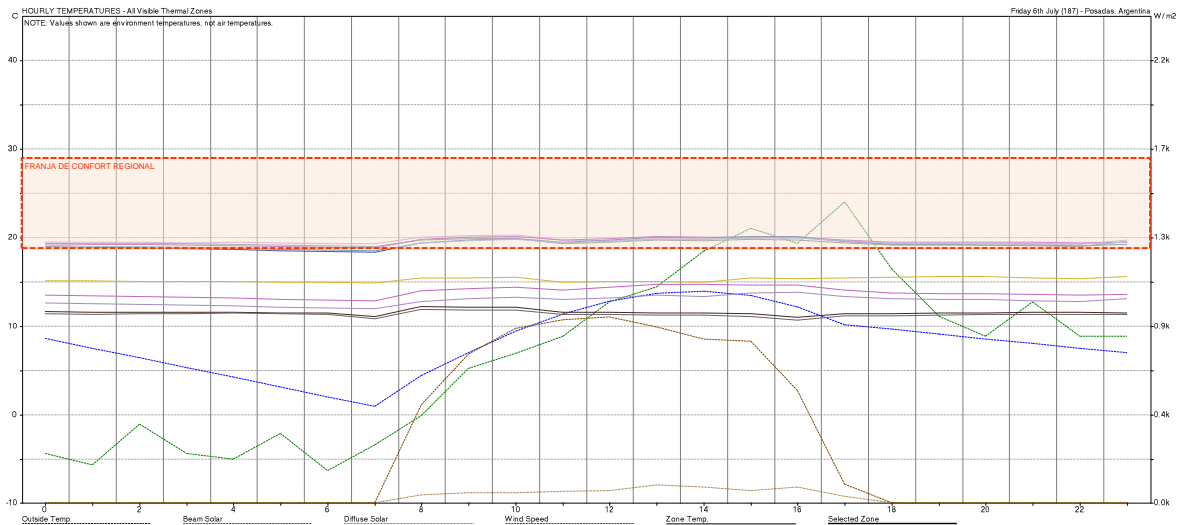


Figura 73: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Si se menciona a los espacios con función de living/comedor/cocina, dormitorios y local comercial, (figura 74), se puede ver que las líneas de referencia de estos son lineales, levemente en pendiente, y horarios que comúnmente se utilizan estos espacios, muestran un cambio brusco a modo de “pico” y se comportan en forma lineal horizontal, en concordancia con el tiempo de uso del aire acondicionado y otro medio de refrigeración, ya que estos poseen acondicionamiento combinado o mixto.

Específicamente en el segundo dormitorio del departamento número 3 (tres) de la planta baja, representado por la línea de color verde agua, presenta un comportamiento diferente a los demás ya que es el único que tiene una orientación hacia el sur este. Los demás tienen orientación hacia el noreste, norte, y noroeste; Por lo tanto, recibe menor incidencia solar que las demás zonas destinadas a dormitorios.

Bajo el mismo criterio de orientación, los locales que se direccionan hacia el noroeste alcanzan valores más elevados en horarios pico (o críticos), como así también los que se encuentran en los niveles superiores, con la salvedad de que el último nivel cuenta con la cubierta vegetal que genera que esos valores varíen con respecto al primer caso estudiado.

Alcanzan valores mínimos de 10°C promedio y máximos de 19°C promedio, ingresando levemente a la considerada zona de confort regional.

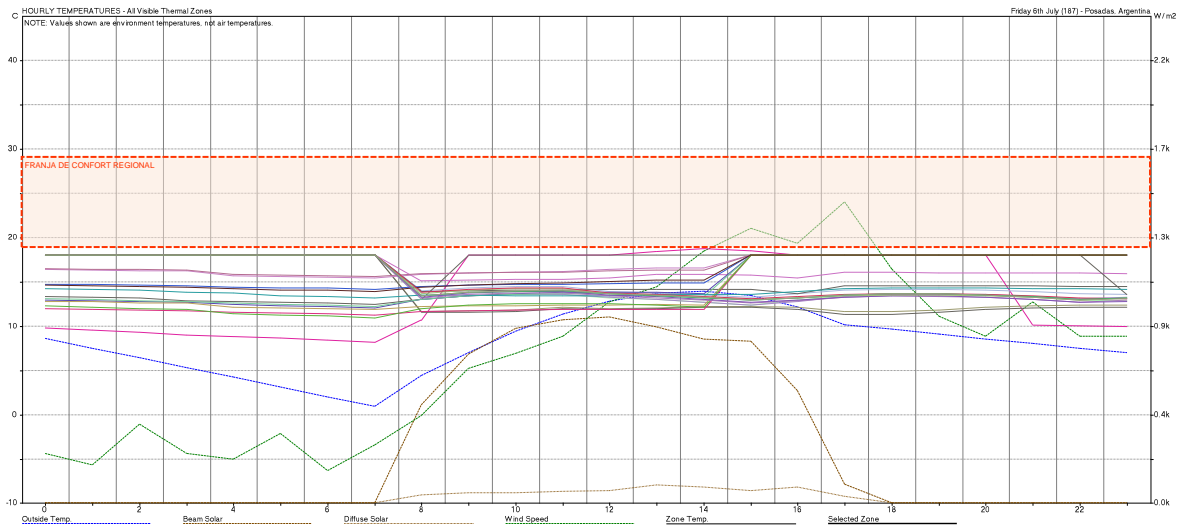


Figura 74: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

Si se analiza la cubierta (figura 75), en este caso es techo o cubierta vegetal, se observa que en el rango horario de 00:00hs a 10:00hs se encuentra con un valor térmico muy por encima de la temperatura exterior que se muestra en descenso, y esos valores van desde 11°C a 9°C. Entre las 10:00hs y 12:00hs, continúa en descenso, disminuyendo 1°C, pero por debajo de la línea de referencia de temperatura exterior.

A partir de las 12:00hs comienza a ascender la temperatura hasta alcanzar los 13°C a las 16:00hs y a su vez se iguala al valor alcanzado por la temperatura exterior. De 16:00hs a 18:15hs continúa aumentando el valor hasta llegar a los 14°C.

Luego a partir de las 18:15hs comienza a descender nuevamente la temperatura hasta alcanzar los 11°C a las 24:00hs, en este caso sobrepasando los valores exteriores.

Se alcanzan valores mínimos de 9°C promedio y máximos de 14°C promedio, muy por debajo de la zona de confort.

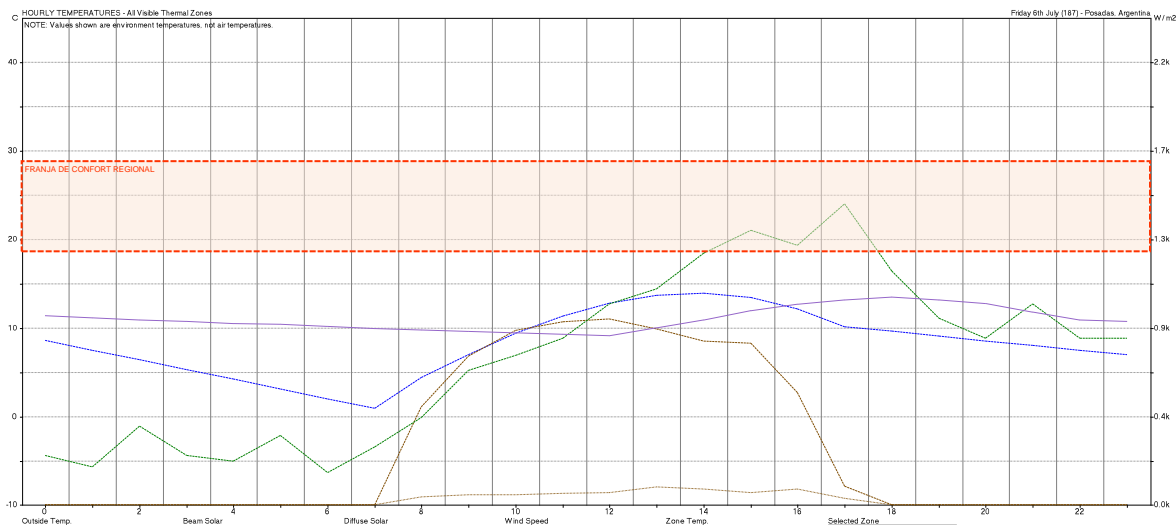


Figura 75: Gráfico de coordenadas con valores obtenidos del análisis térmico en Software Ecotect, para el día más frío. - Fuente: elaboración propia.

### 6.3 ANÁLISIS DE CARGAS MENSUALES DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN (MONTHLY HEATING/COOLING LOADS)

Observando los valores que arroja el análisis de cargas mensuales de calefacción/refrigeración se puede determinar que los días que el mes que más utiliza calefacción es junio y en segundo lugar el mes de julio (valores coloreados en rojo). Del mismo modo, los meses que más necesitan refrigeración son enero, y en segundo lugar diciembre (valores coloreados en azul). Tabla 16.

El gráfico de la figura 76, se muestra el uso de la refrigeración/calefacción a lo largo del año, se puede ver que mayormente utilizamos la refrigeración (franjaz azules) en comparación a la utilización de calefacción (franjaz rojas), esto principalmente tiene que ver con la ubicación geográfica que tiene el modelo estudiado.

La utilización de refrigeración alcanza un valor de 2.261.668 W/h en el mes de enero, y la calefacción alcanza un valor de 362.325 W/h en el mes de junio.

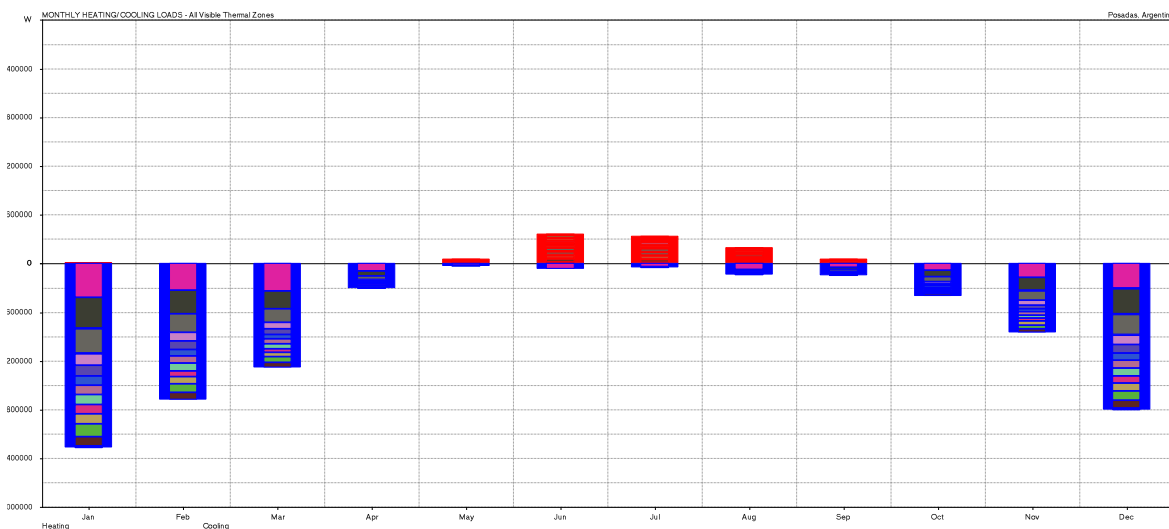


Figura 76: Gráfico de coordenada con valores obtenidos del análisis de cargas mensuales de calefacción/refrigeración en Software Ecotect. - Fuente: elaboración



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating: 6552 W at 07:00 on 16th July			
Max Cooling: 17298 W at 17:00 on 3rd January			
MONTH	HEATING (W/h)	COOLING (W/h)	TOTAL (W/h)
-----	-----	-----	-----
Jan	10168	2261668	2271836
Feb	7790	1680325	1688114
Mar	6325	1276558	1282883
Apr	3239	303479	306718
May	54567	31141	85708
Jun	362325	69389	431714
Jul	342381	45359	387740
Aug	197575	134739	332314
Sep	58088	145127	203215
Oct	2884	401700	404584
Nov	4573	850923	855496
Dec	8566	1800486	1809052
-----	-----	-----	-----
TOTAL	1058481	9000894	10059375

Tabla 16: Valores obtenidos del análisis de cargas mensuales de calefacción/refrigeración en Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### 6.4 ANÁLISIS DE SOMBRAS (SHADOWS)

El programa permite visualizar la sombra que arroja la edificación y los elementos de sombreado que estén propuestos, en los distintos días y horarios a lo largo de todo el año.

En este caso (al igual que en el caso n°1) se eligieron 4 horarios 10:00hs, 14:00hs, 15:00hs y 17:30hs para los días más caluroso y frío del año. Como ya se mencionó, se toman estos 2 días, ya que son considerados los más críticos tanto para el calor como para el frío; y se consideran esos horarios de estudio para tener un horario promedio por la mañana, uno promedio por la tarde, el de las 14:00hs por ser el horario menos frío en los meses de invierno, y el de las 15:00hs por ser el día más cálido en el período de verano.

A continuación, se detallan los gráficos que muestran la proyección de la sombra en los distintos horarios detallados:

- **Para el 18 de diciembre** (considerado por el software como “hottest day”)

Horario analizado: 10:00hs (figura 77)

El sol posee mayor incidencia en el ala más larga ya que la misma tiene una disposición hacia el noreste, generando sombras arrojadas por los balcones y paneles de sombreado propuestos



como mejoramiento de la edificación, y un 100% de sombra sobre el ala más corta del volumen (orientada hacia el noroeste).

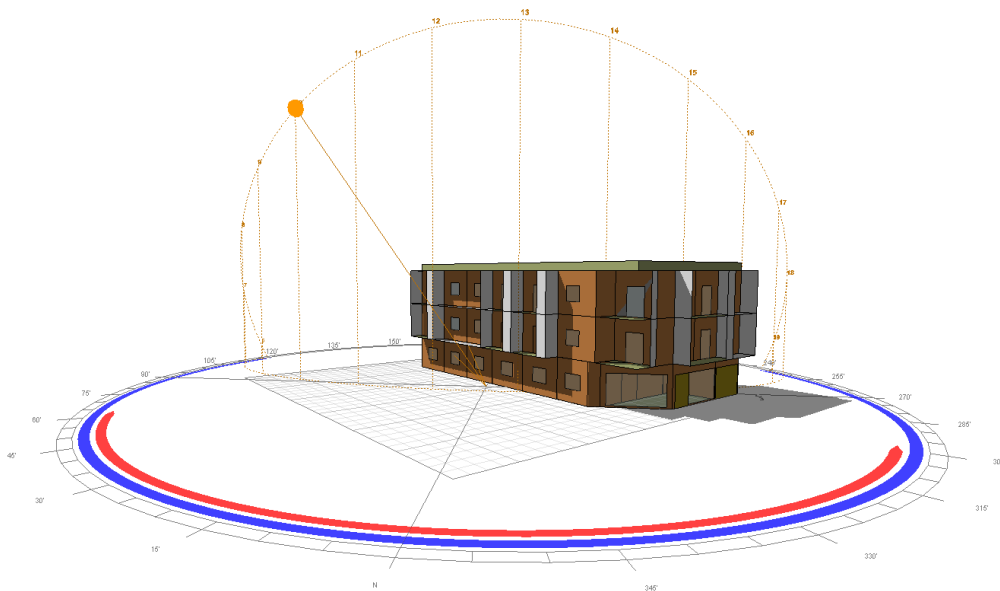


Figura 77: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 10:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

**Horario analizado: 14:00hs (figura 78)**

En este horario se ve cómo incide más el sol en la cara noroeste produciendo sombras arrojadas por los balcones y paneles verticales y horizontales, protegiendo los aventanamientos de dicha cara. Generando, a su vez, sombra casi completamente en la cara noreste.

