



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Maestría en Arquitectura Bioclimática, Confort y Eficiencia Energética I

Cohorte

Estrategias de diseño pasivas para brindar confort térmico en la capilla de la comunidad Guarangos Chico de la ciudad de Azogues

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Arquitectura Bioclimática, Confort y Eficiencia Energética

Autor:

Arq. Ismael de Jesús Quintuña Barrera

C.I:0301527057

Director:

Msc. Arq. Wilson Marcelo Vázquez Solórzano

C.I:0300399011

**Cuenca – Ecuador**

03-julio-2019



## RESUMEN

En el Ecuador, la construcción o intervenciones en capillas religiosas no cuentan con parámetros bioclimáticos adecuados para garantizar el confort térmico indicado para cada una de estas infraestructuras. Este trabajo de investigación busca, como objetivo general, elaborar estrategias de diseño pasivo para brindar confort térmico en la capilla de la comunidad de Guarangos Chico de la ciudad de Azogues. Entre los objetivos específicos constan: evaluación de datos climáticos y análisis del sistema constructivo de la edificación; parámetros de confort térmico en el interior de la edificación; y estrategias de diseño pasivo. Formulando dos propuestas con distinto sistema constructivo y de funcionamiento térmico, a través de la simulación energética. La metodología aplicada fue de tipo referencial, descriptivo y de campo, a través de visitas a la capilla religiosa en estudio. Las simulaciones se realizaron gracias al Autodesk Ecotect. Dentro de los resultados se tiene que el levantamiento planimétrico de la edificación permitió realizar todo el análisis de orientación, forma, función y sistema constructivo. En las propiedades térmicas se observó que existe baja aislación térmica. La envolvente debe ir de acuerdo a los requerimientos de la edificación para brindar un buen rendimiento energético e impedir variaciones drásticas de temperatura a lo largo del día. Se plantearon dos propuestas, cada una de ellas se modeló en el programa Autodesk Ecotect Analysis, para verificar si están en la zona de confort térmico.

**Palabras Claves:** Confort térmico. Envolvente. Sistemas pasivos. Capilla. Ecotect.



## ABSTRACT

In Ecuador, the construction or remodeling of religious chapels does not have adequate bioclimatic parameters to guarantee the thermal comfort indicated for each of these infrastructures. This research work seeks as a general objective to develop passive design strategies to provide thermal comfort in the chapel of the Guarangos Chico community of the City of Azogues. Among the specific objectives are: Climatic data evaluation and analysis of the constructive system of the building. Parameters of thermal comfort inside the building. And Passive design strategies, formulating two proposals with different constructive system and see their thermal operation through energy simulation. The methodology applied was a referential, descriptive and field study through visits to the religious chapel under study, the simulations were done thanks to Autodesk Ecotect. Among the results we can mention that the planimetric survey of the building allowed performing all the analysis of orientation, form, and function and construction system. In the thermal properties it was observed that there is low thermal insulation. The envelope must go according to the requirements of the building in order to provide good energy efficiency and prevent drastic temperature variations throughout the day. Three proposals were proposed, each of them is modeled in the Autodesk Ecotect Analysis program to verify if they are in the thermal comfort zone.

**Key words:** Thermal comfort. Envelope. Passive systems. Chapel. Ecotect.



## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO I.....  | 10 |
| ASPECTOS GENERALES.....                                    | 10 |
| 1.1. Introducción.....                                     | 10 |
| 1.2. Planteamiento del problema.....                       | 10 |
| 1.2.1. Problemática.....                                   | 10 |
| 1.3. Justificación.....                                    | 11 |
| 1.4. Objetivos.....  | 12 |
| 1.4.1. Objetivo General:.....                              | 12 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos:.....                         | 12 |
| 1.5. Hipótesis.....  | 12 |
| CAPITULO II.....   | 13 |
| MARCO TEÓRICO.....   | 13 |
| 2.1. Antecedentes.....                                     | 13 |
| 2.1.1. El confort térmico en la historia.....              | 13 |
| 2.2. Confort Térmico.....                                  | 14 |
| 2.2.1. Factores que intervienen en el confort térmico..... | 14 |
| 2.2.2. Factores del ambiente.....                          | 18 |
| 2.3. El confort en centros de culto: causas y efectos..... | 20 |
| 2.4. Eficiencia energética.....                            | 22 |
| 2.4.1. Certificación energética de edificios.....          | 22 |
| 2.5. Ábacos bioclimáticos.....                             | 23 |
| 2.5.1. Gráfica de Víctor Olgyay.....                       | 23 |
| 2.5.2. Ábaco Psicométrico de Givoni.....                   | 25 |
| 2.6. Transmitancia Térmica (Valor U).....                  | 26 |
| 2.6.1. Formas de transmisión de calor.....                 | 26 |
| 2.7. Programa Ecotect.....                                 | 26 |
| CAPÍTULO III.....  | 30 |
| MARCO LEGAL.....   | 30 |
| 3.1. Código Ecuatoriano de la Construcción.....            | 30 |
| 3.2. Normativas en eficiencia energética.....              | 32 |
| 3.3. Norma ISO 7730.....                                   | 33 |



|  |    |
|--|----|
| 3.4. Real Decreto 486/1997 .....   | 33 |
| 3.5. Normativa ecuatoriana en eficiencia energética en las edificaciones .....   | 33 |
| CAPÍTULO IV .....  | 35 |
| PROCESO METODOLÓGICO .....   | 35 |
| 4.1. Recopilación bibliográfica .....  | 35 |
| 4.2. Campaña Experimental .....  | 37 |
| CAPITULO V. ....   | 38 |
| ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN.....  | 38 |
| 5.1. Ubicación. ....   | 38 |
| 5.2. Factores técnicos.....  | 39 |
| 5.2.1. Orientación .....   | 39 |
| 5.2.2. Factor Arquitectónico .....   | 40 |
| 5.2.3. Sistema constructivo .....  | 44 |
| 5.3. Análisis de la materialidad actual de la edificación.....                   | 47 |
| 5.3.1. Propiedades de los materiales .....                                       | 47 |
| 5.4. Soleamiento de la edificación .....   | 51 |
| 5.4.1. Análisis del recorrido solar en el Ecuador .....                          | 51 |
| 5.4.2. Análisis del recorrido solar en el lugar de intervención:.....            | 52 |
| 5.4.3. Análisis en el solsticio de invierno.....                                 | 53 |
| 5.4.4. Análisis en el solsticio de verano. ....                                  | 53 |
| 5.5. Análisis de mediciones de temperatura y humedad relativa en la capilla..... | 55 |
| 5.5.1. Temperatura y humedad relativa.....                                       | 56 |
| 5.5.2. Datos de temperatura del mes de junio a las 17:00 horas. ....             | 58 |
| 5.6. Análisis de resultados .....  | 59 |
| CAPITULO VI. ....  | 61 |
| ESTRATEGIAS CORRECTIVAS Y FORMULACIÓN DE DOS PROPUESTAS .....                    | 61 |
| 6.1. Definición de estrategias .....   | 61 |
| 6.1.1. Ventilación cruzada.....  | 61 |
| 6.1.2. Estrategias de diseño pasivo.....   | 62 |
| 6.2. Propuestas .....  | 71 |
| 6.2.1. Desarrollo de las propuestas.....   | 71 |
| 6.2.2. Condicionantes para las propuestas .....                                  | 72 |



|  |     |
|--|-----|
| 6.3. Datos para la simulación en el programa Ecotect.....                          | 73  |
| 6.4. Propuesta 1.....  | 77  |
| 4.1. Propuesta Arquitectónica. ....  | 78  |
| 6.4.2. Evaluación mediante Ecotect. Propuesta 1. ....                              | 82  |
| 6.5. Propuesta 2.....  | 92  |
| 6.5.1. Propuesta Arquitectónica. ....  | 93  |
| 6.5.2. Evaluación mediante Ecotect. Propuesta 2. ....                              | 97  |
| 6.6. Comparación entre el estado actual y las propuestas.....                      | 106 |
| 6.7. Comparación del estado actual y las propuestas con 9 horas de ocupación ..... | 108 |
| CAPITULO VII.....  | 120 |
| VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                       |     |
| .....  | 120 |
| 7.1. Verificación de la hipótesis.....   | 120 |
| 7.2. Conclusiones y Recomendaciones .....  | 120 |
| 7.2.1. Conclusiones. ....  | 120 |
| 7.2.2. Recomendaciones.....  | 122 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 123 |
| ANEXO 1 .....  | 126 |



Universidad de Cuenca

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Ismael de Jesús Quintuña Barrera en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Estrategias de diseño pasivas para brindar confort térmico en la capilla de la comunidad Guarangos Chico de la ciudad de Azogues”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 03 de julio de 2019

Ismael de Jesús Quintuña Barrera

C.I: 030152705-7



Universidad de Cuenca

## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Ismael de Jesús Quintuña Barrera, autor del trabajo de titulación “Estrategias de diseño pasivas para brindar confort térmico en la capilla de la comunidad Guarangos Chico de la ciudad de Azogues”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 03 de julio de 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Ismael de Jesús Quintuña Barrera

C.I: 030152705-7



Universidad de Cuenca

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por haber forjado mi camino y dirigirme por el sendero correcto. Él es quien guía el destino de mi vida.

A mis familiares y amigos por brindarme su apoyo.

Un agradecimiento especial y sincero a mi director, Arquitecto Marcelo Vázquez Solórzano, por su dedicación y apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.



Universidad de Cuenca

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi querida abuela, la persona que después de mis padres fue la que más se preocupó por mí.

A mis padres, por ayudarme a ser lo que soy en la actualidad. Muchos de mis logros se los debo a ustedes incluyendo éste, por su motivación constante para alcanzar mis anhelos.

A mi hermana y mi tía por estar siempre ahí guiándome para cada día ser una mejor persona.



## CAPITULO I.

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1. Introducción

La arquitectura bioclimática representa una alternativa para alcanzar la eficiencia energética en el sector constructivo, mediante un diseño lógico que aproveche al máximo los parámetros medioambientales. El clima del Ecuador se encuentra determinado por la presencia de la Cordillera de los Andes y la ubicación del país dentro de la zona de convergencia intertropical. El primer caso explica la conformación de diferentes regiones climáticas a cortas distancias; y el segundo, que ciertas áreas del país reciban la influencia alternativa de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad. (Cordero & Guillén, 2013)

Uno de los requerimientos primordiales de toda comunidad es contar con una edificación de carácter religioso. Por este motivo, se van creando infraestructuras de este tipo, sin tomar en cuenta parámetros de confort térmico; teniendo como resultado edificios con altos consumos energéticos.

Esta investigación se realizó para brindar una solución al problema de confort térmico en la capilla de la comunidad de Guarangos Chico de la parroquia de San Miguel de la ciudad de Azogues. Visto desde este contexto, se propone implementar estrategias de diseño pasivo que puedan ser usadas en edificios de características similares.

#### 1.2. Planteamiento del problema

##### 1.2.1. Problemática

Cuando una persona está expuesta a un ambiente caluroso, se condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. El calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo haciendo que su temperatura aumente, disminuyendo el rendimiento (el cansancio llega antes de lo normal) y afectando la capacidad mental (disminuye la atención y comprensión) y, por lo tanto, de



la productividad. Igualmente, puede provocar incomodidad y malestar. (Universidad de Extremadura, 2018)

El ser humano siempre busca espacios que sean cómodos y confortables porque influyen directamente en su bienestar. A lo largo del tiempo, las personas han implementado equipos de climatización para lograr tener espacios agradables térmicamente. Sin embargo, debido al cambio climático, se quiere evitar o minimizar el consumo energético causado por los equipos de climatización, implementando estrategias de diseño pasivo.

En el Ecuador, las edificaciones de índole religioso se construyen sin tomar en cuenta parámetros como: orientación, temperatura exterior, humedad relativa, radiación, dirección y velocidad de los vientos; además de factores humanos como las actividades a realizar y la vestimenta; causando problemas de confort térmico y consumo energético. El problema planteado en esta investigación se centra en la capilla de la comunidad de Guarangos Chico de la ciudad de Azogues, pues, según los datos tomados, la temperatura y humedad relativa sobrepasan los rangos de confort, en los días que hay eucaristía. Cuando la capilla es ocupada, los usuarios sienten molestias por el aumento de temperatura.

### **1.3. Justificación**

Un confort térmico adecuado dentro de un espacio es fundamental para el correcto desarrollo de las actividades; de allí que, a través del diseño pasivo se puede evitar el consumo energético que producen los equipos de climatización, además de obtener características térmicas idóneas.

En esta perspectiva, en el presente estudio se proponen estrategias de diseño pasivo para tener un correcto comportamiento térmico en la capilla de la comunidad de Guarangos Chico de la ciudad de Azogues.

Una vez identificadas las causas que producen el problema, se formulan propuestas tomando en cuenta las características de los materiales de la capilla, el factor climático y el condicionamiento térmico.



Se propone esta intervención para que la capilla pueda ser usada a cualquier hora del día; es decir, además de la eucaristía, pueda realizarse actividades como reuniones de la comunidad, retiros, catequesis y similares, sin preocuparse por las molestias que causa el aumento de temperatura.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General:**

Mejorar el confort térmico interior de la capilla de la comunidad de Guarangos Chico de la ciudad de Azogues, mediante la implementación de estrategias de diseño pasivas.

### **1.4.2. Objetivos Específicos:**

1. Analizar las preexistencias del sector, los datos climáticos y el sistema constructivo de la edificación.
2. Medir los parámetros de confort térmico en el interior de la edificación y el calor que aportan las personas.
3. Investigar normas adecuadas para centros de culto.
4. Investigar las causas y efectos relacionados con el aumento de temperatura en centros de culto.
5. Plantear estrategias de diseño pasivo, formular dos propuestas con distinto sistema constructivo, y analizar su funcionamiento térmico a través de la simulación energética.

## **1.5. Hipótesis**

El problema de confort térmico en la capilla de la Comunidad de Guarangos Chico de la ciudad de Azogues es causado, principalmente, por lo envolvente de la edificación. Ahora bien, si la aplicación de estrategias de diseño pasivo logra mitigar el problema, esto ayudaría a sus usuarios, a realizar las actividades con mayor comodidad; siendo ellos los beneficiados directos al lograr estas mejoras.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. El confort térmico en la historia

A principios de la civilización, el ser humano luchaba por sobrevivir y no prestaba atención a las condiciones térmicas del espacio que usaba para habitar. Con el paso del tiempo, el ser humano aprendió a manipular objetos y a usar vestimentas, aumentando las posibilidades de supervivencia. La manipulación de objetos permitió modificar su entorno físico inmediato, haciéndolo menos agresivo y más adecuado para descansar y convivir con sus similares. Para el siglo XIV, el confort térmico en una edificación aún no tenía importancia, ya que las personas gastaban dinero en trajes lujosos y tapices caros, mientras que las edificaciones eran de tipo colectivo, sin intimidad para sus habitantes. (Hernández, 2011)

A finales de la edad media estas condiciones fueron cambiando. Fueron surgiendo ideas distintas para mejorar las condiciones de habitar. Las personas buscaron el desarrollo individual, familiar y privado. Las edificaciones tenían pequeñas ventanas con iluminación poco eficiente, por lo que se hacía uso de chimeneas. Las personas empiezan a distribuir los espacios de la vivienda, separando lo social de lo privado. Con la revolución industrial se construyen viviendas para albergar el mayor número de personas de la clase obrera, lo cual dio paso a problemas higiénicos y sanitarios, produciendo enfermedades en los habitantes. La vivienda se convierte en un problema técnico que debió ser resuelto por medio de la arquitectura. (Zabalza & Aranda, 2011)

Con el transcurrir del tiempo, el sistema de construcción fue mejorando; se empieza a realizar un planteamiento técnico para cada problema específico, sustituyendo el planteamiento vernáculo. Sin embargo, la problemática actual radica en la aplicación de estándares internacionales, sin tener en cuenta los aspectos de cada entorno donde se emplaza la edificación.

Hoy en día, las necesidades del ser humano son cada vez más exigentes y entre esas está el confort térmico en los espacios que habita. Inclusive, el confort térmico empieza a



tener un importante componente socio - cultural, por lo que hay que pensar en todos los parámetros físicos y factores humanos que intervienen en cada tipo de edificación, ya que el ser humano requiere de un ambiente cómodo y comfortable para habitar y realizar sus actividades.

## **2.2. Confort Térmico**

La percepción del ambiente y el confort térmico no es algo que dependa únicamente de los parámetros ambientales, es decir, la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la temperatura radiante. Es un fenómeno que incluye factores del entorno, ya sea interior o exterior, y del sujeto que percibe estos parámetros y de su relación física y psicológica con el ambiente. Inclusive, habría que considerar factores culturales y sociales, como las costumbres en el atuendo, en los hábitos de usar el espacio, y en la alimentación. (Chávez, 2015)

Confort térmico es un estado completo de bienestar físico, mental y social. Se pretende que las personas se encuentren bien y no que estén menos mal. El confort depende de múltiples factores personales y parámetros físicos. El confort térmico representa el sentirse bien desde el punto de vista del ambiente, es decir, desde las seis variables que intervienen en él: temperatura del aire, humedad de aire, radiación (solar y térmica), velocidad de viento, vestimenta y actividad. (Pérez & Mite, 2009). Según la norma ISO 7730, el confort térmico es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico.

### **2.2.1. Factores que intervienen en el confort térmico**

Los factores de confort del usuario son las condiciones biológico-fisiológicas, sociológicas y psicológicas que influyen en la percepción del ambiente, es decir, la percepción de un mismo ambiente varía en cada usuario dependiendo de sus condiciones. *“Los parámetros ambientales de confort están definidos por la energía existente en un espacio habitable, producto de sus características físicas y ambientales. Esta energía se manifiesta en la temperatura, la iluminación, el ruido, parámetros que pueden ser medidos y calculados, y están relacionados con los sentidos”*. (Serra & Roura, 2005)



El consumo de energía en cada edificación se da de diferentes maneras: a.- A través de materiales de construcción, componentes y sistemas (energía incorporada). b.- Durante la fase de distribución y transporte de los materiales al lugar de construcción (energía gris). c.- Como resultado del proceso de construcción (energía inducida) y a través de su equipo instalado (energía operativa). Para ser eficiente en energía, un edificio debe tratar de reducir su consumo por todos los medios. (Jones, 2002)

Específicamente, el confort térmico se refiere a la percepción de bienestar y comodidad del ser humano en relación con las condiciones térmicas del ambiente. Esta relación entre el ser humano y el ambiente involucra un constante intercambio energético debido a la característica del cuerpo humano de mantener unas condiciones internas estables frente a la constante fluctuación de energía del ambiente. (Toledo, 2011)

La sensación de confort térmico se da en el proceso de producción de calor para compensar las pérdidas hacia el exterior y mantener estable la temperatura. En este proceso se involucran siete aspectos clasificados en dos factores (Serra & Roura, 2005):

- Factores del usuario:
  - Metabolismo.
  - Temperatura de la piel
  - Vestimenta.
- Factores del ambiente:
  - Temperatura del aire.
  - Temperatura de radiación.
  - Humedad relativa.
  - Velocidad del viento.

#### Factores del usuario

##### **Metabolismo.**

El metabolismo es el proceso bioquímico mediante el cual el organismo humano obtiene energía de los alimentos ingeridos, gracias a la cual puede mantener la temperatura corporal. (Toledo, 2011)

*“Del total de la energía liberada de los alimentos, del 75% al 80% se destina para mantener en funcionamiento el organismo y sus sistemas, manteniendo la temperatura*



alrededor de 37°C, este proceso se conoce como metabolismo basal; la diferencia de 20% a 25% de la energía se utiliza para desarrollar un trabajo, proceso denominado metabolismo muscular”. (Barrera, 2005). El metabolismo en general es específico de cada persona y es dependiente de la actividad que realiza; y, por tanto, de las necesidades de producción de energía y su liberación.

“La actividad física acelera el metabolismo de las personas, tendiendo a elevar su temperatura corporal por cortos períodos de tiempo, lo cual no provoca daños en el organismo. Para evaluar el nivel metabólico de una persona, es necesario evaluar la actividad que realiza en un plazo mínimo de una hora, que es el tiempo mínimo durante el cual el cuerpo es capaz de cambiar sus condiciones térmicas”. (Barrera, 2005)

El metabolismo se mide con la unidad denominada (met), siendo:

$$1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ kcal/h m}^2$$

y representa la energía liberada por metro cuadrado de superficie corporal.

En la tabla número 1 se detalla la cantidad de calor metabólico típico generado en diversas actividades.

**Tabla 1:** Producción de energía metabólica para diferentes actividades.

| ACTIVIDAD                       | W/m <sup>2</sup> | met         |
|---------------------------------|------------------|-------------|
| Dormido                         | 40.6             | 0.70        |
| Reclinado                       | 46.4             | 0.80        |
| Sentado relajado                | 58               | 1.00        |
| Sentado con actividades ligeras | 70               | 1.20        |
| Caminando 2mph                  | 116              | 2.00        |
| Caminando 4mph                  | 220.4            | 3.80        |
| Manejando                       | 87               | 1.50        |
| Trabajo mecánico                | 127,60 - 174,00  | 2,20 - 3,00 |
| Carpintería con equipo          | 104,40 - 127,60  | 1,80 - 2,20 |
| Carpintería a mano              | 232,00 - 278,40  | 4,00 - 4,80 |
| Limpieza de la casa             | 116,00 - 197,20  | 2,00 - 3,40 |
| Cocinando                       | 92,80 - 116,00   | 1,60 - 2,00 |
| Planchando y lavando            | 116,00 - 208,80  | 2,00 - 3,60 |
| Escribiendo a máquina           | 69,60 - 81,20    | 1,20 - 1,40 |
| Dibujando                       | 63,80 - 75,40    | 1,10 - 1,30 |
| Gimnasia de belleza             | 174,00 - 232,00  | 3,00 - 4,00 |
| Bailando                        | 139,20 - 255,20  | 2,40 - 4,40 |
| Tenis                           | 208,80 - 266,80  | 3,60 - 4,60 |
| Nadando                         | 290,00 - 440,80  | 5,00 - 7,60 |

Fuente: Arquitectura bioclimática y energía solar. UNAM. México.

Elaboración: el autor.

Para el caso de estudio, la actividad a realizar es sentada con tareas ligeras, lo cual produce una energía metabólica de 1.2met o 70 W/m<sup>2</sup>.



Independientemente de las condiciones ambientales, realizar una actividad intensa da una mayor sensación de calor. Nuestro cuerpo transforma en trabajo útil menos del 10% de la energía consumida: el resto se transforma en calor, que debe eliminarse para evitar que la temperatura del organismo se eleve hasta niveles peligrosos. (Villegas, 2014)

### **Temperatura de la piel.**

Por la piel se produce la mayor cantidad de disipación del calor producido por el metabolismo, mediante el proceso de conducción-convección del aire. Por la radiación se disipa el calor sensible juntamente con la mayor temperatura del aire espirado en relación al inspirado; mientras que el calor latente es disipado por evaporación a través de la transpiración y con el agua eliminada en la respiración. (Serra & Roura, 2005)

### **Vestimenta.**

El tipo de vestido es una variable que influye de manera importante en la sensación de confort. Cuanto mayor es la resistencia térmica de las prendas de vestir, más difícil es para el organismo desprenderse del calor generado y cederlo al ambiente. El confort térmico se alcanza cuando se produce cierto equilibrio entre el calor generado por el organismo, como consecuencia de la demanda energética, y el que es capaz de ceder o recibir del ambiente. (Villegas, 2014)

La vestimenta actúa como una barrera térmica por su resistencia térmica y comportamiento al paso de la humedad. (Serra & Roura, 2005). El nivel de aislamiento térmico de la vestimenta se mide con la unidad denominada (clo) siendo:

$$1\text{clo} = 0,155\text{m}^2\text{K/W}$$

En la tabla número 2 se detalla el aislamiento térmico de diferentes conjuntos de ropa, en el que el valor clo es el resultado de la suma de todos los valores de aislamiento térmico de cada una de las prendas que conforman el conjunto:



**Tabla 2:** Valores de unidades de resistencia térmica de ropa

| TIPO DE VESTIDO  | RESISTENCIA TÉRMICA |      |
|--|---------------------|------|
|  | m <sup>2</sup> K/W  | clo  |
| Desnudo  | 0,000               | 0,00 |
| Pantalón Corto   | 0,016               | 0,10 |
| Conjunto típico de ropa tropical: calzoncillos, pantalón corto, camisa de cuello pico y manga corta, calcetines finos y sandalias.   | 0,047               | 0,30 |
| Conjunto de ropa ligera de verano: calzoncillos, pantalón ligero largo, camisa de cuello pico y manga corta, calcetines finos y zapatos.   | 0,078               | 0,50 |
| Conjunto de ropa ligera para trabajar: ropa interior ligera, camisa de trabajo de manga larga de algodón, pantalones de trabajo, calcetines de lana y zapatos.                                   | 0,155               | 1,00 |
| Traje de oficina grueso, tradicional en Europa: ropa interior de algodón, de manga y pierna larga, camisa, traje (incluye pantalones, chaqueta y chaleco), calcetines de lana y zapatos fuertes. | 0,233               | 1,50 |

Fuente: Arquitectura bioclimática y energía solar. UNAM. México.  
Elaboración: el autor.

La vestimenta tradicional de un determinado lugar, a más de estar relacionado con las características culturales, se relaciona con las condiciones del clima de la localidad, es decir, es uno de los principales mecanismos al que recurre el ser humano para protegerse y aislarse térmicamente. Características de la vestimenta, como su espesor, se relacionan con la resistencia térmica: a mayor espesor mayor resistencia. (Toledo, 2011)

### 2.2.2. Factores del ambiente

#### Temperatura del aire (Ta)

Este concepto abarca primordialmente al aire que se encuentra alrededor del cuerpo. Parámetro que da el estado térmico del aire a la sombra. Este concepto es de vital importancia, ya que es decisivo a la hora de determinar el flujo de calor entre el cuerpo y el ambiente (sensación de frío y calor que perciben las personas). Juntamente con la humedad relativa permite determinar la zona en la que las personas se encontrarían confortables. (Astudillo, 2009)

#### Temperatura de radiación (Tmr)

Se la define como la temperatura media irradiada por las superficies que componen un espacio interior. En Arquitectura, la temperatura que irradia los muros, paredes y piso serán primordiales en la sensación de frío o calor que el cuerpo percibe en un local, independientemente de la temperatura del aire. Por lo tanto, estas superficies, al irradiar



calor, van a incrementar la temperatura del local; y si la sumatoria de dichas temperaturas es mayor a la temperatura corporal del ser humano, éste sentirá calor, y si la sumatoria es menor, el cuerpo sentirá frío. (Astudillo, 2009)

### La humedad relativa (HR)

Es la relación entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura. (Astudillo, 2009). La característica más importante de la humedad relativa es que intensifica la percepción de calor o frío, esto por su relación directa con la temperatura. Es decir, en climas cálidos, un alto porcentaje de humedad aumenta la percepción de calor debido al impedimento que causa en la transpiración; mientras que en climas fríos aumenta la percepción de frío.

Este factor influye en las pérdidas de calor del cuerpo a través de la evaporación de transpiración y la humedad cedida con la respiración.

### Movimiento del aire (V)

Las corrientes ambientales son una preexistencia de la naturaleza, que tiene como funciones principales: refrescar y ventilar los ambientes interiores, reduciendo la humedad y conservando ambientes más sanos; por lo tanto, su influencia en las personas es fundamental, ya que influye en su confort térmico, dependiendo de su intensidad y su frecuencia. (Astudillo, 2009)

En la tabla número 3 se indican las sensaciones que producen diferentes velocidades del aire.

**Tabla 3:** Velocidad del aire y sensación

| VELOCIDAD       | SENSACION                          |
|-----------------|------------------------------------|
| De 4 a 5 m/s.   | Imperceptible                      |
| De 5 a 8 m/s.   | Agradable                          |
| De 8 a 16 m/s.  | Agradable con acentuada percepción |
| De 16 a 25 m/s. | Entre soportable y molesta         |
| Mayor a 25 m/s. | No soportable                      |

Fuente: Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales.  
Elaboración: el autor



### 2.3. El confort en centros de culto: causas y efectos.

Para analizar las causas y efectos del confort en los centros de culto, se tomó como referencia el artículo: “Climatización y ventilación en lugares de culto”.

Los locales de culto, como el resto de espacios habitables, deben estar climatizados, es decir, mantenerse a determinados niveles de temperatura y humedad, de forma que la estancia de los ocupantes sea confortable.

Las características de uso de los locales de culto, que se ocupan en momentos determinados y permanecen vacíos el resto del tiempo, conduce a plantear sistemas de aislamiento y climatización de baja inercia térmica, de forma que se pueda calentar o enfriar el aire de la estancia rápidamente, antes de las reuniones.

Los locales de culto tienen las características de reunir un gran número de personas en un lugar bastante cerrado, por exigencias acústicas, y ello provoca un agotamiento del oxígeno interior, haciendo necesaria la renovación de aire.

*“Un pastor estaba preocupado porque la gente bostezaba siempre durante sus ‘sermones’. Trataba de prepararse lo mejor posible, incluso ayunaba y oraba por el mensaje, pero siempre veía a la gente adormecida durante la predicación. Más tarde descubrió que al no haber ventilación, el oxígeno se agotaba, y al final del culto no había el oxígeno suficiente, provocando ese fenómeno de adormecimiento”.*

Aunque a nadie se le escapa la necesidad de refrigeración, y normalmente siempre se instalan sistemas de clima, es frecuente que se pase por alto la necesidad de ventilación del local, pero es una necesidad primordial en los locales, para garantizar la salubridad y confort de los usuarios. En algunos locales se colocan grandes aparatos de climatización, pero no se renueva el aire, y la humedad relativa del aire se eleva producto de la transpiración y respiración de tantas personas, creando incomodidad y problemas de condensación en las superficies frías.

El Código Técnico de España, se ocupa de la ventilación en los edificios, y regula que todas las estancias deben tener renovación del aire. Los locales de servicio, como los aseos o cocinas, deben tener sistemas de extracción de aire, de manera que se cree en ellos una baja presión, y así el aire del resto de las estancias entre hacia ellos, evitando en todo momento que los olores puedan salir.



Dado que normalmente los locales de culto están obligados a tener cerradas las ventanas por temas de ruido, se obliga a la instalación de un sistema de ventilación que garantice la necesaria renovación de aire. Será necesario extraer aire del interior, y permitir que entre del exterior, para lo cual, normalmente se debe realizar una impulsión del aire.

Hay que superar esa costumbre de encerrar el local a cal y canto, sin ningún tipo de ventilación, y luego colocar grandes máquinas de aire acondicionado, con la idea de que así se resuelve todo el problema. Esas máquinas pueden enfriar desmesuradamente, pero no proporcionan la sensación de confort al no eliminar la humedad relativa del ambiente, y tampoco aportan el necesario oxígeno para mantener las buenas condiciones de salubridad. Y qué decir de las estancias anejas, donde se congrega a los niños o se cocina, las cuales, en ocasiones, no reúnen las condiciones mínimas de salubridad, y acumulan los olores corporales que se pueden percibir al acceder a ellos.

La sensación de confort está determinada, no sólo por la temperatura que haya en un ambiente, sino también de otros factores, como la humedad relativa, etc. Incluso un local con una temperatura algo elevada, pero dotada de un pequeño movimiento de aire, puede proporcionar una buena sensación de confort. Otra estancia puede tener una buena temperatura, pero la excesiva humedad ambiental, o la falta de oxígeno, puede hacernos sentir incómodos y con sensación de agobio.

Utilizar estrategias de diseño pasivas, no es sólo una cuestión de conciencia ecológica o medioambiental, se reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> y gases contaminantes por el menor consumo de energía. Hay que aprovechar los medios que Dios ha puesto a nuestro alcance, y que no parece lógico despreciar de forma desconsiderada. Además, también es una cuestión económica. (Zumárraga, 2012)

### **Sobre el caso de estudio:**

El aumento de temperatura y una ventilación nula en la capilla, disminuye el rendimiento y la capacidad mental, afectando la productividad, causando el fenómeno de adormecimiento; por lo tanto, es necesario dotar a esta infraestructura de un ambiente confortable, donde se puedan realizar las actividades de la mejor manera.



## **2.4. Eficiencia energética.**

La eficiencia energética es mejorar el aprovechamiento de la energía manteniendo el mismo nivel de servicio energético, es decir, se da un menor uso de la energía para obtener el mismo confort, la combinación de la preservación del medio ambiente y el aprovechamiento de los recursos. ( Unión Fenosa., 2005). La eficiencia energética se logra por medio de la aplicación de una serie de acciones, procedimientos y capacitaciones que logran optimizar la correlación entre la energía consumida y los productos y servicios finales.

La sociedad actual necesita, para mantener su nivel de vida y confort, un alto consumo energético; por lo tanto, el reto consiste en buscar el desarrollo sostenible manteniendo el nivel de vida, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes y evitando el derroche energético. (Rey & Velasco, 2006). *“Conociendo el modo de captación y transformación de energía del edificio, es decir, su respuesta térmica en función del clima, se pueden elegir las opciones arquitectónicas óptimas para crear un hábitat interior confortable, con un mínimo aporte de energía”*. (Maricinc, 1999)

Lograr la eficiencia energética dentro de edificaciones habitacionales, es el modo más rápido, económico y limpio de reducir nuestro consumo de energía. Dentro de las ciudades, el sector residencial consume una cantidad de energía que varía entre el 16% y el 50%, dependiendo del país. Los edificios, en todo el mundo, representan hasta el 45% de los recursos energéticos primarios y una proporción similar de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que hace que los edificios sean los mayores contribuyentes al cambio climático. (Filippín & Larsen, 2009)

En relación al escenario energético actual, la Agencia Internacional de la Energía (AIE), ha planteado sus preocupaciones por el medio ambiente, la seguridad energética y la prosperidad económica, generalmente conocida como (3Es). (Environment, Energy security and the Economic prosperity). (Filippín & Larsen, 2009)

### **2.4.1. Certificación energética de edificios.**

La amenaza de agotamiento de los recursos energéticos convencionales y el aumento de precios de la energía, hizo que los gobiernos tomen conciencia de la necesidad de ahorrar energía. Por esto se crearon organizaciones públicas (agencias de energía) para



abordar específicamente las cuestiones energéticas. Fue entonces que las normas de energía comenzaron a ser desarrolladas para el sector de la construcción. *“Se dice que el sector de la construcción representa en la actualidad, aproximadamente, un tercio del uso final de energía a nivel mundial, y gran parte de este consumo está directamente relacionado con el diseño de edificios y la construcción”*. (Perez-Lombart, 2010)

La mayoría de los países responden con diferentes iniciativas, entre ellas, la creación de los diferentes tipos de certificación como: LEED, BREEAM, VERDE, CASBEE, QUALITEL, etc., los cuales sirven como instrumentos que determinan el nivel de rendimiento de un edificio. (Quesada, 2014)

Además, la Agencia Internacional de Energía (AIE) ha desarrollado 25 recomendaciones de política de eficiencia energética, con el fin de ayudar a sus miembros a promover medidas de eficiencia energética en sus países. Estas políticas se orientan hacia las siete áreas prioritarias: transporte; edificios; industria; aparatos y equipos; servicios de energía; y la iluminación. En cuanto a los edificios, la AIE recomienda (Lopez, Oliveira, Altoe, & Lima, 2016):

- 1) Códigos obligatorios de construcción y estándares mínimos de rendimiento energético.
- 2) Consumo neto de energía en los edificios.
- 3) Mejora de la eficiencia energética en los edificios existentes.
- 4) Elaborar etiquetas o certificados energéticos.
- 5) Rendimiento energético de los componentes y sistemas de construcción.

## **2.5. Ábacos bioclimáticos.**

En base a los factores que intervienen en el confort térmico, existen estudios como la gráfica de Víctor Olgyay y el ábaco psicométrico de Givoni, que permiten definir de forma cuantitativa el confort que producen dichos factores. Estos estudios determinan un rango de confort térmico y las estrategias de corrección arquitectónica necesarias para cambiar los factores ambientales.

### **2.5.1. Gráfica de Víctor Olgyay**

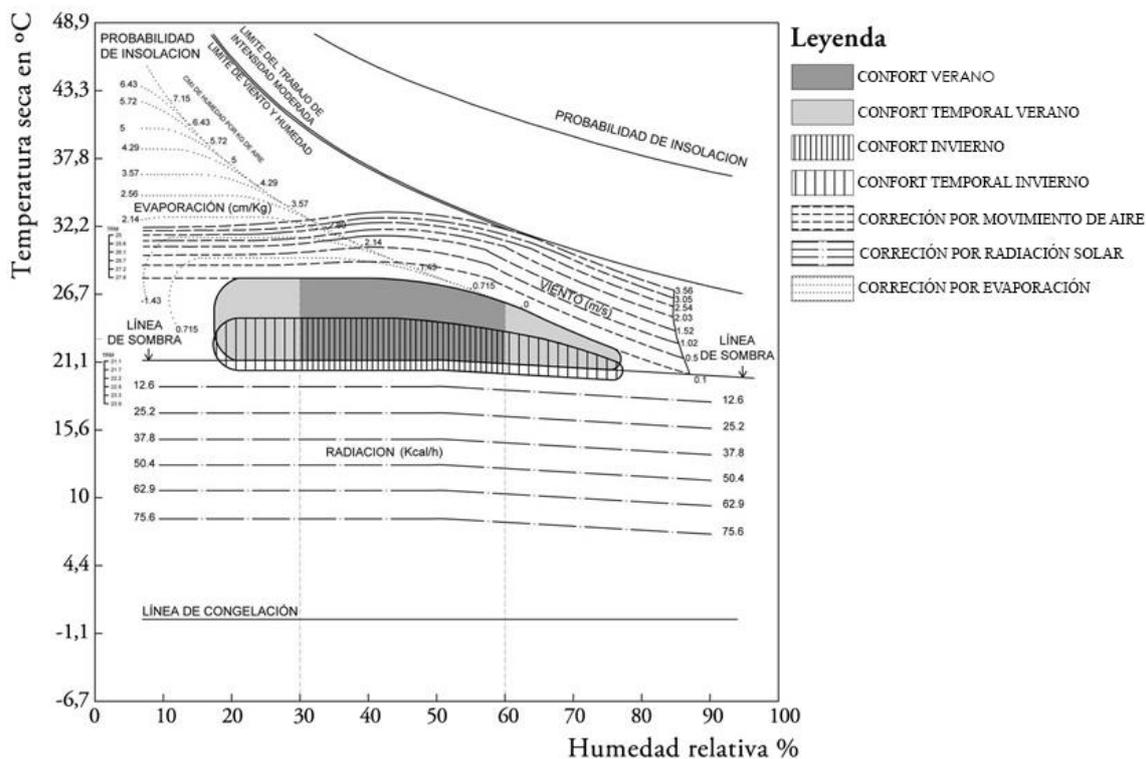
La gráfica se desarrolla considerando dos parámetros: temperatura del aire y humedad relativa, en la que se establece una banda de confort térmico y estrategias de corrección



arquitectónica mediante radiación y ventilación. Víctor Olgyay establece la banda de confort térmico entre 21,1°C y 26,7°C para las condiciones de primavera y otoño, considerando los siguientes factores:

- Arropamiento: 1clo.
- Velocidad del aire: 0,2286 m/s
- Actividad: 1,00 - 1,20 Met

Gráfico 1: Gráfico de Víctor Olgyay



Fuente: Arquitectura y Energía Natural. Serra y Coch, 1995

La banda de confort térmico para las estaciones de verano e invierno varían en relación al nivel de arropamiento, considerando el mismo nivel de actividad y velocidad del aire. Para cada estación se consideran los siguientes niveles de arropamiento:

- Invierno: 1,50 clo.
- Primavera: 1,00 clo.
- Verano: 0,50 clo.
- Otoño: 1,00 clo.