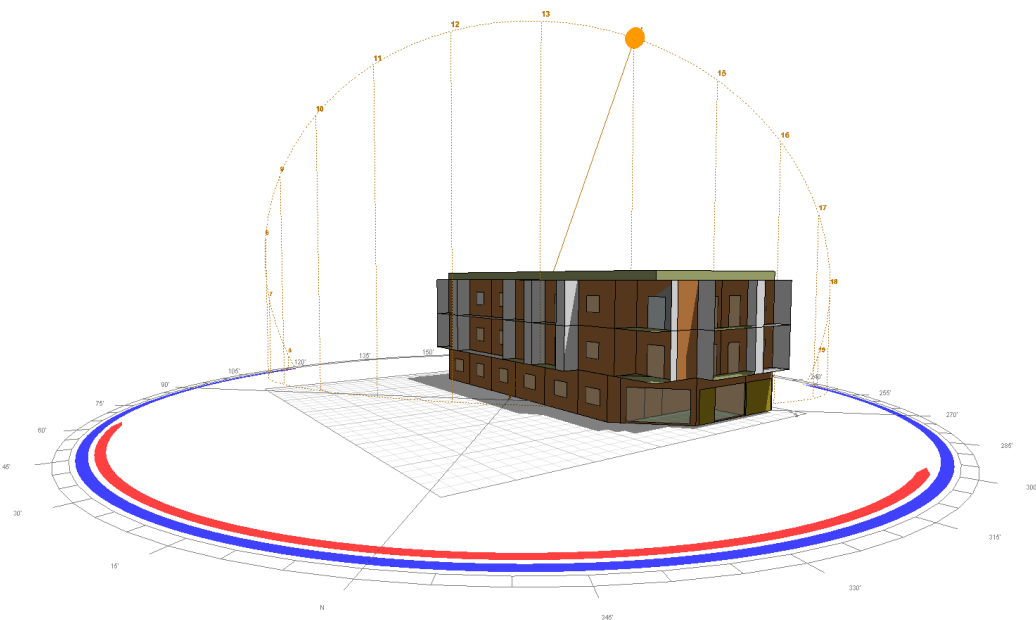
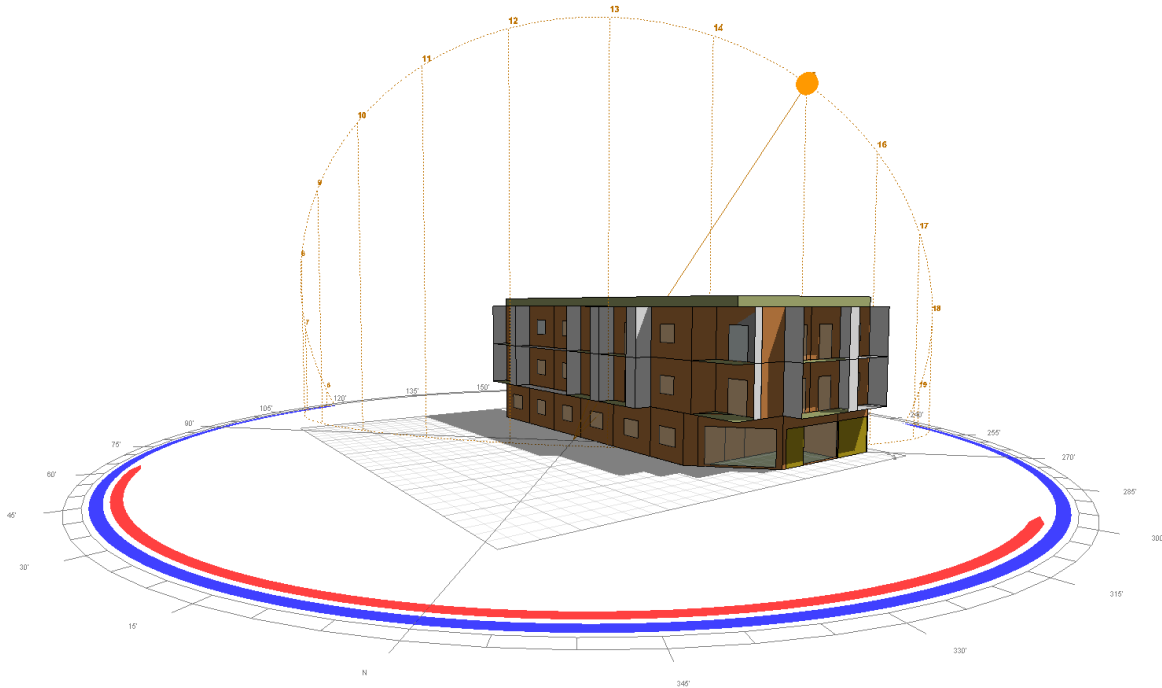


Figura 78: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 14:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.



Horario analizado: 15:00hs (figura 79)

Es el horario pico, con mayor incidencia solar y considerado el horario de mayor incidencia térmica para el período de verano. Se ve que tiene un comportamiento similar al de las 14:00hs, pero con mayor superficie con radiación solar en el ala que mira hacia el noroeste y mayor proyección de sombra otorgada por los balcones dentro de la misma orientación.



*Figura 79: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 15:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.*

Horario analizado: 17:30hs (figura 80)

En este caso, el sol, al tener una ubicación más “baja” o de menor grado con respecto al plano suelo, y ubicarse al oeste (ocaso), genera sombras provocadas por los balcones y paneles en la misma cara en mayor medida, que en los 2 (dos) casos anteriores, pero de menor proyección. Y a su vez, no incide solarmente sobre la fachada del ala mayor, pero si a la cara interna del volumen del ala mayor (la cara que mira hacia el patio), pero esta con poca incidencia ya que existen edificaciones vecinas y el ala más corta del volumen, que se interponen a la radiación solar arrojada.

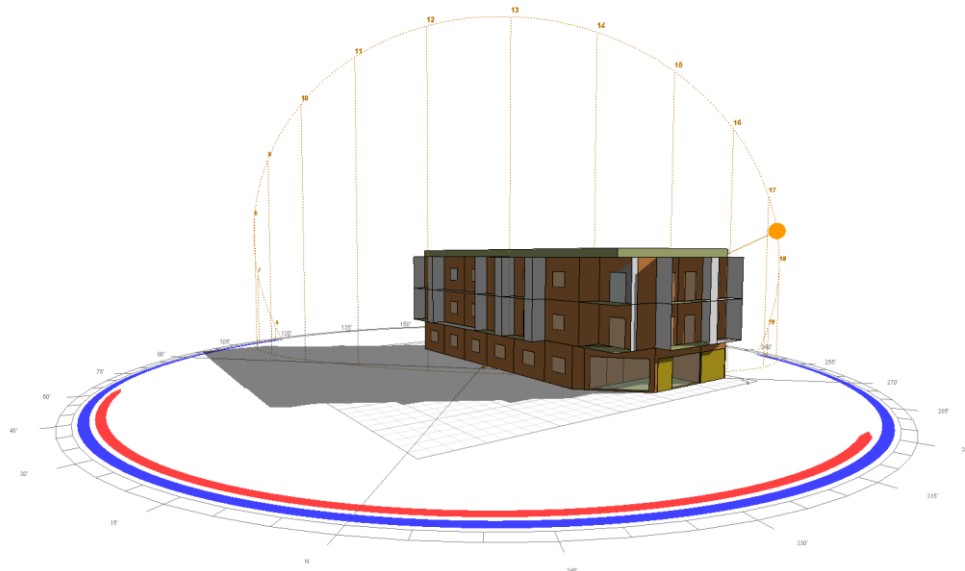


Figura 80: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 17:30hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Si se analizan las sombras arrojadas por el volumen estudiado de forma progresiva, dentro del rango horario de 9:00hs a 17:30hs en concordancia con el período de incidencia del rayo solar (figura 81), se puede ver el volumen de sombra generado en cada cara de la edificación y en cada horario del rango considerado. Se ve que al estar ubicados en los meses que corresponden a la estación de verano, la trayectoria del sol posee un ángulo mayor, por ende, se direcciona hacia el edificio desde una orientación más cenital con respecto a los meses de invierno. Por tal motivo, las sombras que se generan a partir de volúmenes salientes como ser en este caso los balcones y aleros, son mayores que en el período de invierno.

En este caso n°2 estudiado, se ve cómo los paneles dispuestos vertical y horizontalmente en conjunto con la envolvente constructiva generan mayor porcentaje de sombra, favoreciendo a la edificación al momento de absorber y reflejar la incidencia térmica.

Vista en perspectiva | Vista en planta

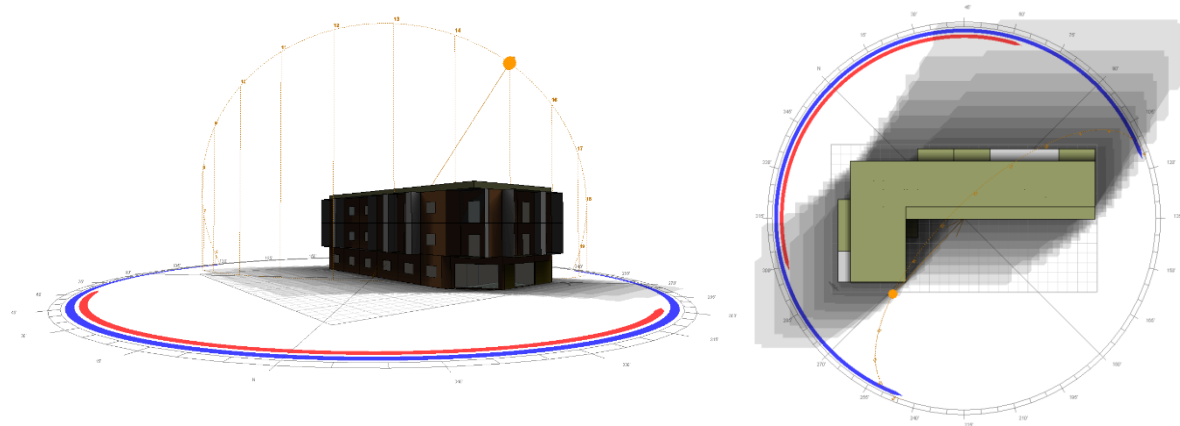


Figura 81: Proyección del recorrido del sol y las sombras que genera en vista y planta, de 9:00 a 17:30hs, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Además del recorrido del sol durante las horas del día, también se puede ver el recorrido este, durante el día y a lo largo del año, representado por las líneas azules (recorrido del sol durante cada día del año). Figura 82.

En la imagen siguiente, simbolizado con un punto amarillo, se establece la ubicación exacta del sol para la fecha considerada como "Hottest day", el día más cálido del año, a las 15:00hs que considera la hora con temperatura más cálida alcanzada. Determinando también, el ángulo de inclinación con respecto al plano base, el cual posee un ángulo mayor que en el caso del período de invierno, eso explica porque contamos con superficies más oscuras que simulan las sombras generadas por el volumen edificado y sus componentes.

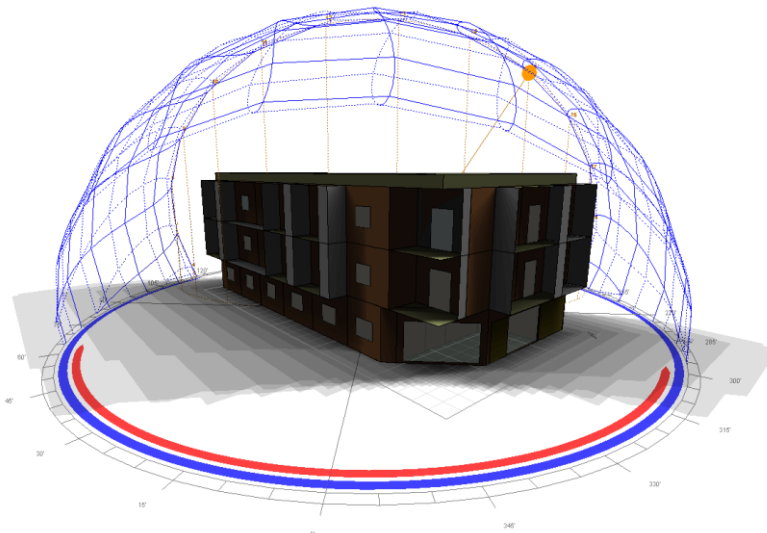


Figura 82: Recorrido del sol durante el día y a lo largo del año, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

- Para el 6 de julio (considerado por el software como "coldest day")

Horario analizado: 10:00hs (figura 83)

En el período de invierno, al tener el sol una inclinación más baja, es decir, de menor ángulo. La sombra que arroja es menor que en el caso del período de verano. Bajo la misma comparación, se ve que la incidencia solar se encuentra en su totalidad en la fachada mayor, pero también posee algo de incidencia sobre la fachada menor en combinación con la sombra que arroja el volumen y los componentes que arrojan sombra propuestos, para el horario analizado.

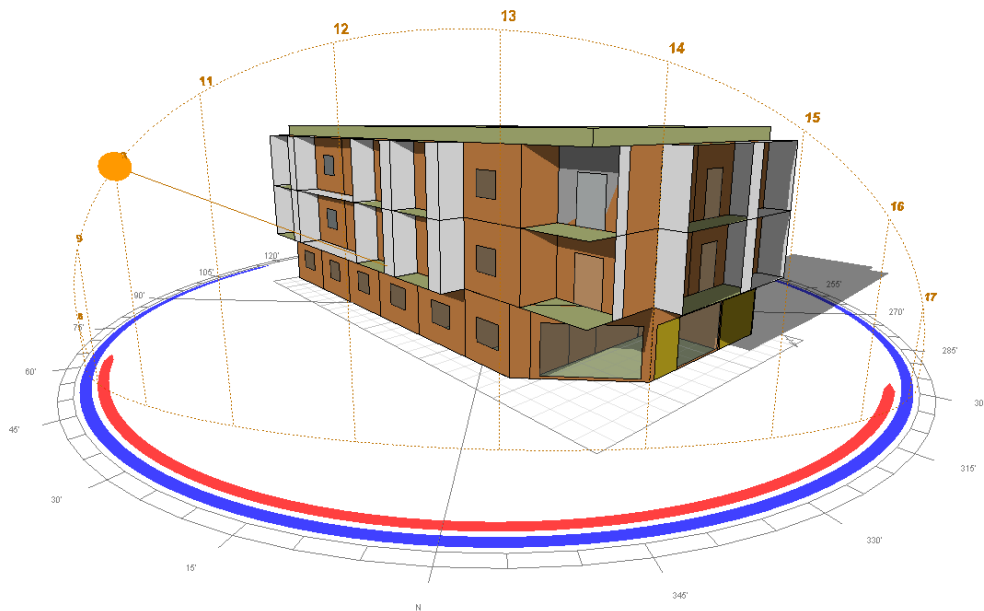


Figura 83: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 10:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.