La diferencia del nivel de arropamiento entre estaciones es de 0,50 clo, siendo:

$$1 \text{ clo} = 7,3^{\circ}\text{C}$$



Se determina que la variación de la banda de confort térmico entre estaciones es de  $3,65^{\circ}\text{C}$ . Al existir una diferencia de 1 clo en el nivel de arropamiento entre invierno y verano, la diferencia en la banda de confort térmico entre éstas será de  $7,3^{\circ}\text{C}$ .

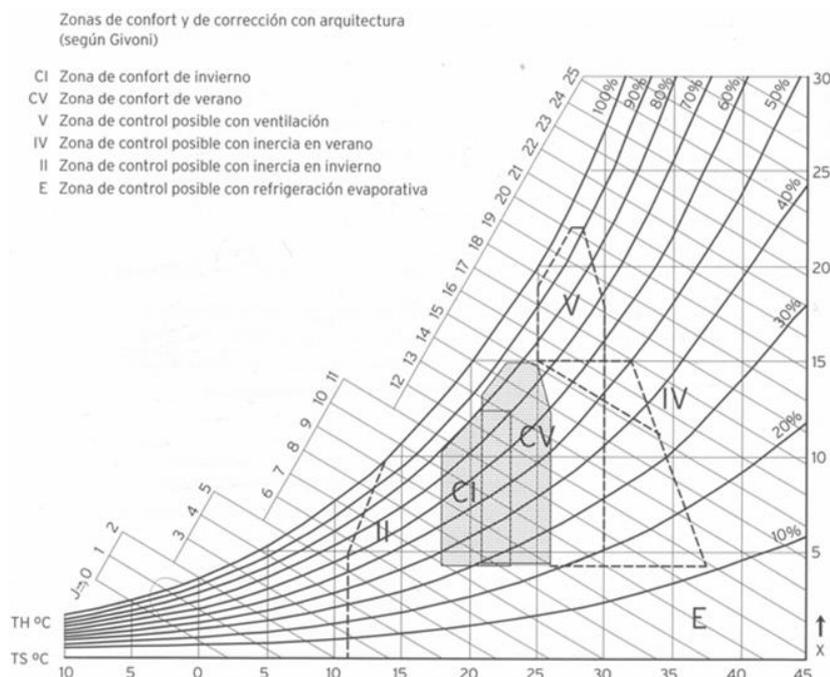
### 2.5.2. Ábaco Psicométrico de Givoni

Givoni desarrolla un ábaco en el que se determina un rango de confort térmico y las estrategias arquitectónicas para devolver las condiciones del ambiente hacia dicho rango.

Según Serra et al (2005), para desarrollar el ábaco, Givoni parte del análisis de confort, estableciendo un equilibrio entre las pérdidas y ganancias del cuerpo, y evaluando la cantidad necesaria de transpiración para mantener el equilibrio térmico en el cuerpo.

Partiendo de la evaluación de confort, Givoni propone el ábaco psicométrico y desarrolla las posibles estrategias de corrección arquitectónica mediante sistemas pasivos como la ventilación, la inercia térmica y la refrigeración.

**Gráfico 2: Ábaco de Givoni**



**Fuente:** Arquitectura y Energía Natural. Serra y Coch, 1995

*“El rango de confort térmico establecido en el ábaco de Givoni es relativo debido a los factores de confort que no se consideran y debe definirse e interpretarse con flexi-*



*bilidad; de este modo, el rango establecido para las condiciones de invierno debe definirse a menores temperaturas que la de verano, así como las áreas de corrección arquitectónica”.* (Serra & Roura, 2005)

## **2.6. Transmitancia Térmica (Valor U)**

Se define la Transmitancia térmica como: *“Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre dos ambientes separados por dicho elemento. Por lo tanto, su unidad en el Sistema Métrico Decimal es  $W/(m^2 \cdot K)$ , Watt por metro cuadrado por Kelvin”.* (Blender, 2015). El calor es energía en tránsito; siempre fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura, con lo que eleva la temperatura de la segunda y reduce la de la primera, siempre que el volumen de los cuerpos se mantenga constante.

### **2.6.1. Formas de transmisión de calor.**

Es importante tener presente los mecanismos de transmisión del calor para comprender el comportamiento térmico de un edificio, pudiendo presentarse de tres formas diferentes (Microsoft Corporation, 2008):

- a.- Conducción. - En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. El calor se transmite a través de la masa del propio cuerpo.
- b.- Convección. - Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección.
- c.- Radiación. - La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, pueden estar separadas por un vacío.

## **2.7. Programa Ecotect**

Es un software de análisis de diseños sustentables AUTODESK ECOTET basado en el método de admitancias desarrollado por el Chatered Institute of Building Service Engineers (CIBSE). *“Ecotect es una herramienta enfocada a la participación desde la*



*etapa conceptual de un determinado proyecto. La contextualización del proyecto arquitectónico liga a un entendimiento global del clima, pues de éste depende la arquitectura. La optimización o regulación de las condiciones climáticas es el proceso que permite brindar confort térmico de forma sustentable al habitante”.* (Toledo, 2011)

Para saber qué programa es el más idóneo para el estudio, se consideran los siguientes aspectos:

- Software de dominio público.
- Licencia estudiantil.
- Compatibilidad con programas manejados en el medio, línea Autodesk.
- Compatibilidad con motores de cálculo.
- Interfaz, simulación y diseño.
- Acceso a base de datos meteorológicos.

En la tabla 4 se observa que el software Ecotect es el que tiene mayor puntuación para ser utilizado en nuestro caso de estudio. El software Ecotect es de gran ayuda porque permite analizar las propuestas planteadas para saber si están dentro de la zona de confort.

**Tabla 4:** Características y selección de software

|                                   | Designbuilder | EnergyPlus | EnerCAD  | Ecotect  | ESP-r    | SolaCalc | PC-Solar | Geosol |
|-----------------------------------|---------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| Software de dominio público       |               |            |          |          | x        |          |          | x      |
| Licencia estudiantil              |               |            |          | x        |          |          |          |        |
| Compatibilidad, línea Autodesk    | x             |            |          | x        |          |          |          |        |
| Compatibilidad motores de cálculo | x             |            |          | x        |          |          |          |        |
| Interfaz                          | x             |            | x        | x        | x        | x        | x        | x      |
| Simulación                        | x             | x          | x        | x        | x        | x        | x        | x      |
| Diseño                            | x             |            | x        | x        | x        | x        | x        |        |
| Base de datos meteorológicos      | Limitada      |            | Limitada | Limitada | Limitada | Limitada | Limitada |        |

Fuente: Software Ecotec

Elaboración: el autor.

Este software ofrece una amplia gama de simulaciones y análisis de funcionamiento energético que permite mejorar el rendimiento de los edificios existentes o en el diseño de otros nuevos, siendo una herramienta útil al momento de diseñar, ya que va desde modelos generales del edificio hasta el detalle. Sus características son (Gutiérrez, 2010):



## Universidad de Cuenca

- Análisis energético del edificio: calcula el total de energía utilizada y las emisiones de carbono en el modelo del edificio. El cálculo puede hacerse anual, mensual, diario y horario, a partir de una base de datos global de información meteorológica.
  - Comportamiento térmico: calcula las cargas y requerimientos de enfriamiento y calentamiento, y analiza los efectos de los ocupantes, las ganancias internas, infiltraciones y equipos.
  - Uso del agua y evaluación de costos: calcula una estimación del uso de agua dentro y fuera del edificio.
  - Radiación Solar: permite visualizar la incidencia solar y la radiación en ventanas y otras superficies, en cualquier período de tiempo.
  - Luz día: calcula los factores de luz día y niveles de luminosidad en cualquier punto del modelo.
  - Sombras y reflejos: muestra la posición solar y el recorrido relativo con respecto al modelo, en cualquier fecha, hora y ubicación.
- Para los materiales:

Las propiedades térmicas de los materiales que se consideran para el cálculo en el programa Ecotect son las siguientes:

- **Valor-U:** Es la transmisión aire-aire de un material debido a la conductividad térmica de los materiales constitutivos y la convección y los efectos radiativos de sus superficies y cavidades. Es el recíproco de la resistencia total al flujo de calor y sus unidades SI son  $W / m^2 K$ .
- **Admitancia:** Representa su capacidad de absorber y liberar energía de calor y define su respuesta dinámica a las fluctuaciones cíclicas en las condiciones de temperatura. Sus unidades están también en  $W / m^2 K$ .
- **Absorción solar:** Es la porción de radiación solar incidente sobre una de las superficies de material que es absorbida. Este valor interviene



## Universidad de Cuenca

indirectamente en los cálculos térmicos de ganancias solares y la temperatura sol-aire. Se mide en una escala de 0-1.

- **Transparencia:** Define la cantidad de luz visible transmitida a través del material. Se mide en una escala de 0-1. Para materiales opacos este valor es 0, mientras que para un cristal varia en relación a su espesor y limpieza llegando hasta un valor de 0.96.
- **Disminución térmica:** Es la relación existente en la fluctuación de la temperatura máxima en una de las superficies del material hacia la superficie opuesta, medida como una proporción (0-1).

En el cristal es equivalente al índice de refracción, propiedad del cristal que afecta a la luz incidente, y por lo tanto la radiación solar y las sombras.

- **Retraso térmico:** Es el tiempo en que tarda la energía térmica en pasar de la superficie exterior a la superficie interna. Se mide en horas decimales.

Para el cristal, este valor equivale a la ganancia solar que es la cantidad de radiación incidente de onda corta solar que se transmite a través del cristal y su efecto sobre los flujos de calor interno.



## CAPÍTULO III.

### MARCO LEGAL.

#### 3.1. Código Ecuatoriano de la Construcción

Con el objetivo de conocer cuáles son las normas para centros de culto, se menciona El Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas de Arquitectura y Urbanismo:

Citaremos solo los artículos que servirán para el análisis de la edificación.

#### **Sección Décima Quinta: Edificios destinados al culto:**

**Art.403 Alcance:** Las edificaciones destinadas al culto, a más de las normas de esta Sección, cumplirán con todas las disposiciones especificadas en el Capítulo IV, Sección Octava, referida a salas de espectáculos de la presente normativa.

**Art.404 Área de sala:** El área de la sala de estos locales, se calculará a razón de dos asistentes por metro cuadrado.

**Art.405 Volumen de aire:** El volumen total mínimo de la sala, se calculará a razón de 2.50 m<sup>3</sup>. de aire por asistente.

**Art.406 Altura libre mínima:** La altura mínima en cualquier punto de la sala, medida desde el nivel de piso al cielo raso, no será menor a 3.00 m. libres.

De acuerdo al Art. 403 de esta normativa, se menciona los requerimientos de la Sección Octava, referida a salas de espectáculos:

#### **Sección Octava: Salas de espectáculos:**

**Art.269 Alcance:** Además de las normas señaladas en la presente normativa, cumplirán con las disposiciones de esta Sección los edificios o locales que se construyan, se adapten o se destinen para teatros, cines, salas de conciertos, auditorios, y otros locales de uso similar.

**Art.270 Capacidad:** De acuerdo a su capacidad, las edificaciones se dividen en cuatro grupos:

- a) Primer grupo: capacidad superior o igual a 1.000 espectadores.



## Universidad de Cuenca

- b) Segundo grupo: capacidad entre 500 y 999 espectadores.
- c) Tercer grupo: capacidad mayor o igual a 200 hasta 499.
- d) Cuarto grupo: capacidad mayor o igual entre 50 y 199 espectadores.

La edificación a intervenir está en el **cuarto grupo** de esta normativa.

**Art.271 Accesos y salidas:** En caso de instalarse barreras en el acceso para el control de los asistentes, éstas deberán contar con dispositivos adecuados que permitan su abatimiento o eliminen de inmediato su oposición con el simple empuje de los espectadores, ejercido de adentro hacia afuera.

**Art.272 Puertas:** Las puertas principales de acceso comunicarán directamente con la calle o con pórticos, portales o arquerías abiertas a dichas calles, y estarán a nivel de la acera a la que comunican sin interposición de gradas.

**Art.274 Ventanas:** En ninguna ventana de un local de reuniones podrán instalarse rejas, barrotes o cualquier otro objeto que impida la salida del público por dicha abertura en caso de emergencia. Este requisito no se aplicará a las ventanas colocadas en lugares que no estén en contacto con el público.

**Art.275 Corredores:** El acceso se calculará a razón de 1.20 m. por cada 200 espectadores que tengan que circularlo. El ancho mínimo será de 1.50 m.

**Art.276 Corredores interiores:** Los pasillos interiores cumplirán con las siguientes condiciones:

- a) Ancho mínimo de pasillos longitudinales con asientos a los dos lados: 1.20 m.
- b) Ancho mínimo de pasillos longitudinales con asientos a un solo lado: 1.00 m.
- c) Podrán disponerse pasillos transversales, además del pasillo central de distribución, siempre y cuando aquellos se dirijan a las puertas de salida.

**Art.279 Ventilación:** El volumen mínimo del local se calculará a razón de 2.50 m<sup>3</sup>., por espectador o asistente, debiendo asegurarse 4 cambios de volumen total



de aire en una hora, sea con sistemas de ventilación natural o mecánica, que asegure la permanente pureza del aire y su renovación.

Además, se tomará en cuenta lo establecido en el Capítulo III, Sección Segunda referida a iluminación y ventilación de locales de la presente normativa.

### **Sección Segunda: Iluminación y Ventilación de locales**

**Art.69 Áreas de iluminación y ventilación de locales:** Todo local tendrá iluminación y ventilación naturales por medio de vanos que permitan recibir aire y luz natural directamente desde el exterior. En caso de baños, escaleras, pasillos, parqueaderos, bodegas y otros espacios cerrados, se ventilarán e iluminarán según los artículos 71 (Ventilación e iluminación indirecta) y 72 (Ventilación por medio de ductos).

El área mínima total de ventanas para iluminación será del 20% de la superficie útil del local.

El área mínima para ventilación será del 30% de la superficie de la ventana, porcentaje incluido dentro del área de iluminación indicada.

Los artículos mencionados anteriormente permiten indicar si la edificación a intervenir cumple o no con los requisitos planteados en esta ordenanza.

### **3.2. Normativas en eficiencia energética**

El continuo progreso del ser humano ha ido consumiendo los recursos no renovables para satisfacer sus necesidades. Este consumo descontrolado ha conducido, a países de mayor desarrollo, a la aplicación de tecnologías de eficiencia energética. Esta búsqueda actual de tecnologías que permitan administrar de mejor manera la energía tiene su origen en el agotamiento del petróleo y el costo económico que representa. Su aplicación está ligada a la implementación de políticas estatales y a una conciencia sobre el problema medio ambiental que sufre nuestro planeta. (Toledo, 2011)

La aplicación de estas normativas data desde los griegos. Ya en el siglo IV a.C., se prohibió el uso de leña de olivo para producir carbón. En la isla de Kos se establecieron impuestos a la venta de madera utilizada para calefacción, y en Delos se impuso restricciones en la venta de carbón. Posteriormente, los romanos llegaron al punto de



tener que importar leña y carbón natural para satisfacer sus demandas. Actualmente, las políticas de eficiencia energética a nivel internacional son desarrolladas por la Agencia Internacional de Energía conformada por 28 países ubicados en el hemisferio norte y sur.

### 3.3. Norma ISO 7730

En la norma internacional ISO7730 se preestablecen condiciones límites, dando rangos, tanto para la temperatura de bulbo seco como para la humedad relativa; es así que, para verano las condiciones propuestas son:  $23\pm 3^{\circ}\text{C}$  a  $24.5\pm 1^{\circ}\text{C}$ , con un 60% de humedad relativa; a su vez, los rangos preestablecidos para inviernos son:  $19\pm 4^{\circ}\text{C}$  a  $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ , con el 40% de humedad. Es importante mencionar que dentro de la norma no se hace referencia del método por el cual se proponen estos rangos. En lo referente a la velocidad del viento, se considera, por estar en ambientes interiores, una velocidad de  $< 0.1\text{m/s}$ . (AENOR, 2006)

### 3.4. Real Decreto 486/1997

#### Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

Dentro de las normativas que regulan los niveles de confort térmico óptimo para espacios interiores, el Real Decreto 486/1997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que se aplican a los lugares de trabajo (Ver Anexo A: Real Decreto 486/1997). En el Decreto se destaca que la temperatura a la cual deben estar expuestos los usuarios de locales en los cuales se realicen trabajos sedentarios, propios de oficinas, debe estar en un rango entre  $17^{\circ}\text{C}$  y  $27^{\circ}\text{C}$ , y en los locales donde se realicen **trabajos ligeros estará comprendida entre los  $14^{\circ}\text{C}$  y  $25^{\circ}\text{C}$** . Adicional se indica que la humedad relativa a la cual están expuestos los ocupantes debe estar comprendida entre el 30% y 70%, excepto en locales donde existan riesgos por electricidad estática, en donde el límite inferior será del 50%. (Boletín Oficial del Estado, 1997)

### 3.5. Normativa ecuatoriana en eficiencia energética en las edificaciones

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) se encarga de formular las normas técnicas, teniendo como concepto básico satisfacer las necesidades locales. Se divide en dos aspectos: los reglamentos son opcionales y las normativas son obligatorias. Entre



## Universidad de Cuenca

sus apartados sobre la eficiencia energética, cuenta con los siguientes documentos normativos:

En mayo de 2009 fue aprobada la Norma Técnica Ecuatoriana “NTE INEN 2506:09, Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos”, cuyo objetivo es establecer los parámetros que debe cumplir un edificio para reducir a límites sostenibles su consumo de energía y conseguir, asimismo, que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable. La aplicación de la normativa es voluntaria.

En abril de 2011 fue aprobada la Norma Ecuatoriana de la Construcción “NEC 11, Capítulo 13, Eficiencia Energética en la Construcción en el Ecuador”, que tiene como objetivo establecer las especificaciones y características técnicas mínimas a ser tomadas en cuenta en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de las edificaciones en el país, para reducir el consumo de energía y recursos necesarios, así como establecer los mecanismos de control y verificación.

La NEC 11, Capítulo 13, señala que el rango de confort térmico se encuentra entre los 18°C y 26 °C; y una humedad relativa entre 40% y el 65 %.

Las normas han sido elaboradas para fomentar el diseño y construcción de edificaciones bajo puntos de vista de sostenibilidad, eficiencia y buen manejo de los recursos en el Ecuador, disminuyendo, de esta manera, el consumo de combustibles fósiles y recursos no renovables, y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas. A pesar de que la aplicación de la normativa no es de carácter obligatorio, es importante reinterpretar la arquitectura, pensar en la relación del edificio con el medio, lo cual permite darle al contexto ambiental la influencia necesaria para proyectar edificios que exploten de forma eficiente los recursos naturales durante su funcionamiento.

Por lo tanto, **Las normativas ecuatorianas de arquitectura y de eficiencia energética** serán tomadas en consideración para a verificar si la capilla de la comunidad Guarangos Chico está acorde con todos los requisitos establecidos en dichas normas.



## CAPÍTULO IV.

### PROCESO METODOLÓGICO

La investigación se enmarcó en un estudio de tipo referencial, descriptivo y de campo, donde se realizaron las siguientes combinaciones:

Se partió de una necesidad puntual, donde los usuarios necesitan encontrar una solución al problema de confort térmico en la capilla de la comunidad de Guarangos Chico de la ciudad de Azogues.

#### 4.1. Recopilación bibliográfica

Esta etapa de investigación se desarrolló en base a la revisión bibliográfica de documentos como artículos, páginas web y tesis relacionadas con el tema. Esto con el fin de conocer la metodología, los parámetros que intervienen en el confort térmico y las estrategias que aplican.

En cuanto a las investigaciones pertinentes al tema de estudio.

#### **Caso de Estudio 1:** Iglesia de San Francisco de Asís, Morón de la Frontera

La primera referencia fue el estudio realizado por los arquitectos Jaime Navarro, Ángel León y Carmen Muñoz con el tema: *“La Monitorización y simulación higrotérmica como herramienta para la mejora del confort, preservación y ahorro energético de espacios patrimoniales. El Caso de la iglesia de San Francisco de Asís, Morón de la Frontera”*. En este trabajo se describe las técnicas de acondicionamiento ambiental en espacios de culto. El objetivo principal es diseñar y evaluar un sistema de climatización que mejore las condiciones de confort térmico de los feligreses y preservación del patrimonio de estos edificios con el mínimo consumo energético. Para ello, monitorean por más de un año, registrando la temperatura y humedad relativa en diferentes zonas del espacio principal de la iglesia. La segunda etapa consiste en la elaboración de modelos de simulación ambiental que reproduzcan con suficiente fiabilidad el comportamiento higrotémico de dicho espacio. Los modelos de simulación son



validados a partir de las medidas registradas in situ. Por último, y a partir de los modelos de simulación anteriores, se evalúa la pertinencia de implementar diferentes sistemas de HVAC (aire acondicionado o calefacción) sobre las condiciones ambientales del recinto de estudio y su eficiencia energética. (Jaime Navarro, Ángel León, Carmen Muñoz, 2014)

Este estudio es el más aproximado, ya que también realizan monitoreo de temperatura y humedad relativa, y simulan el comportamiento de la edificación. La diferencia es que ellos plantean implementar sistemas de acondicionamiento HVAC.

**Caso de Estudio 2:** Museo de la Música de la ciudad de Loja

La segunda referencia es la normativa de arquitectura y urbanismo del Ecuador, donde se manifiesta que los centros de culto y salón de eventos tienen requisitos similares. Se toma como referencia el trabajo de Juan Pablo Toledo Espejo: *“Análisis del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico. Aplicación software Ecotect”*, previo a la obtención del título de arquitecto en la Universidad Técnica Particular de Loja. En esta tesis se investiga el salón de eventos del Museo de la Música de la ciudad de Loja, donde se analiza las temperaturas horarias y ganancias pasivas en dicho espacio, y se determina las estrategias de diseño pasivo. También se crea un fichero climático para la ciudad de Loja y se evalúa el comportamiento térmico con el uso del Software Ecotect. (Toledo, 2011)

Esta investigación propone estrategias de diseño pasivo para el salón de eventos, con el objetivo de reducir las altas temperaturas que se generan cuando el local está en uso.

**Conclusión:**

Los dos estudios tomados como referencia, ayudan a comprender de mejor manera la metodología que se puede aplicar en la presente investigación.

El primer caso la toma de datos de temperatura y humedad relativa servirá a nuestro estudio y en el segundo las estrategias de diseño pasivo.



## 4.2. Campaña Experimental

En esta fase se plantea hipótesis y objetivos para poder resolver el problema. Se define la población y la muestra que será la gente y la capilla de la comunidad de Guarangos Chico. La etapa experimental se inició con un estudio de las preexistencias del sector, se realizó el levantamiento planimétrico de la capilla, un estudio de soleamiento, se identificaron los materiales que componen la mampostería, cubierta, piso, ventanas y puerta. Con ayuda del software Ecotect se definieron las propiedades físicas y térmicas de los materiales.

Con el aparato “Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker”, se realizaron mediciones de temperatura y humedad relativa, cada media hora, durante todo el día y todo el mes de junio, donde se celebran las festividades en honor a su patrono San Pedro y ocurre el solsticio de invierno. Los datos permitieron saber el comportamiento térmico de la capilla. Realizado el análisis y localizado las causas del problema, se plantearon estrategias de diseño pasivo y se realizaron propuestas con diferentes materiales. Se compararon los resultados para saber cuál funciona mejor térmicamente.

### **Justificación de la fecha de toma de datos:**

La toma de datos se realizó todo el mes de junio, pues en dicho mes se realizan las festividades en honor a su patrono San Pedro (GAD Parroquia San Miguel, 2015); por lo tanto, es el mes donde se realizan las mayores actividades de esta comunidad.

Además, en el mes de junio ocurre el solsticio de invierno, considerado como una fecha representativa para ver el comportamiento térmico de la edificación. (Cordero & Guillén, 2013).

Las mediciones realizadas en el sitio permitieron comparar las temperaturas del mes de junio con cada una de las propuestas, obteniendo resultados más acercados a la realidad. También se realizaron los cálculos, simulando que la capilla está ocupada desde las 9:00 hasta las 18:00 horas, con la finalidad de que pueda ser usada para actividades similares, como reuniones de la catequesis y de la comunidad.



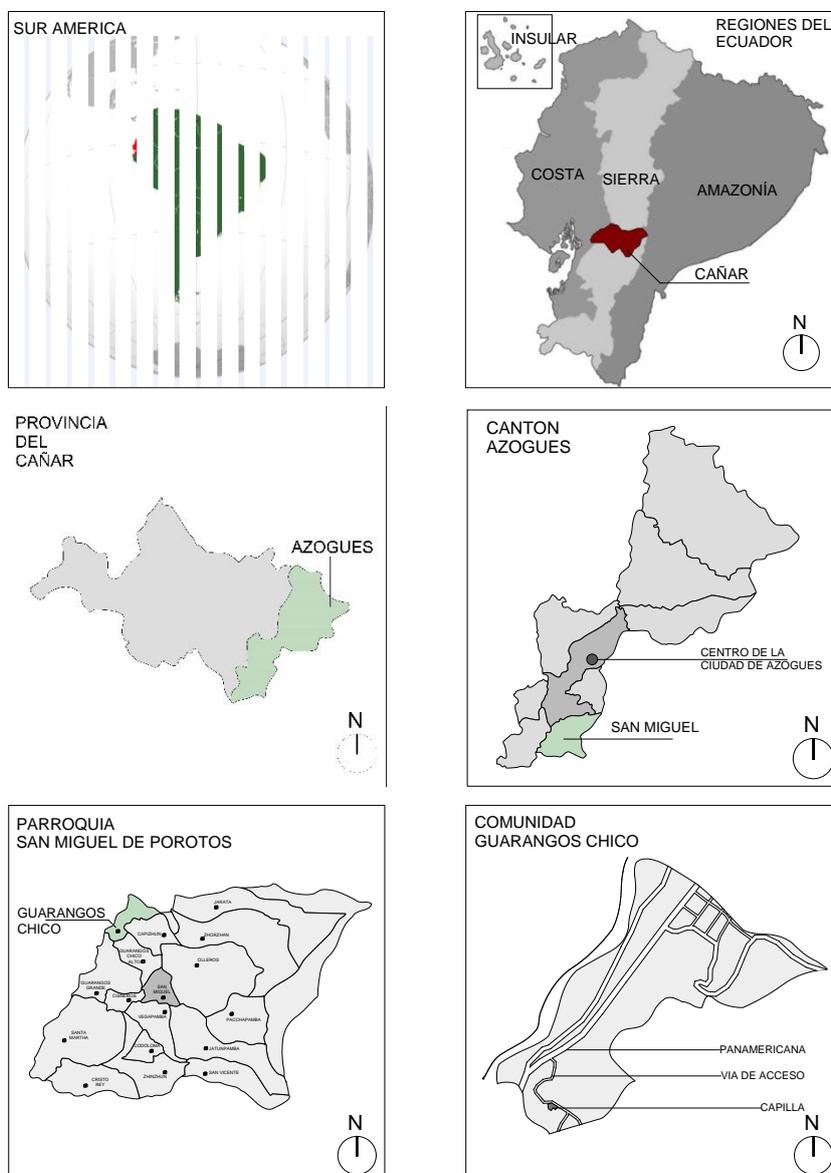
## CAPITULO V.

### ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN.

#### 5.1. Ubicación.

La comunidad de Guarangos Chico pertenece a la parroquia de San Miguel de Porotos del cantón Azogues, provincia del Cañar, país Ecuador.

**Grafico 3: Ubicación**



Elaboración: el autor.



La capilla se ubica al sur de la ciudad de Azogues, en las coordenadas  $2^{\circ}47'4''S$ ;  $8^{\circ}51'20''O$ , a una altura promedio de 2500 msnm, a 5 km aproximadamente del centro de la ciudad, y a 170 metros de la vía panamericana.

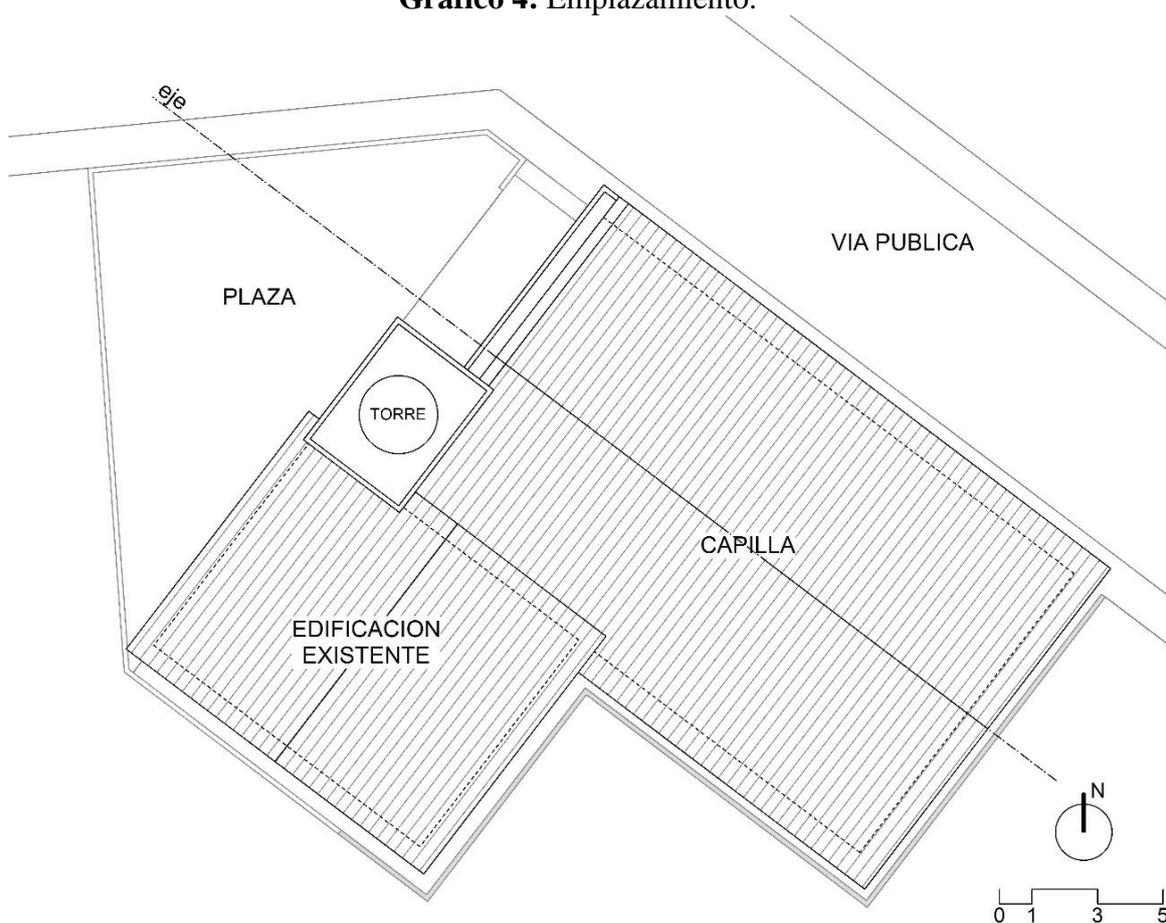
## 5.2. Factores técnicos

Para el análisis de la edificación se van a estudiar los siguientes factores técnicos: orientación, arquitectónico y constructivo.

### 5.2.1. Orientación

El eje mayor de la capilla tiene una inclinación de  $52,70^{\circ}$  con relación al norte cardinal; por lo tanto, la capilla está orientada siguiendo dicho eje. Esta información servirá para analizar el soleamiento en la edificación.

**Gráfico 4:** Emplazamiento.



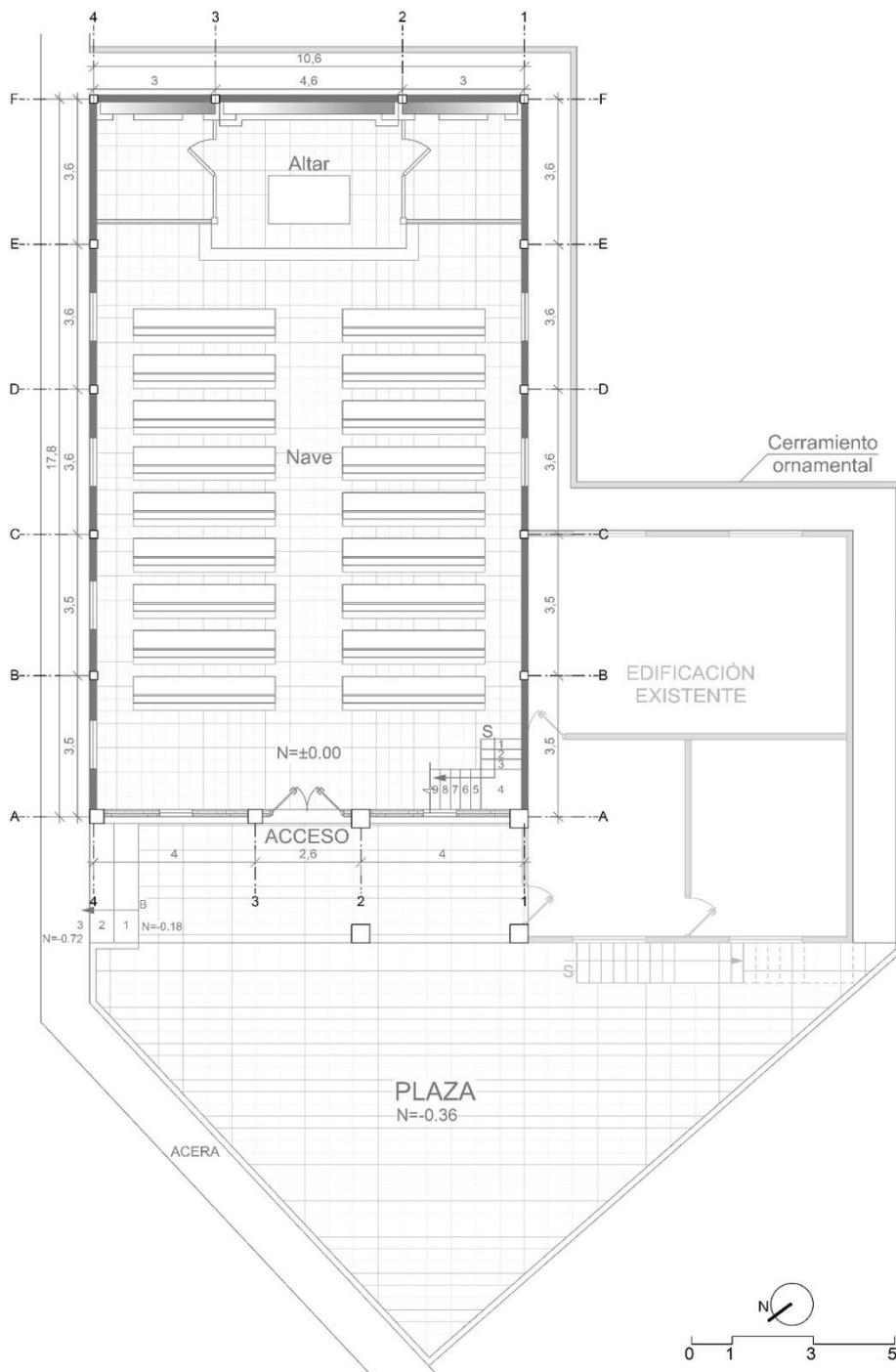
Elaboración: el autor.



### 5.2.2. Factor Arquitectónico

Se realizó el levantamiento arquitectónico de la capilla y se tomó en cuenta la volumetría de la edificación colindante (bloque de aulas), para ver cómo influye en el comportamiento térmico.

**Grafico 5: Planta Arquitectónica**

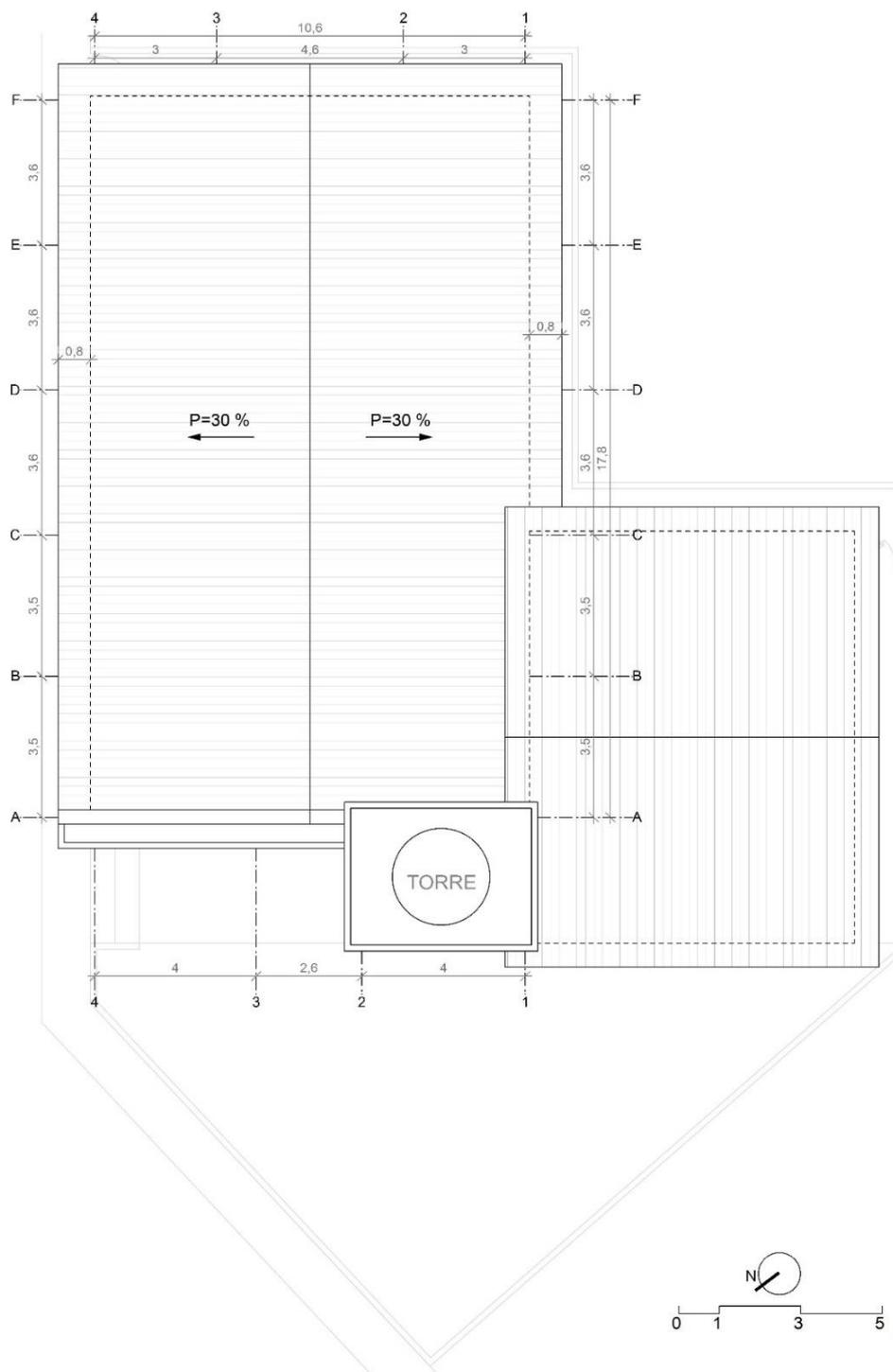


Elaboración: el autor.