Horario analizado: 14:00hs (figura 84)

Las 14:00hs es el horario considerado menos frío o más cálido para los meses que abarca el invierno. Se puede ver como ambas fachadas reciben radiación solar por el ángulo que tiene el recorrido del sol para ese día y mes del año. Por tal motivo, la sombra que se observa, proviene de los volúmenes salientes que en este caso son los balcones, paneles de sombras y aleros, y la proyección de la sombra que se arroja es menor, comparándolo con el período de verano.

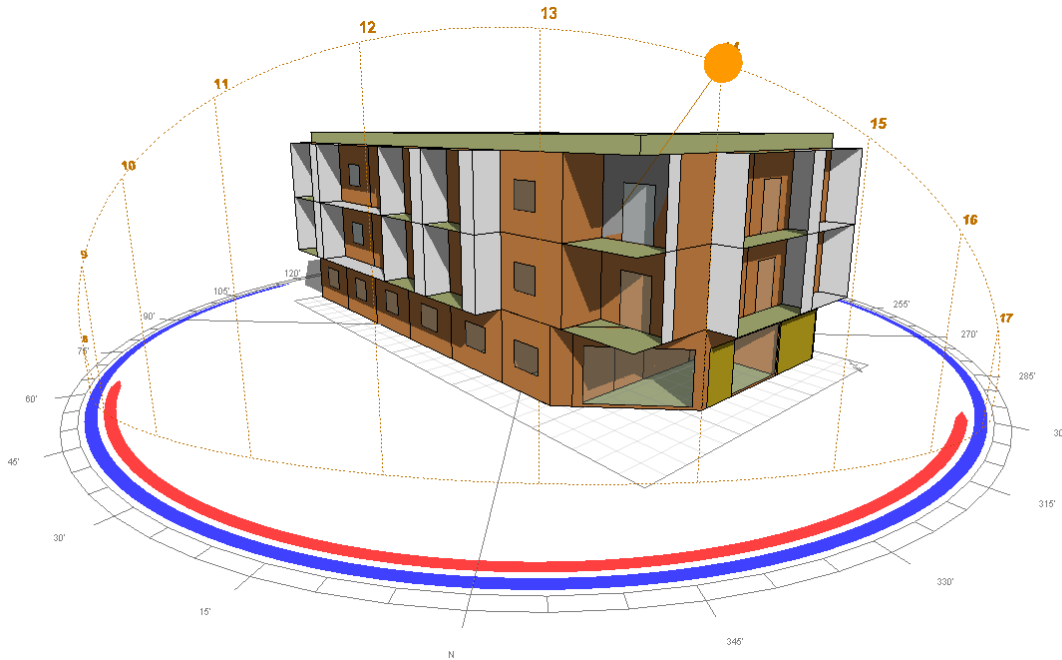


Figura 84: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 14:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 15:00hs (figura 85)

En la franja horaria de las 15:00hs se ve un comportamiento similar, con la incidencia solar en ambas caras, pero con la diferencia que la sombra que proyectan los balcones y aleros es mayor que a las 14:00hs, abarcando la cara más corta y un porcentaje del ala mayor.

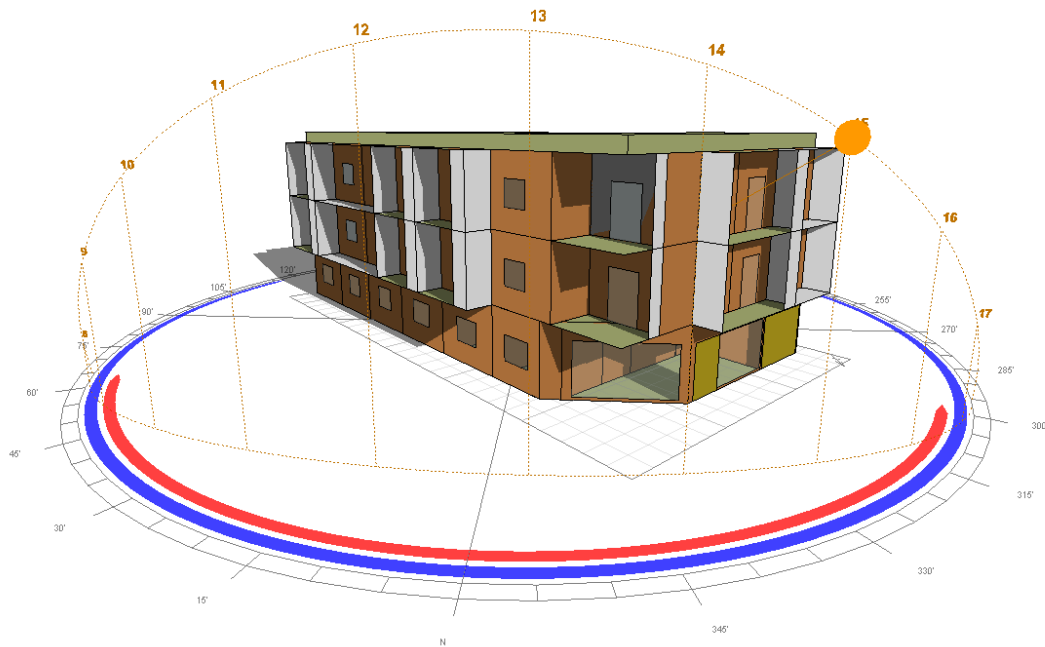


Figura 85: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 15:00hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

**Horario analizado: 17:30hs (figura 86)**

En este horario ya se ve una mayor cantidad de sombra sobre la fachada de mayor superficie, pero no en su totalidad a diferencia de lo que se observa en el mes de diciembre. En este caso, por la ubicación solar y a su ángulo, los balcones, sistemas de sombreado y aleros dispuestos en la fachada noroeste, la sombra que arroja va reduciéndose.

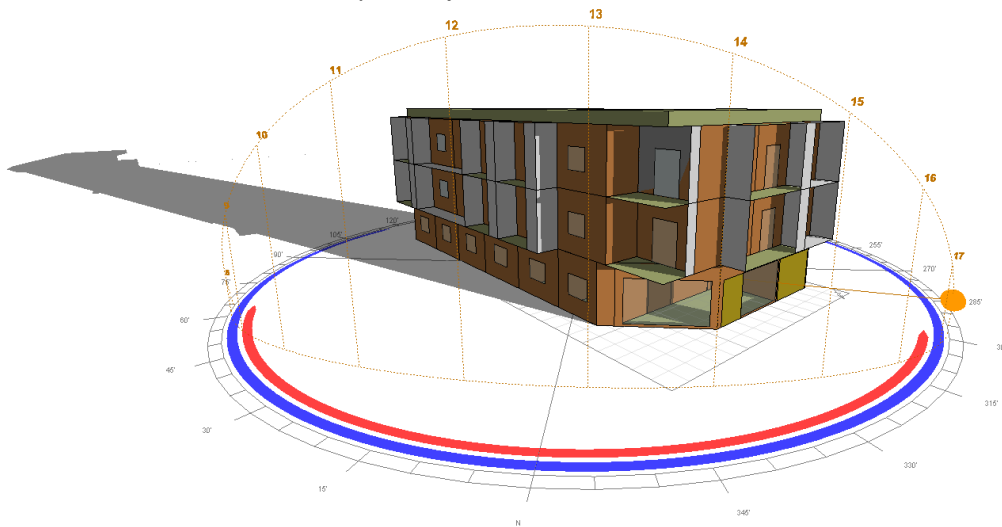


Figura 86: Ángulo de inclinación del sol y sombra proyectada a las 17:30hs del día, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.



Dentro del juego de sombras arrojado de forma progresiva, dentro del rango horario de 9:00hs a 17:30hs en concordancia con el período de incidencia del rayo solar (figura 87), se observa que, al estar ubicados en los meses que corresponden a la estación de invierno, la trayectoria del sol posee un ángulo menor o más bajo, por ende, se direcciona hacia el edificio desde una orientación más de ángulo azimutal en contraposición a los meses que abarca el verano que poseen una ubicación más cenital. Por tal motivo, las sombras que se generan a partir de volúmenes salientes como ser en este caso los balcones, paneles vegetales generadores de sombras y aleros, son menores que en el período de verano. Es decir que la superficie total del edificio recibe mayor incidencia del sol a comparación de la época de verano, que se observa mayor superficie con sombras (sombreado más oscuro).

Vista en perspectiva | Vista en planta

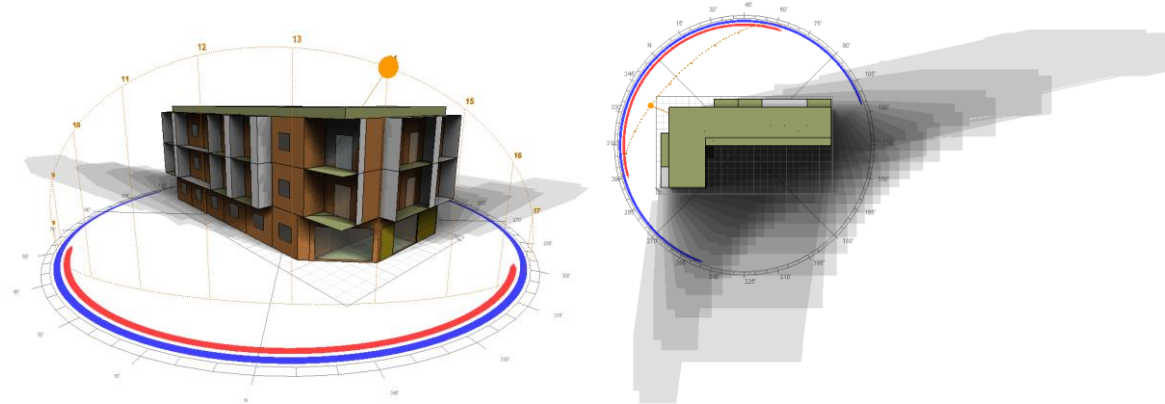


Figura 87: Proyección del recorrido del sol y las sombras que genera en vista y planta, de 9:00 a 17:30hs, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Además del recorrido del sol durante las horas del día, también se puede ver el recorrido este, durante el día y a lo largo del año. En la imagen 88, simbolizado con un punto amarillo, se establece la ubicación exacta del sol para la fecha considerada como "Coldest day", el día más frío del año, a las 14:00hs que considera la hora con temperatura más cálida alcanzada. Se ve también, el ángulo de inclinación con respecto al plano base, explicado anteriormente.

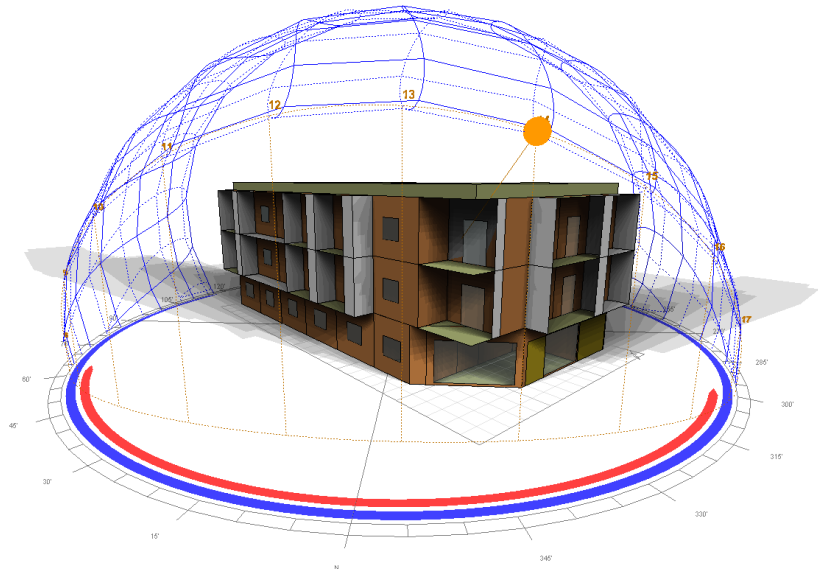


Figura 88: Recorrido del sol durante el día y a lo largo del año, obtenido de Software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.



## 6.5 ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR

Si se estudia la cantidad de sol que recibe una superficie de la edificación, esta adquiere un valor medido en  $W/h/m^2$  dependiendo del tiempo de exposición del sol, orientación que posee la superficie o espacio analizado, propiedades de los materiales, y del ángulo de incidencia solar.

Analizando el día más caluroso y el día más frío del año, considerando a estos los días más desfavorables a nivel anual, y evaluando horarios estipulados anteriormente, se obtuvo los siguientes resultados:

- **Para el día 18 (dieciocho) de diciembre (Hottest day):**

Horario analizado: 10:00hs (figura 89)

Se ve que la mayor superficie correspondiente a las fachadas frontales (mayor en el ala más larga), poseen valores un poco más elevados que la cara posterior, pero mucho menor que el caso n°1, representados en colores de la paleta del fucsia, morado, violeta, azul, y en la cubierta, amarillo. Además se ve cómo esos valores disminuyen gradualmente en las áreas que se encuentran, en mayor o menor porcentaje, con elementos que generan sombra sobre su superficie, representado con la paleta de colores del violeta y azul.

Se observa un leve aumento de valor en las superficies orientadas a la salida y puesta del sol principalmente. La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

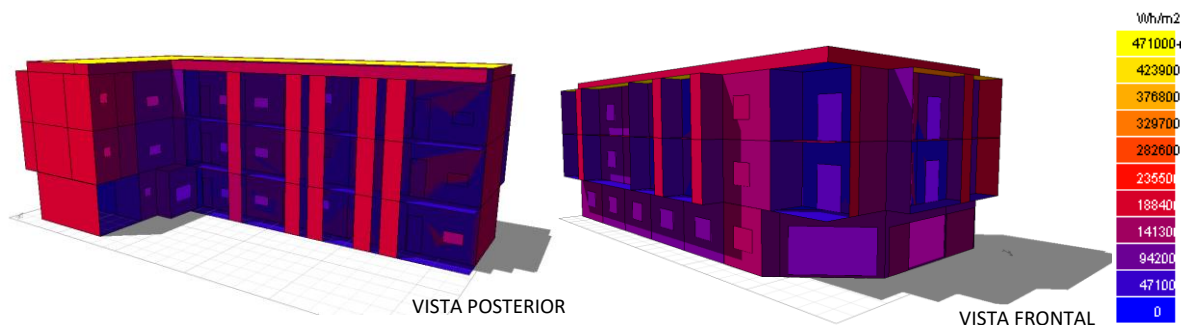


Figura 89: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 10:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 14:00hs (figura 90)

Al igual que en el análisis correspondiente al horario de las 10:00hs, se ve que la mayor superficie correspondiente a las fachadas frontales, poseen valores elevados, representados en colores de la paleta del rojo, fucsia, morado, violeta, azul, y en la cubierta, amarillo. Con rojo y fucsia se encuentra la fachada correspondiente al ala más corta del volumen. Además se ve cómo esos valores disminuyen gradualmente en las áreas que se encuentran con elementos que generan sombra sobre su superficie, representado con la paleta de colores del violeta y azul.