La planta se desarrolla en torno a una nave central y la torre del campanario, se ubican dos filas de bancas, que miran directamente así el altar; el mismo que esta, dos niveles arriba para facilitar la visión de los usuarios con el sacerdote.

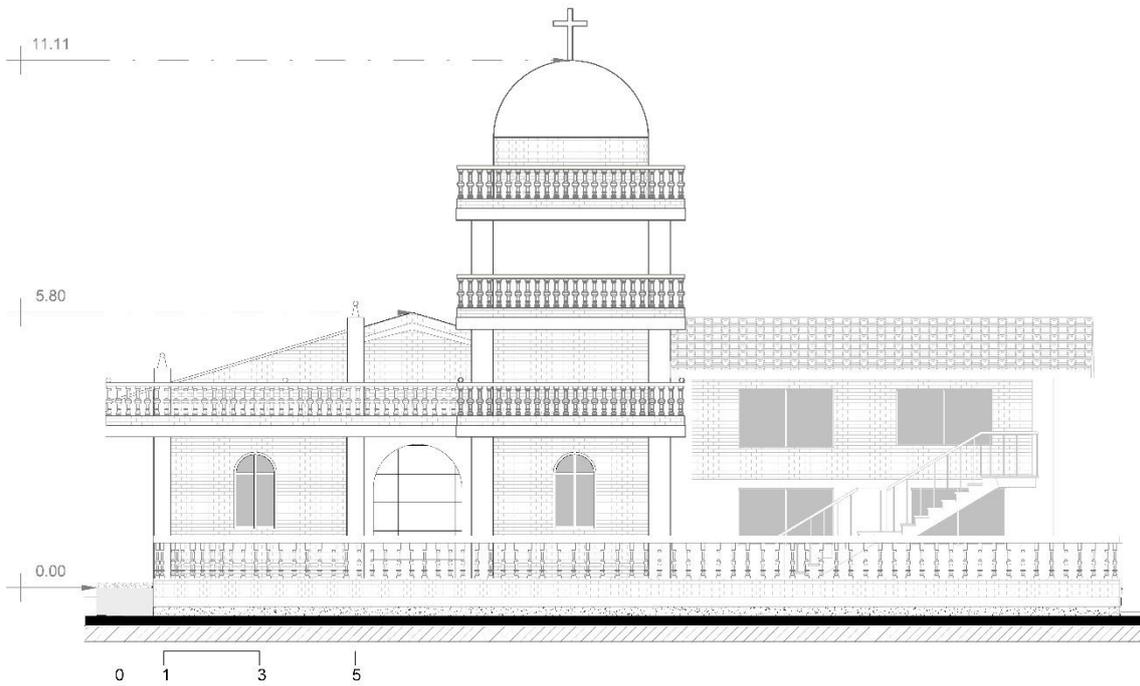
**Grafico 6:** Planta de cubierta



Elaboración: el autor.

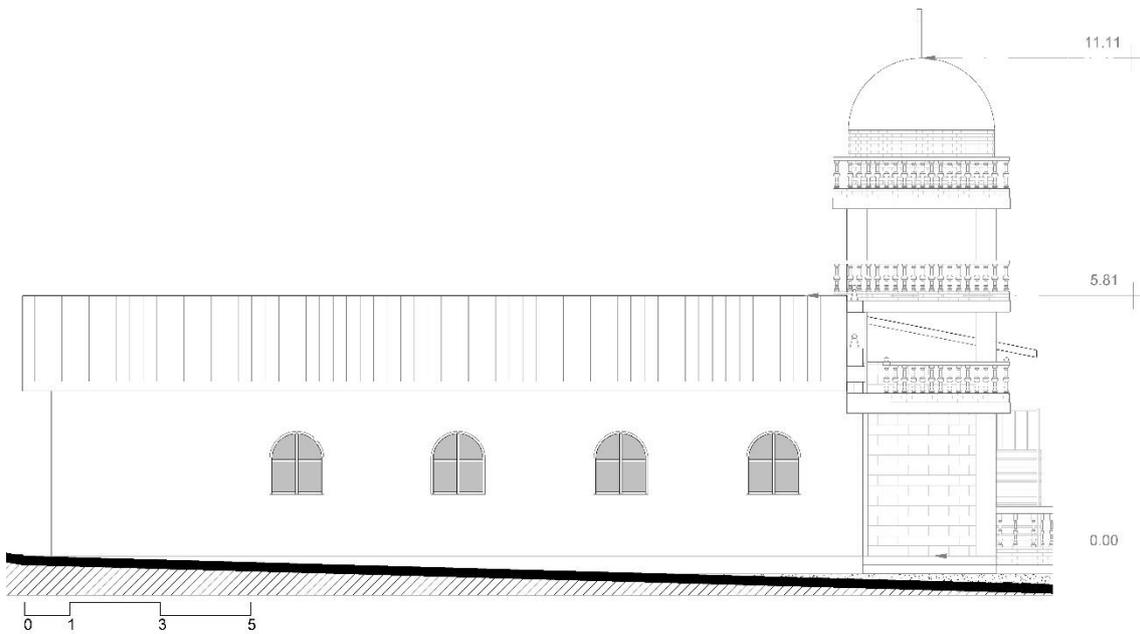


**Gráfico 7:** Elevación frontal.



Elaboración: el autor.

**Gráfico 8:** Elevación lateral izquierda.



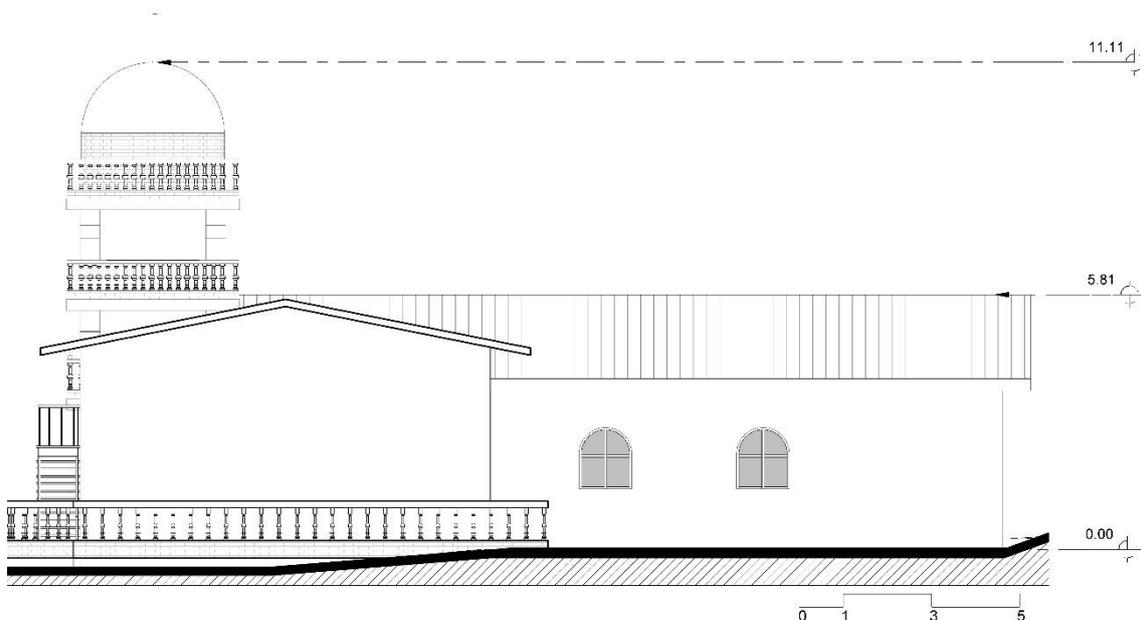
Elaboración: el autor.



La topografía donde se emplaza la edificación es mínima (8%), por lo que no influye en el presente estudio.

La planta de cubierta servirá para analizar cuánta protección brinda los aleros contra la radiación solar.

**Gráfico 9:** Elevación lateral derecha.



Elaboración: el autor.

Existen solo dos ventanas en la fachada lateral derecha, a diferencia de la fachada opuesta donde existen cuatro. Las fachadas ayudan al cálculo según la normativa del porcentaje de vanos para iluminación y ventilación.

### **Función**

La tipología funcional es de uso religioso. Se celebra la santa eucaristía cada sábado, por lo general en horas de la tarde. Se plantea aumentar las horas de uso utilizando la edificación para actividades similares.

### **Forma**

En el exterior, la edificación tiene una forma simple, en la que se dispone de 8 vanos, un acceso y un balcón que vincula el edificio con la torre del campanario. Los vanos se caracterizan por terminar en semicírculo, y el balcón por tener pilares ornamentales.



**Imagen 1:** Capilla de Guarangos Chico.



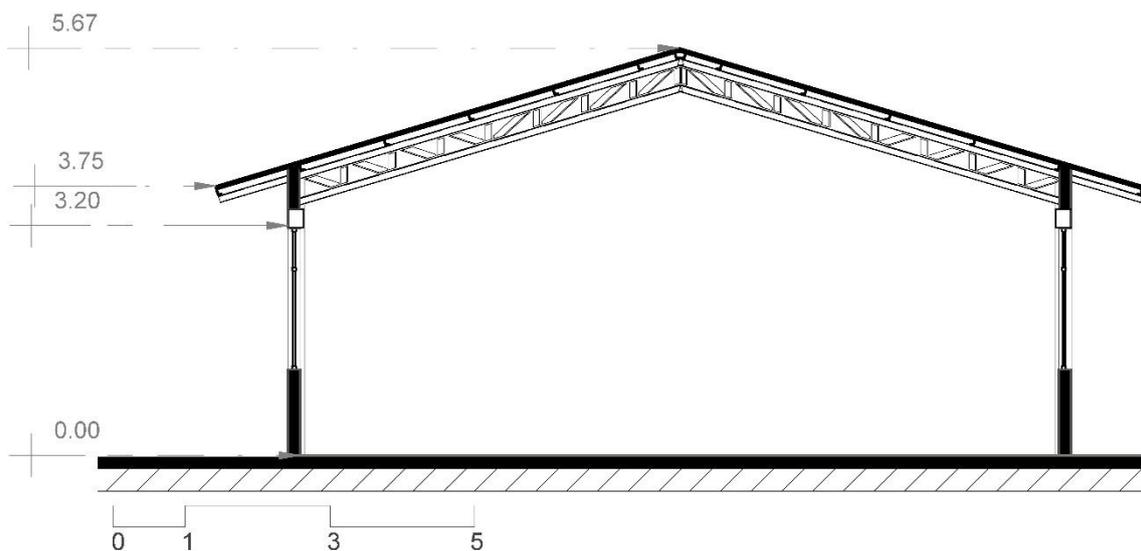
Elaboración: el autor.

Hacia el interior presenta una tipología caracterizada por ser un solo ambiente. La ornamentación está definida por arcos de medio punto en el altar y columnas rectangulares lisas en las paredes.

### 5.2.3. Sistema constructivo

La técnica constructiva consiste en pórticos de hormigón armado y los elementos de cierre vertical son de bloque y ladrillo unidos por argamasa de cemento. La cubierta es de fibrocemento sobre vigas celosías metálicas.

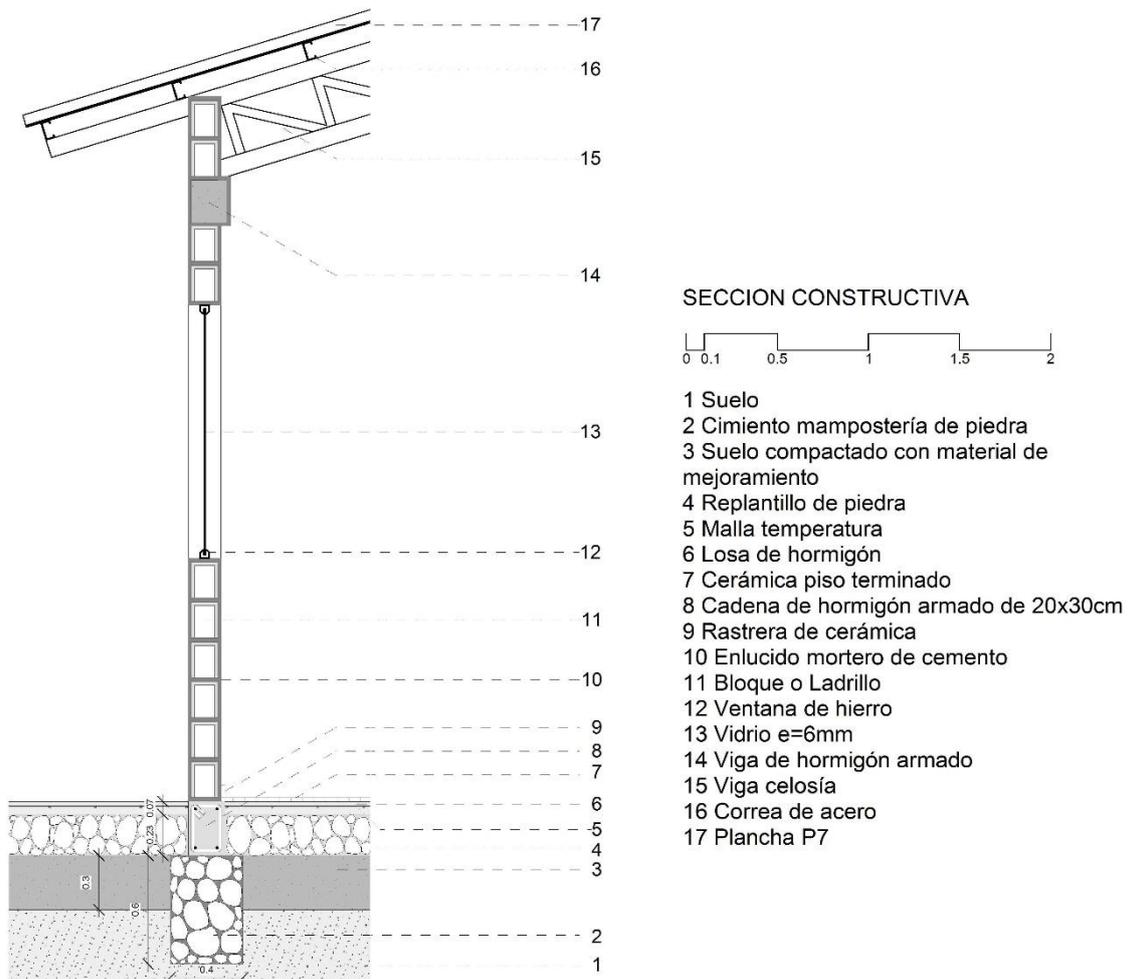
**Gráfico 10:** Sección transversal.



Elaboración: el autor.



**Gráfico 11: Sección Constructiva.**



Elaboración: el autor.

### **Resultados del análisis según las normas de arquitectura:**

Con la información obtenida es posible analizar si la edificación cumple con los parámetros establecidos en las normas de arquitectura.

Según el Art. 404, el área de la sala será de dos asistentes por metro cuadrado, es decir, las bancas utilizadas actualmente solo tendría capacidad para 126 personas.

El Art. 269, donde se divide en grupos de acuerdo a la capacidad de cada salón, la capilla se ubica en el cuarto grupo.



## Universidad de Cuenca

La altura mínima entre el piso terminado y la parte inferior de la cubierta es de 3.40m., es decir, que está dentro de lo establecido en el Art.405 (volumen de aire) y el Art.406 (altura libre).

La edificación no tiene barrera en el acceso y salida que impida la evacuación de los asistentes, cumpliendo con el Art. 271. La puerta cumple con el ancho mínimo, ya que es de 1.80m., y el corredor exterior se comunica con la acera por medio de gradas, incumpliendo con el Art. 272.

Las ventanas de la edificación cumplen con el Art. 274, no contienen ningún tipo de rejas ni barrotes que impidan la salida por dicha abertura, en caso de emergencia.

La edificación cuenta con un corredor principal de 1.60m de ancho, cumpliendo con el Art. 275.

Actualmente, existen pasillos longitudinales en la parte frontal y posterior de la capilla que se comunican al pasillo transversal que se dirige a las puertas de salida.

Las ventanas de la edificación permiten tener iluminación y ventilación natural (Art. 69). Se analizará si el tamaño de los vanos van de acuerdo a lo establecido en dicho artículo.

El área útil de la edificación donde se ubican los usuarios, es de 105m<sup>2</sup>. El 20% para iluminación a través de las ventanas es de 21m<sup>2</sup>. Según el análisis, los 8 vanos destinados para ventanas tienen un área total de 11.95m<sup>2</sup>, es decir, no cumple con el Art.69. Por consiguiente, las ventanas no tienen el área mínima para ventilación (30% de la superficie de la ventana), pues, según la normativa, se necesita 6.30m<sup>2</sup> del área total de ventanas, obteniendo actualmente solo 3m<sup>2</sup>.

Se propone cumplir con el porcentaje de la normativa cambiando el tamaño y número de ventanas. La ubicación de las ventanas opuestas: 4 en la fachada noreste y 2 en la suroeste permitirá generar ventilación cruzada.

De acuerdo al análisis realizado según las normas de arquitectura, existen artículos en los que la edificación cumple y en otros que no; sin embargo, las propuestas cumplirán con todos los artículos mencionados anteriormente.



### 5.3. Análisis de la materialidad actual de la edificación

Los materiales utilizados para la construcción son propios del medio, por lo que se analizará sus propiedades físicas y térmicas para saber cómo influyen en la edificación.

#### 5.3.1. Propiedades de los materiales

Los materiales utilizados en la edificación y que servirán para el análisis están detallados en la tabla 5.

**Tabla 5:** Materiales utilizados en la capilla de Guarangos Chico.

| ELEMENTO               | MATERIAL  |
|------------------------|---|
| Columnas               | Hormigón armado                                 |
| Vigas                  | Hormigón armado                                 |
| Fachada Frontal        | Ladrillo cerámico                               |
| Fachada Posterior      | Bloque de cemento y enlucido de cemento y arena |
| Fachada Lat. Derecha   | Bloque de cemento y enlucido de cemento y arena |
| Fachada Lat. Izquierda | Bloque de cemento y enlucido de cemento y arena |
| Pisos Interiores       | Cerámica  |
| Estructura Cubierta    | Metálica  |
| Recubrimiento Cubierta | Fibro cemento                                   |
| Cielo Raso             | No tiene  |
| Ventanas               | Vidrio esmerilado con marcos de hierro          |
| Puerta de acceso       | Hierro  |

Elaboración: el autor.

Analizado el tipo de material en la capilla, se determinó las propiedades térmicas de cada elemento, y se calculó la transmitancia térmica (valor U) del sistema constructivo utilizado, para ver cómo influye en el comportamiento térmico de la edificación.

El valor U tiene un rango de 0 a 6, cuanto menor sea dicho valor, menor será el paso de energía entre ambas caras, y por tanto, mejor las capacidades aislantes del elemento constructivo.

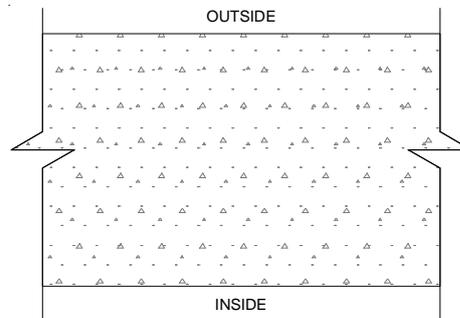
El análisis de las propiedades térmicas de los materiales utilizados se basó en los datos proporcionados por el programa de simulación energética Ecotect, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6:** Descripción de los materiales.

**CUBIERTA**

DESCRIPCIÓN: Cubierta de planchas de fibrocemento sobre estructura metálica y sin cielo raso.

| PROPIEDADES TERMICAS |                        |       |
|----------------------|------------------------|-------|
| Valor-U              | (W/m <sup>2</sup> .K): | 5,32  |
| Admitancia           | (W/m <sup>2</sup> .K): | 5,28  |
| Absorción solar      | (0 - 1):               | 0,71  |
| Transparencia        | (0 - 1):               | 0,00  |
| Disminución térmica  | (0 - 1):               | 0,99  |
| Retraso térmico      | (hrs):                 | 0,70  |
| Grosor               | (mm):                  | 10,00 |
| Peso                 | (kg):                  | 17,50 |



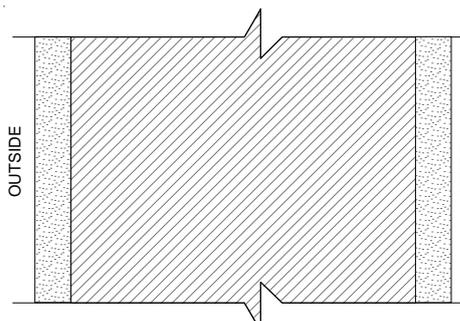
| Capas                    | Ancho (mm) | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|--------------------------|------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Planchas de Fibrocemento | 10,00      | 1750,00                       | 840,00                    | 1,02                  |

El valor U de la cubierta es alto porque este elemento constructivo no tiene cielo raso y ningún tipo de aislamiento.

**PARED DE BLOQUE**

DESCRIPCIÓN: Pared de bloque hueco de concreto con revoque en ambas caras.

| PROPIEDADES TERMICAS |                        |        |
|----------------------|------------------------|--------|
| Valor-U              | (W/m <sup>2</sup> .K): | 2.17   |
| Admitancia           | (W/m <sup>2</sup> .K): | 4.55   |
| Absorción solar      | (0 - 1):               | 0.10   |
| Transparencia        | (0 - 1):               | 0.00   |
| Disminución térmica  | (0 - 1):               | 0.58   |
| Retraso térmico      | (hrs):                 | 3.00   |
| Grosor               | (mm):                  | 180.00 |
| Peso                 | (kg):                  | 313.50 |



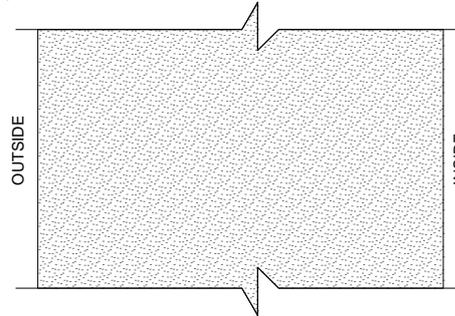
| Capas                      | Ancho (mm) | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|----------------------------|------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Mortero de cemento y arena | 15.00      | 1650.00                       | 920.00                    | 0.72                  |
| Bloque hueco de concreto   | 150.00     | 1040.00                       | 840.00                    | 0.62                  |
| Mortero de cemento y arena | 15.00      | 1650.00                       | 920.00                    | 0.72                  |

El valor U de las paredes laterales y posterior tienen una transmitancia media, según lo establecido en el programa Ecotect.

**PARED DE LADRILLO CERÁMICO**

DESCRIPCIÓN: Pared de ladrillo cerámico hueco, sin revoque.

| PROPIEDADES TERMICAS |           |        |
|----------------------|-----------|--------|
| Valor-U              | (W/m2.K): | 1.81   |
| Admitancia           | (W/m2.K): | 2.76   |
| Absorción solar      | (0 - 1):  | 0.46   |
| Transparencia        | (0 - 1):  | 0.00   |
| Disminución térmica  | (0 - 1):  | 0.75   |
| Retraso térmico      | (hrs):    | 3.00   |
| Grosor               | (mm):     | 150.00 |
| Peso                 | (kg):     | 142.50 |



| Capas                | Ancho (mm) | Densidad (kg/m3) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|----------------------|------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Ladrillo de 4 Huecos | 150.00     | 1000.00          | 840.00                    | 0.40                  |

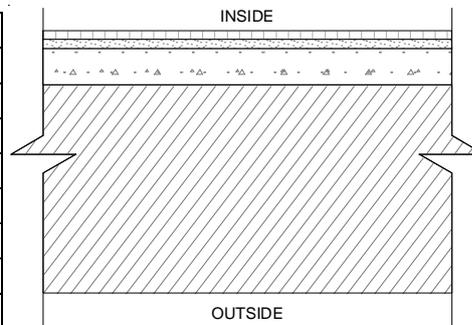
El valor U de la pared frontal tienen una transmitancia media-baja, es decir, tiene un aislamiento poco eficiente.

**PISO DE CERAMICA**

Contrapiso de hormigón y piedra con acabado de cerámica de color beige adherida con mortero de cemento.

DESCRIPCIÓN:

| PROPIEDADES TERMICAS |           |        |
|----------------------|-----------|--------|
| Valor-U              | (W/m2.K): | 1,25   |
| Admitancia           | (W/m2.K): | 4,56   |
| Absorción solar      | (0 - 1):  | 0,48   |
| Transparencia        | (0 - 1):  | 0,00   |
| Disminución térmica  | (0 - 1):  | 0,08   |
| Retraso térmico      | (hrs):    | 4,60   |
| Grosor               | (mm):     | 495,00 |
| Peso                 | (kg):     | 835,00 |



| Capas                  | Ancho (mm) | Densidad (kg/m3) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|------------------------|------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Cerámica               | 10,00      | 1900,00          | 656,90                    | 0,31                  |
| Pasta de Hormigón      | 15,00      | 2000,00          | 656,90                    | 0,75                  |
| Contrapiso de Hormigón | 70,00      | 3800,00          | 656,90                    | 0,75                  |
| Suelo Compactado       | 400,00     | 1300,00          | 1046,00                   | 0,84                  |

El valor U del piso de cerámica tiene casi la misma transmitancia térmica que la pared frontal de ladrillo.

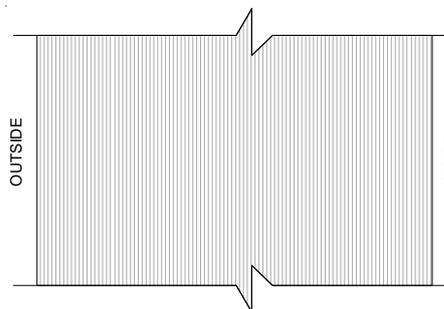


**VENTANAS**

DESCRIPCIÓN:

Las ventanas son con vidrio catedral, que es un vidrio translúcido de e=6mm, y los marcos de la ventana son de hierro pintado de color negro.

| PROPIEDADES TERMICAS            |           |       |
|---------------------------------|-----------|-------|
| Valor-U                         | (W/m2.K): | 5,44  |
| Admitancia                      | (W/m2.K): | 5,39  |
| Coef. Ganancia de calor solar   | (0 - 1):  | 0,78  |
| Transmitancia visible           | (0 - 1):  | 0,66  |
| Índice de refracción del vidrio |           | 0,99  |
| Ganancia solar                  |           | 0,37  |
| Grosor                          | (mm):     | 6,00  |
| Peso                            | (kg):     | 13,80 |



| Capas  | Ancho (mm) | Densidad (kg/m3) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|--------|------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Vidrio | 6,00       | 2300,00          | 836,80                    | 1,046                 |

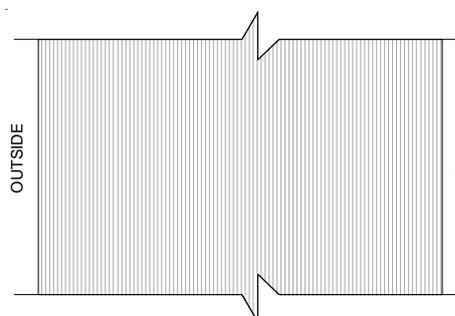
El valor U de las ventanas y la puerta de acceso es alto debido a que no tiene ningún tipo de aislamiento, permitiendo que el paso de energía sea mayor.

**PUERTA**

DESCRIPCIÓN:

La puerta de acceso es de acero de color negro y ventanas de vidrio catedral

| PROPIEDADES TERMICAS |           |       |
|----------------------|-----------|-------|
| Valor-U              | (W/m2.K): | 5,62  |
| Admitancia           | (W/m2.K): | 5,57  |
| Absorción solar      | (0 - 1):  | 0,10  |
| Transparencia        | (0 - 1):  | 0,00  |
| Disminución térmica  | (0 - 1):  | 0,99  |
| Retraso térmico      | (hrs):    | 0,40  |
| Grosor               | (mm):     | 5,00  |
| Peso                 | (kg):     | 39,50 |



| Capas | Ancho (mm) | Densidad (kg/m3) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|-------|------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Acero | 5,00       | 7900,00          | 530,00                    | 72,00                 |

Fuente: Ecotect.  
Elaboración: el autor.

Los valores de las propiedades calculados en el programa Ecotect de cada elemento constructivo que existe actualmente en la edificación, muestran materiales con alta transmitancia térmica, lo que conlleva una baja aislación térmica.



**Tabla 7:** Transmitancia térmica de los elementos constructivos.

| ELEMENTO CONSTRUCTIVO   | Valor-U (W/m <sup>2</sup> .K) |
|---|-------------------------------|
| Cubierta de planchas de fibrocemento sobre estructura metálica y sin cielo raso.  | 5.32                          |
| Pared de ladrillo cerámico, cuatro huecos, sin revoque.   | 1.81                          |
| Pared de bloque de concreto con revoque en ambas caras.   | 2.17                          |
| Contrapiso de hormigón y piedra con acabado de cerámica de color beige adherida con mortero de cemento.                                       | 1.25                          |
| La puerta de acceso es de acero de color negro y ventanas de vidrio catedral.   | 5.62                          |
| Las ventanas son con vidrio catedral, que es un vidrio translúcido de e=6mm, y los marcos de la ventana son de hierro pintado de color negro. | 5.44                          |

Fuente: Ecotect.

Elaboración: el autor.

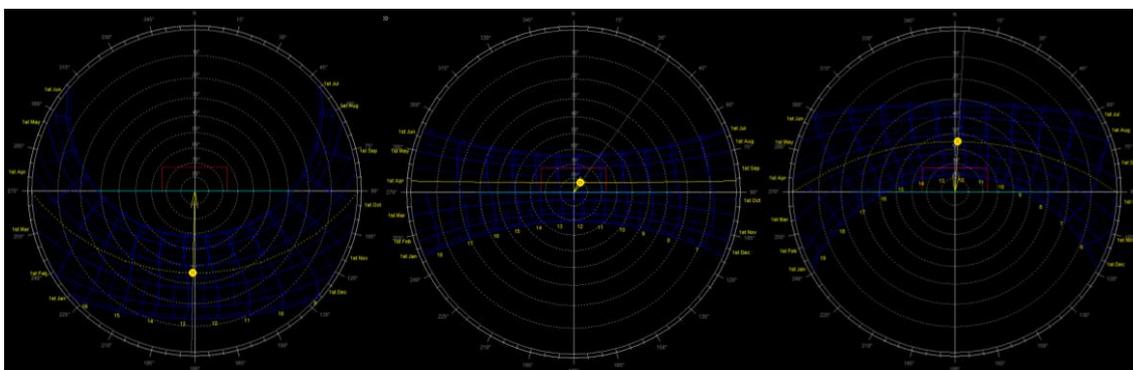
La transmitancia térmica (Valor U) de ventanas, puerta y cubierta es alta, es decir, que existe baja capacidad aislante del elemento constructivo; esto causa variación de temperatura al interior de la edificación a lo largo del día, es decir, no existe una temperatura constante.

## 5.4. Soleamiento de la edificación

### 5.4.1. Análisis del recorrido solar en el Ecuador

De acuerdo a la ubicación geográfica del Ecuador, el sol siempre está en la cúspide, contrario a lo que sucede en los hemisferios norte y sur.

**Gráfico 12:** Recorrido solar.



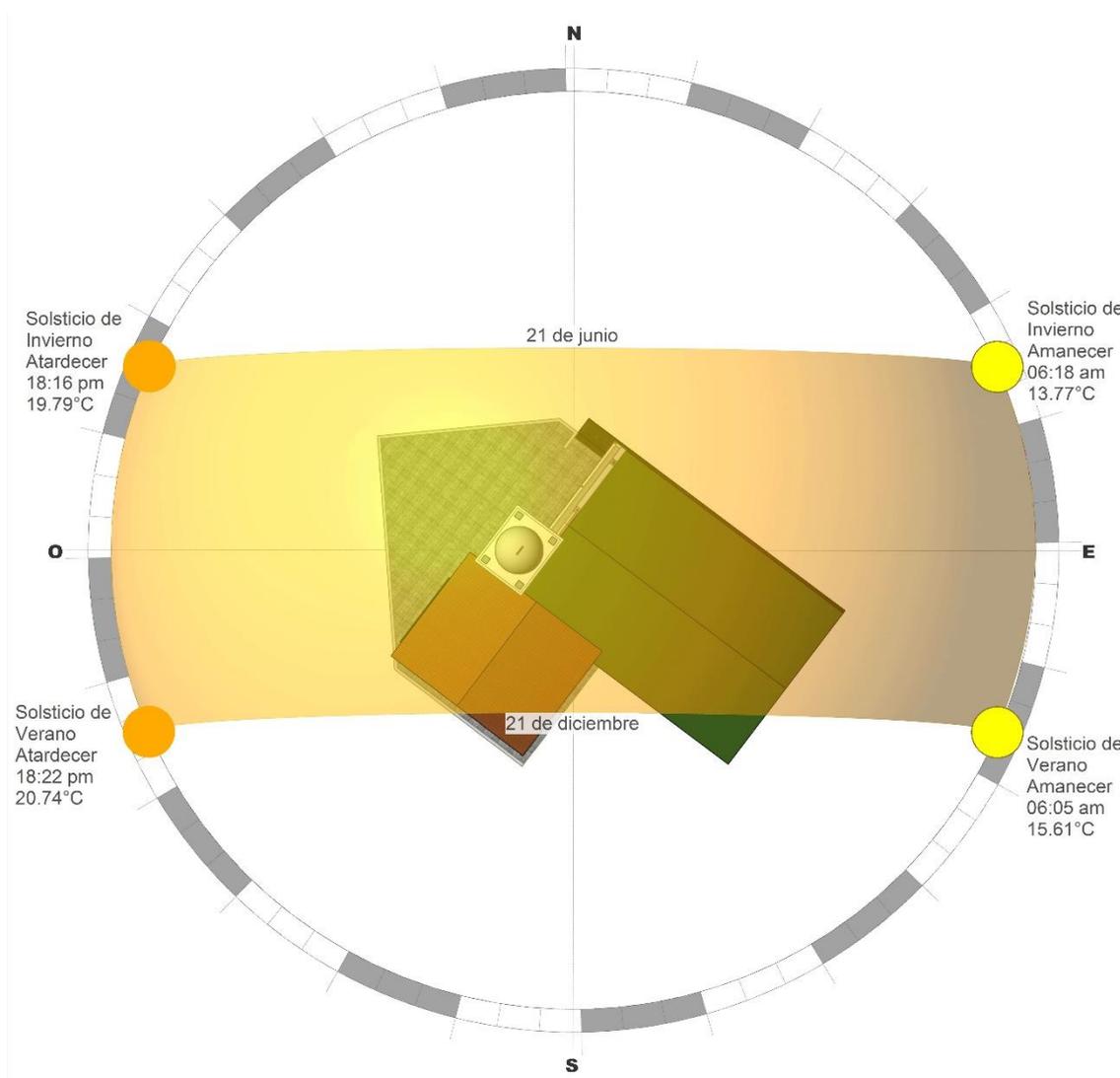
Fuente: Weather Tool.



### 5.4.2. Análisis del recorrido solar en el lugar de intervención:

Se realizó un análisis del recorrido solar, con la intención de ver cómo influye el emplazamiento con respecto a la posición del sol durante todo el año.

**Gráfico 13:** Diagrama de soleamiento.



Elaboración: el autor.

En la simulación del recorrido solar anual, se observa que la cubierta recibe radiación solar todo el año, y las paredes reciben de acuerdo a los solsticios y equinoccios.

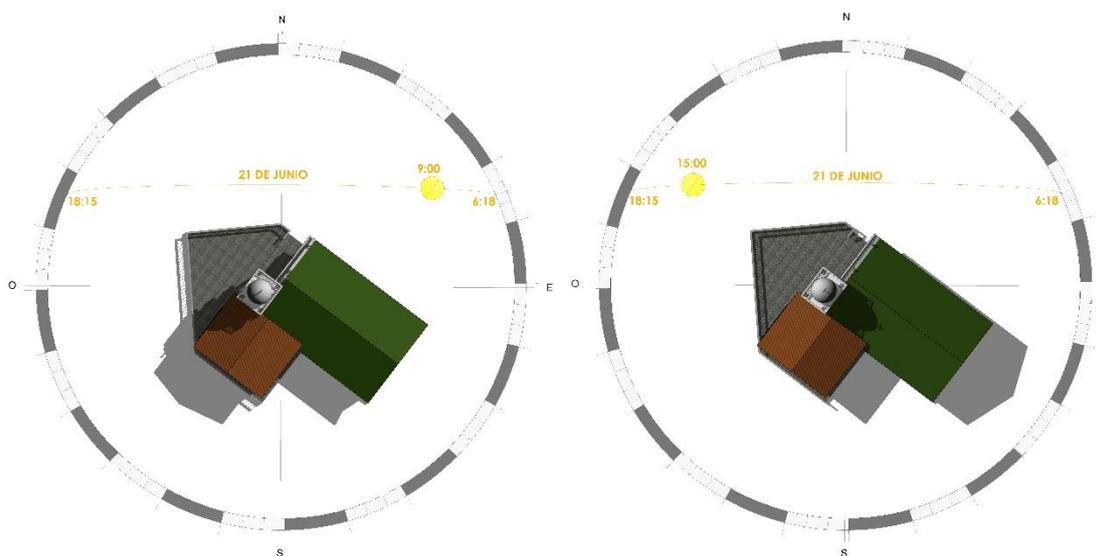
El solsticio de invierno es de gran importancia porque forma parte de uno de los días del mes donde se tomaron los datos.



### 5.4.3. Análisis en el solsticio de invierno.

En el solsticio de invierno (21 de junio) la radiación solar es captada por las paredes que dan hacia el noreste en la mañana y al noroeste en la tarde.

**Gráfico 14:** Emplazamiento de la capilla con respecto al sol, a las 9:00 y 15:00 horas.

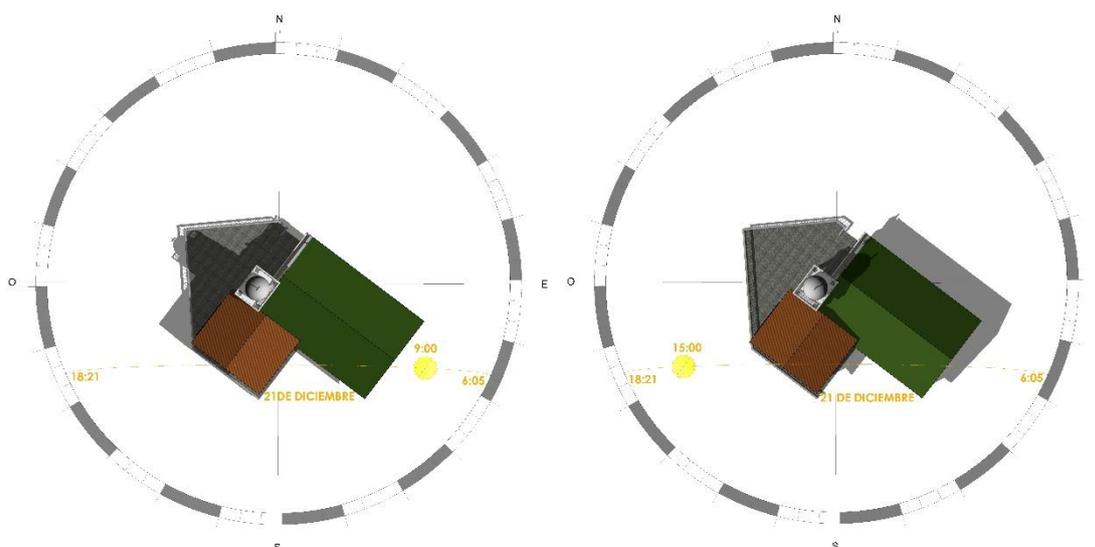


Elaboración: el autor.

### 5.4.4. Análisis en el solsticio de verano.

En el solsticio de verano (21 de diciembre) la radiación solar es captada por las paredes que dan hacia el sureste en la mañana y en la tarde hacia el suroeste.

**Gráfico 15:** Emplazamiento de la capilla con respecto al sol, a las 9:00 y 15:00 horas.



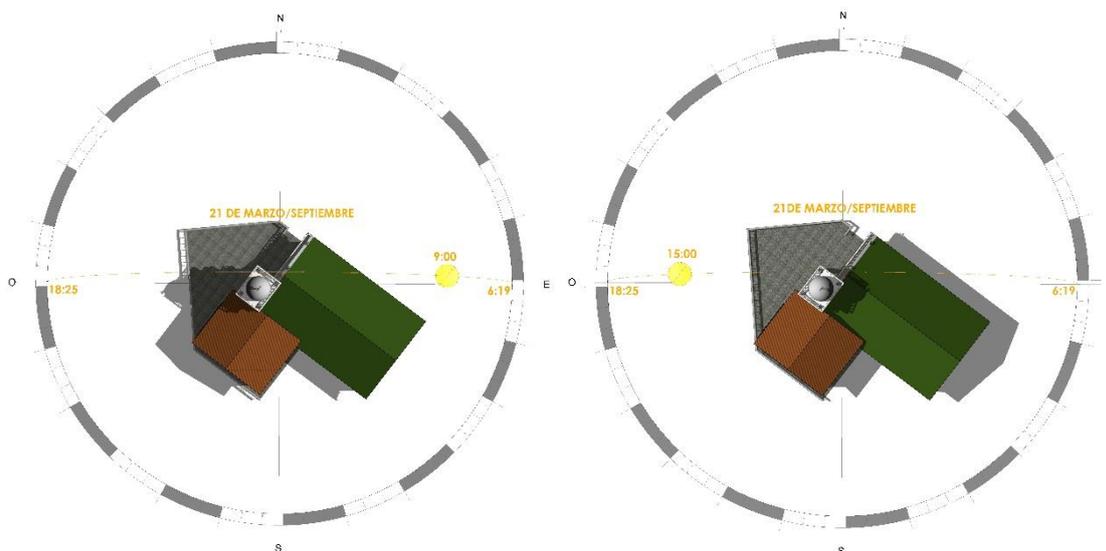
Elaboración: el autor.



### 5.4.5. Análisis en los equinoccios.

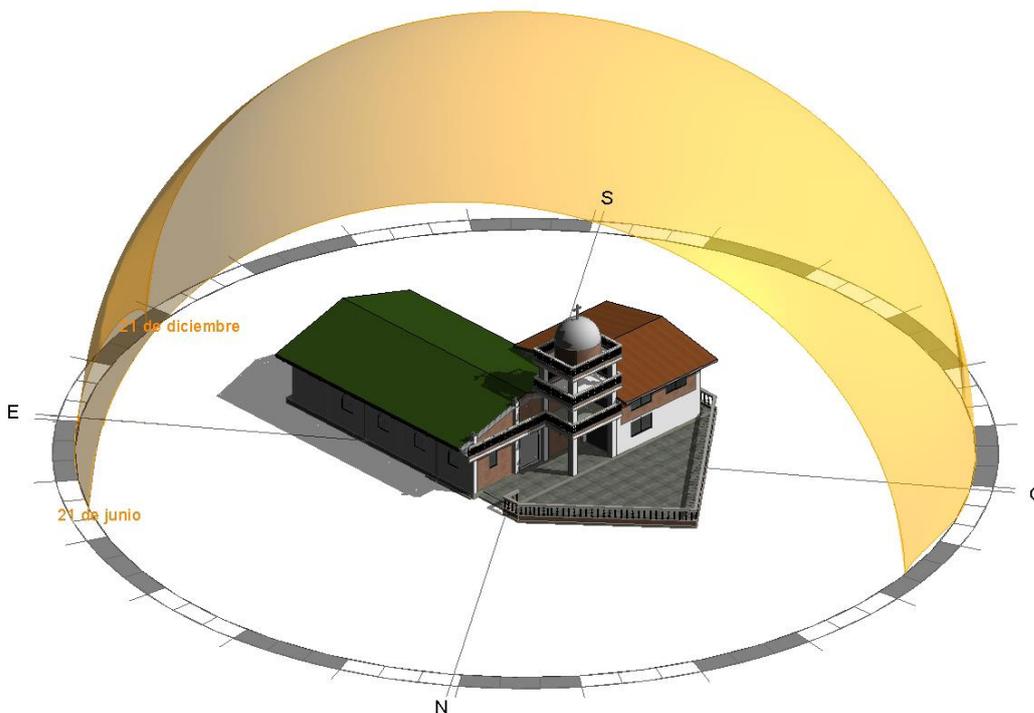
En los equinoccios (21 de marzo y 21 de septiembre), debido a la orientación de la edificación, la radiación solar es captada: en las mañanas, por las paredes que dan hacia el noreste y sureste; y por las tardes, las paredes hacia el noroeste y suroeste.

**Gráfico 16:** Emplazamiento de la capilla con respecto al sol, a las 9:00 y 15:00 horas.



Elaboración: el autor.

**Gráfico 17:** Recorrido solar anual.



Elaboración: el autor.



### 5.5. Análisis de mediciones de temperatura y humedad relativa en la capilla

Se hicieron mediciones todo el mes de junio, cada media hora. Con este intervalo de tiempo se tuvo un diagnóstico preciso del comportamiento térmico de la capilla y se pudo identificar los valores máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa en el día. Estas mediciones muestran las horas del día en que la capilla está dentro o fuera del rango de confort térmico, y permiten saber el aumento de la temperatura cuando es ocupada la edificación.

No existen datos de velocidad del viento, ya que las ventanas no se abren al momento de realizar la eucaristía.

El instrumento para medir estos parámetros es el Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker, que puede ser configurado de tal manera que guarde datos cada cierto tiempo, sin la necesidad de que la persona esté presente manipulando dicho instrumento.

**Imagen 2:** Toma de datos de temperatura y humedad relativa con el aparato Kestrel 4200.



Elaboración: el autor.

En la siguiente tabla se muestran solo los valores diarios de temperaturas máximas y mínimas con sus humedades relativas, tomados con el aparato “Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker”.



**5.5.1. Temperatura y humedad relativa**

Con los datos obtenidos de temperatura y humedad relativa, cada media hora, todo el mes de junio de 2017 (Ver Anexo 1), se realizó una tabla con los valores máximos y mínimos.

**Tabla 8:** Temperaturas y humedades relativas máximas del mes de junio 2017.

| DIA | TEMPERATURA (°C) |       |       | HUMEDAD RELATIVA (%) |       |       |
|-----|------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|     | MAX              | MED   | MIN   | MAX                  | MED   | MIN   |
| 1   | 21.10            | 18.84 | 16.70 | 69.50                | 64.35 | 59.50 |
| 2   | 20.40            | 18.37 | 15.90 | 67.40                | 62.08 | 56.00 |
| 3   | 27.40            | 19.15 | 17.10 | 69.40                | 60.89 | 37.80 |
| 4   | 20.30            | 18.02 | 16.20 | 70.70                | 63.14 | 57.70 |
| 5   | 17.80            | 16.65 | 15.60 | 68.80                | 66.43 | 63.90 |
| 6   | 18.50            | 16.38 | 14.80 | 73.90                | 67.41 | 61.80 |
| 7   | 18.80            | 16.90 | 15.30 | 73.30                | 66.77 | 62.90 |
| 8   | 19.20            | 17.48 | 16.00 | 74.40                | 67.56 | 62.90 |
| 9   | 19.40            | 17.53 | 16.20 | 73.00                | 66.89 | 62.60 |
| 10  | 28.20            | 19.02 | 16.30 | 74.10                | 61.20 | 37.20 |
| 11  | 20.10            | 18.27 | 16.70 | 68.00                | 60.29 | 54.50 |
| 12  | 18.20            | 16.60 | 14.50 | 65.20                | 57.39 | 53.10 |
| 13  | 18.80            | 17.00 | 15.80 | 63.60                | 56.51 | 49.10 |
| 14  | 19.30            | 16.53 | 14.20 | 59.90                | 51.76 | 44.30 |
| 15  | 19.60            | 16.54 | 14.00 | 58.40                | 49.92 | 41.80 |
| 16  | 20.30            | 16.89 | 13.70 | 60.40                | 53.26 | 50.20 |
| 17  | 30.10            | 18.66 | 14.10 | 64.30                | 53.15 | 36.50 |
| 18  | 21.80            | 19.40 | 17.20 | 57.50                | 52.66 | 44.30 |
| 19  | 19.20            | 18.24 | 17.10 | 63.10                | 59.44 | 56.40 |
| 20  | 18.70            | 18.26 | 17.90 | 63.30                | 58.91 | 57.20 |
| 21  | 18.40            | 18.01 | 17.50 | 63.10                | 58.30 | 54.00 |
| 22  | 23.10            | 19.26 | 18.10 | 63.80                | 58.88 | 54.70 |
| 23  | 20.40            | 18.37 | 15.90 | 67.40                | 62.08 | 56.00 |
| 24  | 30.20            | 19.35 | 16.30 | 56.10                | 51.53 | 35.80 |
| 25  | 21.60            | 19.20 | 17.00 | 57.00                | 52.16 | 43.80 |
| 26  | 19.10            | 18.14 | 17.00 | 62.60                | 58.94 | 55.90 |
| 27  | 18.60            | 18.16 | 17.80 | 62.80                | 58.41 | 56.70 |
| 28  | 18.30            | 17.91 | 17.40 | 62.60                | 57.80 | 53.50 |
| 29  | 23.00            | 19.16 | 18.00 | 63.30                | 58.38 | 54.20 |
| 30  | 20.30            | 18.27 | 15.80 | 66.90                | 61.58 | 55.50 |

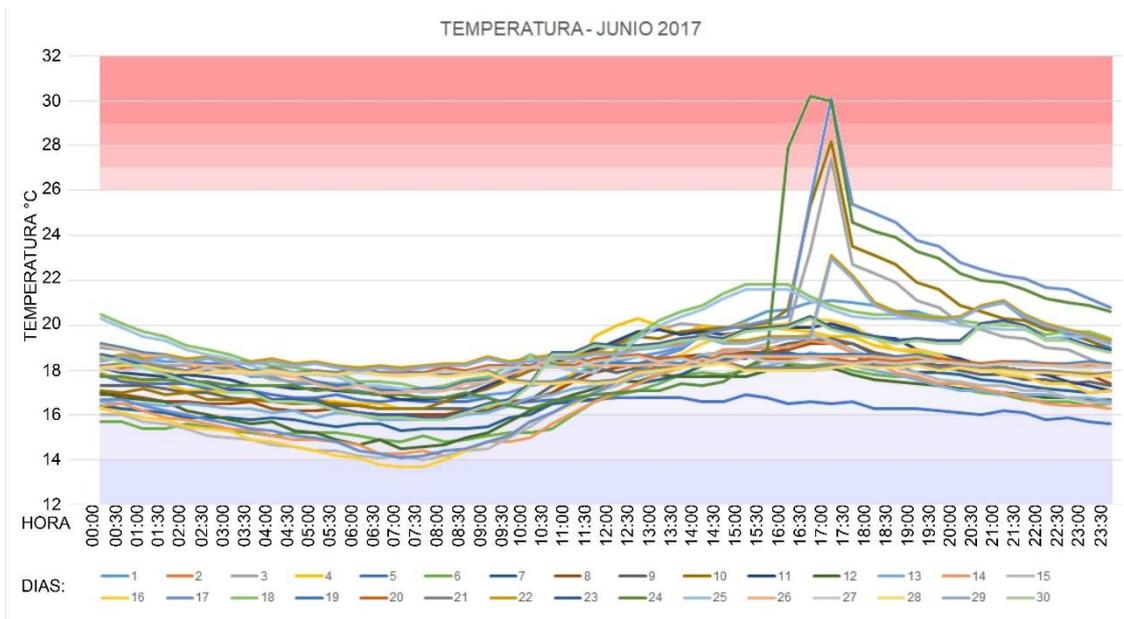
Fuente: Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker  
Elaboración: el autor.

La temperatura más baja fue de 13.7°C, el día 16 de junio a las 7:00 de la mañana, y la temperatura más alta fue de 30.20°C, el día 24 de junio a las 17:00 horas. Por lo general, se registraron las temperaturas más bajas en la mañana, entre las 6:00 y 8:00; y las más altas entre las 15:00 y 17:00.

Las temperaturas más altas se registraron todos los días sábados, cuando la capilla está ocupada entre las 16:00 a 17:00 horas.



**Gráfico 18:** Perfiles de temperaturas diarias del mes de junio 2017.

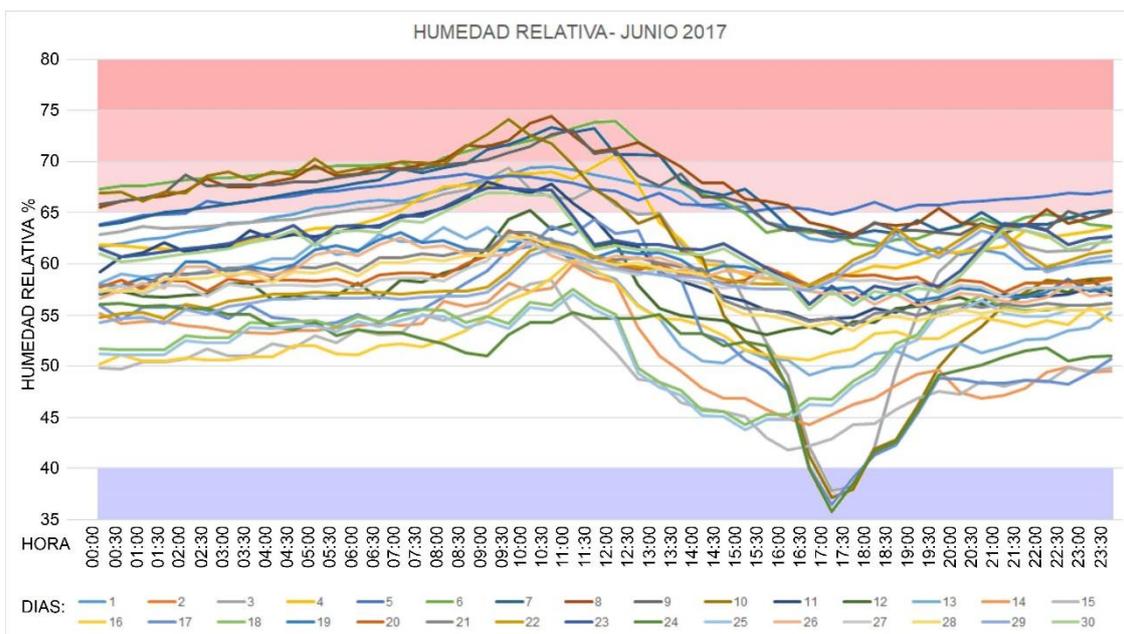


Fuente: Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker

Elaboración: el autor.

Según el gráfico 18, los datos registrados muestran que no existe una temperatura constante a lo largo del día.

**Gráfico 19:** Perfiles de Humedades Relativas diarias del mes de junio 2017.



Fuente: Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker

Elaboración: el autor.



La humedad relativa más alta fue de 74.4%, el 8 de junio a las 10:30 de la mañana, y la más baja fue de 35.80% el 24 de junio a las 17:00 horas. Se registraron humedades relativas más bajas en la tarde, entre las 16:00 y 17:00 horas; y las más altas, entre las 9:00 y 11:00. Las mayores ganancias de calor existen en la tarde debido a la ocupación de las personas.

### 5.5.2. Datos de temperatura del mes de junio a las 17:00 horas.

Se comparó las temperaturas del mes de junio a las 17:00 horas, porque a esa hora, los días sábados, la capilla está ocupada, alcanzando los promedios máximos.

Los datos, cuando la edificación no está en uso, permiten saber la diferencia de grados entre ambos ambientes (ocupada/desocupada).

**Tabla 9:** Temperaturas marcadas a las 17:00 el mes de junio de 2017:

| FECHA                                      | DIA       | HORA = 17:00<br>°C |
|--|-----------|--------------------|
| 1/6/2017                                   | JUEVES    | 21.10              |
| 2/6/2017                                   | VIERNES   | 19.90              |
| 3/6/2017                                   | SÁBADO    | 27.40              |
| 4/6/2017                                   | DOMINGO   | 19.50              |
| 5/6/2017                                   | LUNES     | 16.50              |
| 6/6/2017                                   | MARTES    | 18.30              |
| 7/6/2017                                   | MIÉRCOLES | 18.70              |
| 8/6/2017                                   | JUEVES    | 19.20              |
| 9/6/2017                                   | VIERNES   | 19.40              |
| 10/6/2017                                  | SÁBADO    | 28.20              |
| 11/6/2017                                  | DOMINGO   | 20.10              |
| 12/6/2017                                  | LUNES     | 18.10              |
| 13/6/2017                                  | MARTES    | 18.60              |
| 14/6/2017                                  | MIÉRCOLES | 19.20              |
| 15/6/2017                                  | JUEVES    | 19.30              |
| 16/6/2017                                  | VIERNES   | 20.20              |
| 17/6/2017                                  | SÁBADO    | 30.10              |
| 18/6/2017                                  | DOMINGO   | 20.90              |
| 19/6/2017                                  | LUNES     | 18.70              |
| 20/6/2017                                  | MARTES    | 18.50              |
| 21/6/2017                                  | MIÉRCOLES | 18.20              |
| 22/6/2017                                  | JUEVES    | 23.10              |
| 23/6/2017                                  | VIERNES   | 19.90              |
| 24/6/2017                                  | SÁBADO    | 30.00              |
| 25/6/2017                                  | DOMINGO   | 20.70              |
| 26/6/2017                                  | LUNES     | 18.60              |
| 27/6/2017                                  | MARTES    | 18.40              |
| 28/6/2017                                  | MIÉRCOLES | 18.10              |
| 29/6/2017                                  | JUEVES    | 23.00              |
| 30/6/2017                                  | VIERNES   | 19.80              |
| PROMEDIO CUANDO LA CAPILLA ESTA DESOCUPADA |           | 19.46              |
| PROMEDIO CUANDO LA CAPILLA ESTA OCUPADA    |           | 28.93              |

Fuente: Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker  
Elaboración: el autor.



Según los promedios de las temperaturas máximas, cuando la capilla está desocupada, es de 19.46°C; y el promedio cuando está ocupada es de 28.93°C, es decir, la capilla aumenta un promedio de 9.47°C.

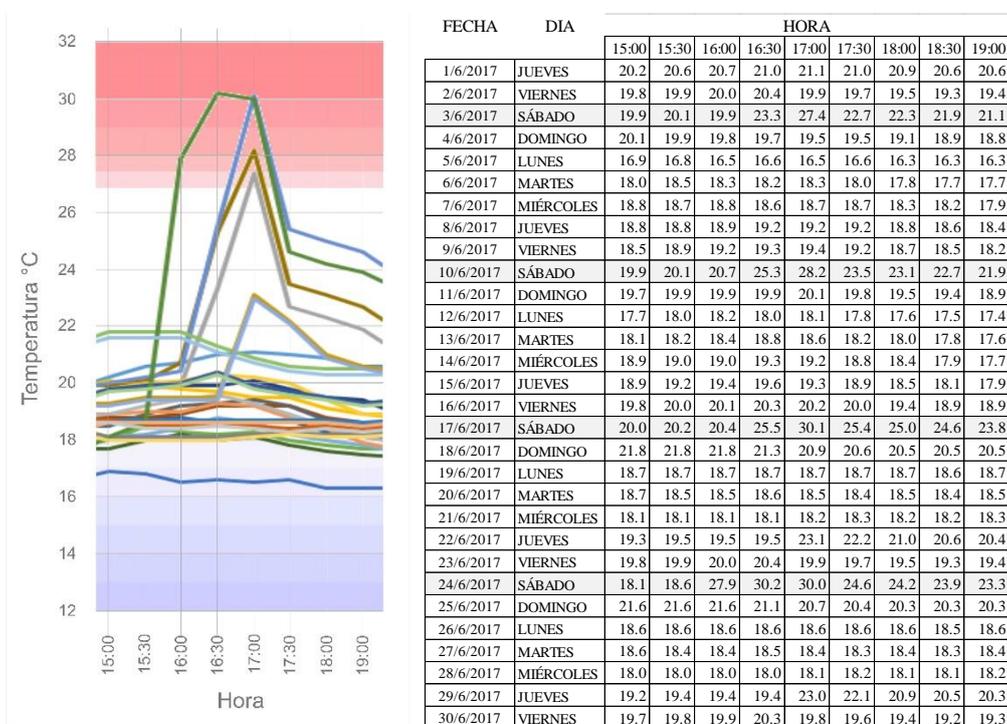
Las temperaturas y humedades relativas tomadas en el interior de la edificación están fuera del rango de confort, según la norma NEC 11, Capítulo 13, “Eficiencia energética en la construcción en el Ecuador”, donde señala que la temperatura del aire ambiente debe estar entre 18°C y 26°C, con una humedad entre el 40% y 65%.

### 5.6. Análisis de resultados

Analizadas las muestras de temperatura y humedad relativa tomadas en el interior de la capilla, se determina que hay variación a lo largo del día, es decir, no son constantes.

La mayor ganancia de calor se da por la ocupación de personas. Se establece como hora inicial de ocupación las 16:00 horas; sin embargo, existe un rango aproximado de una hora que se tarda en alcanzar el mayor aumento de temperatura por este factor. La hora final de ocupación son las 17:00 horas, pero se observa que la temperatura interior tarda aproximadamente otra hora en perder este calor.

**Gráfico 20:** Temperaturas entre las 15:00 a 19 horas del mes de junio de 2017:



Fuente: Kestrel 4200 Pocket Air Flow Tracker  
Elaboración: el autor.



## Universidad de Cuenca

El gráfico 20 muestra un aumento de temperatura en relación a la ocupación de personas. A partir de los resultados se puede relacionar el comportamiento térmico de la zona si su ocupación disminuye, es decir, si no existiera ningún ocupante, la temperatura interior mantendría el mismo comportamiento con bajas alteraciones.

Analizada la información recolectada en campo, se tienen datos de temperatura y humedad relativa que muestran que no existe un comportamiento térmico constante a lo largo del día; cuando la capilla está en uso las temperaturas sobrepasan los rangos de confort establecidos en la norma.

En el análisis de soleamiento se observa que la cubierta recibe radiación solar todo el año. Las paredes orientadas hacia el noreste y noroeste reciben radiación solar desde el mes de marzo hasta septiembre; y las paredes orientadas hacia el sureste y suroeste reciben radiación desde septiembre hasta marzo.

La materialidad y los sistemas constructivos usados en la capilla muestran altos índices de transmitancia térmica, lo que genera una baja aislación térmica, sobre todo, en la cubierta, que está construida con planchas de fibrocemento, sin ningún tipo de cielo raso, lo que ocasiona que el calor captado se transmita al interior de la capilla. Con los datos analizados se muestra que existe un problema de confort térmico en la capilla, para lo que se definirán estrategias de diseño pasivo para generar propuestas de materialidad, con el fin de mejorar el comportamiento térmico de la edificación y lograr tener un lugar óptimo donde las personas puedan realizar las actividades correspondientes.

Se propone mejorar el comportamiento térmico de la edificación para que sea usada por mucho más tiempo; no limitarse a una hora a la semana. Existen actividades como las reuniones de catequesis y sesiones de la comunidad, que pueden generar más horas de uso sin causar molestias a sus ocupantes.



## CAPITULO VI.

### ESTRATEGIAS CORRECTIVAS Y FORMULACIÓN DE DOS PROPUESTAS

#### 6.1. Definición de estrategias

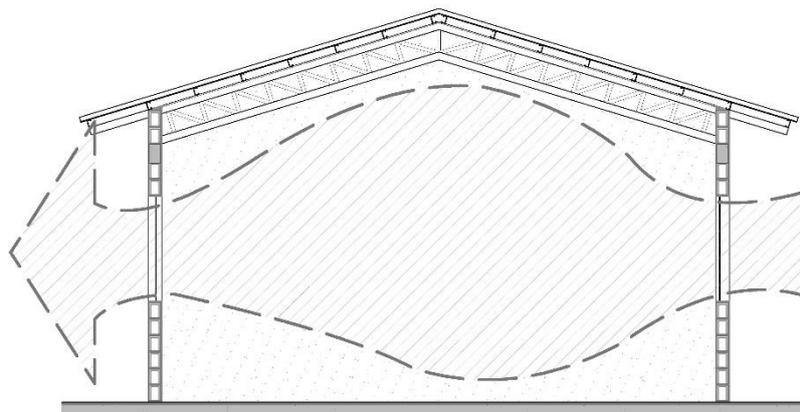
Las estrategias servirán para tener un comportamiento térmico óptimo, cuando la capilla esté en uso, cumpliendo con los rangos de confort establecidos.

##### 6.1.1. Ventilación cruzada

Es la estrategia de enfriamiento pasivo más usada, aparte de ser la más eficiente.

Las ventanas colocadas en las caras opuestas favorecen el flujo de aire. El fichero climático permitirá orientar las ventanas o verificar si las existentes están en sentido del viento dominante.

**Gráfico 21:** Ventilación Cruzada.



Elaboración: el autor.

La finalidad de la ventilación es:

- Asegurar la limpieza del aire no respirable.
- Asegurar la salubridad del aire, el control de la humedad, concentraciones de gases o partículas en suspensión.
- Luchar contra los humos en caso de incendio.
- Disminuir las concentraciones de gases o partículas a niveles adecuados para el funcionamiento de maquinaria o instalaciones.
- Colaborar en el acondicionamiento térmico del edificio. (GONZALEZ, 2015)



Se propone usar ventilación cruzada debido al aumento de temperatura cuando la edificación es ocupada. Además, se aumentará el tamaño de las ventanas, para cumplir con lo establecido en las normas de arquitectura.

Las ventanas tendrán la misma posición y altura en sus lados opuestos, con la finalidad de que se garantice una eficiente ventilación cruzada.

Debido a la existencia de una construcción adyacente en la fachada lateral derecha, la ventilación se ve afectada por la falta de ventanas.

La orientación del edificio facilita la ventilación, ya que los vientos dominantes vienen de sur a norte.

### **6.1.2. Estrategias de diseño pasivo**

Se tomarán en cuenta tres grupos principales de estrategias de diseño pasivo: planteamiento general de la forma del edificio en relación al sol, al viento y a los árboles; la adecuada elección del sistema pasivo; y el rendimiento energético de la edificación.

#### **Planteamiento general de la forma del edificio.**

- Ubicación del edificio

Al tratarse de un edificio existente, la ubicación ya está definida.

- Forma y orientación del edificio

La forma y orientación de la edificación no cambiará, es decir, no se realizará cambios en las proporciones ni se cambiará el eje de orientación.

Sin embargo, el fichero climático que se usó en el programa Ecotect, permitió saber la orientación ideal en este sector.

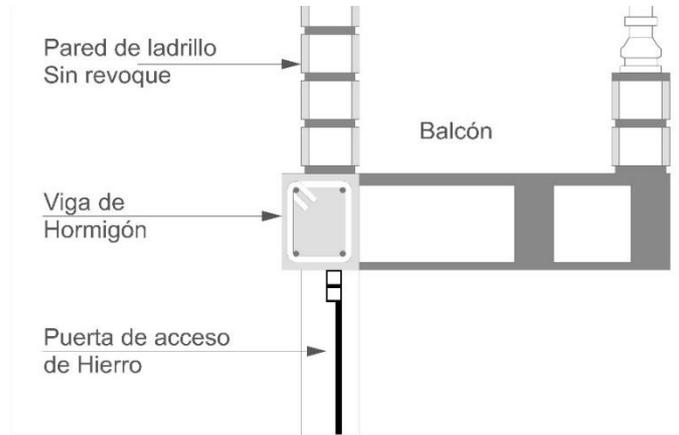
- Fachadas

Para las fachadas, los materiales predominantes actualmente son:



En la fachada frontal (acceso) el muro es de ladrillo cerámico hueco sin revoque y la puerta de acceso es de hierro.

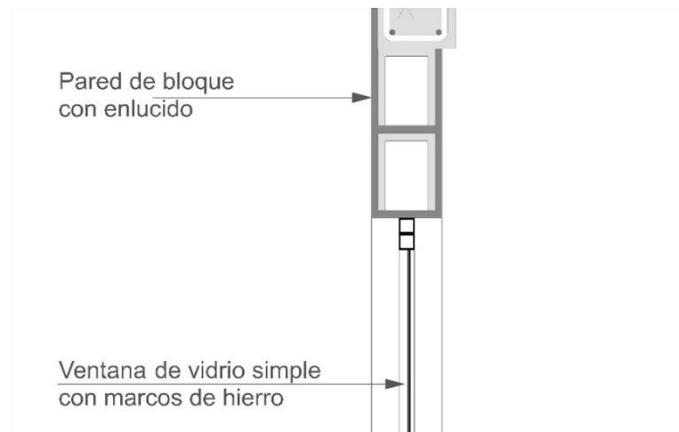
**Gráfico 22:** Materiales en las fachadas.



Elaboración: el autor.

En las fachadas laterales y la posterior, los muros son de bloque de concreto con revoque de cemento y arena, en ambas caras; y en las ventanas, marcos de hierro con vidrio simple.

**Gráfico 23:** Materiales en las fachadas.



Elaboración: el autor.

La quinta fachada (la cubierta) es de planchas de fibrocemento sobre estructura metálica, sin cielo raso. Las fachadas mantendrán las características, ya que son propias del medio.

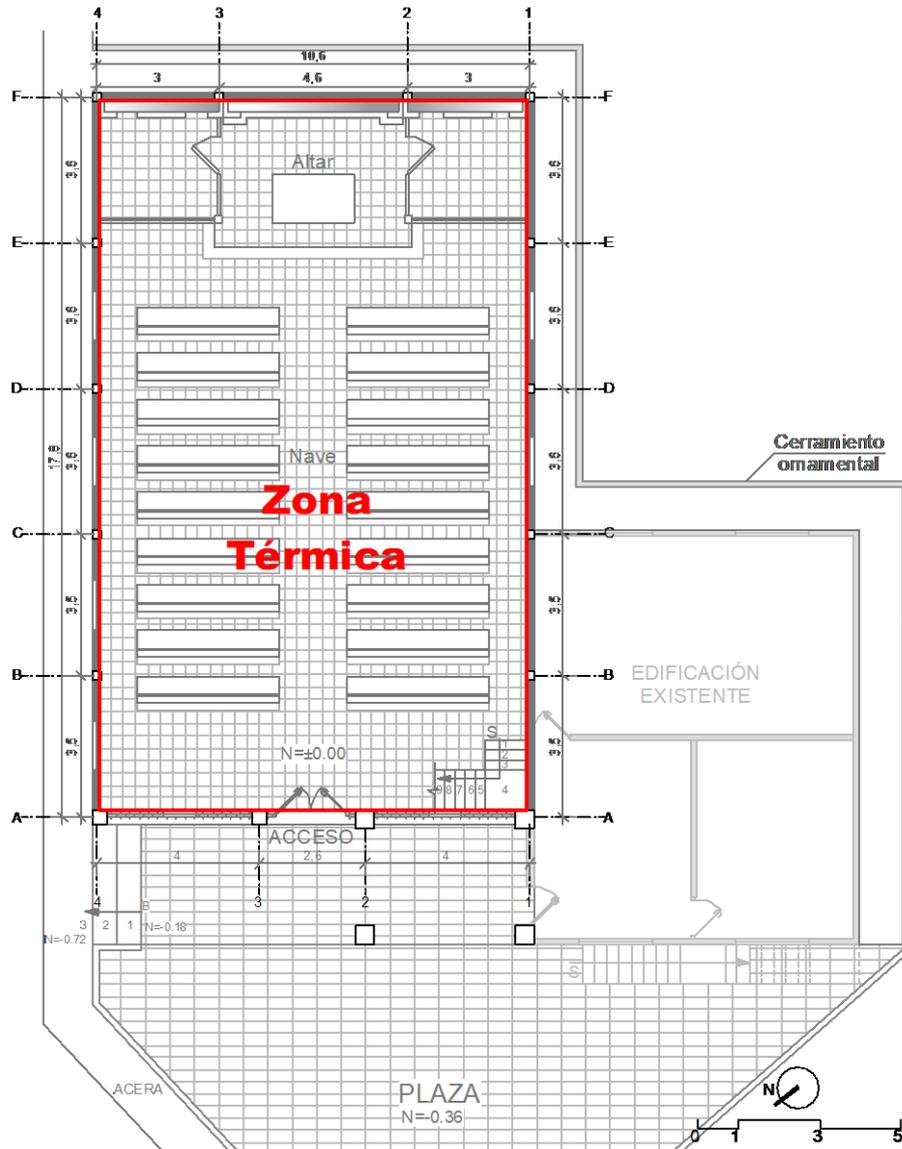
La fachada posterior es la única que no posee ningún vano. La pared sirve para colocar el retablo (templo católico), o algún tipo de ornamentación. En este caso, existen tres arcos hechos de ladrillo, donde se ubican las sagradas imágenes.



- Distribución interior

La distribución interior no causa mayor problema debido a que se trata de un local con una zona térmica.

**Gráfico 24:** Zona térmica de la capilla.



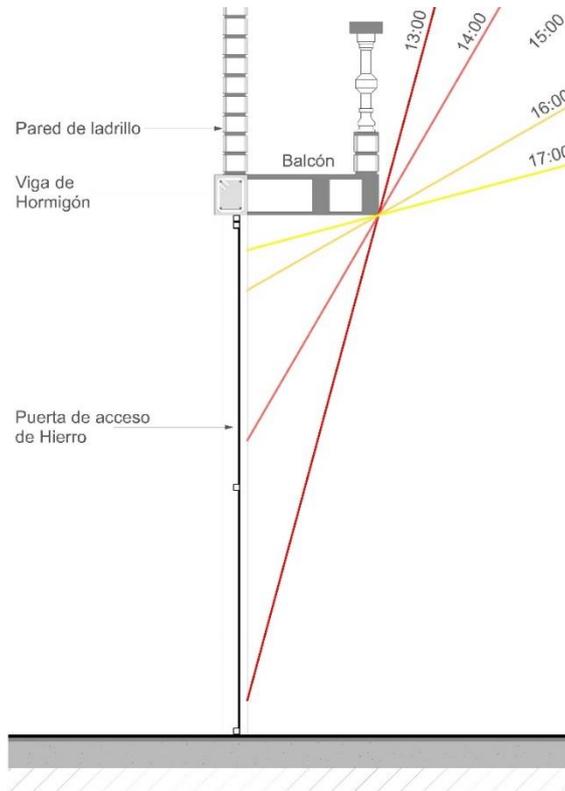
Elaboración: el autor.

- Protección de la entrada

Según el análisis de emplazamiento y soleamiento de la edificación, actualmente existe un pequeño balcón que funciona como alero y protege de la radiación solar en las horas donde el sol es más fuerte.



**Gráfico 25:** Detalle de soleamiento de la entrada a la capilla en los equinoccios.

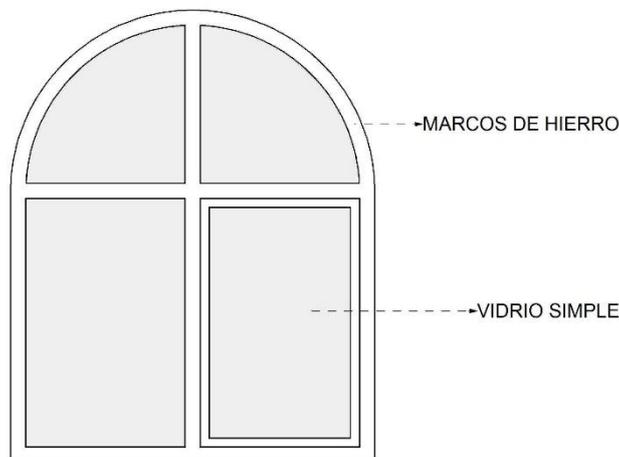


Elaboración: el autor.

- Situación de las ventanas

De acuerdo a las normas de arquitectura, el porcentaje de vanos para ventanas no cumple lo establecido; por consiguiente, en las propuestas se aumentará el tamaño para mejorar la iluminación y la ventilación natural.

**Gráfico 26:** Ventana actual.



Elaboración: el autor.



### Sistemas pasivos.

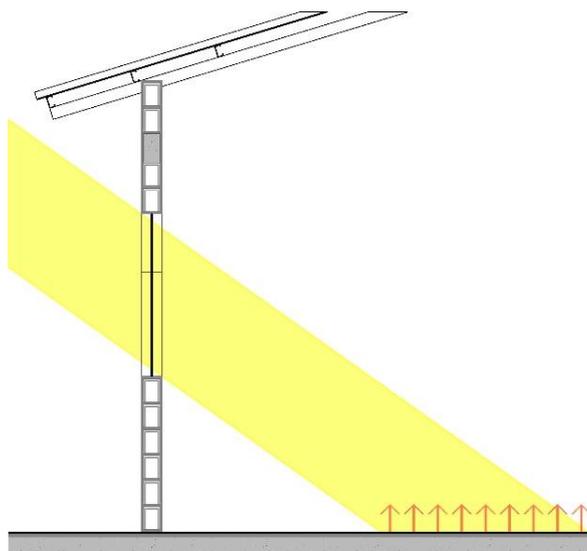
- Elección del sistema solar pasivo

Se plantea el uso de sistemas solares pasivos para controlar las temperaturas del local. Se utilizará el sistema solar pasivo de ganancia directa, pero se evitará el sistema de techo de acumulación de calor existente.

- ✓ Ganancia directa

El sistema solar pasivo de ganancia directa es el más sencillo e implica la captación de energía solar por superficies vidriadas que son dimensionadas para cada orientación, y en función de las necesidades de confort térmico del edificio.

**Gráfico 27:** Ganancia directa.



Elaboración: el autor.

Según el análisis del estado actual de la envolvente, del emplazamiento y del soleamiento, las ventanas de las fachadas orientadas hacia el noreste y noroeste captan energía solar sólo la mitad del año, y las ventanas orientadas hacia el sureste y suroeste captan la otra mitad del año.



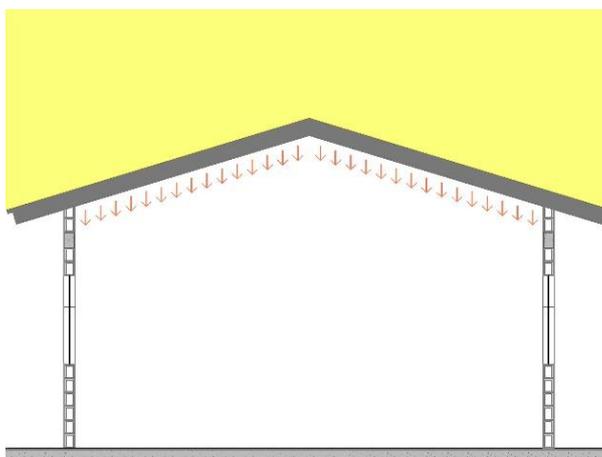
La ganancia directa se hará tomando en cuenta los niveles altos de temperatura, cuando el edificio está en uso. De acuerdo a las normas de arquitectura, el porcentaje de vanos de las ventanas será mayor, lo que implica mayor ganancia directa.

En la simulación se verá cómo influye el aumento del porcentaje de vanos para las ventanas; entonces se sabrá si es necesario colocar persianas exteriores para controlar la captación solar, ya que es más económico que ensanchar los aleros de la cubierta.