En la fachada posterior, los valores alcanzados son más bajos en comparación con la fachada frontal ya que estos poseen menor exposición solar al tener una orientación sur, sureste y suroeste. Se observa un leve aumento de valor en las superficies orientadas a la salida y puesta del sol principalmente.

La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

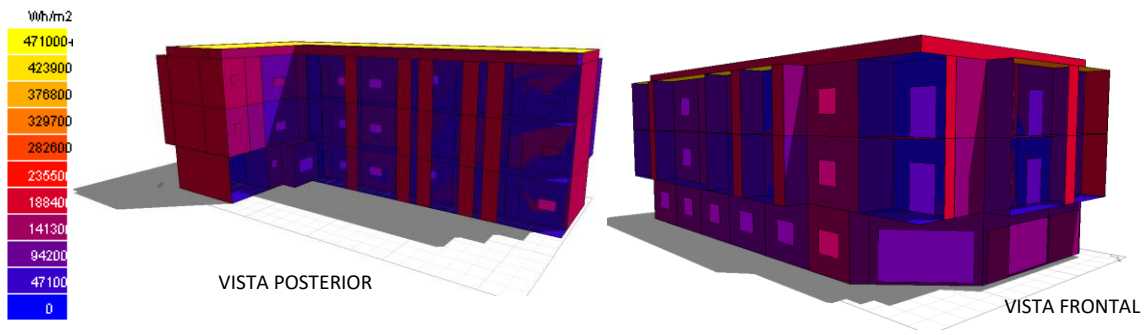


Figura 90: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 14:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### Horario analizado: 15:00hs (figura 91)

Varía muy poco su comportamiento con respecto a lo visto para las 14:00hs. La sombra arrojada cambia ya que cambia el ángulo de incidencia solar. Este horario es el considerado más desfavorable. La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

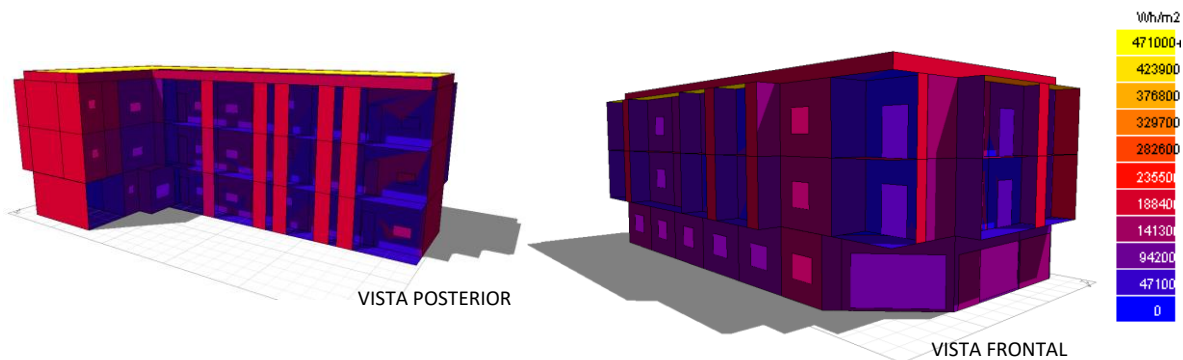


Figura 91: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 15:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### Horario analizado: 17:30hs (figura 92)

En el rango horario de las 17:30hs se ve que posee un aumento de incidencia solar sobre el ala orientada al noroeste, disminución de proyección de sombras producida por los balcones y aleros, dentro de la misma fachada.

Con respecto a la fachada posterior, se observa como esta aumenta sus valores con respecto a los horarios anteriores, en la fachada posterior correspondiente al ala más larga del modelo estudiado, como así también la medianera que se orienta hacia el oeste. La superficie de mayor incidencia es la cubierta y aleros superiores.

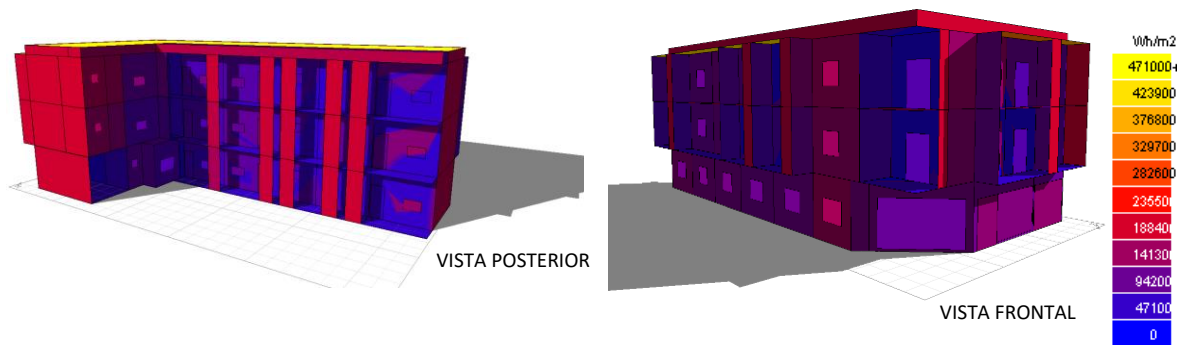


Figura 92: Valores de incidencia solar para el día más caluroso del año a las 17:30hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

- **Para el día 6 (seis) de julio (Coldest day):**

Horario analizado: 10:00hs (figura 93)

En esta época del año al tener el sol un ángulo de inclinación menor, con respecto al plano base, comparando con el ángulo que posee en temporada de verano, se observa mayor incidencia solar en la superficie de ambas fachadas frontales, con respecto a las posteriores, pero comparado con el caso n°1, los valores son más fríos, representados por la paleta de los fucsia, morado, violeta y azul. Pero a diferencia de la época de verano, las sombras arrojadas por los balcones, paneles y aleros son menores.

En cuanto a la fachada posterior, prácticamente no recibe incidencia solar en este horario, solamente la cubierta recibe incidencia, con un valor muy elevado, al igual que los aleros superiores.

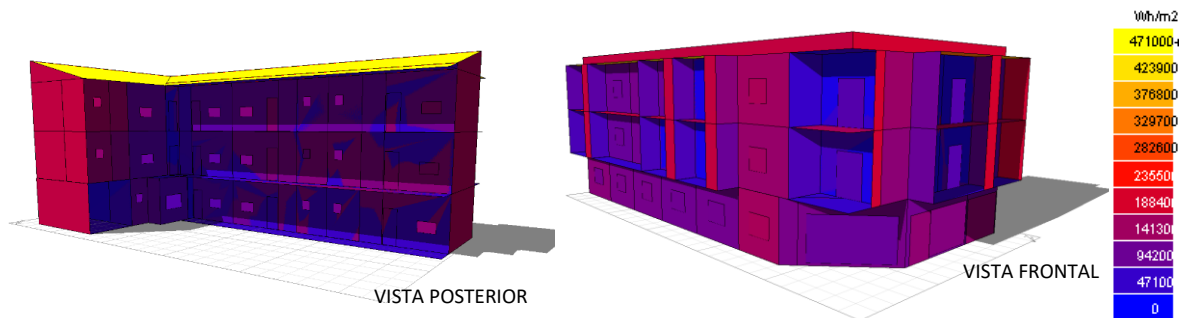


Figura 93: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 10:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Horario analizado: 14:00hs (figura 94)

Con el mismo criterio anterior, al ser menor el ángulo correspondiente al movimiento solar diario, ambas caras de la fachada frontal recibe una cantidad considerable de incidencia solar, y además este es el horario considerado pico (horario de menor frío) para este período de invierno. De todos modos los valores alcanzados por este caso analizado son más bajos que los arrojados en el caso n°1. La fachada posterior muestra valores más bajos con muy poca incidencia comparando con la fachada frontal. La cubierta recibe incidencia, con un valor mucho más elevado que las otras caras del volumen, al igual que los aleros superiores, pero llegando a valores de 471.000 W/h/m2 a diferencia del caso 1 que adquiere un valor aproximado de 1.411.000 W/h/m2.

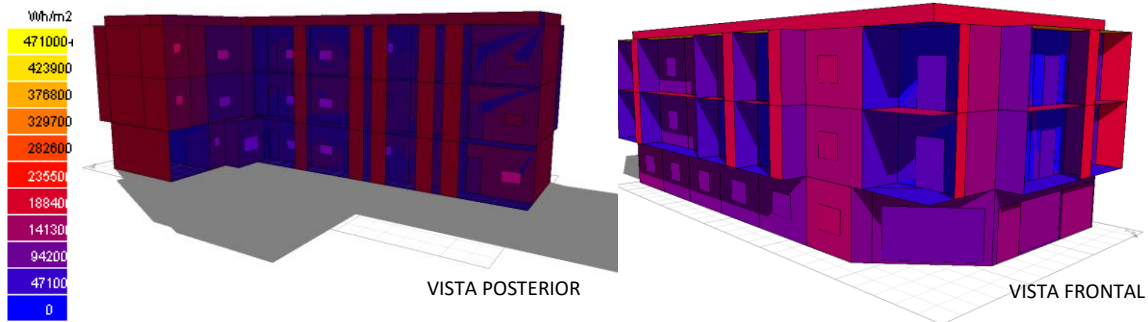


Figura 94: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 14:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### Horario analizado: 15:00hs (figura 95)

El resultado arrojado por este horario es muy similar al anterior (de las 14:00hs). En las fachadas frontales aumentan sus valores y en las posteriores disminuyen los valores con respecto al horario analizado anteriormente. Del mismo modo la cubierta y los aleros superiores son las superficies de valores mayores.

La diferencia principal, aparte de los valores alcanzados es que, por el ángulo solar, aumenta la superficie de sombras proyectada por balcones y aleros en al cara de mayor superficie, lo que hace que varíen estos valores positivamente, complementado con los elementos de sombreado propuestos en este caso.

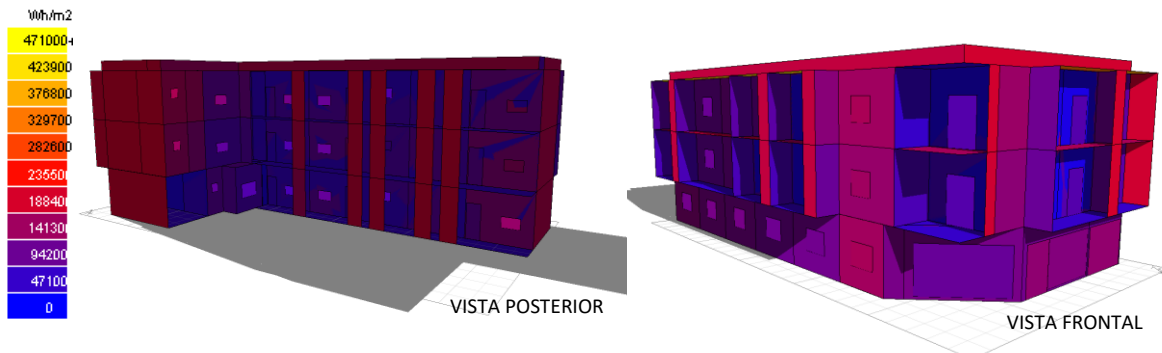


Figura 95: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 15:00hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

#### Horario analizado: 17:30hs (figura 96)

En este caso se ve que la incidencia solar aumenta en la fachada frontal correspondiente al ala más corta del volumen, y del mismo modo disminuye la incidencia sobre la cara de la fachada frontal más larga. Lo mismo ocurre con las fachadas del lado posterior, solamente se observan valores más elevados que estos en las medianeras, lo que estará muy sujeto a construcciones vecinas.

En cuando a la cubierta y aleros superiores, siguen siendo los que presentan valores muy elevados de incidencia solar.

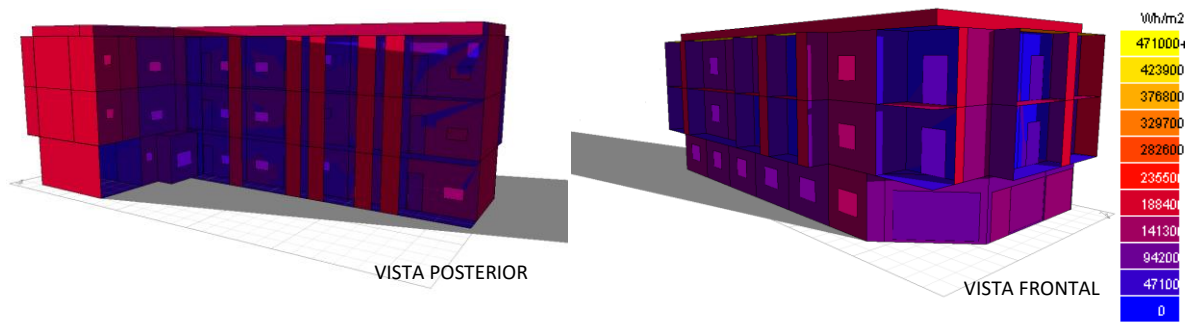


Figura 96: Valores de incidencia solar para el día más frío del año a las 17:30hs, obtenido a partir la utilización del software Ecotect. - Fuente: elaboración propia.

Se puede ver cómo cambia la incidencia solar según cómo esté ubicado el sol, y a su vez este dependerá de la hora, día y mes del año en el que se ubique al momento del análisis.

En las distintas imágenes se ver el nivel de incidencia solar que posee cada espacio, con sus valores alcanzados en los días más desfavorables (día más cálido y día más frío del año) y en distintos horarios para poder evaluar el desarrollo de este.

Esto permite definir criterios de diseño, dónde se requiere mayor o menor intervención, principalmente para definir elementos que producen sombra los que ayudan a realizar el cambio positivamente en estos valores, tomando principios de acondicionamiento pasivo, para poder disminuir esa incidencia de la radiación solar que repercute directamente en el interior de los espacios.



# **TERCER ETAPA | PONDERACIÓN Y VALIDACIÓN**



## CAPÍTULO 7 – COMPARACIONES ENTRE SITUACIÓN ORIGINAL Y SITUACIÓN MEJORADA

### 7.1 COMPARACIÓN Y VALORACIÓN DE RESULTADOS

El análisis dinámico mediante simulaciones (a través de ECOTECT) presenta dos tipos de desempeños de la misma edificación, según las dos diferentes situaciones modelizadas y analizadas:

- Una que no cuenta con ningún tipo de protección a la envolvente, convencional, y por tanto presenta un desempeño energético que favorece el consumo intensivo para climatizar y acondicionar los ambientes, ya que genera temperaturas elevadas en los espacios interiores. Aproximadamente el 10% de los valores de temperatura obtenidos, se ubica dentro de la zona de confort regional, para algunas zonas térmicas, el resto del tiempo se encuentran muy por fuera de esta franja de confort, incitando al consumo de acondicionamiento activo.
- La misma edificación, pero con un sistema de envolventes protegidas y mejoradas mediante la integración de vegetación autóctona, que arroja un cambio en su desempeño energético, generando temperaturas interiores más óptimas para la habitabilidad de un 25% de valores de temperatura obtenidos, ubicándose dentro de la zona de confort regional, reduciendo el consumo para climatización electromecánica en un 10%.

Mediante ambos casos se evidencia que, mediante cambios sencillos que protegen a la envolvente exterior de la vivienda mediante sombreado, se posibilitan diferencias importantes de desempeño y ahorros de energía que representan, en última instancia, un aporte desde la arquitectura hacia la sociedad y el contexto socio-económico. Diferencias que se observan en la tabla 17.

COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS				
TIPO DE ANÁLISIS	SITUACIÓN ORIGINAL	SITUACIÓN MEJORADA	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES
IRAM 11603				
Pautas generales de diseño	Cumple el 20%	Cumple el 50%	Zona Ib: Muy Cálida	Se observa una gran optimización en la situación mejorada frente a la situación original.
Orientación	Si cumple	Si cumple		
Protección solar	No cumple	Si cumple		
IRAM 11605				
Transmitancia térmica de muros	No cumple	Si cumple	Zona Ib: Muy Cálida	Se observa una gran optimización de la transmitancia térmica en la situación mejorada frente a la situación original.
Transmitancia térmica de cubierta	No cumple	Si cumple		
IRAM 11900				
Valoración del nivel de aprovechamiento de EPDA	33% Medio-bajo	61% Medio-alto	Se modificaron los valores de los RAC para la situación mejorada.	Se visualiza que se logra obtener una gran mejoría en las EPDA para el lugar donde se emplaza, favoreciendo el confort de los usuarios, reduciendo el consumo



				energético y colaborando con el medio ambiente.
<b>TEMPERATURA EXTERIOR</b>				
Día más caluroso	22° - 37°C (a las 5:00hs y 15:00hs respectivamente)	Valores picos de temperatura exterior con su correspondiente horario, para ambos casos, obtenidos mediante el software Ecotect.		Se desplazan los horarios de los valores pico. En período de verano, la temperatura más baja es 2 (dos) horas más temprano y la más alta es 1 (una) hora más tarde que en el período de invierno.
Día más frío	2° - 14°C (a las 7:00hs y 14:00hs respectivamente)			
<b>ANÁLISIS TÉRMICO</b>				
Día más caluroso	Valor máximo alcanzado: 43°C Valor mínimo alcanzado: 27°C Levemente se ingresa a la zona de confort (algunas zonas)	Valor máximo alcanzado: 41°C Valor mínimo alcanzado: 25°C Se llega a la zona de confort regional con 2°C más de diferencia con la situación original	Valores considerados para el 18 (dieciocho) de diciembre, considerado el día más caliente del año, para las 13:00hs y 5:00hs respectivamente. Obtenidos mediante el software Ecotect.	Se observa una disminución de aproximadamente 2°C en el modelo mejorado para ambos casos.
Día más frío	Valor máximo alcanzado: 22°C Valor mínimo alcanzado: 9°C Levemente se ingresa a la zona de confort regional	Valor máximo alcanzado: 20°C Valor mínimo alcanzado: 8°C Levemente se ingresa a la zona de confort regional	Valores considerados para el 6 (seis) de julio, considerado el día más frío del año, para las 14:00hs y 7:00hs respectivamente. Obtenidos mediante el software Ecotect.	
<b>CARGAS MENSUALES</b>				
Calefacción	322.241 W/h	362.325 W/h	Valores alcanzados para el mes de junio, considerado como el mes de mayor carga de calefacción, siendo julio, el segundo mes de	Se observa un leve aumento en la carga mensual de calefacción, ya que se trabaja mayormente para



			mayor carga. Obtenidos mediante el software Ecotect.	contrarrestar el clima cálido que caracteriza la zona.
Refrigeración	2.357.041 W/h	2.261.668 W/h	Valores alcanzados para el mes de enero, considerado como el mes de mayor carga de refrigeración, siendo diciembre, el segundo mes de mayor carga. Obtenidos mediante el software Ecotect.	Se observa una disminución en la carga de refrigeración para el modelo mejorado, lo que permite disminuir el uso de dispositivos de enfriamiento, favoreciendo el microclima interno.
<b>SOMBRAS</b>				
Día más caluroso	40%	80%	Promedio de sombra proyectada en la superficie de las fachadas, considerando los distintos horarios analizados durante el día y su incidencia según el ángulo solar.	Vemos un gran aumento de sombras generadas en la superficie del modelo optimizado, disminuyendo el impacto de la incidencia solar y térmica, favoreciendo a la disminución de la temperatura superficial e interna, y permitiendo un mejor bienestar al usuario en períodos de mucho calor.
Día más frío	20%	45%		Vemos un aumento de sombras generadas en la superficie del modelo optimizado, al igual que en el período de verano, pero en este caso al tener un menor ángulo solar, la incidencia es más directa, por tal motivo el porcentaje es de menor diferencia.
<b>INCIDENCIA SOLAR</b>				
Día más caluroso	- en superficie de paredes: 1.269.000 W/h/m2 - en cubierta: 1.411.000+ W/h/m2	- en superficie de paredes: 188.400 W/h/m2 - en cubierta: 471.000+ W/h/m2	Valor promedio del día, de incidencia solar que recibe la superficie de paredes y cubierta, obtenidos a partir del modelado en el software Ecotect.	Percibimos, en el segundo caso, una importante disminución de la incidencia solar sobre la superficie de las paredes debido a los dispositivos de



Día más frío	- en superficie de paredes: 1.058.250 W/h/m2 - en cubierta: 1.411.000+ W/h/m2	- en superficie de paredes: 141.300 W/h/m2 - en cubierta: 471.000+ W/h/m2	sombreado propuestos. Para el caso de la cubierta, se resuelve esta incidencia, con la utilización de "techo verde", favoreciendo a la disminución de temperatura de envoltente, para ambos periodos.
--------------	----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 17: Comparación de valores obtenidos. - Fuente: elaboración propia.

## 7.2 ESTUDIO EMPÍRICO DE COMPORTAMIENTO

Se llevó adelante una medición de temperatura, con una pistola termográfica, la cual permite realizar de manera objetiva el comportamiento que posee la edificación con y sin envoltentes, sobre la superficie de la pared que recibe la incidencia solar más desfavorable en su estado actual y sobre la misma con un dispositivo representativo de la envoltente vegetal propuesta en el caso mejorado. Este trabajo de medición se llevó a cabo, sobre el edificio de viviendas multifamiliares analizado, el sábado 24 de diciembre del 2022 a las 15hs (considerado horario crítico).

Los valores arrojados dieron como resultado una disminución de aproximadamente 7°C bajo las mismas condiciones (figura 97). Esto datos permiten corroborar un cambio positivo en el comportamiento de la superficie de la edificación, que se encuentra en contacto con el exterior, y justificar de cierto modo su aplicación.

En las siguientes imágenes se podrá apreciar estos valores mencionados.



Figura 97: Temperatura obtenida de situación original (izquierda) y situación mejorada (derecha) – Fuente: elaboración y medición propia.



### 7.3 OPCIONES PROPUESTAS

Al tratarse de una edificación en construcción y/o ya construida, al establecer un diseño, se debe ajustar a condicionantes como la tipología, disposición de espacios, orientaciones, etc., como así también a las reglamentaciones de la ciudad donde se emplaza.

Para el caso estudiado, se opta por la aplicación de un “techo verde” en reemplazo de la cubierta de chapa del modelo original, esto se debe a que la (MUNICIPALIDAD DE APÓSTOLES, Obras Particulares) al establecer una altura máxima de 10 (diez) metros para el distrito R1 (Residencial 1) donde se encuentra emplazada la edificación, condiciona la proyección de otras posibles soluciones ya que el edificio en sí alcanza la altura permitida para la zona. Pero es importante aclarar que existen

otras posibles soluciones como la utilización de una envolvente superior a modo de “sobretecho”, como lo propone (BERSON, 2021), (figura 99) para una vivienda sustentable pero en este caso ajustado a una vivienda unifamiliar, para la cual es necesario contar con una altura reglamentada de construcción que permita poder proyectarlo en altura y con las salientes que se dispongan para que la proyección de sombras sea justificada y optimice el



Figura 98: Propuesta de Envolvente superior en combinación con paneles fotovoltaicos, características aplicadas a una vivienda ubicada en Posadas, una ciudad situada a 60km de Apóstoles. -

Fuente:<https://www.arquimaster.com.ar/galeria/obra220.htm>

sistema de sombreado proyectado favoreciendo el funcionamiento de la envolvente edilicia. Del mismo modo podría utilizarse este último en combinación con paneles solares fotovoltaicos (figura 100) como complemento al sistema pasivo para disminuir el consumo energético; por ejemplo, podría utilizarse para cubrir espacios comunes e iluminación de fachada, entre otros.

En cuanto a las aberturas que en este caso son convencionales, se podrían reemplazar por aberturas



Figura 99: Paneles fotovoltaicos en combinación con cubierta verde. - Fuente:

<https://noticiasambientales.com/energia/paneles-solares-mas-eficientes-gracias-a-los-techos-verdes/>

(ventanas, puertas ventanas y puertas vidriadas) de vidrio doble o de baja emisividad, pero tenemos como punto en contra que los usuarios no son siempre los mismos, son desconocidos y van rotando con los años, ya que son unidades funcionales destinadas a alquiler de vivienda, por lo tanto no se puede mantener un control del correcto uso de estas, es decir controlar su apertura, permitiendo la ventilación cruzada, o cierre en los momentos indicados y óptimos para cada caso. Por tal motivo, en la situación mejorada se decide mantener las convencionales existentes, pero es importante aclarar que existen otras opciones disponibles.

Por otro lado, la colocación de tensores como guía de la vegetación seleccionada (figura 100 y 101) para tal fin con el objetivo de generar dispositivos de sombreado verticales u horizontales, serviría como solución rápida, económica y sin generar mayores modificaciones y/o remodelación en el conjunto, ya que se aplicarían sobre lo construido como una envolvente vegetal.



Figura 100: Guías verdes tensadas para enredaderas. - Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-654070801-guia-verde-tensada-sobre-pared-para-enredaderas-temacasa-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-654070801-guia-verde-tensada-sobre-pared-para-enredaderas-temacasa-_JM)



Figura 101: Tensores con vegetación en fachadas. Fuente: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro\\_Inox/VertGardens\\_SP.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/VertGardens_SP.pdf)



## CONCLUSIONES

A lo largo del recorrido por las diferentes instancias del trabajo (recolección de información, diferentes lecturas conceptuales de distintos temas, análisis mediante diferentes métodos y técnicas, evaluaciones, comparaciones y ponderaciones) se llegó a producir un conjunto de datos que contribuyen a ampliar el conocimiento, tanto ambiental como arquitectónico, respecto al uso e integración del recurso vegetal autóctono de una ciudad del Nordeste de Argentina como Apóstoles, en edificios, y concretamente en una vivienda multifamiliar.

El presente trabajo atravesó un extenso recorriendo movilizado por tres objetivos; uno general que efectuó de columna vertebral cuyo fin era elaborar una propuesta de diseño que vincule la envolvente constructiva (en sus aspectos arquitectónicos, constructivos, técnicos y funcionales) con el uso apropiado de la vegetación autóctona de Apóstoles, integrada a dicha envolvente. Para lo cual se implementó un sistema de dispositivos verticales y horizontales de sombreado, constituidos por perfiles metálicos y tensores donde se entrelaza la vegetación seleccionada.

Y por otra parte, dos objetivos particulares los cuales buscaban por un lado Catalogar las especies vegetales y sus características, necesidades y prestaciones en Apóstoles, identificando sus posibilidades y condicionantes de uso en envolventes edilicias; el cual luego de una ardua investigación, a partir de la fitogeografía, se determina que se trata de una zona Neotropical, cuyo clima predominante es cálido y húmedo y cuya vegetación predominante es la selva, a la que a su vez se le puede aplicar una clasificación morfológica vegetal, definiendo: hábito/porte, según la adaptación al ambiente, halófitas, según el sustrato en el que viven y distribución. Características que permiten una correcta elección de estas según la utilización dentro de la envolvente, optimizando resultados y garantizando su supervivencia; y por otro lado, verificar el comportamiento de un proyecto de vivienda multifamiliar en situación “con” y “sin” integración de vegetación en su envolvente en el cual, a partir de diferentes análisis como la aplicación de las normas IRAM 11603 (pasando de un 20% a 50% de cumplimiento de pautas generales de diseño, orientación y protección solar), 11605 (pasando de no cumplir a cumplir con la transmitancia térmica de muros y cubierta) y 11900 (aumenta de un 33% a un 61% de valoración del nivel de aprovechamiento de EPDA), temperatura exterior, análisis térmico (con una disminución de aproximadamente 2°C para ambos períodos), cargas mensuales (disminuyendo la carga de climatización mecánica), sombras (aumentando el porcentaje de 40% a 80% en verano y de 20% a 45% en invierno) e incidencia solar (obteniendo un 75% de superficie protegida incidencia solar), se observa una importante mejoría en el comportamiento del modelo estudiado para la situación mejorada en relación a la situación original. De estos análisis surge, además, que la Aislación térmica y protección solar, son los recursos arquitectónicos constructivos más críticos, principalmente para climas muy cálidos como es el caso, debiendo trabajar sobre estos puntos con mayor rigurosidad, como se lo realiza en la situación mejorada, obteniendo los resultados mencionados, optimizando de este modo el confort y bienestar en el usuario de las distintas unidades funcionales del edificio de viviendas multifamiliar.

El extenso recorrido que significó la realización del presente trabajo evidenció una problemática ambiental del cual somos partes y por ende es necesario llevar adelante propuestas que concienticen sobre este fenómeno, tanto de la crisis en los recursos naturales por un excesivo consumo, que no permite su recuperación, como así también los efectos del calentamiento global. Y, a su vez, desde un rol socialmente activo como arquitectos se tiene el deber ser, que ayude a contrarrestar estos nocivos efectos para la casa común de todos, nuestro planeta.

Así también dejar por sentado la importancia de la profesión, responsables en gran medida del diseño e implementación de una de las cuestiones básicas para los seres humanos como ser la vivienda, es por ello por lo que fomentar estas prácticas de vanguardia.

Por otra parte, si bien a partir del análisis llevado adelante, se demuestra la incidencia que genera las envolventes para la optimización y administración energética, se aporta confort a la habitabilidad de las edificaciones, generando una revalorización de estas.



Por último, pero no por ello menos importante, enaltecer el rol del arquitecto como un agente activo, de cambio, que aporta soluciones a una cuestión clave para las sociedades como es la vivienda, optimizándola, y colaborando a la reducción del avance del calentamiento global por medio de las envolventes en general y en este trabajo, desde una envolvente vegetal. Para que esto pueda ser viable resultó necesario conocer, acerca de la vegetación autóctona del lugar donde se llevará adelante la envolvente, como así también contar con ayuda de softwares como ECOTECT, el cual permitió, junto con la recolección de datos empírica, tener un análisis más acertado, contextualizando las propuestas y arrojando soluciones viables que hagan frente a las altas temperaturas y humedad como es en el caso expuesto en el presente trabajo o bien contextualizadas a las características del lugar a realizar la propuesta constructiva. Cuanto más acertadas y beneficiosas sean las propuestas, mayor será su difusión e implantación, y por tanto su impacto ambiental.



## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- ALCHAPAR, N. C. (2013). Influencia del envejecimiento de los materiales en su desempeño térmico: El caso de revestimientos texturados para fachadas. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 33 (2), 282-291.
- ALÍAS, H. M., & JACOBO, G. J. (2009). Evaluación de desempeño termo-energético de viviendas económicas del Nordeste argentino mediante simulaciones con "ECOTECT". Retroalimentación de proyectos-. *Anales del 1° Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído (SBQP)*. ISSN 2176-4549. Universidad de São Paulo. São Carlos, SP – Brasil.
- Argentina Turismo. (s.f). Obtenido de <https://www.argentinaturismo.com.ar>
- AUTODESK. (Versión 2011). ECOTECT ANALYSIS 2011.
- BENNETT, J. (2016). *Global Ecological Crisis: Structural Violence and the Tyranny of Small Decisions. En Addressing Global Environmental Challenges from a Peace Ecology Perspective*.
- BERSON, B. (2021). "La Casa Sustentable", 1er Premio. Obtenido de <https://arqa.com/arquitectura/premios/concurso-nacional-la-casa-sustentable-1er-premio.html>
- BORGES RICARDO, J. G. (2013). *RIUNNE / Análisis higrotérmico de las cubiertas de los edificios de las Facultades de Ingeniería y de Arquitectura de la UNNE*. Obtenido de Diagnóstico y pautas de optimización según eficiencia energética y valoración económica. Informe final. Beca de Investigación de Posgrado de la SGCyT, UNNE.: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/30081>
- BUSTAMANTE, D. (2014). La profundidad de la envolvente (tesis doctoral). *Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*. Medellín, Colombia.
- BUTTY, KEN y PERLIN, JOHN;. (1985). *Un hilo dorado (50 años de arquitectura y tecnología solar*. Madrid: Hermann Blume.
- CABRERA, A. L. (Octubre de 1951). Territorios fitogeográficos de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, IV, 21-65.
- CANALES. (Enero-Diciembre de 2001). *Fundación Universidad de América*. Obtenido de <https://www.uamerica.edu.co/>
- CHANAMPA, M., ALONSO OJEMBARRENA, J., VIDAL RIVAS, P., GUERRA ARAGONÉS, R., J., F., GONZÁLEZ, N., & BEDOYA FRUTOS, C. (2009). *Cuaderno de Investigación Urbanística / Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades*. Obtenido de Grupo de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid: <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/1071>
- GALIZZI, F. B.; PILAR, C.; VEDOYA, D. (Junio de 2021). Los sistemas de enverdecimiento como expresión de la arquitectura bioinspirada y su incipiente aplicación en la ciudad de Resistencia. *ARQUITECNO - 17*, 73-82.
- GONZÁLEZ VÁSQUEZ, M. R.; MOLINA PRIETO, L. F. (2018). Envolvente arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad. *Fundación Universidad de América - Arkitekturax. Visión FUA, vol. 1 n° 1*, 49-62.
- GONZALO, G., NOTA, V., LEDESMA, S., & MARTÍNEZ, C. (2000). Programa para el cálculo de Transmitancia térmica (K medio ponderado), retardado y amortiguamiento. *CEEMA: Centro de Estudio, Energía y Medio Ambiente*. IAA. FAU. UNT.
- HILDT, G. (2022). *Conociendo la Vegetación del Sur de Misiones. Una Introducción desde la biología y la botánica*. Apóstoles, Misiones.
- HUI YAN, Q. S. (8 de Octubre de 2009). *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132309002649>
- INDEC. (Enero de 2023). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS*. Obtenido de República Argentina: [https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/cnphv2022\\_resultados\\_provisionales.pdf](https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/cnphv2022_resultados_provisionales.pdf)
- IRAM 11900. (2017). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. *INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (N° de publicación IRAM 11900. Segunda edición, reemplaza a la primera, del año 2010)*. Argentina.



- IRAM 11601. (2002). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. *INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (Nº de publicación IRAM 11601)*. Argentina.
- IRAM 11603. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. *INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (Nº de publicación IRAM 11603)*. Argentina.
- IRAM 11605. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. *INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (Nº de publicación IRAM 11605)*. Argentina.
- IRAM 11900. (2019). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética. *INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (Nº de publicación IRAM 11900. Modificación Nº1)*. Argentina.
- JANDA, K. B. (Febrero de 2011). *Los edificios no usan energía: la gente sí*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/233501311\\_Buildings\\_don't\\_use\\_energy\\_People\\_do](https://www.researchgate.net/publication/233501311_Buildings_don't_use_energy_People_do)
- KELLER, H. A. (2008). *CONICET DIGITAL / Las plantas usadas en la construcción y el acondicionamiento de las viviendas y templos guaraníes en Misiones, Argentina*. Obtenido de BOMPLANDIA 17(1): 65-81: <https://core.ac.uk/reader/159291950>
- Misiones | Ecología / Ecología y Desarrollo Sustentable*. (s.f.). Obtenido de Ministerio de Ecología de la Provincia de Misiones: <https://ecologia.misiones.gob.ar/biodiversidad/>
- MUNICIPALIDAD DE APÓSTOLES, Obras Particulares. (s.f.). Código de Planeamiento Urbano. *Plan de ordenamiento urbano y territorial de Apóstoles Misiones*. Apóstoles, Misiones, Argentina.
- SPARK, W. (05 de Febrero de 2023). *Weather Spark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/29390/Clima-promedio-en-Ap%C3%B3stoles-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Humidity>
- SUÁREZ, PABLO; CANTÓN, M. ALICIA; CORREA, ÉRICA. (2020). Efecto térmico de fachadas verdes tradicionales en envolventes de viviendas unifamiliares con orientación este. Análisis de casos en el Área Metropolitana d Mendoza. *ARQUITECNO - 15*, 7-16.
- UNFPA. (2015). *Fondo de Población de las Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.unfpa.org/es>
- VILLALBA, A. P. (2012). Análisis de las características morfológicas de las envolventes edilicias y del entorno urbano desde la perspectiva de la iluminación natural. *Ambiente Construido*, 12 (4), 159-175.