✓ Techo de acumulación de calor

Esta estrategia será evitada porque en el análisis de la construcción actual, la cubierta capta energía solar todo el día, ocasionando la transmisión de calor por convección hacia el interior del local; esto se debe a que la cubierta no cuenta con ningún tipo de aislamiento térmico, produciendo el aumento de temperatura.

**Gráfico 28:** Techo acumulador de calor.



Elaboración: el autor.

Debido a que el techo acumula calor, que en cierta medida puede causar molestias de confort térmico, se realizarán dos propuestas con diferente forma de cielo raso.

- Materiales de construcción adecuados

Los materiales a utilizar serán propios de nuestro medio. Las propuestas estarán encaminadas a brindar confort térmico, principalmente, por medio de la materialidad de la edificación. Se trabajará con sistemas constructivos que permitan tener una adecuada temperatura cuando la capilla está en uso. Se realizará propuestas basadas en la



materialidad, dimensionamiento y detalles de muros; además, propuestas de cubiertas y ventanas.

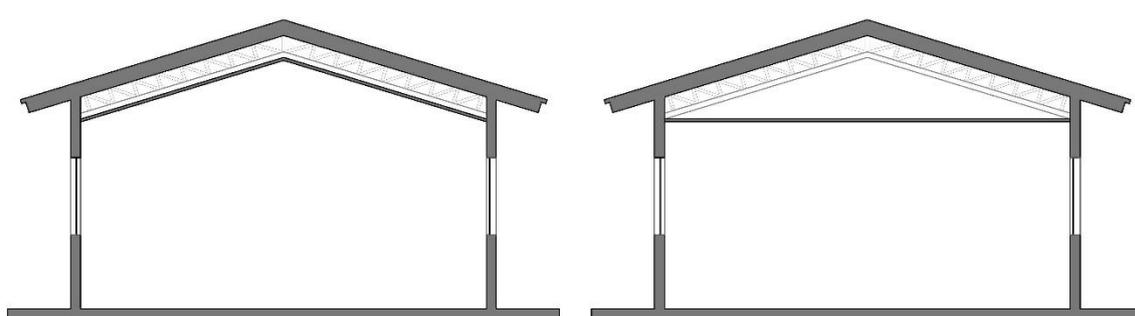
### **Rendimiento energético.**

- Aislamiento térmico

Se trabajará con aislamiento térmico (cámara de aire) en la cubierta de la edificación, para evitar el aumento de temperatura por convección hacia el interior.

Se plantearán dos propuestas con diferentes formas de cielo raso, con la finalidad de saber cual tiene mejor comportamiento térmico al momento de utilizar la capilla.

**Gráfico 29:** Cielo raso con cámara de aire.



Elaboración: el autor.

En la primera propuesta, el cielo raso tendrá la misma pendiente de la cubierta, separada por la cámara de aire del mismo alto que el peralte de las vigas.

En la segunda propuesta, el cielo raso será paralelo al piso de la capilla. Se tendrá en cuenta la altura libre que debe tener el salón para cumplir con lo que establece la norma.

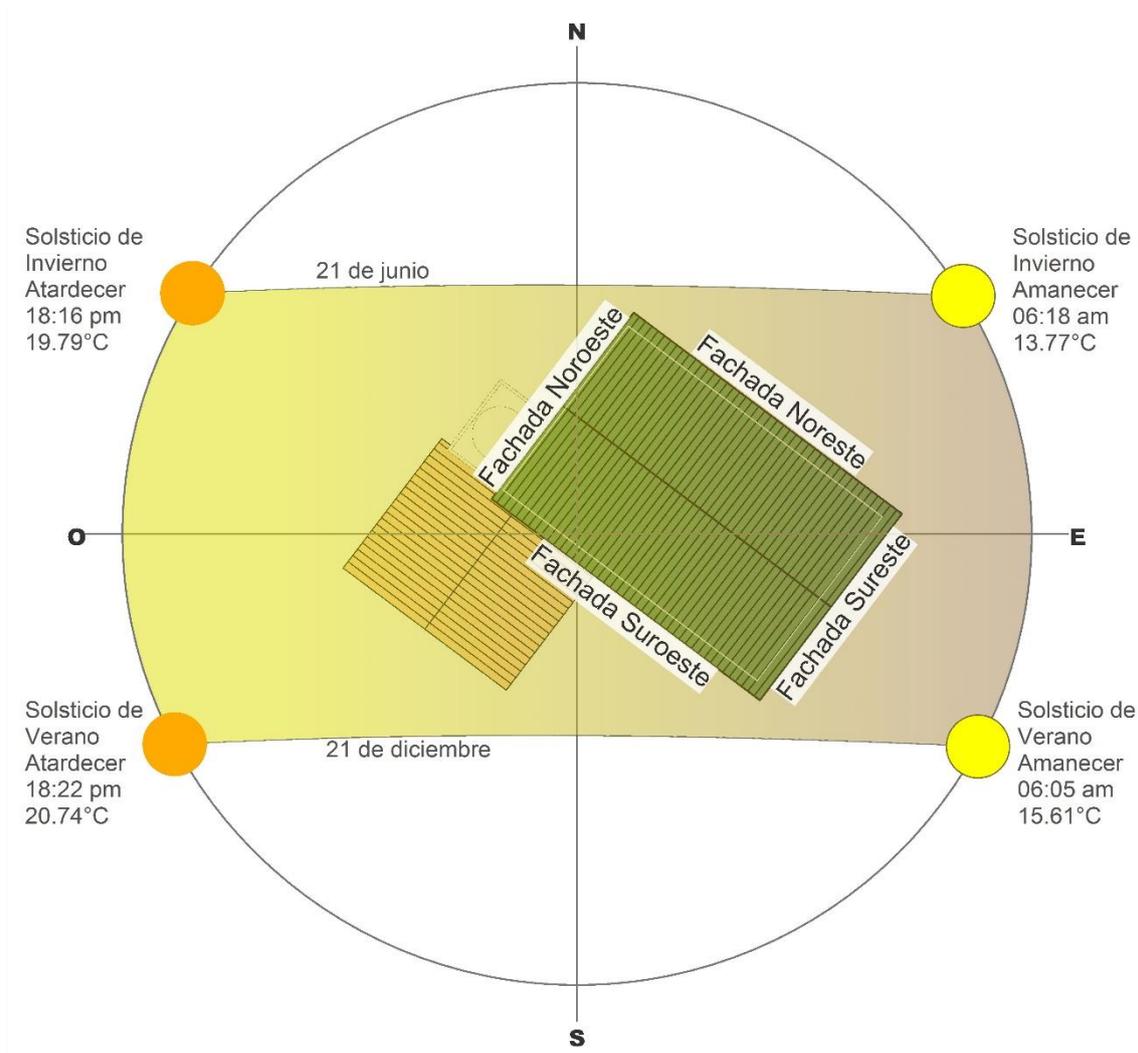
Los muros no cambiarán su materialidad. Su sistema constructivo se mantiene; por consiguiente, la transmitancia térmica será la misma.



- Protección solar

Los aleros existentes serán analizados para saber cuántas horas de captación solar permiten tener.

**Gráfico 30:** Control de radiación solar a través de aleros (solsticios y equinoccios).

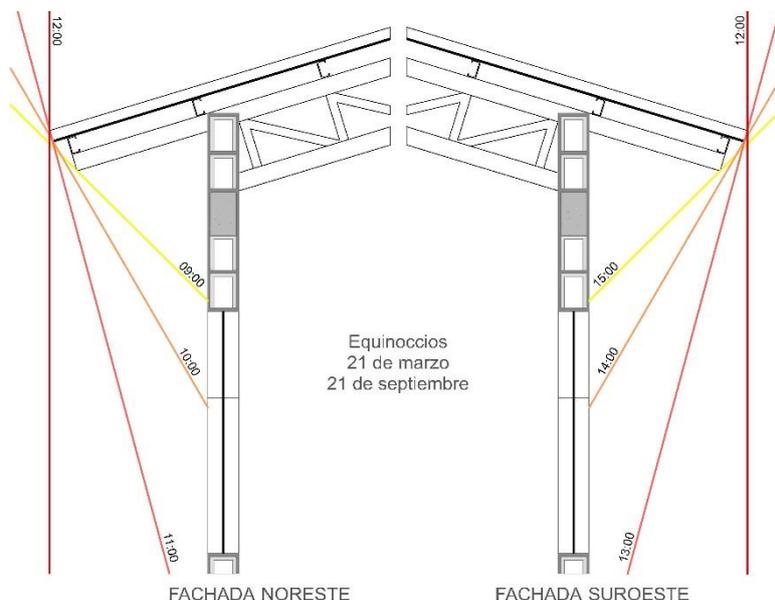


Elaboración: el autor.

Gracias al análisis de soleamiento se puede observar que en los equinoccios, la captación solar directa a través de las ventanas, se da desde que sale el sol hasta las 10:30 de la mañana, en la fachada noroeste; y en la tarde, desde las 13:30 hasta que se oculta el sol, en la fachada noroeste y suroeste.



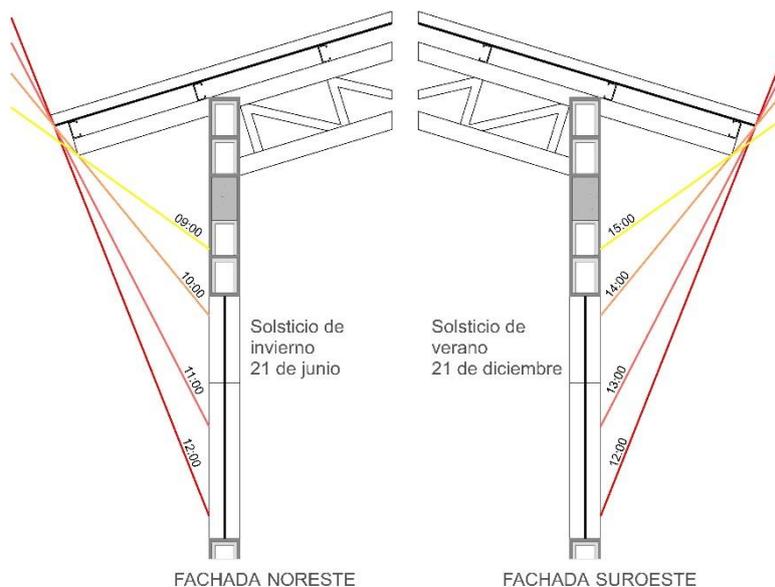
**Gráfico 31:** Control de radiación solar a través de aleros en equinoccios.



Elaboración: el autor.

En el solsticio de invierno, la fachada noreste tiene una captación solar directa desde que sale el sol hasta las 11:30, aproximadamente. Y en la tarde, la captación solar sólo se da en la fachada noroeste. En el solsticio de verano, la fachada suroeste tiene captación solar directa, desde las 12:30, aproximadamente, hasta que se oculta el sol.

**Gráfico 32:** Control de radiación solar a través de aleros en solsticios.



Elaboración: el autor.



Analizando la situación actual de la edificación, los aleros existentes en las fachadas hacia el noreste y suroeste, donde se ubican las ventanas, permiten el paso de la luz solar.

Frente a esta situación, no se realizará cambios en las proporciones de aleros, pero sí de las ventanas. Estos cambios no alterarán la imagen de la edificación, y las propuestas se adaptarán a la situación actual.

### **6.2. Propuestas**

La capilla de la comunidad de Guarangos Chico, cuando es ocupada sobrepasa los rangos de confort, siendo necesaria la implementación de estrategias de diseño pasivo para contrarrestar el problema. Con las estrategias analizadas anteriormente, se realizarán propuestas en el programa de simulación energética Ecotect.

El confort térmico dentro de la edificación es fundamental para el correcto desarrollo de las actividades que ahí se desempeñan. Las propuestas permitirán que, en la capilla, aparte de la eucaristía, se realicen reuniones de la comunidad para asuntos sociales, reuniones de la catequesis y actividades similares. Por este motivo, se simulará las propuestas con la capilla ocupada entre las 9:00 y las 18:00 horas.

Los resultados obtenidos en cada propuesta, permitirán verificar si la edificación está dentro de la zona de confort.

Los sistemas constructivos propuestos serán con materiales del medio, es decir, se realizará propuestas acordes a las soluciones constructivas locales. Será necesario generar un buen sistema constructivo que mantenga un ambiente térmico adecuado cuando está en uso. Con las estrategias de diseño pasivo utilizadas, se mitigará el uso de sistemas activos de climatización, como es el uso del aire acondicionado o la calefacción, ahorrando el consumo de energía eléctrica proveniente de la red pública.

#### **6.2.1. Desarrollo de las propuestas.**

Se realizarán dos propuestas basadas en estrategias de diseño pasivo y normas de arquitectura para centros de culto. Siguiendo dichos parámetros se simulará el comportamiento térmico para saber si las propuestas tienen un mejor rendimiento energético que la edificación actual.



Como punto de partida, se organizó un fichero climático de la ciudad de Azogues, a través de la extensión del programa Ecotect llamado Weather Tool, ingresando los datos de ubicación geográfica y zona horaria.

La ficha se ingresa en el programa Ecotect y se configura con los datos cuantitativos recolectados en esta investigación, como son: vestimenta, número de personas, actividad, ventilación, grados de la banda de confort, humedad relativa y horas de ocupación.

Luego se modeló el estado actual y las propuestas con las medidas del plano arquitectónico. Con la orientación de la edificación se realizó tres simulaciones para poder compararlas entre sí, y saber cuál funciona mejor térmicamente.

Se modeló también la edificación aledaña y la torre de campanario, para ver cómo influyen en el soleamiento de la capilla.

Cada propuesta tiene diferente forma de cielo raso y tamaño de ventanas. En el programa existen los materiales que se van a combinar, por lo que no será necesario investigar las propiedades de ninguno de ellos.

Se analizó cada propuesta en el mes de junio, porque en dicho mes se realizan las festividades en honor al patrono de la comunidad, y también porque ocurre el solsticio de invierno.

De esta manera, se pudo contar con un estudio comparativo planteando dos tipos de soluciones, con la finalidad de saber cual tiene un mejor comportamiento térmico.

### **6.2.2. Condicionantes para las propuestas**

Las dos propuestas van encaminadas a mejorar la situación actual de la capilla; por esta razón, se establece las siguientes condicionantes:

- No se realiza cambios en la proporción de la edificación.
- No se alteran anchos de aleros.
- Se aumenta el porcentaje de vanos en ventanas para cumplir con la normativa.
- Se trabaja en la cubierta. Cada propuesta tendrá diferente forma de cielo raso, para ver cual tiene un mejor rendimiento energético y verificar si están en el rango de confort térmico.



**Gráfico 33:** Tipos de cielo raso a utilizar.



Elaboración: el autor.

Como se observa en el gráfico 33, se utilizará diferentes tipos de cielo raso para saber cuál funciona mejor térmicamente.

**Propuesta 1:** Se creará una cámara de aire entre la plancha de fibrocemento y el tablero de yeso, con una altura del tamaño del peralte de las vigas de la estructura de la cubierta. El cielo raso será paralelo a la cubierta.

**Propuesta 2:** El cielo raso será horizontal, paralelo al piso, creando una cámara de aire de mayor volumen que la propuesta 1.

### 6.3. Datos para la simulación en el programa Ecotect

Para la simulación en el programa Autodesk Ecotect, se ingresan los siguientes datos, según el análisis realizado.

**Tabla 10:** Datos a ingresar en el programa Ecotect.

| DATOS PARA SIMULACIÓN |                               |          |         |
|-----------------------|-------------------------------|----------|---------|
| Ubicación             | Latitud                       | Longitud | Altitud |
|                       | -2,8                          | -78,9    | 2500    |
| Zona horaria          | -5:00                         |          |         |
| Vestimenta            | 1 clo                         |          |         |
| Número de personas    | 70                            |          |         |
| Actividad             | Sedentario (70W)              |          |         |
| Ventilación           | Natural                       |          |         |
| Banda de confort      | 18° - 26° C                   |          |         |
| Humedad relativa      | 60%                           |          |         |
| Horas de ocupación    | Sábado de 16:00 a 17:00 horas |          |         |

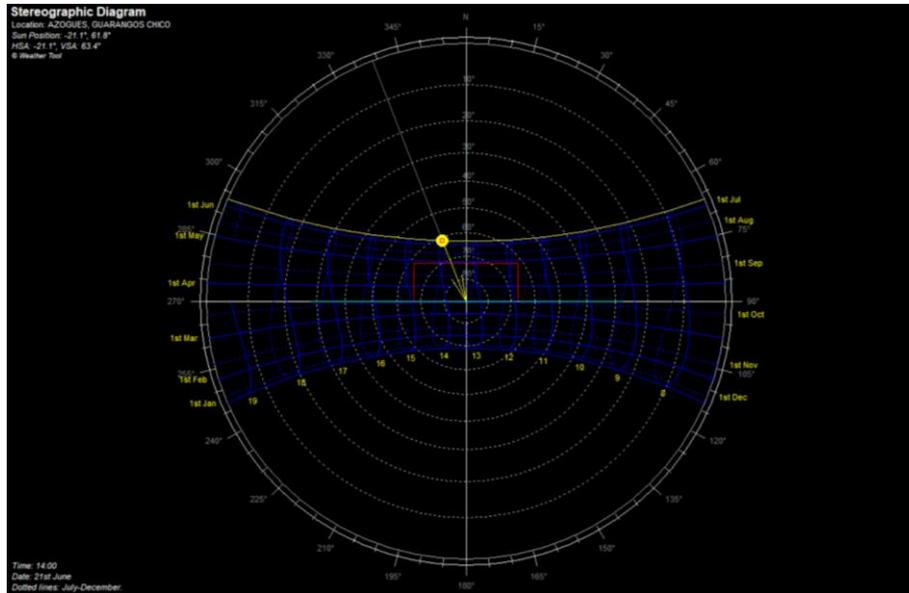
Elaboración: el autor.

Con Weather Tool, que es una extensión del programa Ecotect, se realizó el fichero climático de *Azogues, Guarangos Chico*, teniendo como resultado los siguientes datos:



**Trayectoria Solar.** - Se observa el recorrido solar a lo largo del año con respecto a la ubicación geográfica del lugar de estudio.

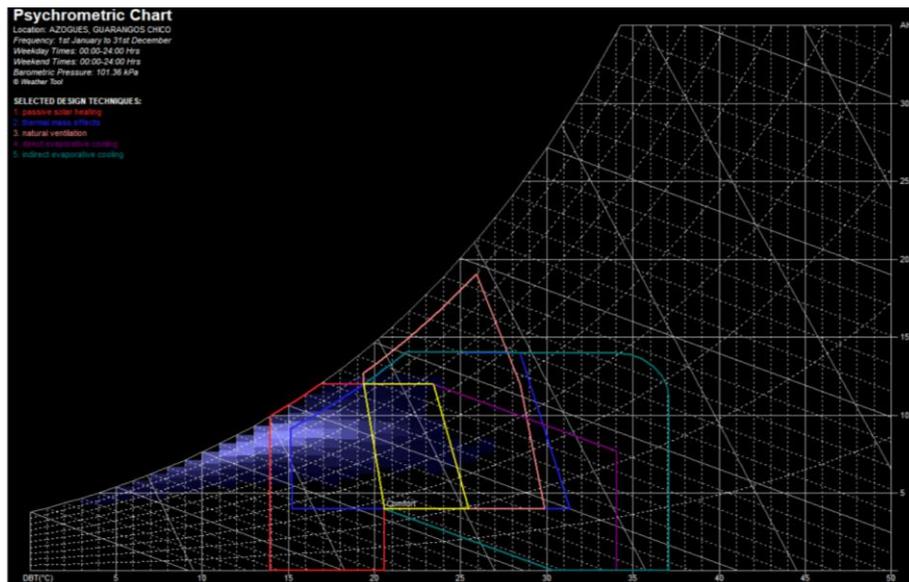
**Gráfico 34:** Trayectoria solar.



Fuente: Weather Tool.

**Diagrama psicrométrico.** - En el diagrama se observa que, en la mayoría de días, la temperatura del sector está por debajo de la zona de confort.

**Gráfico 35:** Diagrama psicrométrico.



Fuente: Weather Tool.



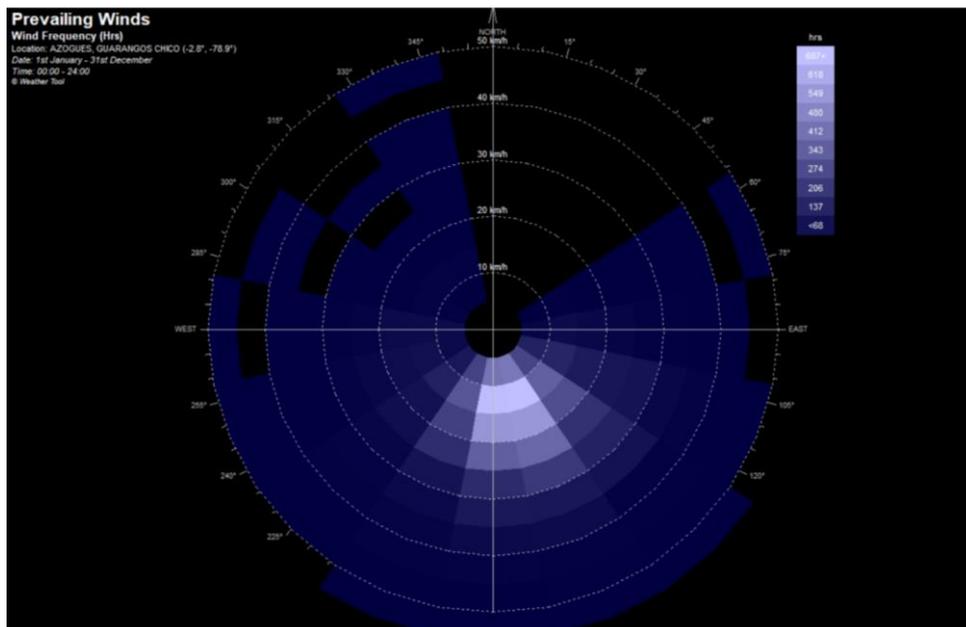
El Ábaco de Givoni permite establecer qué estrategias se deben tomar en cuenta con respecto al sector.

El diagrama psicométrico posibilita hacer las siguientes sugerencias:

- Para las temperaturas mínimas se debe aplicar sistemas solares pasivos, como ganancia solar directa y materiales con buen rendimiento energético.
- En las temperaturas máximas se recomienda ventilación cruzada.
- Las propuestas tomarán en cuenta las estrategias recomendadas en este diagrama.

**Vientos predominantes.** - Están en la dirección sur-norte.

**Gráfico 36:** Vientos predominantes.



Fuente: Weather Tool.

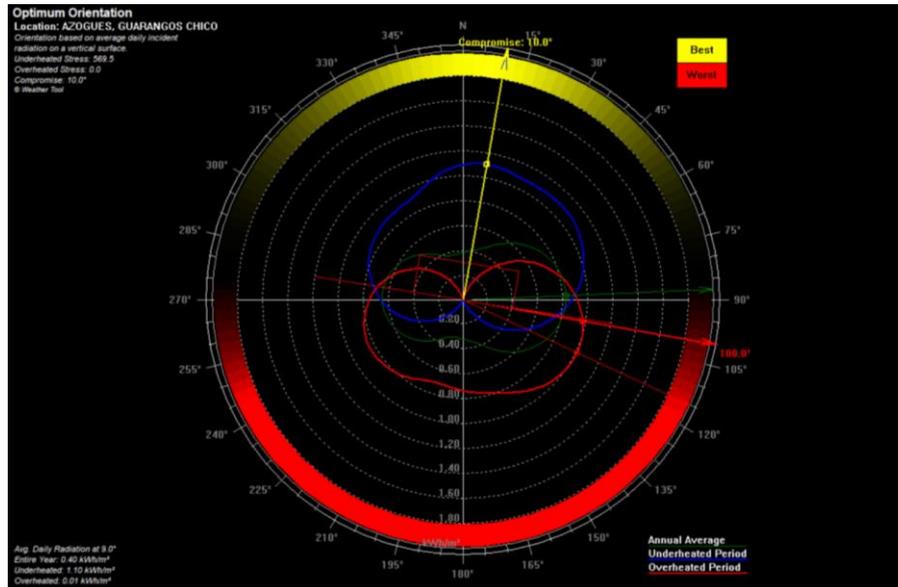
Con una velocidad promedio de 3.20m/s, significa que son vientos imperceptibles (Barrera, 2005), lo cual servirá para plantear estrategias de diseño pasivo.

Según la orientación de la edificación analizada, los vientos dominantes favorecen para que la ventilación cruzada sea más eficiente.

**Orientación óptima.** - Según el sector es a lo largo de la dirección este – oeste.



Gráfico 37: Orientación óptima.



Fuente: Weather Tool.

Los datos climáticos obtenidos en el programa Weather Tool, están basados en la ubicación geográfica de la capilla, lo que permite realizar una simulación más precisa y obtener resultados acertados. Todos los datos ingresados serán los mismos para las dos propuestas.

Los materiales y propiedades de las zonas “no térmicas” no influyen en la evaluación térmica de la zona de la capilla. El programa los reconoce como elementos de control solar. Las propiedades térmicas de los materiales que se consideran para el cálculo son las siguientes:

- Valor-U: Que va a ser el recíproco de la resistencia total al flujo de calor y sus unidades SI son  $W / m^2 K$ .
- Admitancia: Trabaja con unidades que están también en  $W / m^2 K$ .
- Absorción solar: Se mide en una escala de 0-1.
- Transparencia: Cantidad de luz visible transmitida a través del material. Se mide en una escala de 0-1.



## Universidad de Cuenca

- Disminución térmica: Fluctuación de la temperatura máxima en una de las superficies del material hacia la superficie opuesta, medida como una proporción (0-1).
- Retraso térmico: Se mide en horas decimales.

Para el cristal, este valor equivale a la ganancia solar, que es la cantidad de radiación incidente de onda corta solar que se transmite a través del cristal y su efecto sobre los flujos de calor interno.

Las propuestas van encaminadas a brindar estrategias que puedan ser aplicadas en edificaciones que tengan problemas similares, sin tener que realizar grandes cambios, y sin gastar recursos económicos significativos.

### **6.4. Propuesta 1**

La propuesta arquitectónica consiste en aumentar el tamaño de las ventanas, proponiendo una rampa de acceso desde la acera y colocando cielo raso inclinado, generando una cámara de aire.

El cielo raso se colocará en el nivel inferior de las celosías metálicas, creando la cámara de aire mencionada anteriormente, y no afectará la estética interior de la edificación.

El cielo raso permitirá ver cuánto disminuye el aporte de calor por convección de la cubierta.

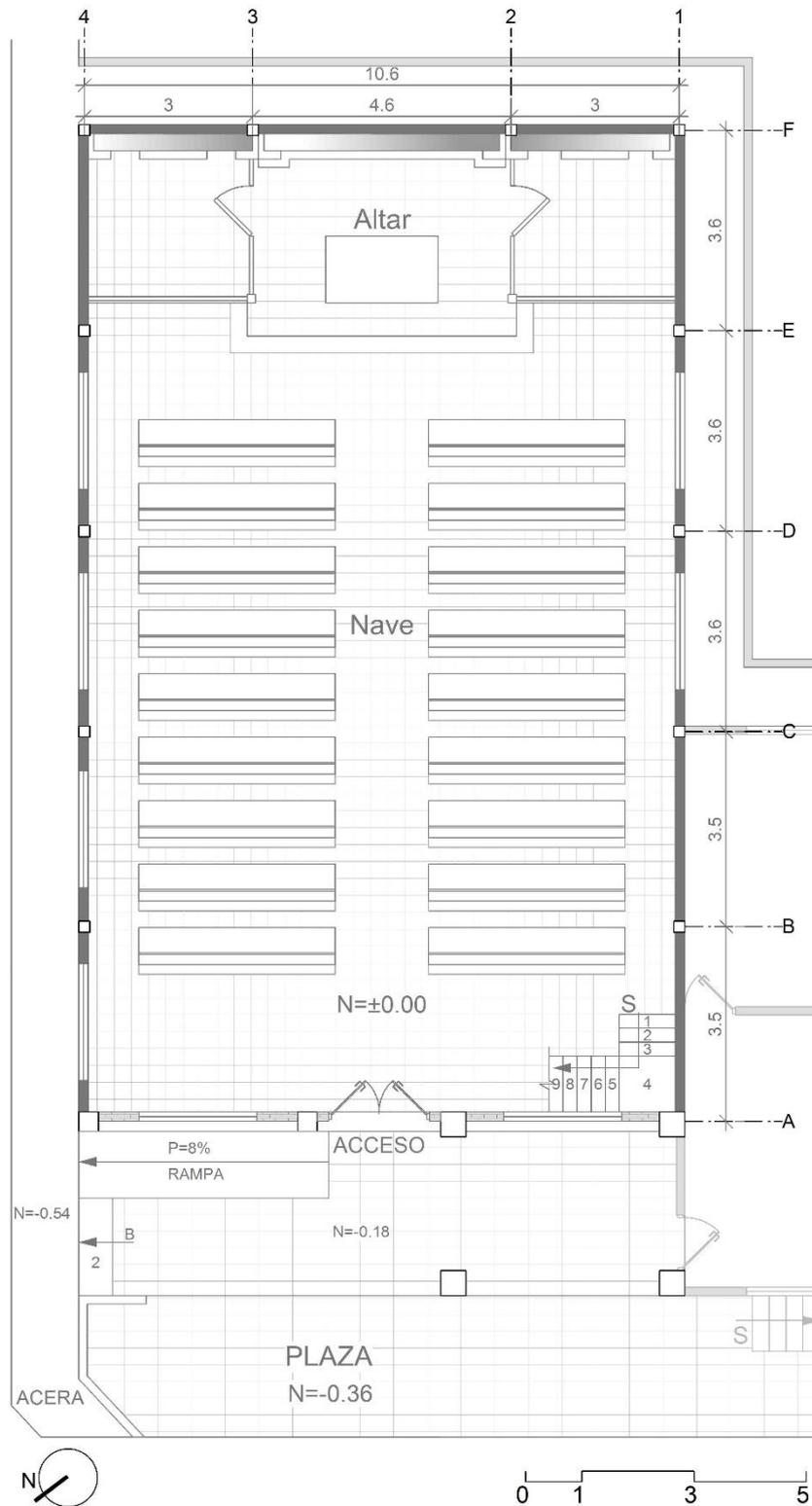
Las ventanas propuestas son alargadas y terminan en su parte superior con arcos de medio punto, con la finalidad de que vaya acorde a la arquitectura religiosa del medio.

El número de personas también incidirá en las ganancias internas. Se controlará dichas ganancias para no sobrepasar los rangos de confort.



**.4.1. Propuesta Arquitectónica.**

**Gráfico 38: Planta arquitectónica propuesta 1**

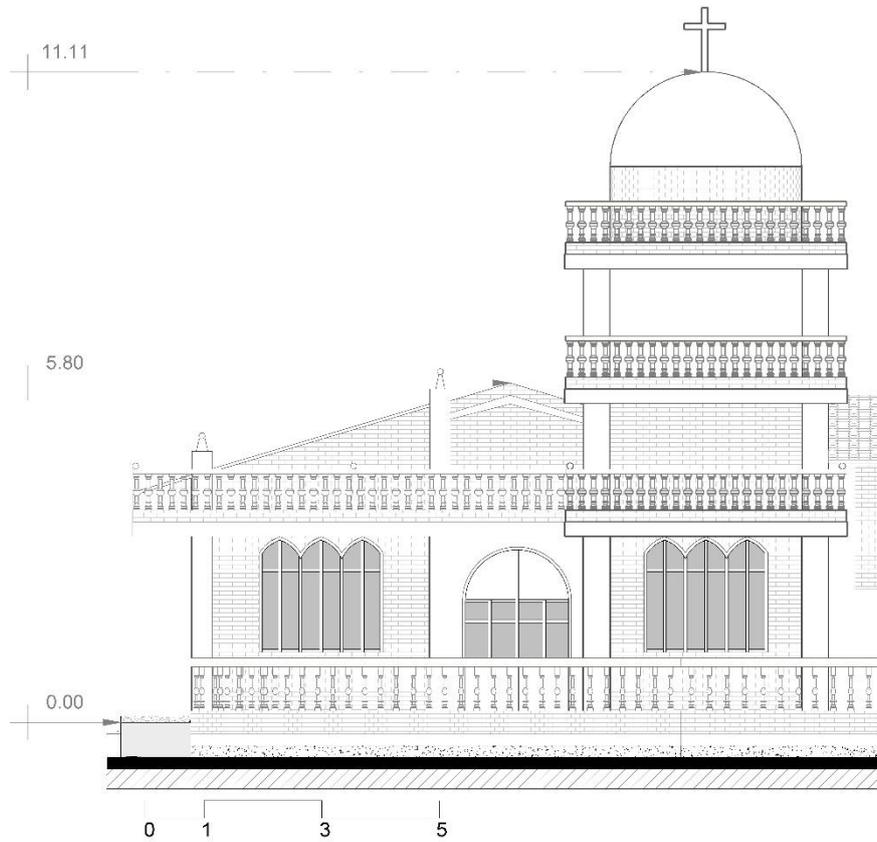


Elaboración: el autor.

Ismael de Jesús Quintuña Barrera

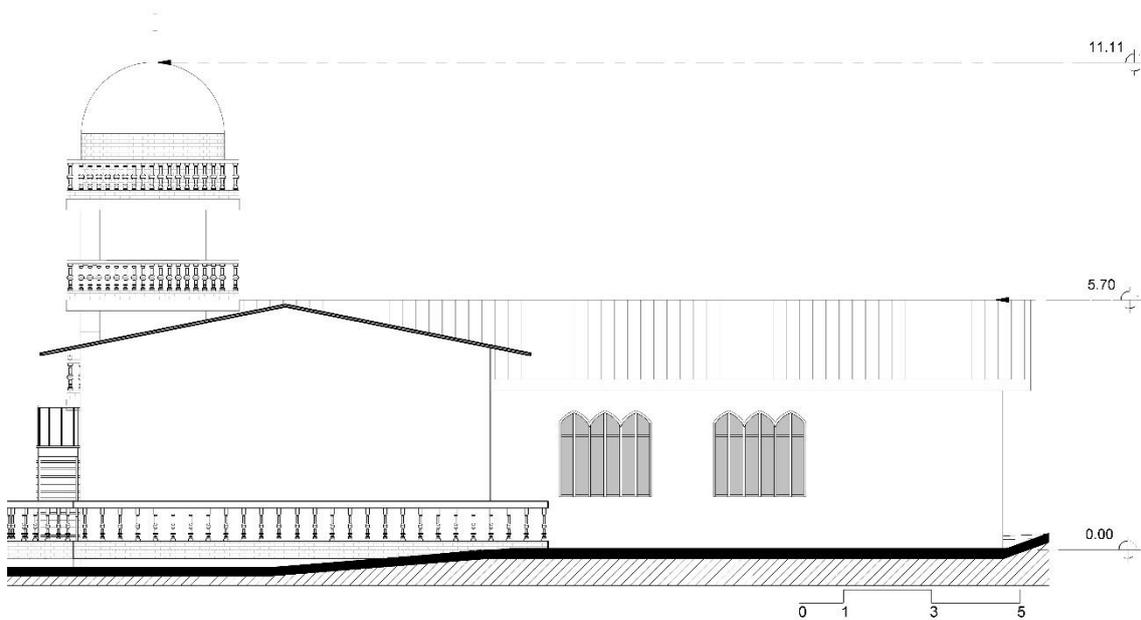


**Gráfico 39:** Fachada frontal propuesta 1



Elaboración: el autor.

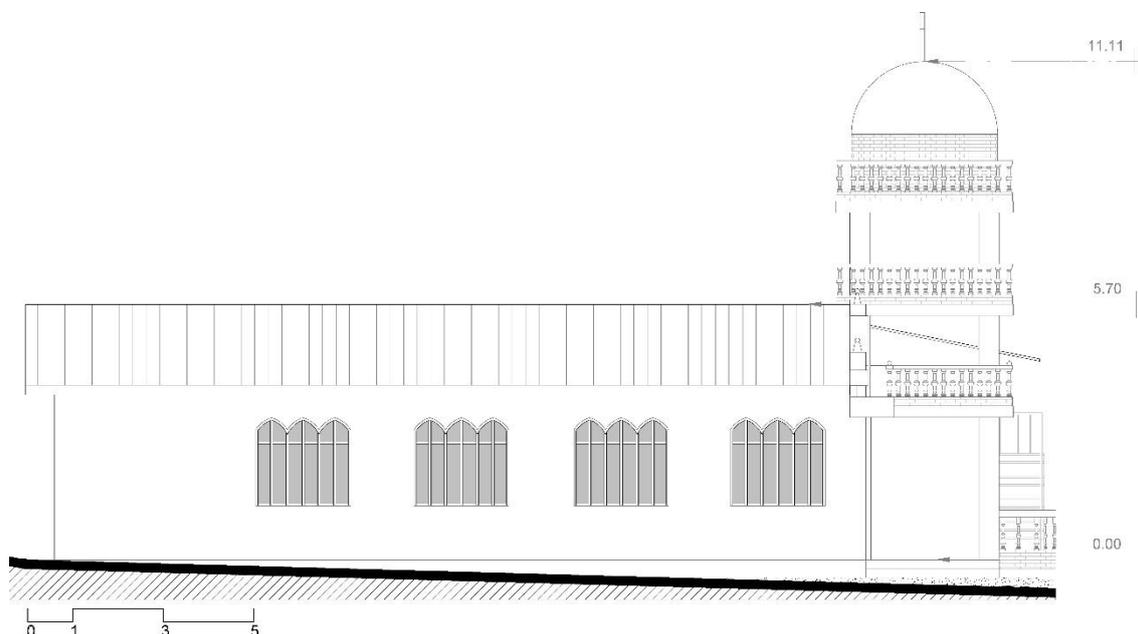
**Gráfico 40:** Fachada lateral derecha propuesta 1



Elaboración: el autor.



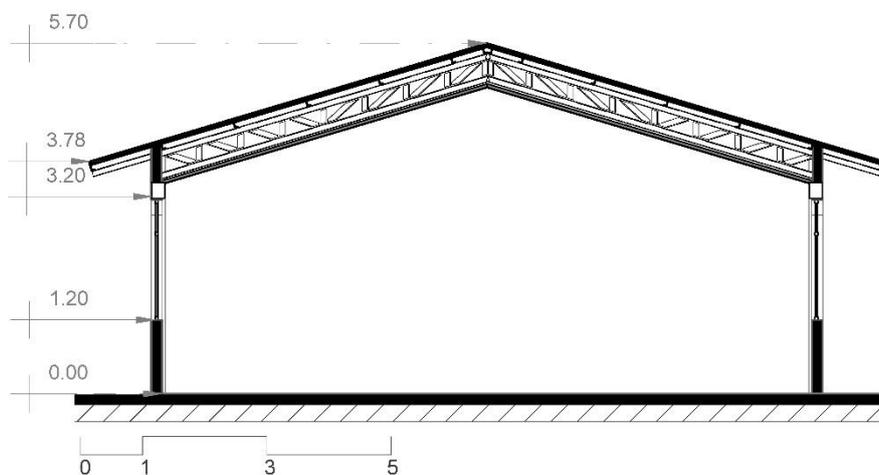
**Gráfico 41:** Fachada lateral izquierda propuesta 1



Elaboración: el autor.

Como se observa en los planos arquitectónicos, las ventanas aumentan de tamaño y cambian su forma. Estos cambios no producen ningún problema en la estética de la capilla, porque se logra que sean cambios armónicos y acordes a la tipología del edificio.

**Gráfico 42:** Sección Transversal propuesta 1



Elaboración: el autor.



**Gráfico 43:** Axonometría propuesta 1

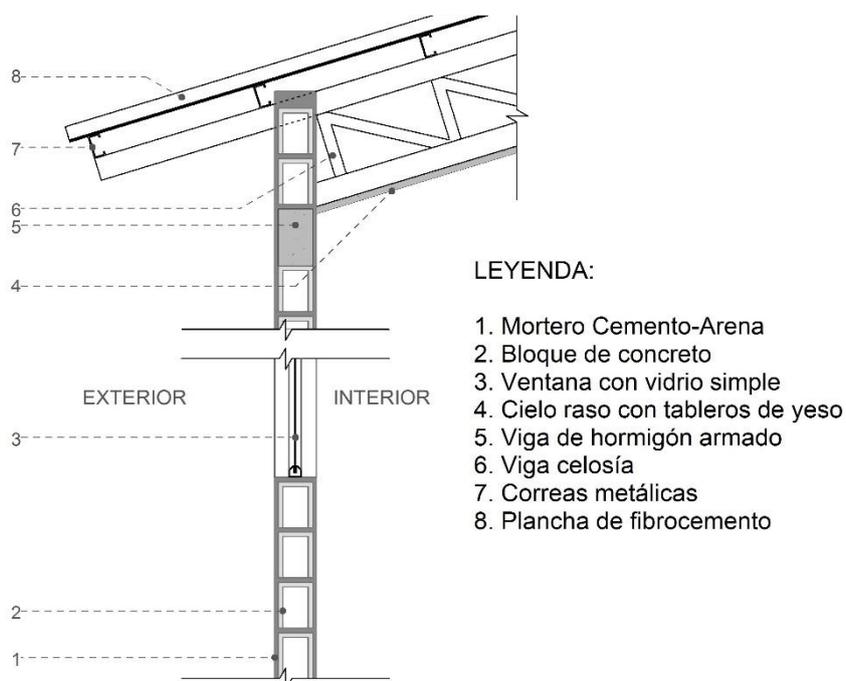


Elaboración: el autor.

El área útil de la capilla es de 105.00 m<sup>2</sup>. Para iluminación natural se necesita mínimo el 20% de dicha superficie, es decir, 21.00 m<sup>2</sup>.

La superficie de ventanas de la primera propuesta es 22.80 m<sup>2</sup>, cumpliendo con lo dispuesto en la norma. Con el aumento de superficie en las ventanas se tiene mayor ventilación, lo cual ayudará a controlar la temperatura cuando la capilla sea utilizada.

**Gráfico 44:** Detalle constructivo de mampostería y cubierta.



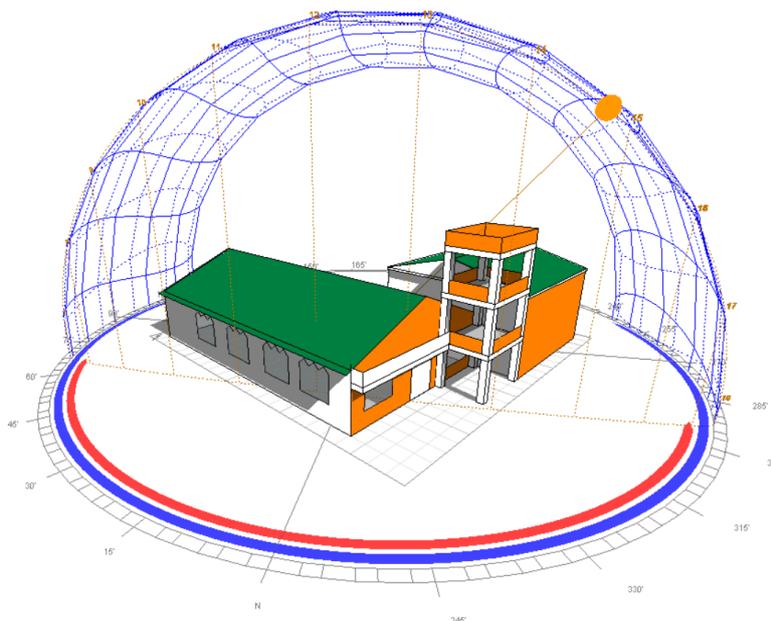
Elaboración: el autor.



**6.4.2. Evaluación mediante Ecotect. Propuesta 1.**

Definidas las estrategias y el diseño arquitectónico, se realizó la simulación en el programa Ecotect.

**Gráfico 45:** Axonometría en el Programa Ecotect.



Elaboración: el autor.

Los materiales utilizados para la primera propuesta tienen las siguientes propiedades:

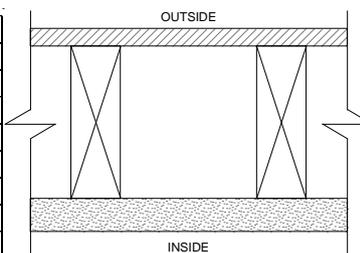
**Gráfico 46:** Propiedades de los materiales.

**CUBIERTA**

**DESCRIPCIÓN:**

Cubierta de planchas de fibrocemento, con cámara de aire y cielo raso de yeso.

| PROPIEDADES TERMICAS         |        |
|------------------------------|--------|
| Valor-U (W/m2.K):            | 2.52   |
| Admitancia (W/m2.K):         | 1.15   |
| Absorción solar (0 - 1):     | 0.71   |
| Transparencia (0 - 1):       | 0.00   |
| Disminución térmica (0 - 1): | 0.07   |
| Retraso térmico (hrs):       | 0.20   |
| Grosor (mm):                 | 125.00 |
| Peso (kg):                   | 34.43  |



| Capas                    | Ancho (mm) | Densidad (kg/m3) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|--------------------------|------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Planchas de Fibrocemento | 10.00      | 1750.00          | 840.00                    | 1.020                 |
| Cámara de aire           | 450.00     | 1.30             | 1004.00                   | 5.560                 |
| Tablero de yeso          | 15.00      | 1120.00          | 960.00                    | 0.510                 |

Fuente: Ecotect.

Elaboración: el autor.



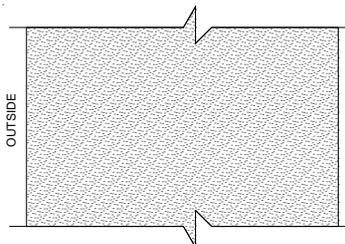
El elemento constructivo de la cubierta se compone de planchas de fibrocemento onduladas, cámara de aire y cielo raso de yeso, obteniendo una transmitancia térmica (valor U) de  $2.52\text{W/m}^2 \cdot \text{k}$ .

**Gráfico 47:** Propiedades de los materiales.

**PARED DE LADRILLO CERÁMICO**

DESCRIPCIÓN: Pared de ladrillo cerámico hueco, sin revoque.

| PROPIEDADES TERMICAS |                        |        |
|----------------------|------------------------|--------|
| Valor-U              | (W/m <sup>2</sup> .K): | 1.81   |
| Admitancia           | (W/m <sup>2</sup> .K): | 2.76   |
| Absorción solar      | (0 - 1):               | 0.46   |
| Transparencia        | (0 - 1):               | 0.00   |
| Disminución térmica  | (0 - 1):               | 0.75   |
| Retraso térmico      | (hrs):                 | 3.00   |
| Grosor               | (mm):                  | 150.00 |
| Peso                 | (kg):                  | 142.50 |



| Capas                | Ancho (mm) | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|----------------------|------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Ladrillo de 4 Huecos | 150.00     | 1000.00                       | 840.00                    | 0.40                  |

Fuente: Ecotect.  
Elaboración: el autor.

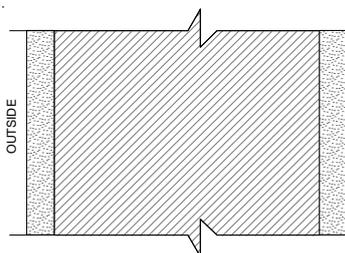
En la fachada frontal, el elemento constructivo se compone de ladrillo cerámico hueco, sin revestimiento, obteniendo una transmitancia térmica (valor U) de  $1.81\text{W/m}^2 \cdot \text{k}$ .

**Gráfico 48:** Propiedades de los materiales.

**PARED DE BLOQUE**

DESCRIPCIÓN: Pared de bloque hueco de concreto con revoque en ambas caras.

| PROPIEDADES TERMICAS |                        |        |
|----------------------|------------------------|--------|
| Valor-U              | (W/m <sup>2</sup> .K): | 2.17   |
| Admitancia           | (W/m <sup>2</sup> .K): | 4.55   |
| Absorción solar      | (0 - 1):               | 0.10   |
| Transparencia        | (0 - 1):               | 0.00   |
| Disminución térmica  | (0 - 1):               | 0.58   |
| Retraso térmico      | (hrs):                 | 3.00   |
| Grosor               | (mm):                  | 180.00 |
| Peso                 | (kg):                  | 313.50 |



| Capas                      | Ancho (mm) | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|----------------------------|------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Mortero de cemento y arena | 15.00      | 1650.00                       | 920.00                    | 0.72                  |
| Bloque hueco de concreto   | 150.00     | 1040.00                       | 840.00                    | 0.62                  |
| Mortero de cemento y arena | 15.00      | 1650.00                       | 920.00                    | 0.72                  |

Fuente: Ecotect.  
Elaboración: el autor.



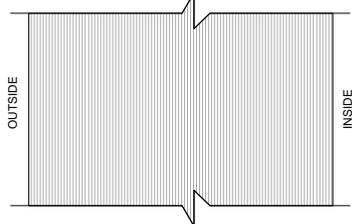
En las fachadas laterales y posterior, el elemento constructivo se compone de bloques de concreto con capas de enlucido con mortero de cemento/arena en ambos lados, obteniendo una transmitancia térmica (valor U) de 2.17W/m<sup>2</sup>. k.

**Gráfico 49:** Propiedades de los materiales.

**VENTANAS**

DESCRIPCIÓN: Las ventanas son con vidrio catedral, que es un vidrio translúcido de e=6mm, y los marcos de la ventana son de hierro pintado de color negro.

| PROPIEDADES TERMICAS            |           |       |
|---------------------------------|-----------|-------|
| Valor-U                         | (W/m2.K): | 5,44  |
| Admitancia                      | (W/m2.K): | 5,39  |
| Coef. Ganancia de calor solar   | (0 - 1):  | 0,78  |
| Transmitancia visible           | (0 - 1):  | 0,66  |
| Índice de refracción del vidrio |           | 0,99  |
| Ganancia solar                  |           | 0,37  |
| Grosor                          | (mm):     | 6,00  |
| Peso                            | (kg):     | 13,80 |



| Capas  | Ancho (mm) | Densidad (kg/m3) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|--------|------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Vidrio | 6,00       | 2300,00          | 836,80                    | 1,046                 |

Fuente: Ecotect.

Elaboración: el autor.

Las ventanas están compuestas por vidrio simple, obteniendo una transmitancia térmica (valor U) de 5.44W/m<sup>2</sup>. k.

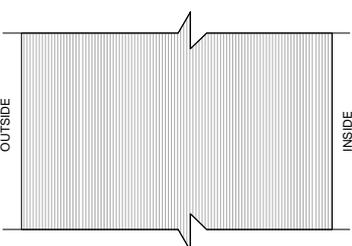
La puerta no cambiará sus características por lo que el valor U no se altera.

**Gráfico 50:** Propiedades de los materiales.

**PUERTA**

DESCRIPCIÓN: La puerta de acceso es de acero de color negro y ventanas de vidrio catedral

| PROPIEDADES TERMICAS |           |       |
|----------------------|-----------|-------|
| Valor-U              | (W/m2.K): | 5,62  |
| Admitancia           | (W/m2.K): | 5,57  |
| Absorción solar      | (0 - 1):  | 0,10  |
| Transparencia        | (0 - 1):  | 0,00  |
| Disminución térmica  | (0 - 1):  | 0,99  |
| Retraso térmico      | (hrs):    | 0,40  |
| Grosor               | (mm):     | 5,00  |
| Peso                 | (kg):     | 39,50 |



| Capas | Ancho (mm) | Densidad (kg/m3) | Calor específico (J/Kg.K) | Conductividad (W/m.K) |
|-------|------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Acero | 5,00       | 7900,00          | 530,00                    | 72,00                 |

Fuente: Ecotect.

Elaboración: el autor.



**Tabla 11:** Transmitancia térmica de los elementos constructivos.

| ELEMENTO CONSTRUCTIVO   | Valor-U (W/m <sup>2</sup> .K) |
|---|-------------------------------|
| Cubierta de planchas de fibrocemento sobre estructura metálica y cielo raso de tableros de yeso.  | 2.52                          |
| Pared de ladrillo cerámico, cuatro huecos, sin revoque.   | 1.81                          |
| Pared de bloque de concreto con revoque en ambas caras.   | 2.17                          |
| Contrapiso de hormigón y piedra con acabado de cerámica de color beige adherida con mortero de cemento.                                       | 1.25                          |
| La puerta de acceso es de acero de color negro y ventanas de vidrio catedral.   | 5.62                          |
| Las ventanas son con vidrio catedral, que es un vidrio translúcido de e=6mm, y los marcos de la ventana son de hierro pintado de color negro. | 5.44                          |

Fuente: Ecotect.

Elaboración: el autor.

Los valores de las propiedades calculados en el programa Ecotect de cada elemento constructivo planteado en la propuesta 1, determinan que se reduce la transmitancia térmica de la cubierta. Esta reducción es intencional, para impedir exceso de ganancias producidas por la acumulación de calor.

Las propiedades de la mampostería, puerta y ventanas son las mismas.

En el programa Ecotect se obtendrá los datos de:

- Temperatura horaria en el 21 de junio (solsticio de invierno).
- Ganancias y pérdidas por hora del 21 de junio.
- Temperatura horaria en el 24 de junio (día más caliente según datos in situ).
- Ganancias y pérdidas por hora del 24 de junio.
- Distribución anual de temperaturas
- Desglose de ganancias pasivas.

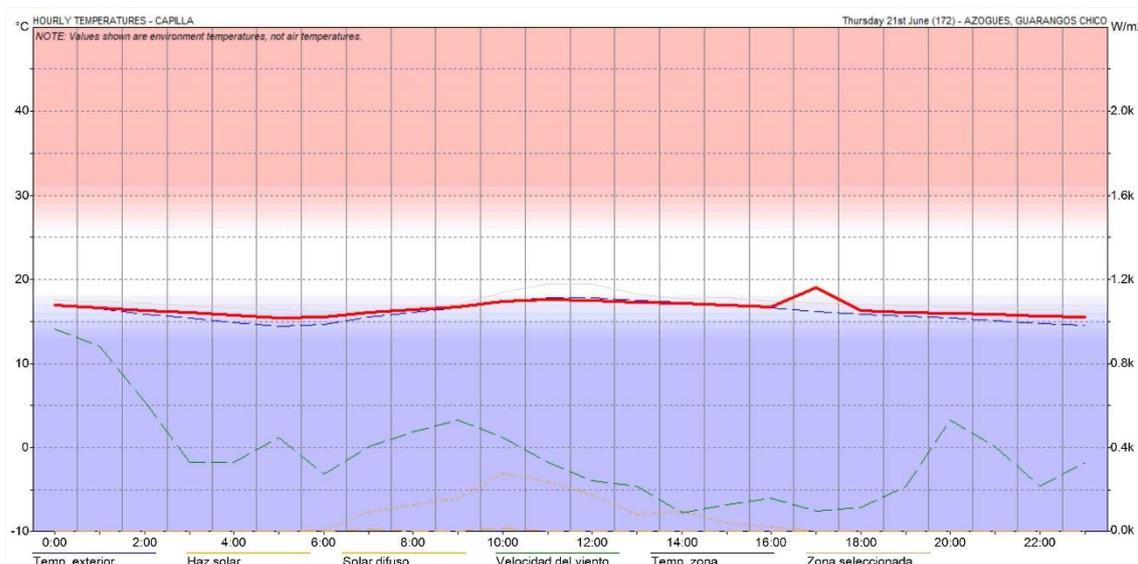
### **Análisis de los resultados en el solsticio de invierno.**

Conocidas las propiedades de los materiales a utilizar en la propuesta 1, se obtienen los siguientes resultados:



- **Temperatura horaria:**

**Gráfico 51:** Temperatura horaria del 21 de junio (Propuesta 1).



Fuente: Autodesk Ecotect.

**Tabla 12:** Datos de temperatura horaria del 21 de junio (Propuesta 1).

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 21 JUNIO |                  |                  |                    |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| HORA                                       | INTERIOR<br>(°C) | EXTERIOR<br>(°C) | DIFERENCIA<br>(°C) |
| 0:00:00                                    | 16.9             | 17               | -0.1               |
| 1:00:00                                    | 16.7             | 16.5             | 0.2                |
| 2:00:00                                    | 16.3             | 15.9             | 0.4                |
| 3:00:00                                    | 16               | 15.4             | 0.6                |
| 4:00:00                                    | 15.7             | 14.9             | 0.8                |
| 5:00:00                                    | 15.4             | 14.4             | 1                  |
| 6:00:00                                    | 15.5             | 14.6             | 0.9                |
| 7:00:00                                    | 16.1             | 15.5             | 0.6                |
| 8:00:00                                    | 16.4             | 16.1             | 0.3                |
| 9:00:00                                    | 16.7             | 16.6             | 0.1                |
| 10:00:00                                   | 17.3             | 17.4             | -0.1               |
| 11:00:00                                   | 17.6             | 17.8             | -0.2               |
| 12:00:00                                   | 17.5             | 17.8             | -0.3               |
| 13:00:00                                   | 17.3             | 17.5             | -0.2               |
| 14:00:00                                   | 17.2             | 17.3             | -0.1               |
| 15:00:00                                   | 16.9             | 16.9             | 0                  |
| 16:00:00                                   | 16.7             | 16.6             | 0.1                |
| 17:00:00                                   | 19               | 16.2             | 2.8                |
| 18:00:00                                   | 16.3             | 15.9             | 0.4                |
| 19:00:00                                   | 16.1             | 15.6             | 0.5                |
| 20:00:00                                   | 16               | 15.4             | 0.6                |
| 21:00:00                                   | 15.8             | 15.1             | 0.7                |
| 22:00:00                                   | 15.6             | 14.8             | 0.8                |
| 23:00:00                                   | 15.5             | 14.5             | 1                  |

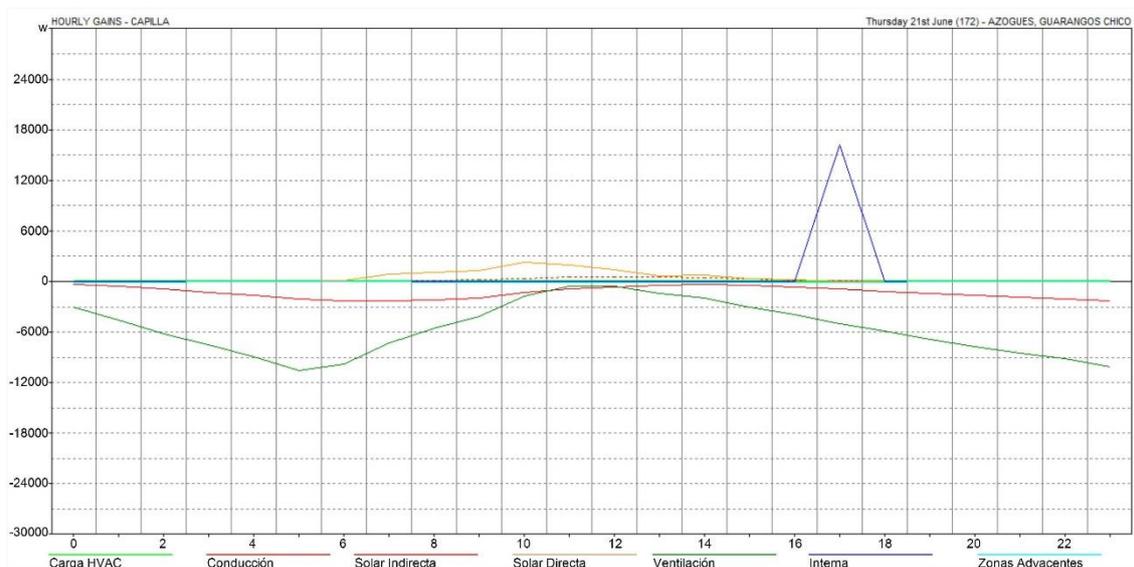
Fuente: Ecotect.  
Elaboración: el autor.

Cuando la capilla está ocupada, la temperatura llega hasta los 19°C, es decir, cumple con el rango de confort.



- Ganancias y Pérdidas por Hora:

Gráfico 52: Ganancias y pérdidas por hora del 21 de junio (Propuesta 1).



Fuente: Autodesk Ecotect.

Tabla 13: Datos de ganancias y pérdidas por hora del 21 de junio (Propuesta 1).

| GANANCIAS Y PERDIDAS POR HORAS DEL DIA 21 DE JUNIO |               |               |             |               |                    |                  |
|--|---------------|---------------|-------------|---------------|--------------------|------------------|
| HORA   | CLIMATIZACION | FABRICA       | SOLAR       | VENTILACION   | GANANCIAS INTERNAS | ZONAS ADYACENTES |
|  | (Wh)          | (Wh)          | (Wh)        | (Wh)          | (Wh)               | (Wh)             |
| 0:00:00  | 0             | -236          | 0           | -2032         | 0                  | -50              |
| 1:00:00  | 0             | -351          | 0           | -3031         | 0                  | -44              |
| 2:00:00  | 0             | -597          | 0           | -4165         | 0                  | -37              |
| 3:00:00  | 0             | -859          | 0           | -5021         | 0                  | -31              |
| 4:00:00  | 0             | -1115         | 0           | -5987         | 0                  | -26              |
| 5:00:00  | 0             | -1399         | 0           | -7036         | 0                  | -20              |
| 6:00:00  | 0             | -1533         | 42          | -6520         | 0                  | -21              |
| 7:00:00  | 0             | -1495         | 553         | -4865         | 0                  | -32              |
| 8:00:00  | 0             | -1387         | 693         | -3723         | 0                  | -38              |
| 9:00:00  | 0             | -1168         | 851         | -2757         | 0                  | -45              |
| 10:00:00   | 0             | -645          | 1535        | -1173         | 0                  | -57              |
| 11:00:00   | 0             | -213          | 1279        | -386          | 0                  | -62              |
| 12:00:00   | 0             | -73           | 928         | -382          | 0                  | -61              |
| 13:00:00   | 0             | 131           | 423         | -952          | 0                  | -57              |
| 14:00:00   | 0             | 59            | 513         | -1292         | 0                  | -55              |
| 15:00:00   | 0             | -59           | 217         | -2059         | 0                  | -49              |
| 16:00:00   | 0             | -348          | 127         | -2643         | 0                  | -45              |
| 17:00:00   | 0             | -494          | 5           | -3337         | 10790              | -91              |
| 18:00:00   | 0             | -748          | 0           | -3915         | 0                  | -37              |
| 19:00:00   | 0             | -916          | 0           | -4569         | 0                  | -33              |
| 20:00:00   | 0             | -1098         | 0           | -5120         | 0                  | -30              |
| 21:00:00   | 0             | -1246         | 0           | -5643         | 0                  | -27              |
| 22:00:00   | 0             | -1400         | 0           | -6092         | 0                  | -24              |
| 23:00:00   | 0             | -1526         | 0           | -6759         | 0                  | -20              |
| <b>TOTAL</b>                                       | <b>0</b>      | <b>-18716</b> | <b>7166</b> | <b>-89459</b> | <b>10790</b>       | <b>-989</b>      |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

Cuando la capilla está ocupada existen grandes cantidades de ganancias internas. Las pérdidas más altas se dan por ventilación (infiltraciones).

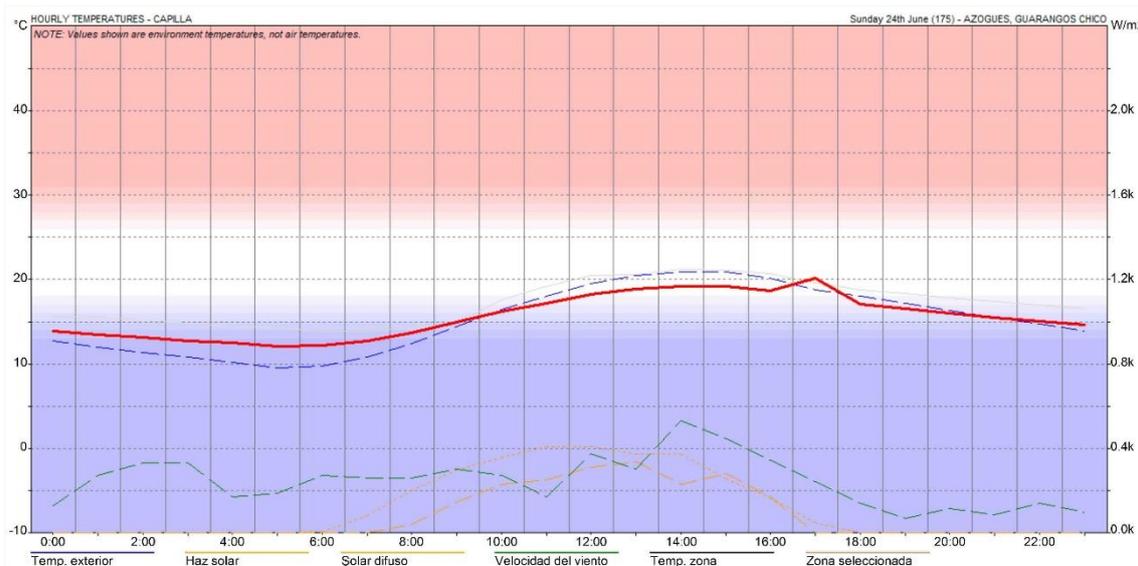


**Análisis de los resultados en el día más caliente de junio.**

Según la información in situ, el 24 de junio es el día más caliente del mes, por eso se realizó el análisis en este día, lo cual permitió comparar las propuestas con el estado actual:

**- Temperatura horaria:**

**Gráfico 53:** Temperatura horaria del 24 de junio (Propuesta 1).



Fuente: Autodesk Ecotect.

**Tabla 14:** Datos de temperatura horaria del 24 de junio (Propuesta 1).

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 24 JUNIO |                  |                  |                    |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| HORA                                       | INTERIOR<br>(°C) | EXTERIOR<br>(°C) | DIFERENCIA<br>(°C) |
| 0:00:00                                    | 13.9             | 12.7             | 1.2                |
| 1:00:00                                    | 13.5             | 12               | 1.5                |
| 2:00:00                                    | 13.1             | 11.4             | 1.7                |
| 3:00:00                                    | 12.8             | 10.8             | 2                  |
| 4:00:00                                    | 12.5             | 10.2             | 2.3                |
| 5:00:00                                    | 12.1             | 9.6              | 2.5                |
| 6:00:00                                    | 12.2             | 9.8              | 2.4                |
| 7:00:00                                    | 12.7             | 10.8             | 1.9                |
| 8:00:00                                    | 13.7             | 12.4             | 1.3                |
| 9:00:00                                    | 14.9             | 14.4             | 0.5                |
| 10:00:00                                   | 16.2             | 16.4             | -0.2               |
| 11:00:00                                   | 17.2             | 18               | -0.8               |
| 12:00:00                                   | 18.3             | 19.5             | -1.2               |
| 13:00:00                                   | 18.9             | 20.5             | -1.6               |
| 14:00:00                                   | 19.2             | 20.9             | -1.7               |
| 15:00:00                                   | 19.2             | 20.9             | -1.7               |
| 16:00:00                                   | 18.7             | 20.2             | -1.5               |
| 17:00:00                                   | 20.1             | 18.8             | 1.3                |
| 18:00:00                                   | 17.1             | 18               | -0.9               |
| 19:00:00                                   | 16.6             | 17.2             | -0.6               |
| 20:00:00                                   | 16               | 16.3             | -0.3               |
| 21:00:00                                   | 15.5             | 15.5             | 0                  |
| 22:00:00                                   | 15.1             | 14.7             | 0.4                |
| 23:00:00                                   | 14.6             | 13.9             | 0.7                |

Fuente: Autodesk Ecotect.

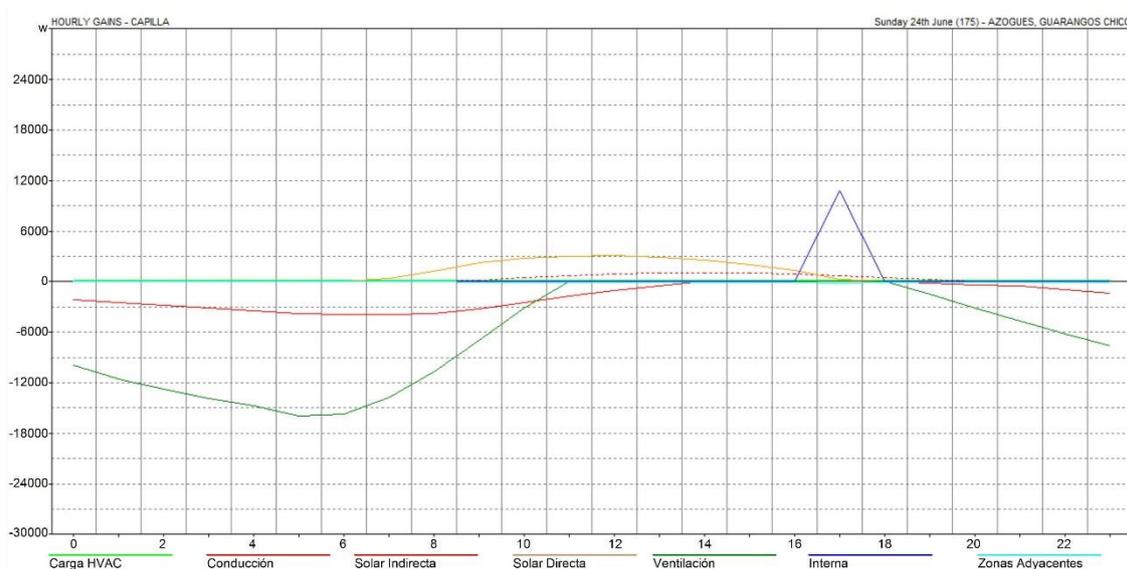
Elaboración: el autor



Cuando la capilla está ocupada, la temperatura llega hasta los 20.1°C, es decir, cumple con el rango de confort.

- **Ganancias y pérdidas por hora:**

**Gráfico 54:** Ganancias y pérdidas por hora del 24 de junio (Propuesta 1).



Fuente: Autodesk Ecotect.

**Tabla 15:** Datos de ganancias y pérdidas por hora del 24 de junio (Propuesta 1).

| GANANCIAS POR HORAS 24 DE JUNIO |               |               |              |                |                    |                  |
|---------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------|--------------------|------------------|
| HORA                            | CLIMATIZACION | FABRICA       | SOLAR        | VENTILACION    | GANANCIAS INTERNAS | ZONAS ADYACENTES |
|                                 | (Wh)          | (Wh)          | (Wh)         | (Wh)           | (Wh)               | (Wh)             |
| 0:00:00                         | 0             | -2163         | 0            | -9922          | 0                  | 10               |
| 1:00:00                         | 0             | -2478         | 0            | -11506         | 0                  | 19               |
| 2:00:00                         | 0             | -2819         | 0            | -12746         | 0                  | 26               |
| 3:00:00                         | 0             | -3127         | 0            | -13905         | 0                  | 33               |
| 4:00:00                         | 0             | -3462         | 0            | -14752         | 0                  | 39               |
| 5:00:00                         | 0             | -3769         | 0            | -15926         | 0                  | 46               |
| 6:00:00                         | 0             | -3937         | 37           | -15725         | 0                  | 45               |
| 7:00:00                         | 0             | -3910         | 428          | -13787         | 0                  | 34               |
| 8:00:00                         | 0             | -3664         | 1259         | -10723         | 0                  | 15               |
| 9:00:00                         | 0             | -3023         | 2234         | -6930          | 0                  | -10              |
| 10:00:00                        | 0             | -2042         | 2838         | -3068          | 0                  | -35              |
| 11:00:00                        | 0             | -935          | 2982         | 0              | 0                  | -55              |
| 12:00:00                        | 0             | -60           | 3151         | 0              | 0                  | -76              |
| 13:00:00                        | 0             | 640           | 2903         | 0              | 0                  | -88              |
| 14:00:00                        | 0             | 1092          | 2624         | 0              | 0                  | -95              |
| 15:00:00                        | 0             | 1026          | 2075         | 0              | 0                  | -94              |
| 16:00:00                        | 0             | 956           | 1412         | 0              | 0                  | -84              |
| 17:00:00                        | 0             | 729           | 248          | 0              | 10790              | -113             |
| 18:00:00                        | 0             | 479           | 0            | 0              | 0                  | -52              |
| 19:00:00                        | 0             | 161           | 0            | -1469          | 0                  | -42              |
| 20:00:00                        | 0             | -309          | 0            | -3169          | 0                  | -31              |
| 21:00:00                        | 0             | -541          | 0            | -4615          | 0                  | -22              |
| 22:00:00                        | 0             | -951          | 0            | -6213          | 0                  | -13              |
| 23:00:00                        | 0             | -1388         | 0            | -7601          | 0                  | -4               |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>0</b>      | <b>-33494</b> | <b>22192</b> | <b>-152060</b> | <b>10790</b>       | <b>-544</b>      |

Fuente: Autodesk Ecotect.

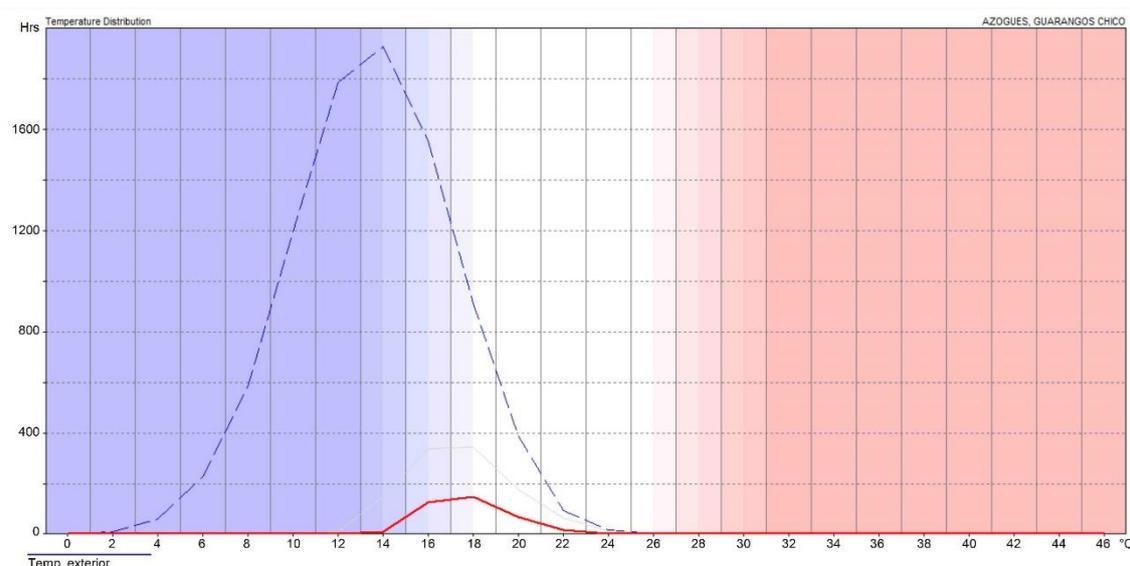
Elaboración: el autor



El recorrido del sol hace que las ganancias solares directas e indirectas vayan aumentando en el transcurso del día, teniendo las mayores ganancias a las 12:00 horas; al mismo tiempo, va disminuyendo las ganancias por infiltraciones, debido a que la temperatura exterior e interior son similares.

- **Distribución anual de temperaturas:**

**Gráfico 55:** Distribución anual de temperaturas (Propuesta 1).



Fuente: Autodesk Ecotect.

**Tabla 16:** Datos de distribución anual de temperaturas (Propuesta 1).

| DISTRIBUCION ANUAL DE TEMPERATURAS |               |                        |
|------------------------------------|---------------|------------------------|
| OPERACIÓN                          | FIN DE SEMANA | De 16:00 a 17:00 Horas |
| En confort: 63 Hrs (60.6%)         |               |                        |
| TEMPERATURAS                       | HORAS         | PORCENTAJE             |
| 0                                  | 0             | 0.00%                  |
| 2                                  | 0             | 0.00%                  |
| 4                                  | 0             | 0.00%                  |
| 6                                  | 0             | 0.00%                  |
| 8                                  | 0             | 0.00%                  |
| 10                                 | 0             | 0.00%                  |
| 12                                 | 0             | 0.00%                  |
| 14                                 | 3             | 2.90%                  |
| 16                                 | 38            | 36.50%                 |
| 18                                 | 39            | 37.50%                 |
| 20                                 | 22            | 21.20%                 |
| 22                                 | 2             | 1.90%                  |
| 24                                 | 0             | 0.00%                  |
| 26                                 | 0             | 0.00%                  |
| 28                                 | 0             | 0.00%                  |
| 30                                 | 0             | 0.00%                  |
| 32                                 | 0             | 0.00%                  |
| 34                                 | 0             | 0.00%                  |
| 36                                 | 0             | 0.00%                  |
| 38                                 | 0             | 0.00%                  |
| 40                                 | 0             | 0.00%                  |
| 42                                 | 0             | 0.00%                  |
| 44                                 | 0             | 0.00%                  |
| 46                                 | 0             | 0.00%                  |
| COMFORT                            | 63            | 60.60%                 |

Fuente: Autodesk Ecotect.  
Elaboración: el autor

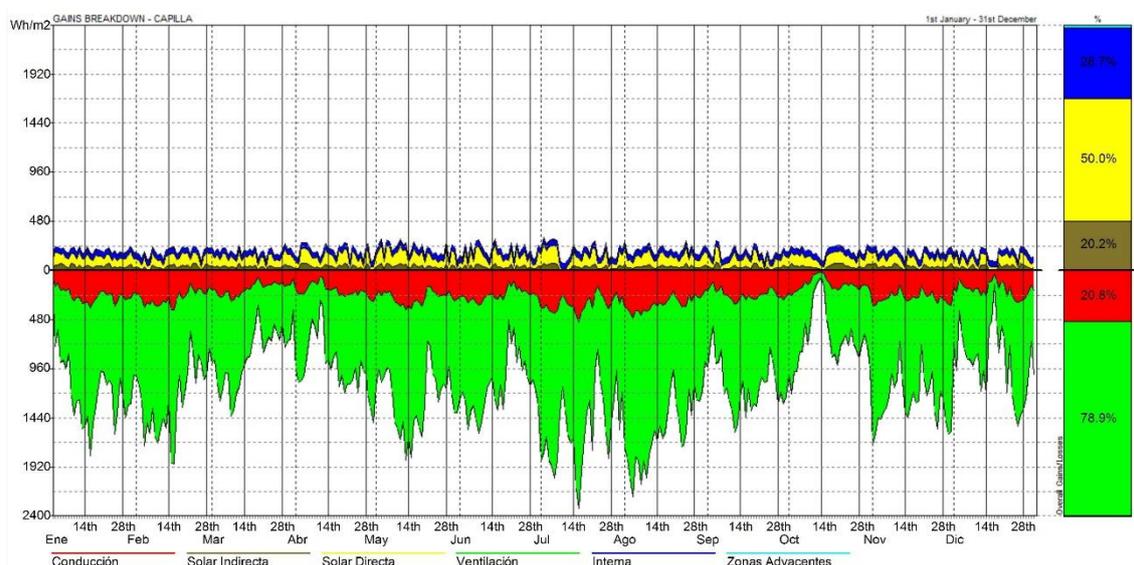


El promedio de temperatura es de 18°C, con un porcentaje de 37.50%. Ocupando la capilla los fines de semana de 16:00 a 17:00 horas, se obtiene un confort del 60.60% anual.