## ANEXOS

### IMÁGENES REALISTAS DE LA PROPUESTA MEJORADA

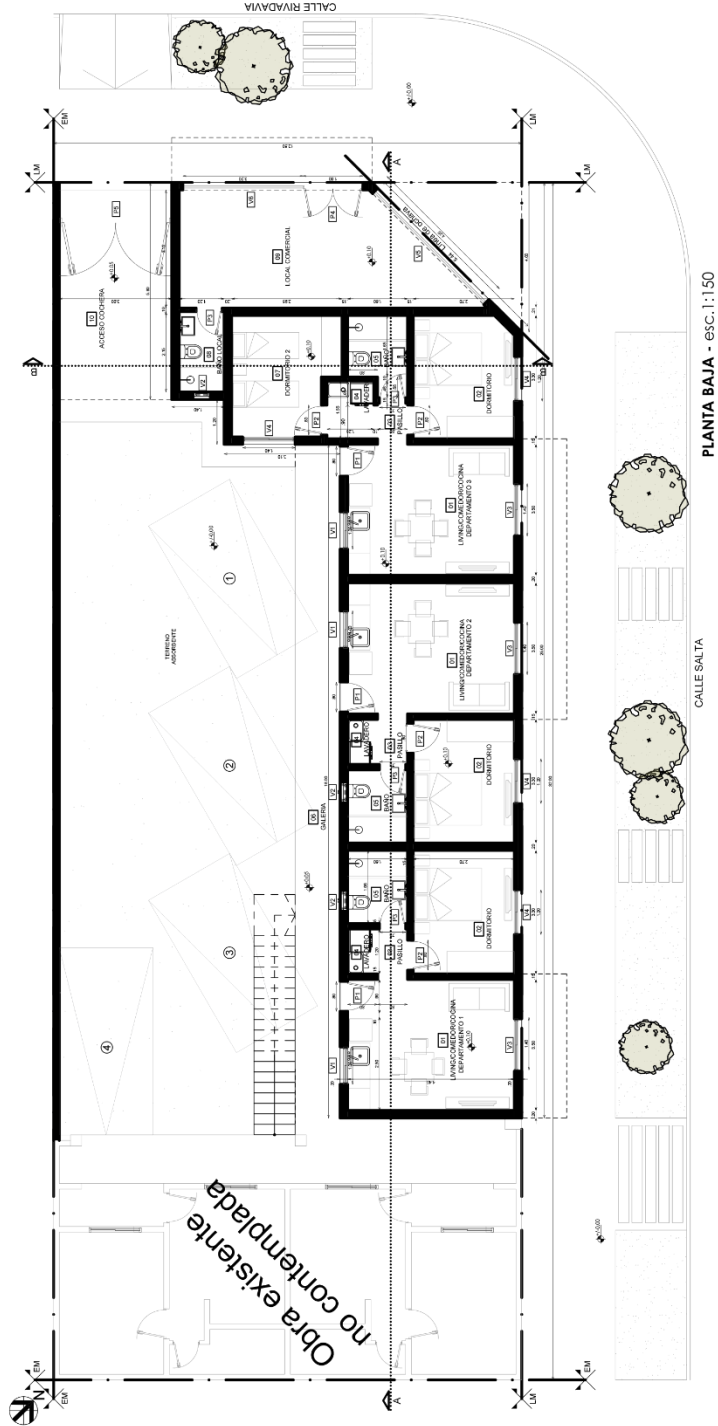


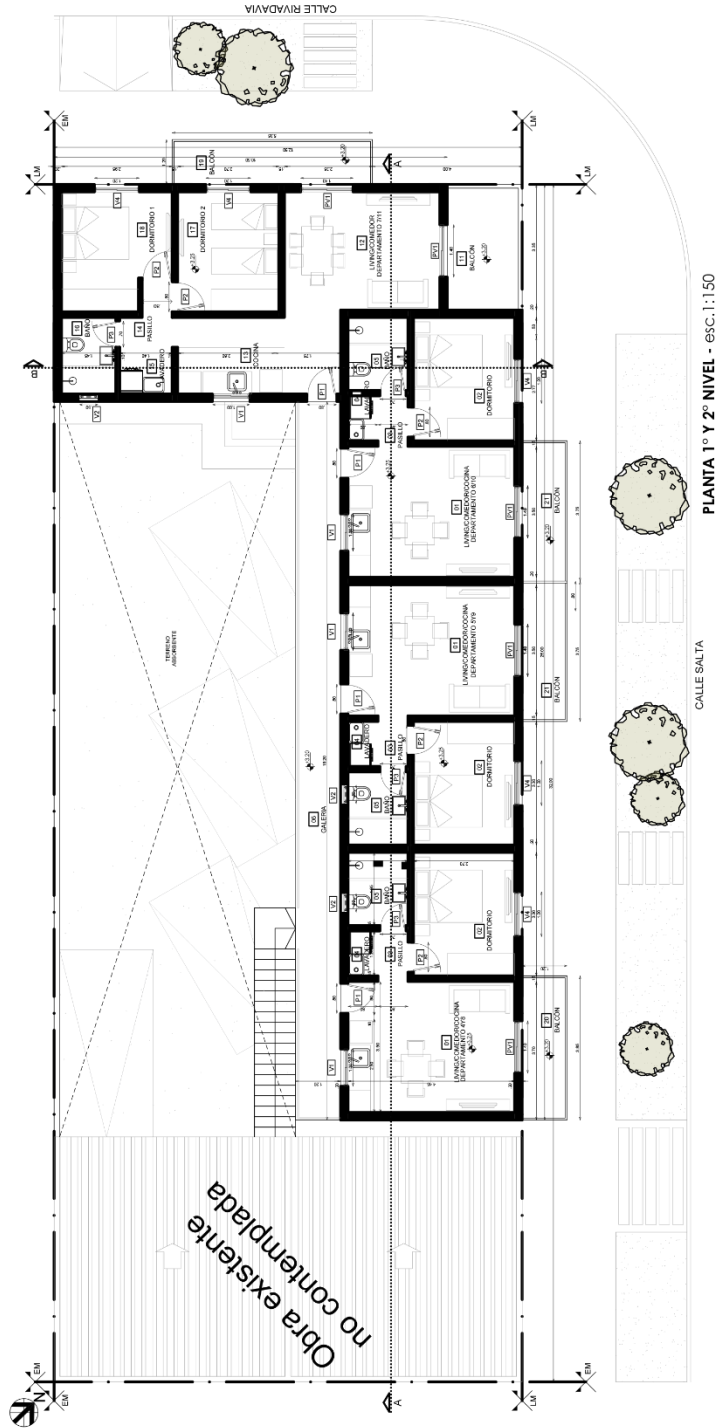






## PLANOS ORIGINALES DE LA EDIFICACIÓN

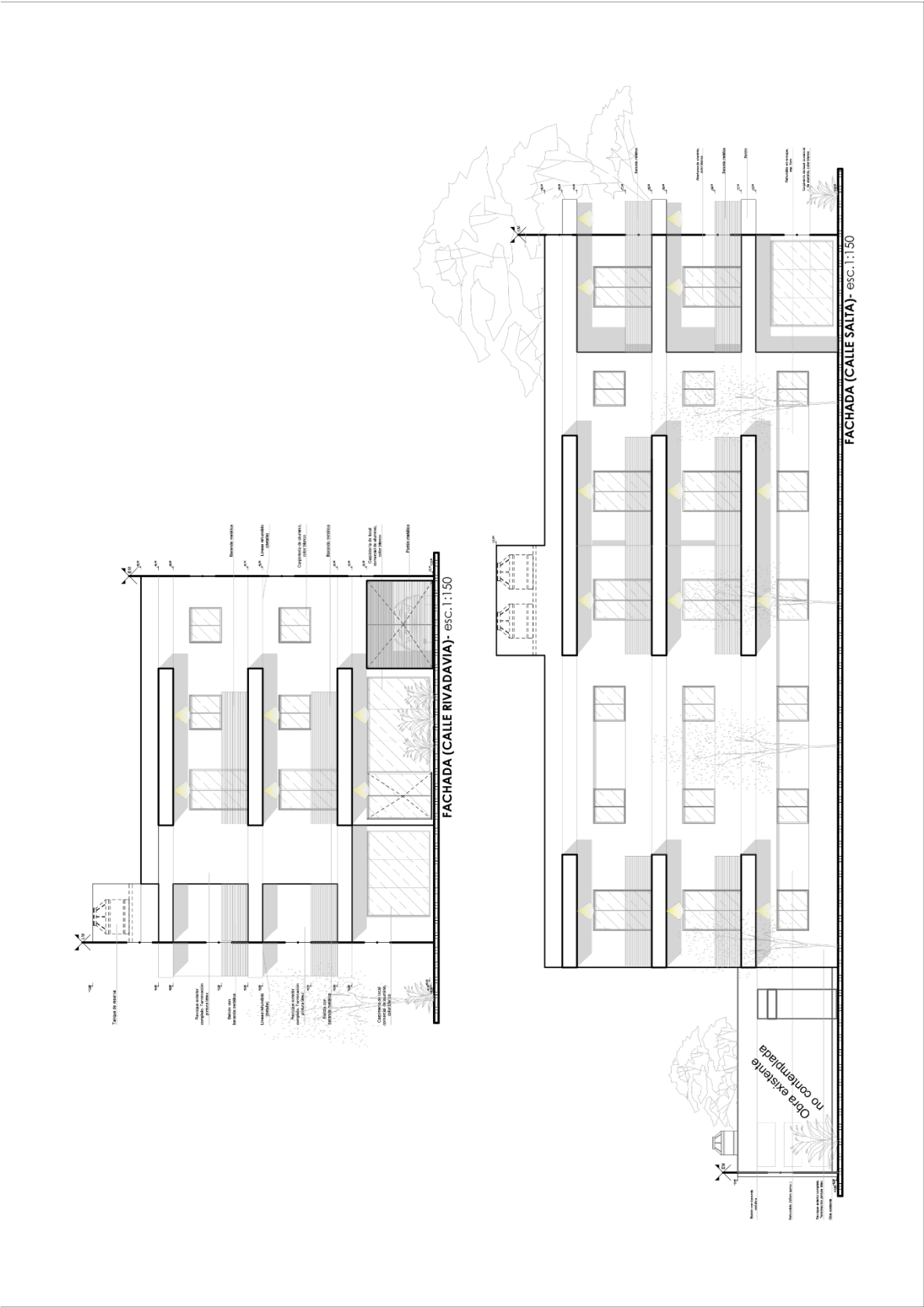


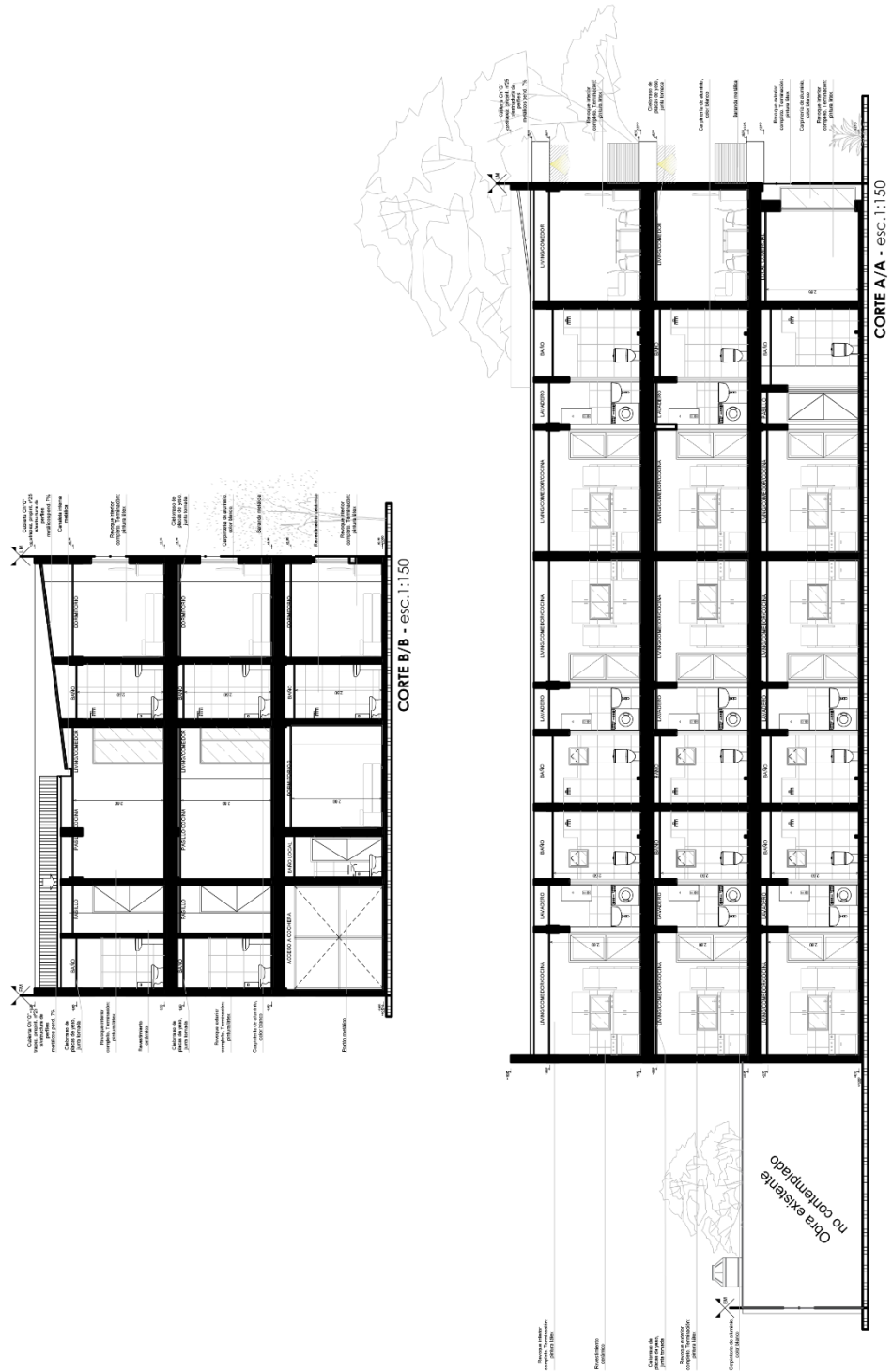


PLANTA 1º Y 2º NIVEL - esc. 1:150

Obra existente  
no contemplada

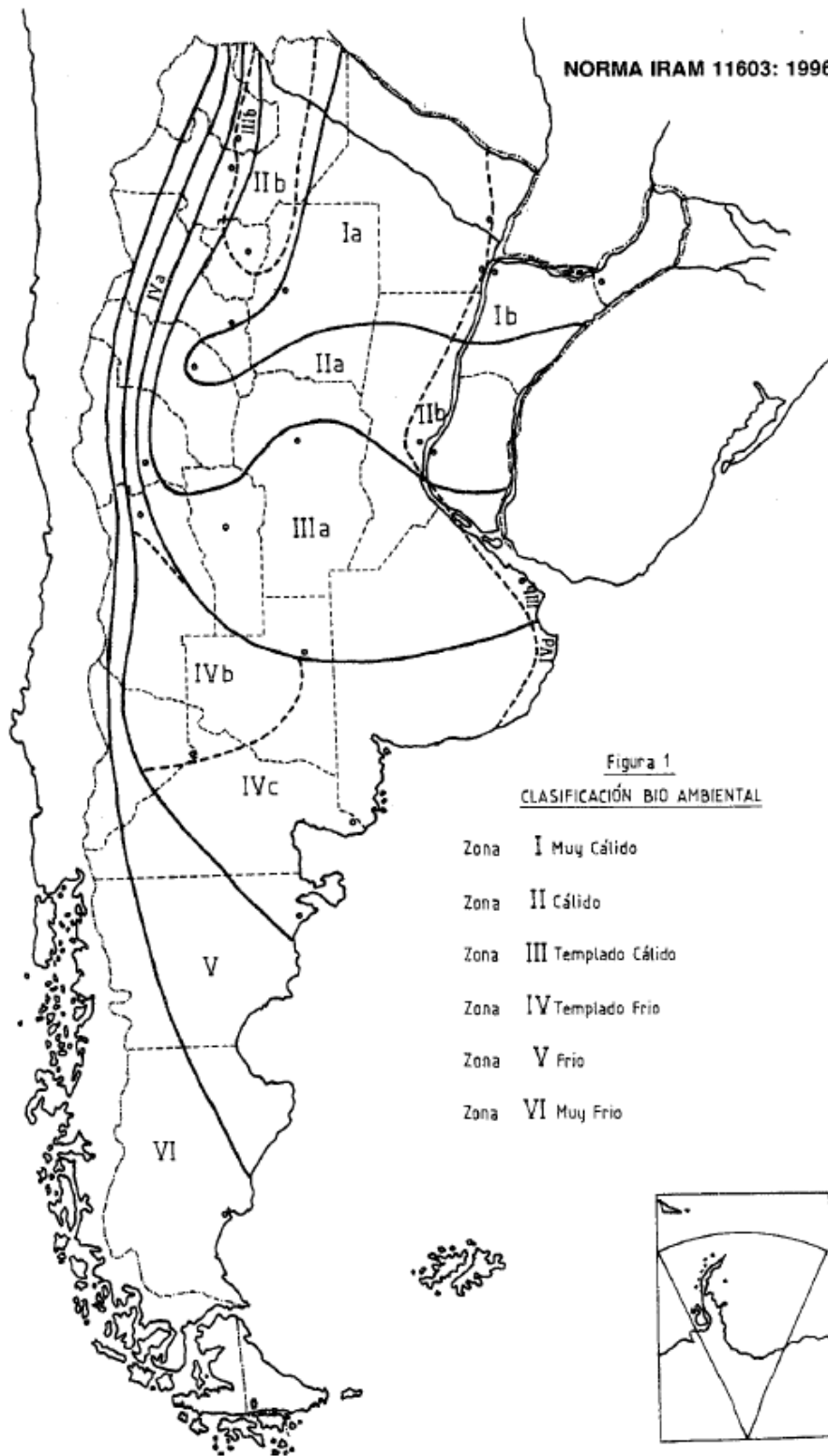








## CLASIFICACIÓN BIOAMBIENTAL – IRAM 11603





## PLANILLAS DE CÁLCULO DE SITUACIÓN ORIGINAL

### - CONDENSACIÓN DE MUROS

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE  
 DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	VERIFICA QUE NO CONDENSE				
							SI/NO	MINIMO		Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)		
							NO VERIFICA	NO VERIFICA		SI VERIF.	SI VERIF.			
AIRE INTERIOR										0,49	0,90			
R.S.I.				0,130										
1	Latex interior	0,0000						1,1300	0,88	0,49	1,49	-2,91		
2	Rev interior	0,0200	0,930	0,022	1900	38,0	0,044		0,45	0,53	#N/D	-1,93		
3	ladrillo Hueco 18x18x32	0,1800	0,710	0,254	1400	252,0	0,130		1,38	0,55	#N/D	-1,43		
4	Revoque exterior	0,0200	1,160	0,017	1900	38,0	0,037		0,54	0,61	#N/D	0,01		
5	Latex exterior	0,0000						1,1300	0,88	0,64	#N/D	0,55		
6										0,68	#N/D	1,41		
7										#N/D	#N/D	#N/D		
8										#N/D	#N/D	#N/D		
9										#N/D	#N/D	#N/D		
10										#N/D	#N/D	#N/D		
11										#N/D	#N/D	#N/D		
R.S.E.				0,040										
AIRE EXTERIOR										0,68	3,00			
Espesor Total:		0,220	Res.Ter.Tot.		0,462	K=1/Rt		2,163	Peso Total		328,00	Resis.paso vapor tot.		4,150

#### PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 [W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
<b>K calculado:</b>	2,16	2,16		
<b>K mínimo</b>	1,80	1,85	2,16	<b>NO VERIFICA</b>
<b>K recomendado</b>	1,10	1,00	1,32	<b>NO VERIFICA</b>
<b>K ecológico</b>	0,45	0,38	0,54	<b>NO VERIFICA</b>

#### VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.	UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior	kPa	0,49	
Presión de vapor exterior	kPa	0,68	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)	°C	-2,10	
Resistencia superficial interior	m².K/W	0,17	
Caída de temperatura en la sup. int.	°C	-0,71	
Temperatura de la superficie interna	°C	1,61	
Temperatura de rocío sup. int.	°C	-2,91	<b>NO CONDENSE</b>

#### VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	0,90		
Latex interior	1,49	-2,91	<b>NO CONDENSE</b>
Rev interior	#N/D	-1,93	<b>#N/D</b>
ladrillo Hueco 18x18x32	#N/D	-1,43	<b>#N/D</b>
Revoque exterior	#N/D	0,01	<b>#N/D</b>
Latex exterior	#N/D	0,55	<b>#N/D</b>
0	#N/D	1,41	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
Superficie es exterior	3,00	#N/D	<b>#N/D</b>
Aire exterior	3,00		



## - CONDENSACIÓN DE CUBIERTA

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE  
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	VERIFICA QUE NO CONDENSA					
							SI/NO	MINIMO		RECOMEN.	ECOLOGICO	SI VERIF.	NO VERIF.	NO VERIF.	SI VERIF.
							SI/NO	SI VERIFICA		NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO VERIFICA	SUPERFICIAL	INTERSTICIAL	SI VERIF.
							Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa		Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)			
	AIRE INTERIOR									0,49	0,90				
	R.S.I.			0,100											
1	placa de yeso	0,0090	0,440	0,020	1000	9,0	0,110		0,08	0,49	1,06	-2,91			
2	Membrana térmica	0,0250	0,025	1,000	30	0,8	0,010		2,50	0,49	1,09	-2,88			
3	camara de aire	0,0050		0,140			0,626		0,01	0,53	2,71	-1,96			
4	chapa	0,0010	58,000	0,000	2400	2,4	0,000		10,00	0,53	2,94	-1,96			
5										0,68	2,94	1,41			
6										#N/D	#N/D	#N/D			
7										#N/D	#N/D	#N/D			
8										#N/D	#N/D	#N/D			
9										#N/D	#N/D	#N/D			
10										#N/D	#N/D	#N/D			
11										#N/D	#N/D	#N/D			
	R.S.E.			0,040						0,68	3,00				
	AIRE EXTERIOR									0,68	3,00				
	Espeor Total:	0,040		Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total				Resis.paso vapor tot.					
				1,300	0,769	12,15				12,590					

### PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 [W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
<b>K calculado:</b>	0,77	0,77		
<b>K mínimo</b>	0,72	1,00	0,94	<b>SI VERIFICA</b>
<b>K recomendado</b>	0,45	0,83	0,59	<b>NO VERIFICA</b>
<b>K ecológico</b>	0,18	0,32	0,23	<b>NO VERIFICA</b>

### VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.	UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior	kPa	0,49	
Presión de vapor exterior	kPa	0,68	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)	°C	-2,10	
Resistencia superficial interior	m².K/W	0,17	
Caída de temperatura en la sup. int.	°C	-0,26	
Temperatura de la superficie interna	°C	1,16	
Temperatura de rocío sup. int.	°C	-2,91	<b>NO CONDENSA</b>

### VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	0,90		
placa de yeso	1,06	-2,91	<b>NO CONDENSA</b>
Membrana térmica	1,09	-2,88	<b>NO CONDENSA</b>
camara de aire	2,71	-1,96	<b>NO CONDENSA</b>
chapa	2,94	-1,96	<b>NO CONDENSA</b>
0	2,94	1,41	<b>NO CONDENSA</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
0	#N/D	#N/D	<b>#N/D</b>
Superficie exterior	3,00	#N/D	<b>#N/D</b>
Aire exterior	3,00		