La capilla no sobrepasa los rangos de confort cuando está ocupada, porque disminuyen las ganancias indirectas, causadas principalmente por la cubierta.

- **Desglose de ganancias pasivas:**

**Gráfico 56:** Desglose de ganancias pasivas anuales (Propuesta 1).



Fuente: Autodesk Ecotect.

**Tabla 17:** Datos de desglose ganancias pasivas anuales (Propuesta 1).

| DESGLOSE GANANCIAS/ PERDIDAS ANUALES               |          |           |
|--|----------|-----------|
| CATEGORIA  | PERDIDAS | GANANCIAS |
| -----  | -----    | -----     |
| FABRICA (por materiales de construcción)           | 20.80%   | 0.00%     |
| SOLAR INDIRECTA                                    | 0.00%    | 20.20%    |
| SOLAR DIRECTA                                      | 0.00%    | 50.00%    |
| VENTILACION (infiltraciones)                       | 78.90%   | 0.00%     |
| GANANCIAS INTERNAS (personas, equipos, ilum artif) | 0.00%    | 28.70%    |
| GANANCIAS ZONAS ADYACENTES                         | 0.20%    | 1.10%     |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor



### **Análisis de sistemas pasivos:**

Los sistemas pasivos regulan el comportamiento térmico de la edificación sin el uso de aparatos de climatización.

Las pérdidas se dan por:

- Por infiltraciones, con 78.90%;
- Por materiales de construcción (conducción), con 20.80%; y
- Por las zonas adyacentes, con 0.20%.

Por infiltraciones es mayor la pérdida debido a la diferencia entre las temperaturas exteriores e interiores, sobre todo en horas donde las temperaturas exteriores son bajas.

Las zonas adyacentes (bloque de aulas) son las más bajas, es decir, no influyen de gran manera a la capilla.

Las ganancias se dan por:

- Exposición solar directa, a través de las ventanas, con 50.00%;
- Ganancias internas, a través de la iluminación artificial, equipos y número de personas, son de 28.70%; y
- Por exposición solar indirecta, el 20.20%.

Las ganancias directas son mayores que en el estado actual, por el aumento de área en ventanas. Las ganancias internas se producen sólo cuando la capilla está en uso.

### **Análisis de rendimiento energético**

El rendimiento energético de la edificación ayuda a estar en los rangos de confort cuando la capilla está ocupada en las horas del culto, implementando solamente una cámara de aire en la cubierta, por lo que no será necesario dotar de ninguna clase de asilamiento extra a la envolvente.

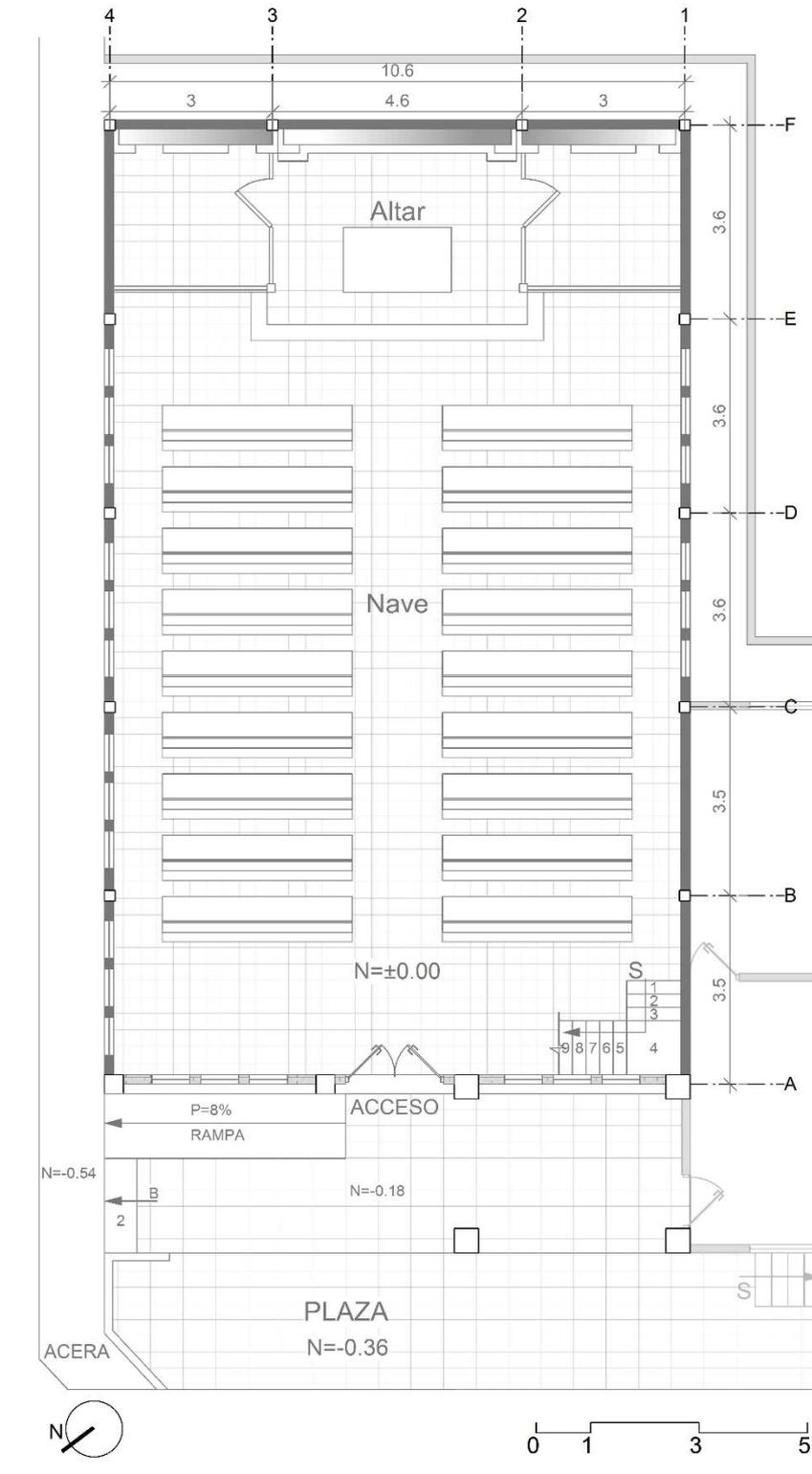
### **6.5. Propuesta 2**

La propuesta arquitectónica 2 consiste en cambiar el tamaño y la forma de las ventanas, conservando la rampa de acceso y colocando el cielo raso horizontal, generando una cámara de aire de mayor porcentaje. Con los resultados se podrá evaluar si el rendimiento energético mejora en comparación con la propuesta 1.



### 6.5.1. Propuesta Arquitectónica.

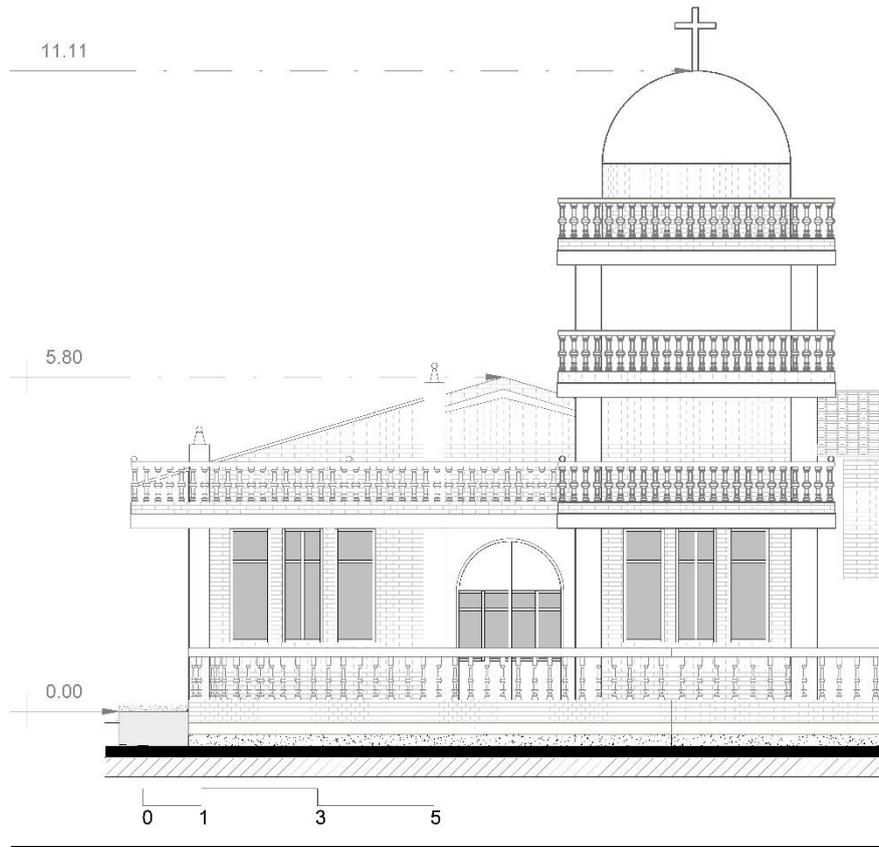
Gráfico 57: Planta arquitectónica propuesta 2



Elaboración: el autor

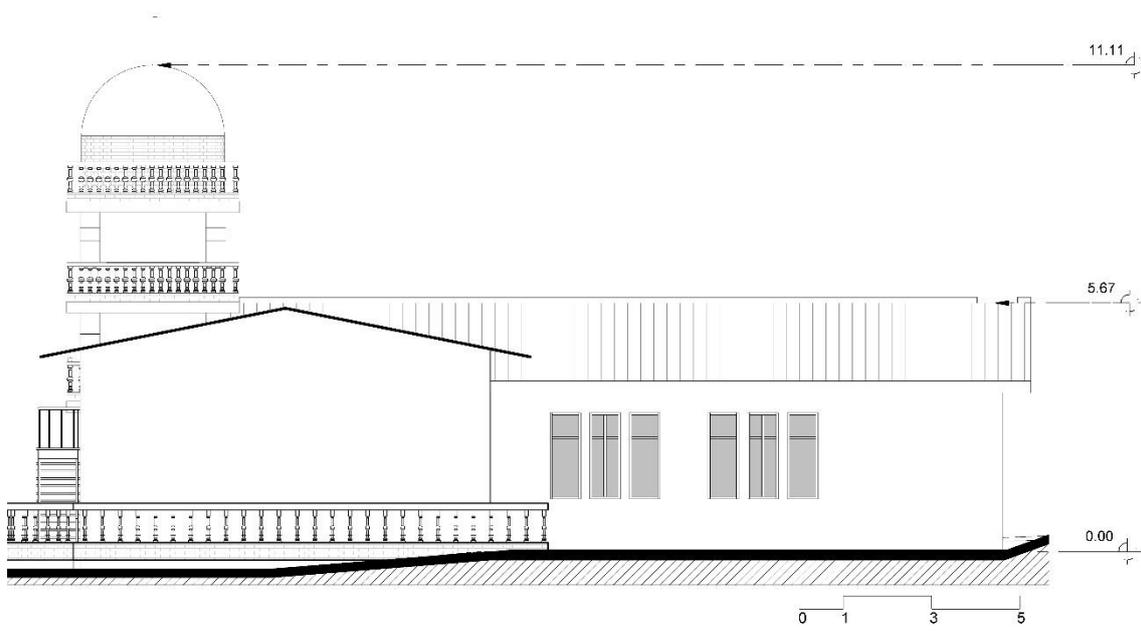


**Gráfico 58:** Fachada frontal propuesta 2



Elaboración: el autor

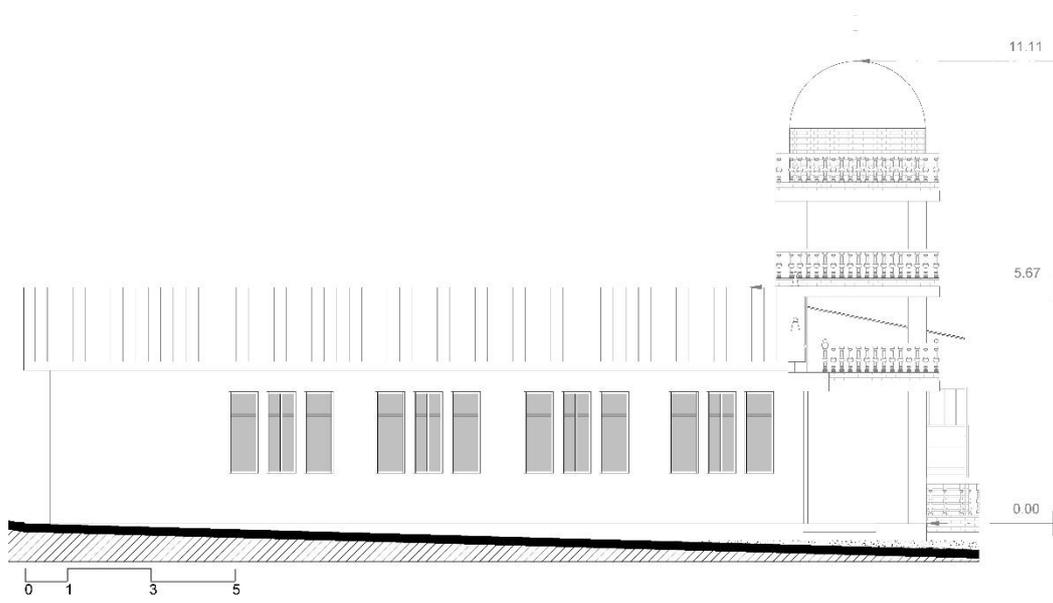
**Gráfico 59:** Fachada lateral derecha propuesta 2



Elaboración: el autor



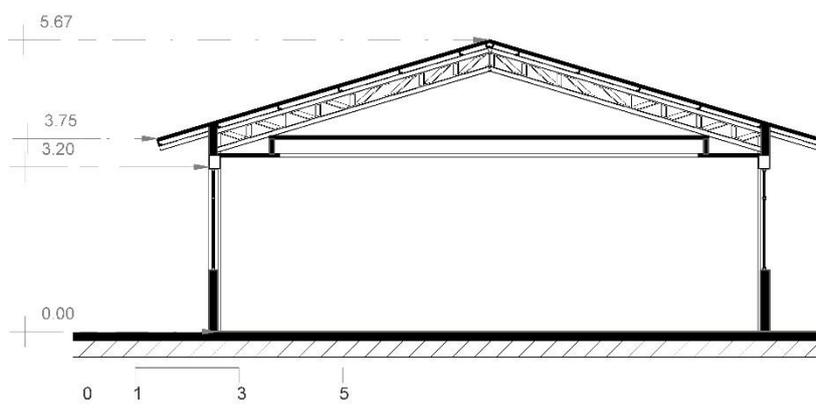
**Gráfico 60:** Fachada lateral izquierda propuesta 2



Elaboración: el autor

Las ventanas alargadas rompen con la horizontalidad de la edificación. Los cambios en las ventanas no afectan la estética de la edificación y ayudan a cumplir con el porcentaje de áreas para la iluminación y ventilación, de acuerdo a las normas de arquitectura para centros de culto.

**Gráfico 61:** Sección transversal propuesta 2



Elaboración: el autor

La forma del cielo raso cambia con respecto a la propuesta 1. El cielo raso horizontal permite tener mayor concentración de aire caliente en el interior de la cubierta, generando otra zona térmica (zona adyacente). En el análisis térmico se verá cómo influye en el comportamiento de la capilla.



**Gráfico 62:** Axonometría propuesta 2



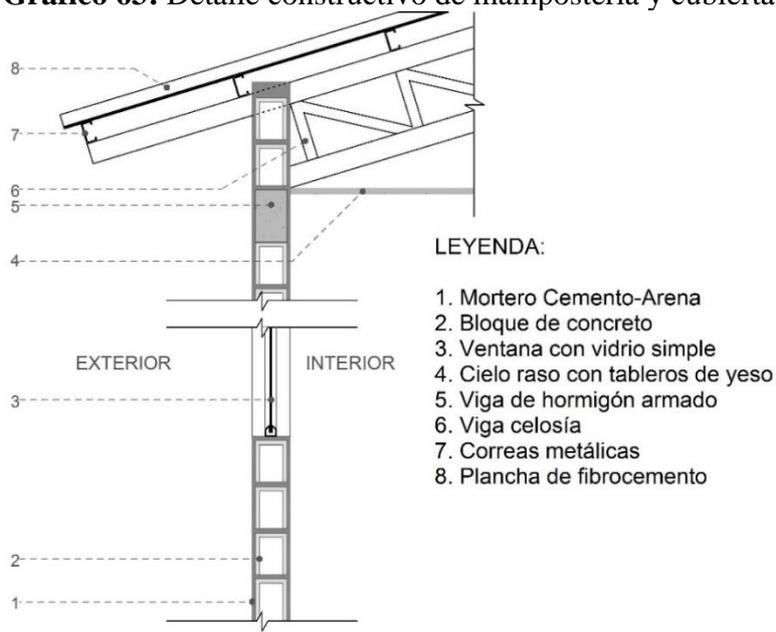
Elaboración: el autor

El área útil de la capilla es de 105.00 m<sup>2</sup>, para iluminación natural se necesita mínimo el 20% de dicha superficie, es decir, 21.00 m<sup>2</sup>.

La superficie de ventanas de la segunda propuesta es de 23.90 m<sup>2</sup>, cumpliendo con lo dispuesto en la norma.

Con el aumento de superficie en las ventanas se tiene mayor ventilación, lo cual ayudará a controlar la temperatura cuando la capilla sea utilizada.

**Gráfico 63:** Detalle constructivo de mampostería y cubierta.



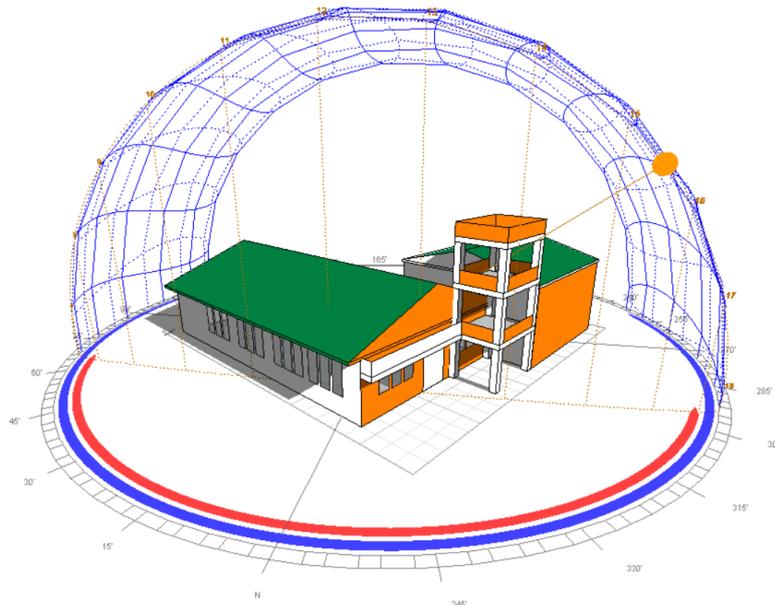
Elaboración: el autor



### 6.5.2. Evaluación mediante Ecotect. Propuesta 2.

Definidas las estrategias y el diseño arquitectónico, se realizó la simulación en el programa Ecotect.

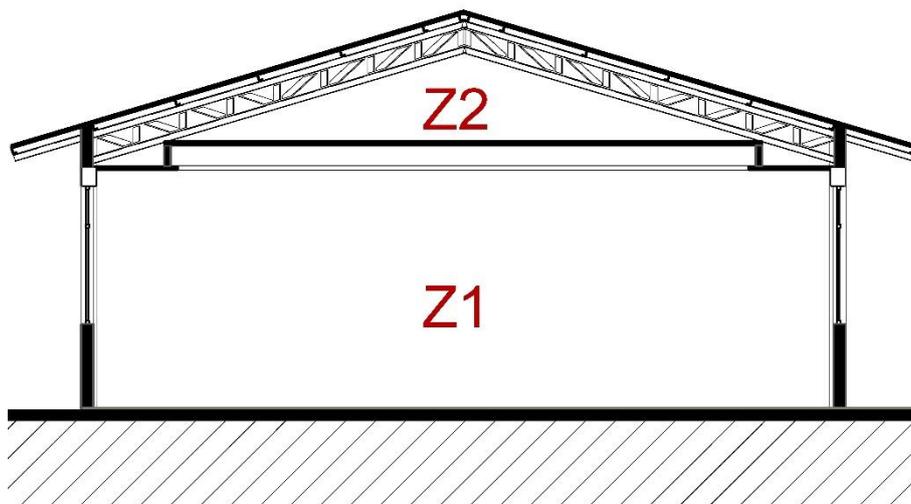
**Gráfico 64:** Axonometría en el programa Ecotect.



Elaboración: el autor

Los materiales en la propuesta 2 serán los mismos utilizados anteriormente, solo cambian el tamaño y forma de las ventanas y la forma del cielo raso.

**Gráfico 65:** Zonas térmicas. Propuesta 2



Elaboración: el autor



Debido a la altura que existe entre el cielo raso y las planchas de fibrocemento, la cubierta se convierte en otra zona térmica. En la simulación se verá cómo influye esto en la parte inferior de la capilla.

En el programa Ecotect se obtendrá los datos de:

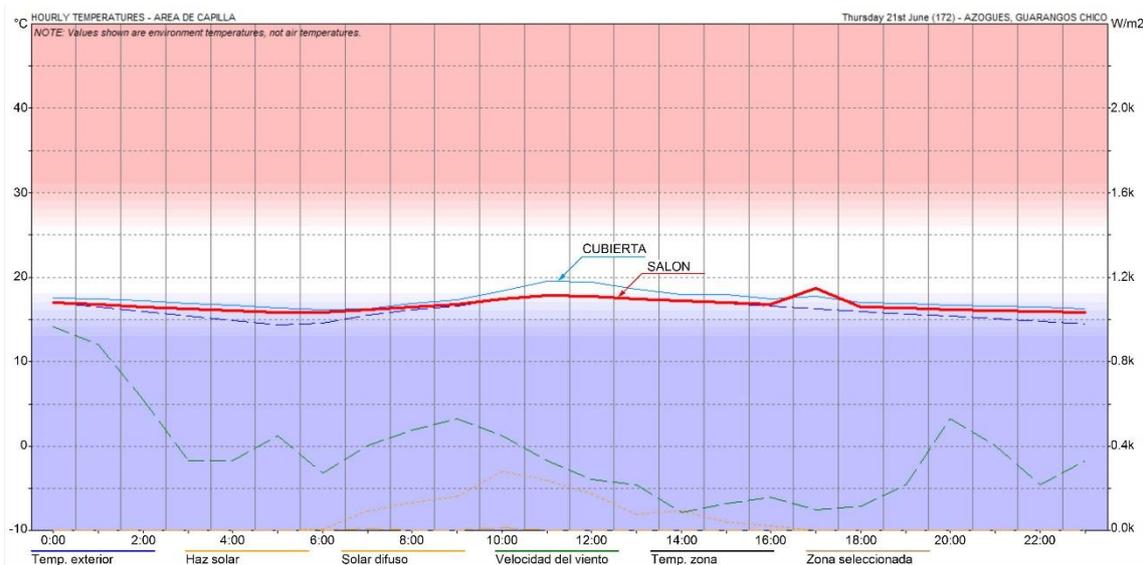
- Temperatura horaria en el 21 de junio (solsticio de invierno)
- Ganancias y pérdidas por hora del 21 de junio
- Temperatura horaria en el 24 de junio (día más caliente según datos in situ)
- Ganancias y pérdidas por hora del 24 de junio
- Distribución anual de temperaturas
- Desglose de ganancias pasivas

### Análisis de los resultados en el solsticio de invierno.

En la propuesta 2 consta:

- **Temperatura horaria:**

**Gráfico 66:** Temperatura horaria del 21 de junio (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect.

Como se observa en el gráfico, la zona térmica de la cubierta capta energía en horas donde la radiación solar es más fuerte, mientras que la zona del salón aumenta su temperatura cuando la capilla está ocupada.



**Tabla 18:** Datos de temperatura horaria del 21 de junio (Propuesta 2).

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 21 JUNIO |          |          |            |
|--|----------|----------|------------|
| HORA                                       | INTERIOR | EXTERIOR | DIFERENCIA |
|  | (°C)     | (°C)     | (°C)       |
| 0:00:00                                    | 16.9     | 17       | -0.1       |
| 1:00:00                                    | 16.8     | 16.5     | 0.3        |
| 2:00:00                                    | 16.5     | 15.9     | 0.6        |
| 3:00:00                                    | 16.3     | 15.4     | 0.9        |
| 4:00:00                                    | 16       | 14.9     | 1.1        |
| 5:00:00                                    | 15.8     | 14.4     | 1.4        |
| 6:00:00                                    | 15.8     | 14.6     | 1.2        |
| 7:00:00                                    | 16.1     | 15.5     | 0.6        |
| 8:00:00                                    | 16.5     | 16.1     | 0.4        |
| 9:00:00                                    | 16.8     | 16.6     | 0.2        |
| 10:00:00                                   | 17.4     | 17.4     | 0          |
| 11:00:00                                   | 17.8     | 17.8     | 0          |
| 12:00:00                                   | 17.8     | 17.8     | 0          |
| 13:00:00                                   | 17.4     | 17.5     | -0.1       |
| 14:00:00                                   | 17.2     | 17.3     | -0.1       |
| 15:00:00                                   | 17       | 16.9     | 0.1        |
| 16:00:00                                   | 16.8     | 16.6     | 0.2        |
| 17:00:00                                   | 18.7     | 16.2     | 2.5        |
| 18:00:00                                   | 16.4     | 15.9     | 0.5        |
| 19:00:00                                   | 16.3     | 15.6     | 0.7        |
| 20:00:00                                   | 16.2     | 15.4     | 0.8        |
| 21:00:00                                   | 16.1     | 15.1     | 1          |
| 22:00:00                                   | 15.9     | 14.8     | 1.1        |
| 23:00:00                                   | 15.8     | 14.5     | 1.3        |

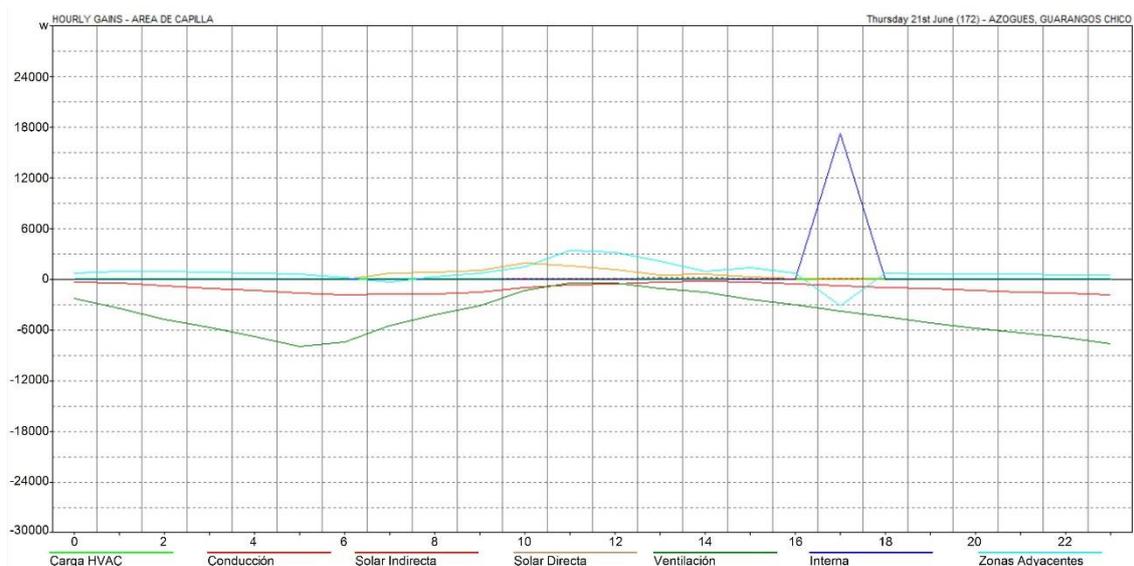
Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

Cuando la capilla está ocupada, la temperatura llega hasta los 18.7°C, es decir, está en el rango de confort.

**- Ganancias y pérdidas por hora:**

**Gráfico 67:** Ganancias y pérdidas por hora del 21 de junio (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect.



Cuando la capilla está ocupada existe grandes cantidades de ganancias internas; las pérdidas más altas se dan por ventilación (infiltraciones).

**Tabla 19:** Datos de ganancias y pérdidas por hora del 21 de junio (Propuesta 2).

| GANANCIAS Y PERDIDAS POR HORAS DEL DIA 21 DE JUNIO |               |               |             |               |                    |                  |
|--|---------------|---------------|-------------|---------------|--------------------|------------------|
| HORA   | CLIMATIZACION | FABRICA       | SOLAR       | VENTILACION   | GANANCIAS INTERNAS | ZONAS ADYACENTES |
|  | (Wh)          | (Wh)          | (Wh)        | (Wh)          | (Wh)               | (Wh)             |
| 0:00:00  | 0             | -185          | 0           | -1531         | 0                  | 470              |
| 1:00:00  | 0             | -287          | 0           | -2284         | 0                  | 633              |
| 2:00:00  | 0             | -481          | 0           | -3138         | 0                  | 630              |
| 3:00:00  | 0             | -681          | 0           | -3783         | 0                  | 543              |
| 4:00:00  | 0             | -880          | 0           | -4511         | 0                  | 500              |
| 5:00:00  | 0             | -1099         | 0           | -5301         | 0                  | 463              |
| 6:00:00  | 0             | -1184         | 35          | -4913         | 0                  | 153              |
| 7:00:00  | 0             | -1139         | 478         | -3665         | 0                  | -195             |
| 8:00:00  | 0             | -1124         | 575         | -2805         | 0                  | 209              |
| 9:00:00  | 0             | -982          | 707         | -2077         | 0                  | 488              |
| 10:00:00   | 0             | -602          | 1293        | -883          | 0                  | 1037             |
| 11:00:00   | 0             | -374          | 1065        | -291          | 0                  | 2285             |
| 12:00:00   | 0             | -246          | 772         | -288          | 0                  | 2182             |
| 13:00:00   | 0             | -66           | 351         | -717          | 0                  | 1409             |
| 14:00:00   | 0             | -47           | 426         | -974          | 0                  | 665              |
| 15:00:00   | 0             | -147          | 180         | -1552         | 0                  | 897              |
| 16:00:00   | 0             | -317          | 105         | -1991         | 0                  | 527              |
| 17:00:00   | 0             | -424          | 4           | -2514         | 11490              | -2088            |
| 18:00:00   | 0             | -595          | 0           | -2950         | 0                  | 476              |
| 19:00:00   | 0             | -722          | 0           | -3442         | 0                  | 447              |
| 20:00:00   | 0             | -857          | 0           | -3858         | 0                  | 398              |
| 21:00:00   | 0             | -975          | 0           | -4252         | 0                  | 404              |
| 22:00:00   | 0             | -1094         | 0           | -4590         | 0                  | 365              |
| 23:00:00   | 0             | -1191         | 0           | -5093         | 0                  | 349              |
| <b>TOTAL</b>                                       | <b>0</b>      | <b>-15702</b> | <b>5993</b> | <b>-67403</b> | <b>11490</b>       | <b>13252</b>     |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración el autor.

Las infiltraciones aumentan en horas donde las temperaturas exteriores son más bajas, comúnmente en las noches y las madrugadas.

Cuando las ganancias solares directas e indirectas aumentan, las infiltraciones disminuyen.

También se observa pérdidas en la zona adyacente (cubierta), mientras las ganancias internas aumentan.

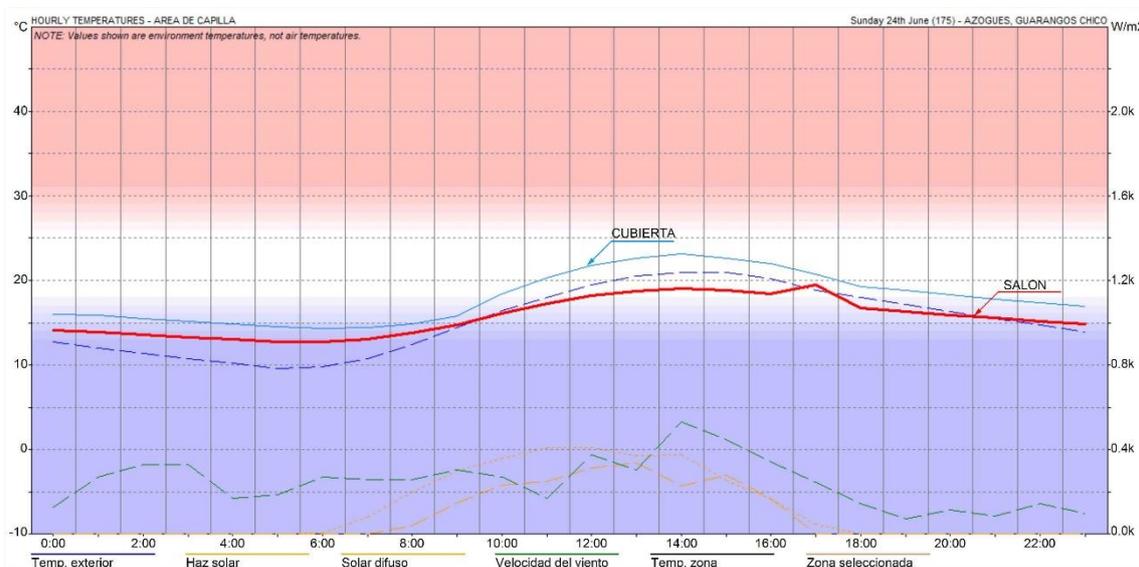
**Análisis de los resultados en el día más caliente de junio.**

Según la información in situ, el 24 de junio es el día más caliente del mes, por eso se realizó el análisis en este día, lo cual permitió comparar las propuestas con el estado actual:



- **Temperatura horaria:**

**Gráfico 68:** Temperatura horaria del 24 de junio (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect.

El comportamiento térmico es el mismo que el 21 de junio. La cubierta aumenta su temperatura en horas donde la radiación es más fuerte, mientras que el salón tiene su temperatura más alta cuando es ocupada, debido al aporte de ganancias internas.

**Tabla 20:** Datos de temperatura horaria del 24 de junio (Propuesta 2).

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 24 JUNIO |                  |                  |                    |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| HORA                                       | INTERIOR<br>(°C) | EXTERIOR<br>(°C) | DIFERENCIA<br>(°C) |
| 0:00:00                                    | 14.2             | 12.7             | 1.5                |
| 1:00:00                                    | 13.9             | 12               | 1.9                |
| 2:00:00                                    | 13.6             | 11.4             | 2.2                |
| 3:00:00                                    | 13.3             | 10.8             | 2.5                |
| 4:00:00                                    | 13.1             | 10.2             | 2.9                |
| 5:00:00                                    | 12.8             | 9.6              | 3.2                |
| 6:00:00                                    | 12.7             | 9.8              | 2.9                |
| 7:00:00                                    | 13.1             | 10.8             | 2.3                |
| 8:00:00                                    | 13.8             | 12.4             | 1.4                |
| 9:00:00                                    | 14.7             | 14.4             | 0.3                |
| 10:00:00                                   | 16.2             | 16.4             | -0.2               |
| 11:00:00                                   | 17.2             | 18               | -0.8               |
| 12:00:00                                   | 18.2             | 19.5             | -1.3               |
| 13:00:00                                   | 18.8             | 20.5             | -1.7               |
| 14:00:00                                   | 19.1             | 20.9             | -1.8               |
| 15:00:00                                   | 18.9             | 20.9             | -2                 |
| 16:00:00                                   | 18.4             | 20.2             | -1.8               |
| 17:00:00                                   | 19.4             | 18.8             | 0.6                |
| 18:00:00                                   | 16.8             | 18               | -1.2               |
| 19:00:00                                   | 16.4             | 17.2             | -0.8               |
| 20:00:00                                   | 15.9             | 16.3             | -0.4               |
| 21:00:00                                   | 15.5             | 15.5             | 0                  |
| 22:00:00                                   | 15.2             | 14.7             | 0.5                |
| 23:00:00                                   | 14.8             | 13.9             | 0.9                |

Fuente: Autodesk Ecotect.

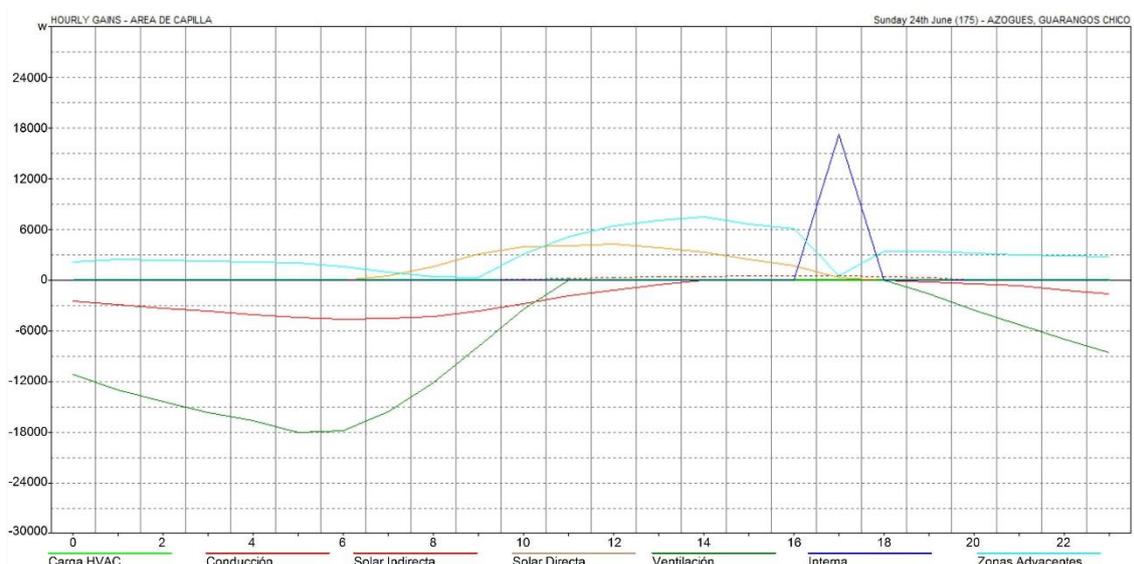
Elaboración: el autor.

La temperatura es de 19.40°C, cuando la capilla está ocupada.



- **Ganancias y pérdidas por hora:**

**Gráfico 69:** Ganancias y pérdidas por hora del 24 de junio (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect.

Las ganancias internas aumentan solo cuando la capilla está ocupada. Las ganancias por zonas adyacentes es más alta cuando la radiación solar es mayor.