**- PLANILLA GENERAL PARA LA VALORACIÓN DE LAS EPDA**

(i) Localidad: Apóstoles - Misiones		Estrategias pasivas de diseño arquitectónico (EPDA) (%) (iii)															
(ii) Tipo de clima: muy cálido																	
N	Recursos arquitectónicos constructivos (RAC)	Puntaje Recurso PR (iv)		1. Aislación térmica / PPE (vi)		2. Inercia térmica / PPE (vi)		3. Protección solar / PPE (vi)		4. Ventilación natural / PPE (vi)		5. Captación solar / PPE (vi)		6. Humidificación / PPE (vi)		7. Entorno / PPE (vi)	
		PR E3	PPE	PIR E4	PPE	PIR E4	PPE	PIR E4	PPE	PIR E4	PPE	PIR E4	PPE	PIR E4	PPE	PIR E4	PPE
		1-PIR (% de Impacto RAC en EPDA) (v)		2-PIR (% de Impacto RAC en EPDA) (v)		3-PIR (% de Impacto RAC en EPDA) (v)		4-PIR (% de Impacto RAC en EPDA) (v)		5-PIR (% de Impacto RAC en EPDA) (v)		6-PIR (% de Impacto RAC en EPDA) (v)		7-PIR (% de Impacto RAC en EPDA) (v)			
1	Aislación térmica del techo	0,25	2,38	40	-	-	-	-	-	-	-	0,22	10	-	-	-	-
2	Aislación térmica del muro exterior	0,50	2,98	25	-	-	-	-	-	-	-	0,33	7,5	-	-	-	-
3	Aislación térmica de la ventana	0,50	2,38	20	-	-	-	-	-	-	-	0,33	7,5	-	-	-	-
4	Aislación térmica del piso	1,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0,44	5	-	-	-	-
5	Inercia térmica del techo	0,33	-	-	0,78	25	-	-	-	-	-	0,14	5	-	-	-	-
6	Inercia térmica del muro exterior	0,33	-	-	0,94	30	-	-	-	-	-	0,14	5	-	-	-	-
7	Inercia térmica del piso	1,00	-	-	0,95	10	-	-	-	-	-	0,44	5	-	-	-	-
8	Color externo del techo	0,66	-	-	0	0	1,69	12,5	-	-	-	0	0	-	-	-	-
9	Color externo del muro	0,66	-	-	0	0	1,01	7,5	-	-	-	0	0	-	-	-	-
10	Sombreado solar ventanas	0,00	-	-	-	-	0	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Sistemas solares pasivos directos	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	30	-	-	-	-
12	Sistemas solares pasivos indirectos	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	20	-	-	-	-
13	Altura piso - techo	0,75	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Contacto con otras viviendas	0,75	0,89	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Obstáculos exteriores, sol verano	0,00	-	-	-	-	0	35	-	-	-	0	0	-	-	0	50
16	Forma compacta - FAEP	1,00	1	2,5	0,48	5	-	-	0,76	5	0,44	5	-	-	-	-	-
17	Proporción de ventana en muros	0,25	0	2,5	0,24	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Ventilación cruzada	0,25	-	-	-	-	-	-	2,08	55	-	-	-	-	-	-	-
19	Ventilación selectiva	0,75	-	-	1,43	20	-	-	4,53	40	-	-	1,37	30	-	-	-
20	Suelo exterior vegetación	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	70	0	40	-
21	Obstáculos contra viento	1,00	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	1,03	10
22	Superficie ventana en techo	0,00	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Nivel de hermeticidad	0,50	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cuadro RESUMEN</b>			<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>
(vii)	Total vivienda evaluada	ve	9,97	-	4,81	-	2,71	-	7,36	-	3,55	-	1,37	-	1,03	-	-
(viii)	Total vivienda referencia	vr	23,8	-	9,5	-	20,5	-	15,1	-	8,7	-	6,1	-	10,3	-	-
<b>Cuadro EVALUACION FINAL</b>		<b>EPDA. (Tabla E2)</b>															
(ix)	Porcentaje de aprovechamiento de estrategias pasivas de diseño arquitectónico (Ve)															<b>Σ<sub>EPDA</sub></b>	<b>31</b>
(x)	Porcentaje de aprovechamiento de estrategias pasivas de diseño arquitectónico (Vr)															<b>Σ<sub>EPDA</sub></b>	<b>94</b>
(xi)	Valoración del nivel de aprovechamiento de EPDA															<b>V<sub>EPDA</sub></b>	<b>33</b>

Alias, H. M. (2021). Planilla en Ms. Excel para realizar la valoración de Estrategias Pasivas de Diseño Arquitectónico, según procedimiento establecido en apartado 4 de norma IRAM 11900: 2019. Elaborada para dictado de curso en el marco de la Carrera de Posgrado de Especialización en Arquitectura Sustentable, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán (EAS-FAU-UNT).

**Planilla general para la valoración de las EPDA, según IRAM 11900: 2019**

Ponderación Parcial de Estrategia (%)

$$PPE = \frac{PR * PIR * EPDA}{100}$$

Valoración del nivel de aprovechamiento de EPDA (%)

$$V_{EPDA} = \frac{Ve * 100}{Vr}$$

Las celdas sombreadas en gris indican los RAC que tienen incidencia en cada EPDA (ver tabla E.4)



## PLANILLAS DE CÁLCULO DE SITUACIÓN MEJORADA

### - CONDENSACIÓN DE MUROS

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE  
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		VERIFICA QUE NO CONDENSE		Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
							MINIMO	SI/NO	SUPERFICIAL	SI VERIF.			
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.			
							ECOLOGICO	SI VERIFICA					
							Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g				
AIRE INTERIOR										0,49	0,90		
R.S.I.				0,130									
1	Latex interior	0,0000		0,110				1,1300	0,88	0,49	1,00	-2,91	
2	Yeso	0,0200	0,810	0,025	1000	20,0	0,024		0,83	0,52	1,08	-2,06	
3	Placa de yeso	0,0180	0,340	0,053	1000	18,0	0,110		0,16	0,56	1,10	-1,28	
4	Aislante	0,0500	0,029	1,724	40	2,0	0,400		0,13	0,56	1,14	-1,13	
5	ladrillo Hueco 12x18x32	0,1800	0,340	0,529	800	144,0	0,130		1,38	0,57	2,47	-1,02	
6	Revoque exterior	0,0200	1,160	0,017	1700	34,0	0,037		0,54	0,62	2,87	0,21	
7	Latex exterior	0,0000		0,110				1,1300	0,88	0,65	2,88	0,67	
8										0,68	2,97	1,41	
9										#N/D	#N/D	#N/D	
10										#N/D	#N/D	#N/D	
11										#N/D	#N/D	#N/D	
R.S.E.										0,040			
AIRE EXTERIOR										0,68	3,00		
Espesor Total:		0,288	Res.Ter.Tot. K=1/Rt		2,738	Peso Total		218,00	Resis.paso vapor tot.		4,817		

### PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 [W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
K calculado:	0,37	0,37		
K mínimo	1,80	1,85	2,16	SI VERIFICA
K recomendado	1,10	1,00	1,32	SI VERIFICA
K ecológico	0,45	0,38	0,54	SI VERIFICA

### VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.	UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior	kPa	0,49	
Presión de vapor exterior	kPa	0,68	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)	°C	-2,10	
Resistencia superficial interior	m².K/W	0,17	
Caída de temperatura en la sup. int.	°C	-0,13	
Temperatura de la superficie interna	°C	1,03	
Temperatura de rocío sup. int.	°C	-2,91	NO CONDENSE

### VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	0,90		
Latex interior	1,00	-2,91	NO CONDENSE
Yeso	1,08	-2,06	NO CONDENSE
Placa de yeso	1,10	-1,28	NO CONDENSE
Aislante	1,14	-1,13	NO CONDENSE
ladrillo Hueco 12x18x32	2,47	-1,02	NO CONDENSE
Revoque exterior	2,87	0,21	NO CONDENSE
Latex exterior	2,88	0,67	NO CONDENSE
0	2,97	1,41	NO CONDENSE
0	#N/D	#N/D	#N/D
0	#N/D	#N/D	#N/D
0	#N/D	#N/D	#N/D
Superficie es exterior	3,00	1,41	NO CONDENSE
Aire exterior	3,00		



## - CONDENSACIÓN DE CUBIERTA

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE  
 DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

N° Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		VERIFICA QUE NO CONDENSA						
							SI/NO		SUPERFICIAL						
							MINIMO	SI VERIFICA	SI VERIF.						
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL						
		ECOLOGICO		SI VERIFICA											
		Permeabilidad g/m.h.KPa	Permeancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)								
AIRE INTERIOR				R.S.I.		0,100				0,49	0,90				
1	placa de yeso	0,0090	0,440	0,020	1000	9,0	0,110		0,08	0,49	0,93	-2,91			
2	camara de aire	0,0300		0,140	2400	72,0	0,626		0,05	#iDIV/0!	0,94	#iDIV/0!			
3	Losa maciza de H°A°	0,1200	1,630	0,074	1800	216,0	0,440		0,27	#iDIV/0!	0,99	#iDIV/0!			
4	Mortero de nivelación	0,0200	1,160	0,017	2100	42,0	1,400		0,01	#iDIV/0!	1,01	#iDIV/0!			
5	Poliuretano (Barrera de vapor)	0,0001	0,000	1,000	2	0,0		0,3300	3,03	#iDIV/0!	1,02	#iDIV/0!			
6	Poliest. exp. (EPS) - 30kkm/m3	0,1500	0,032	4,688	1050	157,5		0,1500	6,67	#iDIV/0!	1,35	#iDIV/0!			
7	H° de casquete	0,0600	0,930	0,065	1600	96,0	0,750		0,08	#iDIV/0!	2,91	#iDIV/0!			
8	Aisl. hidráulica (memb. Asf.)	0,005	0,700	0,007	2120	10,6		0,6700	1,49	#iDIV/0!	2,93	#iDIV/0!			
9	Filtro geotextil	0,000	1,000	0,000	2000	0,2		0,1500	6,67	#iDIV/0!	2,93	#iDIV/0!			
10	Tierra con vegetación	0,100	0,600	0,167	1750	175,0			#iDIV/0!	#iDIV/0!	2,93	#iDIV/0!			
11										#iDIV/0!	2,99	#iDIV/0!			
R.S.E.				0,040						0,68	3,00				
AIRE EXTERIOR										0,68	3,00				
Espesor Total:		0,494	Res.Ter.Tot:		6,317	K=1/Rt:	0,158	Peso Total:	778,30	Resis.paso vapor tot.:		#iDIV/0!			

PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 [W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
K calculado:	0,16	0,16		
K mínimo	0,72	1,00	0,94	SI VERIFICA
K recomendado	0,45	0,83	0,59	SI VERIFICA
K ecológico	0,18	0,32	0,23	SI VERIFICA

VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.	UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior	kPa	0,49	
Presión de vapor exterior	kPa	0,68	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)	°C	-2,10	
Resistencia superficial interior	m².K/W	0,17	
Caída de temperatura en la sup. int.	°C	-0,06	
Temperatura de la superficie interna	°C	0,96	
Temperatura de rocío sup. int.	°C	-2,91	NO CONDENSA

VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

N° CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	0,90		
placa de yeso	0,93	-2,91	NO CONDENSA
camara de aire	0,94	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Losa maciza de H°A°	0,99	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Mortero de nivelación	1,01	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Poliuretano (Barrera de vapor)	1,02	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Poliest. exp. (EPS) - 30kkm/m3	1,35	#iDIV/0!	#iDIV/0!
H° de casquete	2,91	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Aisl. hidráulica (memb. Asf.)	2,93	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Filtro geotextil	2,93	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Tierra con vegetación	2,93	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0	2,99	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Superficie exterior	3,00	#iDIV/0!	#iDIV/0!
Aire exterior	3,00		



**- PLANILLA GENERAL PARA LA VALORACIÓN DE LAS EPDA**

(i) Localidad: Apóstoles - Misiones		Estrategias pasivas de diseño arquitectónico (EPDA) (%) (iii)																
(ii) Tipo de clima: muy cálido																		
N	Recursos arquitectónicos constructivos (RAC)	Puntaje Recurso PR (iv)		1. Aislación térmica / PPE (vi)		2. Inercia térmica / PPE (vi)		3. Protección solar / PPE (vi)		4. Ventilación natural / PPE (vi)		5. Captación solar / PPE (vi)		6. Humidificación / PPE (vi)		7. Entorno / PPE (vi)		
		PR. E3	PPE	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	PIR. E4	
1	Aislación térmica del techo	0,75	7,14	40	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	10	-	-	-	
2	Aislación térmica del muro exterior	1,00	5,95	25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	7,5	-	-	-	
3	Aislación térmica de la ventana	0,50	2,38	20	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	7,5	-	-	-	
4	Aislación térmica del piso	1,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	5	-	-	-	
5	Inercia térmica del techo	1,00	-	2,38	25	-	-	-	-	-	-	-	0,44	5	-	-	-	
6	Inercia térmica del muro exterior	0,33	-	0,94	30	-	-	-	-	-	-	-	0,14	5	-	-	-	
7	Inercia térmica del piso	1,00	-	0,95	10	-	-	-	-	-	-	-	0,44	5	-	-	-	
8	Color externo del techo	0,66	-	0	0	1,69	12,5	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	
9	Color externo del muro	0,66	-	0	0	1,01	7,5	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	
10	Sombreado solar ventanas	0,75	-	-	-	6,92	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	Sistemas solares pasivos directos	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	30	-	-	-	
12	Sistemas solares pasivos indirectos	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	20	-	-	-	
13	Altura piso - techo	0,75	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	Contacto con otras viviendas	0,75	0,89	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	Obstáculos exteriores, sol verano	0,75	-	-	-	-	5,38	35	-	-	-	-	0	0	-	3,86	50	
16	Forma compacta - FAEP	1,00	1	2,5	0,48	5	-	-	0,76	5	0,44	5	-	-	-	-	-	
17	Proporción de ventana en muros	0,25	0	2,5	0,24	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	Ventilación cruzada	0,25	-	-	-	-	-	-	2,08	55	-	-	-	-	-	-	-	
19	Ventilación selectiva	0,75	-	1,43	20	-	-	-	4,53	40	-	-	1,37	30	-	-	-	
20	Suelo exterior vegetación	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	70	0	40	-	
21	Obstáculos contra viento	1,00	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	1,03	10	
22	Superficie ventana en techo	0,00	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	Nivel de hermeticidad	0,50	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Cuadro RESUMEN</b>			<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	
(vii)	Total vivienda evaluada	<b>ve</b>	17,7	-	6,4	-	15	-	7,36	-	4,6	-	1,37	-	4,89	-	-	
(viii)	Total vivienda referencia	<b>vr</b>	23,8	-	9,5	-	20,5	-	15,1	-	8,7	-	6,1	-	10,3	-	-	
<b>Cuadro EVALUACION FINAL</b>		<b>EPDA. (Tabla E2)</b>																
(ix)	Porcentaje de aprovechamiento de estrategias pasivas de diseño arquitectónico (Ve)																<b>Σ<sub>EPDA</sub></b>	<b>57</b>
(x)	Porcentaje de aprovechamiento de estrategias pasivas de diseño arquitectónico (Vr)																<b>Σ<sub>EPDA</sub></b>	<b>94</b>
(xi)	Valoración del nivel de aprovechamiento de EPDA																<b>V<sub>EPDA</sub></b>	<b>61</b>

Alias, H. M. (2021). Planilla en Ms. Excel para realizar la valoración de Estrategias Pasivas de Diseño Arquitectónico, según procedimiento establecido en apartado 4 de norma IRAM 11900: 2019. Elaborada para dictado de curso en el marco de la Carrera de Posgrado de Especialización en Arquitectura Sustentable, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán (EAS-FAU-UNT).

**Planilla general para la valoración de las EPDA, según IRAM 11900: 2019**

Ponderación Parcial de Estrategia (%)

$$PPE = \frac{PR * PIR * EPDA}{100}$$

Valoración del nivel de aprovechamiento de EPDA (%)

$$V_{EPDA} = \frac{Ve * 100}{Vr}$$

Las celdas sombreadas en gris indican los RAC que tienen incidencia en cada EPDA (ver tabla E.4)