**Tabla 21:** Datos de ganancias y pérdidas por hora del 24 de junio (Propuesta 2).

| GANANCIAS POR HORAS 24 DE JUNIO |               |               |              |                |                    |                  |
|---------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------|--------------------|------------------|
| HORA                            | CLIMATIZACION | FABRICA       | SOLAR        | VENTILACION    | GANANCIAS INTERNAS | ZONAS ADYACENTES |
|                                 | (Wh)          | (Wh)          | (Wh)         | (Wh)           | (Wh)               | (Wh)             |
| 0:00:00                         | 0             | -1679         | 0            | -7476          | 0                  | 1409             |
| 1:00:00                         | 0             | -1941         | 0            | -8670          | 0                  | 1640             |
| 2:00:00                         | 0             | -2203         | 0            | -9604          | 0                  | 1552             |
| 3:00:00                         | 0             | -2441         | 0            | -10477         | 0                  | 1497             |
| 4:00:00                         | 0             | -2700         | 0            | -11115         | 0                  | 1407             |
| 5:00:00                         | 0             | -2939         | 0            | -12000         | 0                  | 1352             |
| 6:00:00                         | 0             | -3047         | 31           | -11848         | 0                  | 1038             |
| 7:00:00                         | 0             | -3007         | 356          | -10388         | 0                  | 672              |
| 8:00:00                         | 0             | -2849         | 1108         | -8079          | 0                  | 318              |
| 9:00:00                         | 0             | -2438         | 2057         | -5222          | 0                  | 221              |
| 10:00:00                        | 0             | -1816         | 2635         | -2312          | 0                  | 2086             |
| 11:00:00                        | 0             | -1095         | 2746         | 0              | 0                  | 3453             |
| 12:00:00                        | 0             | -552          | 2848         | 0              | 0                  | 4266             |
| 13:00:00                        | 0             | -78           | 2576         | 0              | 0                  | 4691             |
| 14:00:00                        | 0             | 276           | 2227         | 0              | 0                  | 4975             |
| 15:00:00                        | 0             | 325           | 1649         | 0              | 0                  | 4405             |
| 16:00:00                        | 0             | 362           | 1122         | 0              | 0                  | 4054             |
| 17:00:00                        | 0             | 341           | 206          | 0              | 11490              | 346              |
| 18:00:00                        | 0             | 310           | 0            | 0              | 0                  | 2294             |
| 19:00:00                        | 0             | 87            | 0            | -1106          | 0                  | 2260             |
| 20:00:00                        | 0             | -271          | 0            | -2388          | 0                  | 2161             |
| 21:00:00                        | 0             | -444          | 0            | -3477          | 0                  | 2018             |
| 22:00:00                        | 0             | -762          | 0            | -4681          | 0                  | 1941             |
| 23:00:00                        | 0             | -1100         | 0            | -5727          | 0                  | 1855             |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>0</b>      | <b>-29660</b> | <b>19561</b> | <b>-114569</b> | <b>11490</b>       | <b>51909</b>     |

Fuente: Autodesk Ecotect.

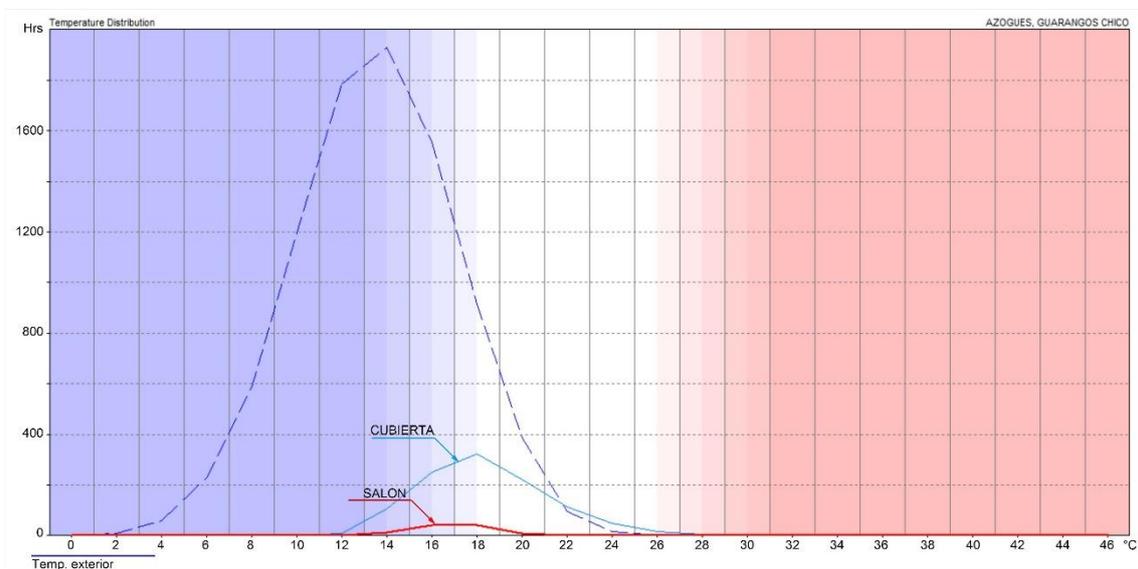
Elaboración: el autor.



Las mayores pérdidas son por ventilación, y las mayores ganancias por zonas adyacentes.

- **Distribución anual de temperaturas:**

**Gráfico 70:** Distribución anual de temperaturas (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect.

**Tabla 22:** Datos de distribución anual de temperaturas (Propuesta 2).

| DISTRIBUCION ANUAL DE TEMPERATURAS |               |                        |
|------------------------------------|---------------|------------------------|
| OPERACIÓN                          | FIN DE SEMANA | De 16:00 a 17:00 Horas |
| En confort: 50 Hrs (48.10%)        |               |                        |
| TEMPERATURAS                       | HORAS         | PORCENTAJE             |
| 0                                  | 0             | 0.00%                  |
| 2                                  | 0             | 0.00%                  |
| 4                                  | 0             | 0.00%                  |
| 6                                  | 0             | 0.00%                  |
| 8                                  | 0             | 0.00%                  |
| 10                                 | 0             | 0.00%                  |
| 12                                 | 0             | 0.00%                  |
| 14                                 | 13            | 12.50%                 |
| 16                                 | 41            | 39.40%                 |
| 18                                 | 40            | 38.50%                 |
| 20                                 | 9             | 8.70%                  |
| 22                                 | 1             | 1.00%                  |
| 24                                 | 0             | 0.00%                  |
| 26                                 | 0             | 0.00%                  |
| 28                                 | 0             | 0.00%                  |
| 30                                 | 0             | 0.00%                  |
| 32                                 | 0             | 0.00%                  |
| 34                                 | 0             | 0.00%                  |
| 36                                 | 0             | 0.00%                  |
| 38                                 | 0             | 0.00%                  |
| 40                                 | 0             | 0.00%                  |
| 42                                 | 0             | 0.00%                  |
| 44                                 | 0             | 0.00%                  |
| 46                                 | 0             | 0.00%                  |
| COMFORT                            | 50            | 48.10%                 |

Fuente: Autodesk Ecotect.

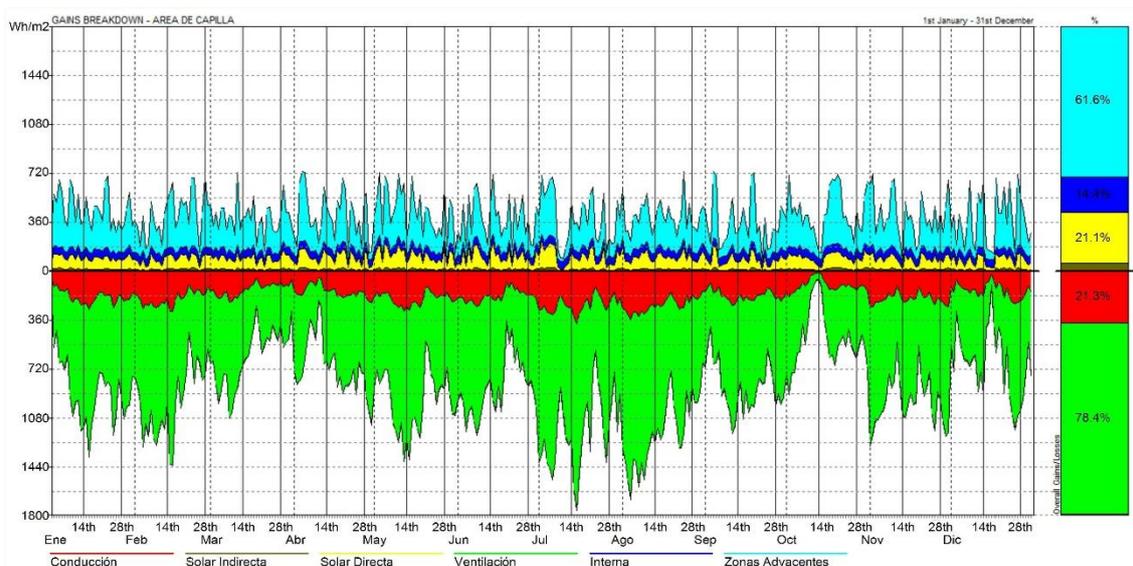
Elaboración: el autor.



El promedio de temperatura mayor está en 16°C con un porcentaje de 39.40%. Ocupando la capilla los fines de semana de 16:00 a 17:00 horas, se obtiene un confort del 48.10% anual.

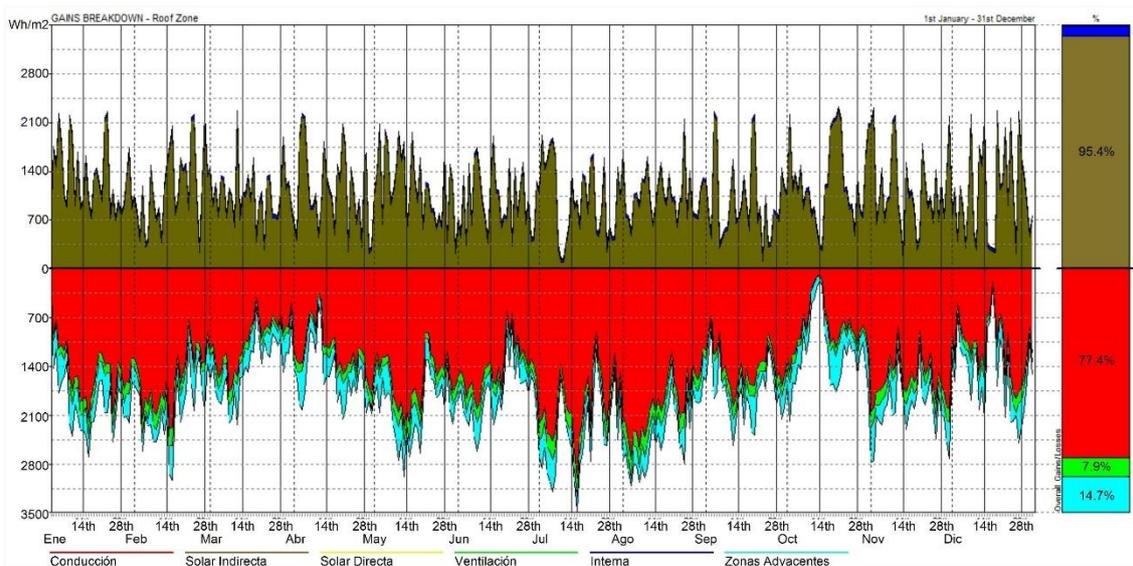
- **Desglose de ganancias pasivas:**

**Gráfico 71:** Desglose de ganancias pasivas del salón (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect.

**Gráfico 72:** Desglose de ganancias pasivas de cubierta (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect.



**Tabla 23:** Datos de desglose de ganancias pasivas (Propuesta 2).

| DESGLOSE GANANCIAS/ PERDIDAS ANUALES LOCAL         |          |           |
|--|----------|-----------|
| CATEGORIA  | PERDIDAS | GANANCIAS |
| -----  | -----    | -----     |
| FABRICA (por materiales de construcción)           | 21.30%   | 0.00%     |
| SOLAR INDIRECTA                                    | 0.00%    | 3.00%     |
| SOLAR DIRECTA                                      | 0.00%    | 21.10%    |
| VENTILACION (infiltraciones)                       | 78.40%   | 0.00%     |
| GANANCIAS INTERNAS (personas, equipos, ilum artif) | 0.00%    | 14.40%    |
| GANANCIAS ZONAS ADYACENTES                         | 0.40%    | 61.60%    |

| DESGLOSE GANANCIAS/ PERDIDAS ANUALES CUBIERTA      |          |           |
|--|----------|-----------|
| CATEGORIA  | PERDIDAS | GANANCIAS |
| -----  | -----    | -----     |
| FABRICA (por materiales de construcción)           | 77.40%   | 0.00%     |
| SOLAR INDIRECTA                                    | 0.00%    | 95.40%    |
| SOLAR DIRECTA                                      | 0.00%    | 0.00%     |
| VENTILACION (infiltraciones)                       | 7.90%    | 0.00%     |
| GANANCIAS INTERNAS (personas, equipos, ilum artif) | 0.00%    | 4.30%     |
| GANANCIAS ZONAS ADYACENTES                         | 14.70%   | 0.30%     |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

**Sistemas pasivos:**

- Las pérdidas mayores en el salón son por infiltraciones, con 78.40%; mientras que en la cubierta son por fábrica, con 77.40%.
- Las mayores ganancias en el salón son por zonas adyacentes, con 61.60%; mientras que en la cubierta son por captación solar indirecta, con 95.40%.
- Las ganancias indirectas captadas por la cubierta, a lo largo del día, contribuyen a las ganancias del salón por zonas adyacentes.

En conclusión, la cubierta ayuda a mitigar el paso de calor al local, reduciendo las ganancias indirectas. Las infiltraciones son mayores cuando la temperatura exterior es baja, normalmente en las noches y madrugadas.

Las ganancias internas, es decir, cuando la iglesia está ocupada, no contribuyen a que la capilla sobrepase los rangos de confort.



### Rendimiento energético

En la propuesta 2, el rendimiento energético de la edificación ayuda a estar en los rangos de confort cuando la capilla está ocupada. El cielo raso horizontal crea una aislante que impide el aumento de la temperatura al interior del local.

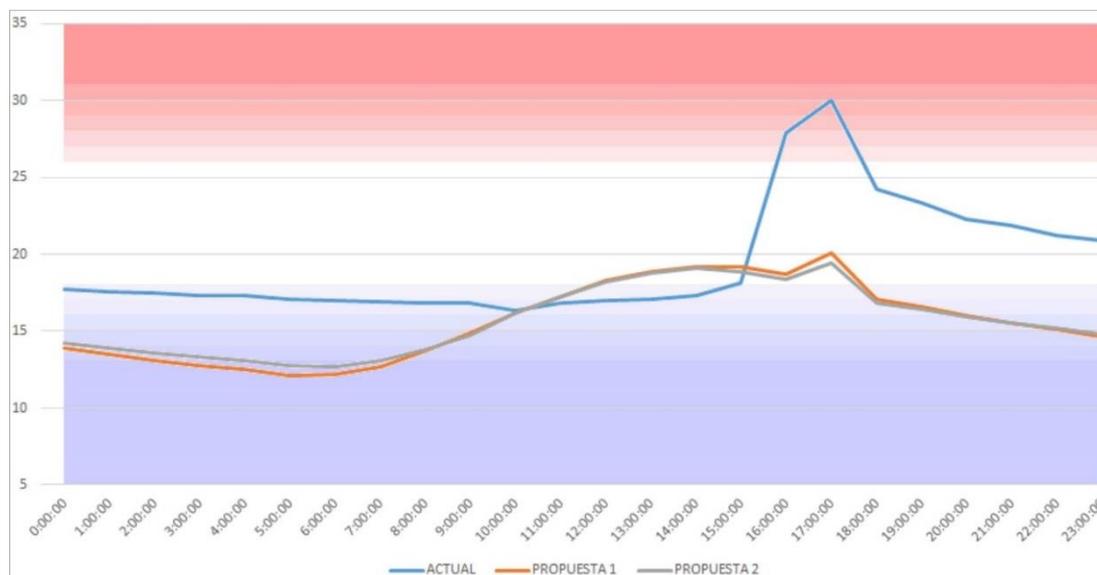
Los materiales usados son propios del medio. Las dos propuestas tienen características o sistemas constructivos iguales. Esto significa que no hay que hacer grandes cambios para tener un rendimiento energético que contribuya al confort de la edificación.

#### 6.6. Comparación entre el estado actual y las propuestas

Se realiza la comparación con los datos del 24 de junio, que fue el día más caliente, cuando la capilla estaba ocupada.

Se elaboró el gráfico de temperaturas horarias para ver más fácilmente el comportamiento del estado actual frente a las propuestas.

**Gráfico 73:** Temperatura horaria del 24 de junio (Propuesta 2).



Fuente: Autodesk Ecotect

En el día más caliente del mes de junio, las propuestas están dentro de la zona de confort, mientras que el estado actual sobrepasa los rangos.

La capilla, en el estado actual, en horas de la madrugada, no tiene temperaturas muy bajas como sucede en las propuestas, lo cual se debe al porcentaje de área de ventanas que aumenta en las propuestas con el fin de cumplir con la normativa.



**Tabla 24:** Datos de temperaturas horarias 24 de junio.

| 24 DE JUNIO  |        |             |             |
|--------------|--------|-------------|-------------|
| HORA         | ACTUAL | PROPUESTA 1 | PROPUESTA 2 |
|              | (°C)   | (°C)        | (°C)        |
| ----         | -----  | -----       | -----       |
| 0:00:00      | 17.70  | 13.90       | 14.20       |
| 1:00:00      | 17.60  | 13.50       | 13.90       |
| 2:00:00      | 17.50  | 13.10       | 13.60       |
| 3:00:00      | 17.30  | 12.80       | 13.30       |
| 4:00:00      | 17.30  | 12.50       | 13.10       |
| 5:00:00      | 17.10  | 12.10       | 12.80       |
| 6:00:00      | 17.00  | 12.20       | 12.70       |
| 7:00:00      | 16.90  | 12.70       | 13.10       |
| 8:00:00      | 16.80  | 13.70       | 13.80       |
| 9:00:00      | 16.80  | 14.90       | 14.70       |
| 10:00:00     | 16.30  | 16.20       | 16.20       |
| 11:00:00     | 16.80  | 17.20       | 17.20       |
| 12:00:00     | 17.00  | 18.30       | 18.20       |
| 13:00:00     | 17.10  | 18.90       | 18.80       |
| 14:00:00     | 17.30  | 19.20       | 19.10       |
| 15:00:00     | 18.10  | 19.20       | 18.90       |
| 16:00:00     | 27.90  | 18.70       | 18.40       |
| 17:00:00     | 30.00  | 20.10       | 19.40       |
| 18:00:00     | 24.20  | 17.10       | 16.80       |
| 19:00:00     | 23.30  | 16.60       | 16.40       |
| 20:00:00     | 22.30  | 16.00       | 15.90       |
| 21:00:00     | 21.90  | 15.50       | 15.50       |
| 22:00:00     | 21.20  | 15.10       | 15.20       |
| 23:00:00     | 20.90  | 14.60       | 14.80       |
| PROMEDIOS    | 19.43  | 15.59       | 15.67       |
| TEMP. MAXIMA | 30.00  | 20.10       | 19.40       |
| TEMP. MINIMA | 16.30  | 12.10       | 12.70       |
| DIFERENCIA   | 13.70  | 8.00        | 6.70        |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

Cuando la capilla está en uso, la situación actual muestra un claro aumento de temperatura, sobrepasando los rangos establecidos, mientras que las propuestas están dentro de este rango.

A continuación, se realizará la simulación de la capilla en su estado actual, aumentando las horas de uso, de 9:00 a 18:00 horas, y se comparará con las propuestas.

Se propone esta simulación para que la capilla pueda ser usada en actividades similares, beneficiando directamente a las personas de la comunidad.



### 6.7. Comparación del estado actual y las propuestas con 9 horas de ocupación

Se realiza la comparación entre la situación actual y las propuestas en los siguientes días:

- *El 20 de octubre* que es el día más caliente del año (Según el fichero climático)
- *Y el 24 de agosto* que es el día más frío del año (Según el fichero climático)

Se realizó la comparación en estos dos días, ya que son los días con las temperaturas más altas y más bajas del año. Si se demuestra que la capilla está en rangos de confort en los días antes mencionados, por consiguiente, estará todo el año.

Para la simulación del estado actual y las propuestas, se ingresan los siguientes datos:

**Tabla 25:** Datos de temperatura 20 de octubre.

| DATOS PARA LA SIMULACIÓN |                                      |          |         |
|--------------------------|--------------------------------------|----------|---------|
| Ubicación                | Latitud                              | Longitud | Altitud |
|                          | -2.8                                 | -78.9    | 2500    |
| Zona horaria             | -5:00                                |          |         |
| Vestimenta               | 1 clo                                |          |         |
| Número de personas       | 126                                  |          |         |
| Actividad                | Sedentario (70W)                     |          |         |
| Ventilación              | Natural                              |          |         |
| Banda de confort         | 18° - 26° C                          |          |         |
| Humedad relativa         | 60%                                  |          |         |
| Horas de ocupación       | Todos los días de 9:00 a 18:00 horas |          |         |

Elaboración: el autor.

El fichero climático es el mismo, sólo aumentan las horas de ocupación para verificar si la capilla puede ser usada a cualquier hora del día.

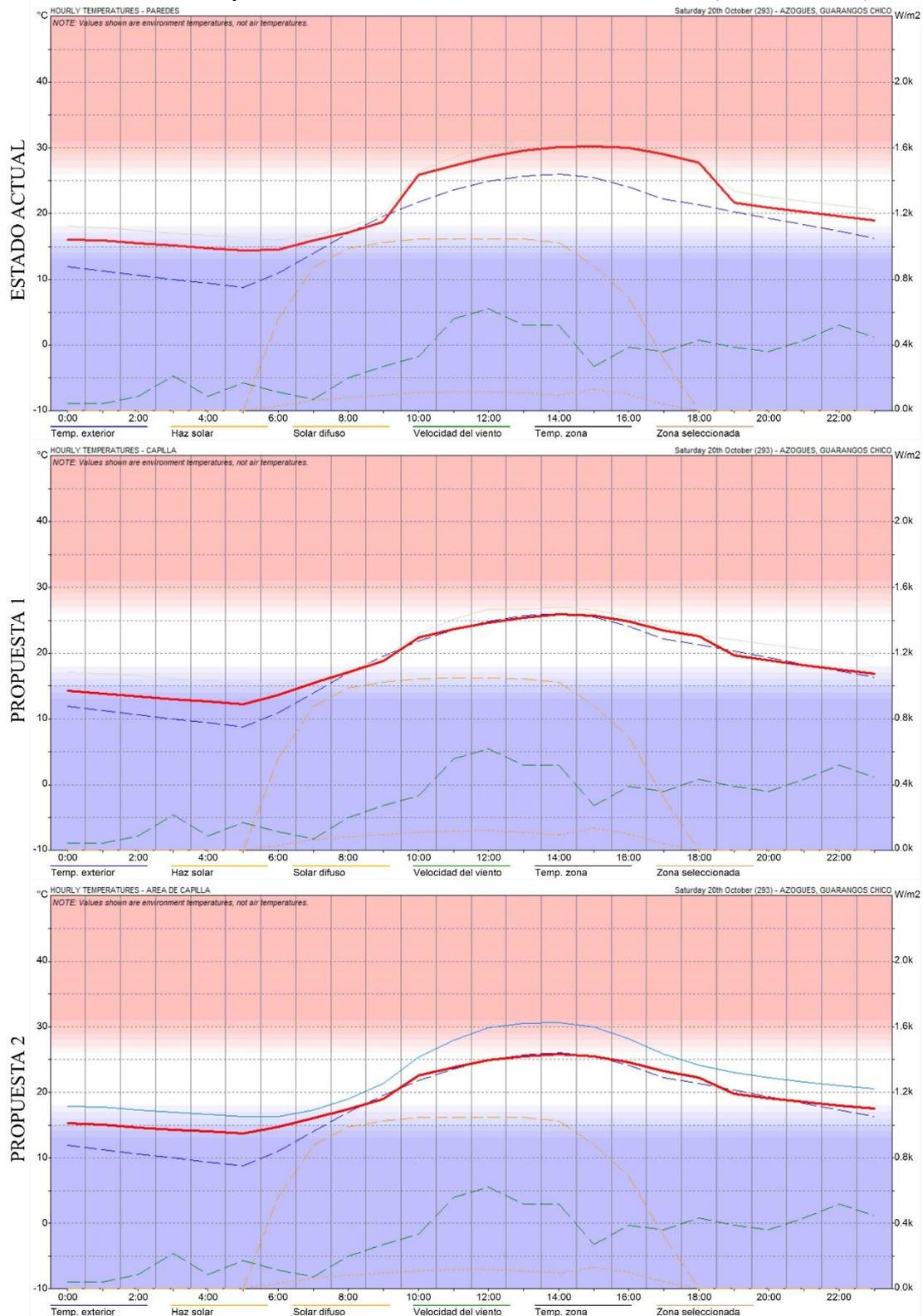
Los cálculos a realizar son:

- Temperaturas horarias en el día más caliente;
- Temperaturas horarias en el día más frío; y
- Distribución anual de temperaturas.



### Temperaturas horarias en el día más caliente.

**Gráfico 74:** Temperatura horaria del día más caliente del año (20 de octubre).



Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.



**Tabla 25:** Datos de las temperaturas horarias en el día mas caliente del año.

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 20 OCTUBRE |                  |                  |                    |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| HORA   | INTERIOR<br>(°C) | EXTERIOR<br>(°C) | DIFERENCIA<br>(°C) |
| -----  | -----            | -----            | -----              |
| 0:00:00                                      | 16.1             | 11.9             | 4.2                |
| 1:00:00                                      | 16               | 11.3             | 4.7                |
| 2:00:00                                      | 15.6             | 10.6             | 5                  |
| 3:00:00                                      | 15.1             | 10               | 5.1                |
| 4:00:00                                      | 14.8             | 9.4              | 5.4                |
| 5:00:00                                      | 14.4             | 8.8              | 5.6                |
| 6:00:00                                      | 14.5             | 11               | 3.5                |
| 7:00:00                                      | 15.9             | 14               | 1.9                |
| 8:00:00                                      | 17.1             | 17               | 0.1                |
| 9:00:00                                      | 18.8             | 19.6             | -0.8               |
| 10:00:00                                     | 25.9             | 21.8             | 4.1                |
| 11:00:00                                     | 27.4             | 23.6             | 3.8                |
| 12:00:00                                     | 28.6             | 24.9             | 3.7                |
| 13:00:00                                     | 29.6             | 25.7             | 3.9                |
| 14:00:00                                     | 30.1             | 26               | 4.1                |
| 15:00:00                                     | 30.3             | 25.5             | 4.8                |
| 16:00:00                                     | 30               | 24.1             | 5.9                |
| 17:00:00                                     | 29.1             | 22.2             | 6.9                |
| 18:00:00                                     | 27.8             | 21.3             | 6.5                |
| 19:00:00                                     | 21.7             | 20.3             | 1.4                |
| 20:00:00                                     | 20.9             | 19.3             | 1.6                |
| 21:00:00                                     | 20.2             | 18.3             | 1.9                |
| 22:00:00                                     | 19.6             | 17.3             | 2.3                |
| 23:00:00                                     | 19               | 16.3             | 2.7                |

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 20 OCTUBRE |                  |                  |                    | RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 20 OCTUBRE |                  |                  |                    |
|--|------------------|------------------|--------------------|--|------------------|------------------|--------------------|
| HORA   | INTERIOR<br>(°C) | EXTERIOR<br>(°C) | DIFERENCIA<br>(°C) | HORA   | INTERIOR<br>(°C) | EXTERIOR<br>(°C) | DIFERENCIA<br>(°C) |
| -----  | -----            | -----            | -----              | -----  | -----            | -----            | -----              |
| 0:00:00                                      | 14.3             | 11.9             | 2.4                | 0:00:00                                      | 15.3             | 11.9             | 3.4                |
| 1:00:00                                      | 13.9             | 11.3             | 2.6                | 1:00:00                                      | 15               | 11.3             | 3.7                |
| 2:00:00                                      | 13.4             | 10.6             | 2.8                | 2:00:00                                      | 14.7             | 10.6             | 4.1                |
| 3:00:00                                      | 13               | 10               | 3                  | 3:00:00                                      | 14.3             | 10               | 4.3                |
| 4:00:00                                      | 12.7             | 9.4              | 3.3                | 4:00:00                                      | 14.1             | 9.4              | 4.7                |
| 5:00:00                                      | 12.2             | 8.8              | 3.4                | 5:00:00                                      | 13.7             | 8.8              | 4.9                |
| 6:00:00                                      | 13.7             | 11               | 2.7                | 6:00:00                                      | 14.7             | 11               | 3.7                |
| 7:00:00                                      | 15.5             | 14               | 1.5                | 7:00:00                                      | 16               | 14               | 2                  |
| 8:00:00                                      | 17.1             | 17               | 0.1                | 8:00:00                                      | 17.4             | 17               | 0.4                |
| 9:00:00                                      | 18.8             | 19.6             | -0.8               | 9:00:00                                      | 19               | 19.6             | -0.6               |
| 10:00:00                                     | 22.4             | 21.8             | 0.6                | 10:00:00                                     | 22.5             | 21.8             | 0.7                |
| 11:00:00                                     | 23.6             | 23.6             | 0                  | 11:00:00                                     | 23.9             | 23.6             | 0.3                |
| 12:00:00                                     | 24.6             | 24.9             | -0.3               | 12:00:00                                     | 24.9             | 24.9             | 0                  |
| 13:00:00                                     | 25.4             | 25.7             | -0.3               | 13:00:00                                     | 25.5             | 25.7             | -0.2               |
| 14:00:00                                     | 25.9             | 26               | -0.1               | 14:00:00                                     | 25.9             | 26               | -0.1               |
| 15:00:00                                     | 25.7             | 25.5             | 0.2                | 15:00:00                                     | 25.5             | 25.5             | 0                  |
| 16:00:00                                     | 24.9             | 24.1             | 0.8                | 16:00:00                                     | 24.6             | 24.1             | 0.5                |
| 17:00:00                                     | 23.4             | 22.2             | 1.2                | 17:00:00                                     | 23.2             | 22.2             | 1                  |
| 18:00:00                                     | 22.6             | 21.3             | 1.3                | 18:00:00                                     | 22.3             | 21.3             | 1                  |
| 19:00:00                                     | 19.6             | 20.3             | -0.7               | 19:00:00                                     | 19.8             | 20.3             | -0.5               |
| 20:00:00                                     | 18.9             | 19.3             | -0.4               | 20:00:00                                     | 19.1             | 19.3             | -0.2               |
| 21:00:00                                     | 18.2             | 18.3             | -0.1               | 21:00:00                                     | 18.5             | 18.3             | 0.2                |
| 22:00:00                                     | 17.6             | 17.3             | 0.3                | 22:00:00                                     | 18               | 17.3             | 0.7                |
| 23:00:00                                     | 16.9             | 16.3             | 0.6                | 23:00:00                                     | 17.5             | 16.3             | 1.2                |

Fuente: Autodesk Ecotect.

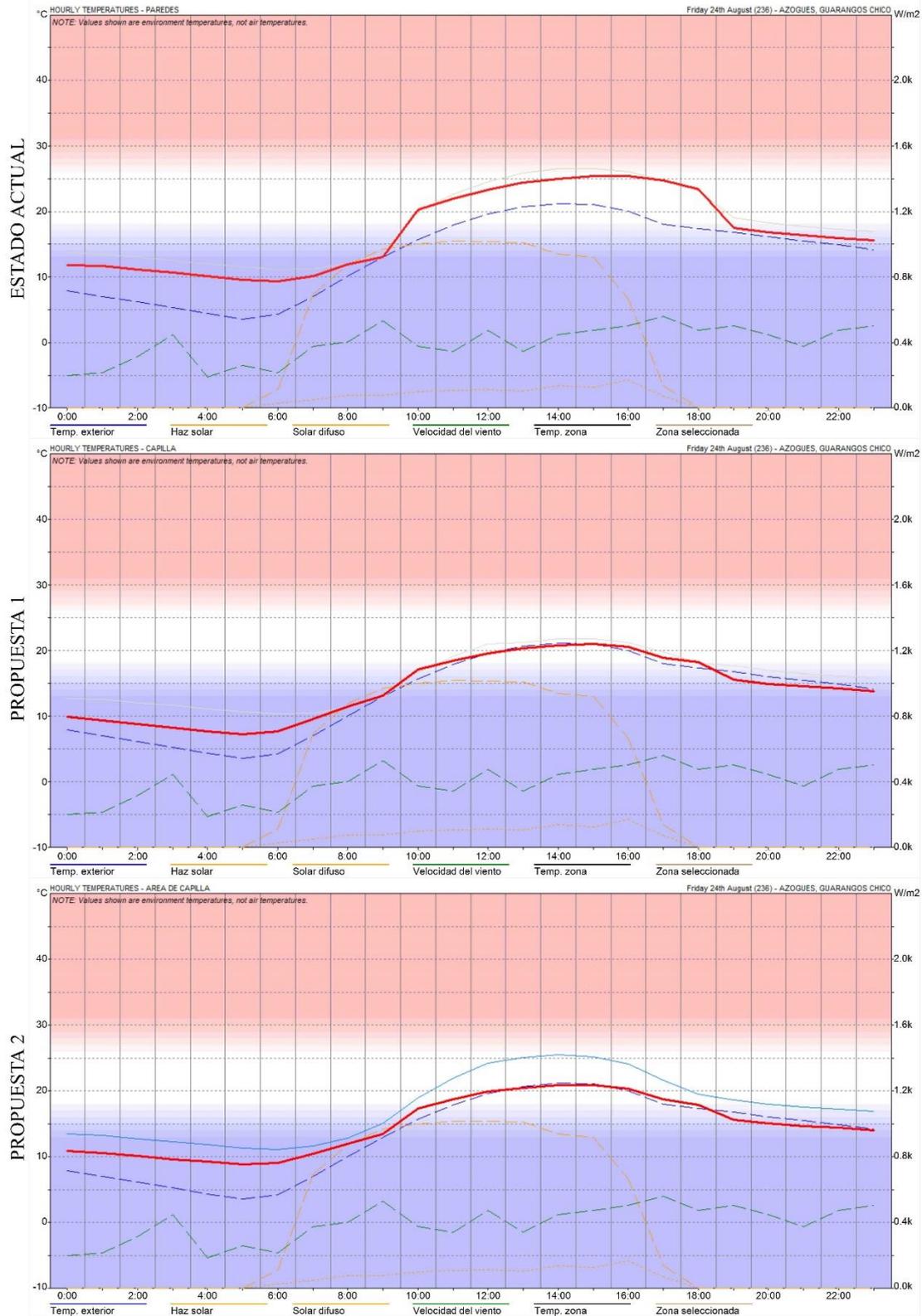
Elaboración: el autor.

En el día más caliente, cuando la capilla está siendo ocupada, las temperaturas de las propuestas no sobre pasan los rangos de confort, mientras sucede lo contrario con el estado actual.



### Temperaturas horarias en el día más frío.

**Gráfico 75:** Temperatura horaria del día más frío del año (24 de agosto).



Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.



**Tabla 26:** Datos de las temperaturas horarias en el día mas frío del año.

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 24 AGOSTO |          |          |            |
|---|----------|----------|------------|
| HORA  | INTERIOR | EXTERIOR | DIFERENCIA |
|   | (°C)     | (°C)     | (°C)       |
| ----  | -----    | -----    | -----      |
| 0:00:00                                     | 11.8     | 7.9      | 3.9        |
| 1:00:00                                     | 11.7     | 7        | 4.7        |
| 2:00:00                                     | 11.1     | 6.2      | 4.9        |
| 3:00:00                                     | 10.6     | 5.3      | 5.3        |
| 4:00:00                                     | 10.1     | 4.4      | 5.7        |
| 5:00:00                                     | 9.6      | 3.6      | 6          |
| 6:00:00                                     | 9.3      | 4.3      | 5          |
| 7:00:00                                     | 10.2     | 7        | 3.2        |
| 8:00:00                                     | 11.9     | 10.1     | 1.8        |
| 9:00:00                                     | 13       | 13       | 0          |
| 10:00:00                                    | 20.3     | 15.7     | 4.6        |
| 11:00:00                                    | 22       | 17.9     | 4.1        |
| 12:00:00                                    | 23.3     | 19.6     | 3.7        |
| 13:00:00                                    | 24.4     | 20.7     | 3.7        |
| 14:00:00                                    | 25       | 21.2     | 3.8        |
| 15:00:00                                    | 25.4     | 21.1     | 4.3        |
| 16:00:00                                    | 25.4     | 20.1     | 5.3        |
| 17:00:00                                    | 24.8     | 18       | 6.8        |
| 18:00:00                                    | 23.4     | 17.4     | 6          |
| 19:00:00                                    | 17.5     | 16.8     | 0.7        |
| 20:00:00                                    | 16.8     | 16.1     | 0.7        |
| 21:00:00                                    | 16.4     | 15.5     | 0.9        |
| 22:00:00                                    | 16       | 14.9     | 1.1        |
| 23:00:00                                    | 15.6     | 14.2     | 1.4        |

| RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 24 AGOSTO |          |          |            | RESULTADO TEMPERATURA HORARIA DEL 24 AGOSTO |          |          |            |
|---|----------|----------|------------|---|----------|----------|------------|
| HORA  | INTERIOR | EXTERIOR | DIFERENCIA | HORA  | INTERIOR | EXTERIOR | DIFERENCIA |
|   | (°C)     | (°C)     | (°C)       |   | (°C)     | (°C)     | (°C)       |
| ----  | -----    | -----    | -----      | ----  | -----    | -----    | -----      |
| 0:00:00                                     | 9.9      | 7.9      | 2          | 0:00:00                                     | 10.9     | 7.9      | 3          |
| 1:00:00                                     | 9.4      | 7        | 2.4        | 1:00:00                                     | 10.6     | 7        | 3.6        |
| 2:00:00                                     | 8.8      | 6.2      | 2.6        | 2:00:00                                     | 10.1     | 6.2      | 3.9        |
| 3:00:00                                     | 8.2      | 5.3      | 2.9        | 3:00:00                                     | 9.7      | 5.3      | 4.4        |
| 4:00:00                                     | 7.8      | 4.4      | 3.4        | 4:00:00                                     | 9.3      | 4.4      | 4.9        |
| 5:00:00                                     | 7.2      | 3.6      | 3.6        | 5:00:00                                     | 8.8      | 3.6      | 5.2        |
| 6:00:00                                     | 7.7      | 4.3      | 3.4        | 6:00:00                                     | 9.1      | 4.3      | 4.8        |
| 7:00:00                                     | 9.6      | 7        | 2.6        | 7:00:00                                     | 10.5     | 7        | 3.5        |
| 8:00:00                                     | 11.5     | 10.1     | 1.4        | 8:00:00                                     | 12       | 10.1     | 1.9        |
| 9:00:00                                     | 13.2     | 13       | 0.2        | 9:00:00                                     | 13.5     | 13       | 0.5        |
| 10:00:00                                    | 17.2     | 15.7     | 1.5        | 10:00:00                                    | 17.3     | 15.7     | 1.6        |
| 11:00:00                                    | 18.5     | 17.9     | 0.6        | 11:00:00                                    | 18.7     | 17.9     | 0.8        |
| 12:00:00                                    | 19.6     | 19.6     | 0          | 12:00:00                                    | 19.9     | 19.6     | 0.3        |
| 13:00:00                                    | 20.4     | 20.7     | -0.3       | 13:00:00                                    | 20.5     | 20.7     | -0.2       |
| 14:00:00                                    | 20.9     | 21.2     | -0.3       | 14:00:00                                    | 20.9     | 21.2     | -0.3       |
| 15:00:00                                    | 21       | 21.1     | -0.1       | 15:00:00                                    | 20.9     | 21.1     | -0.2       |
| 16:00:00                                    | 20.6     | 20.1     | 0.5        | 16:00:00                                    | 20.4     | 20.1     | 0.3        |
| 17:00:00                                    | 18.9     | 18       | 0.9        | 17:00:00                                    | 18.8     | 18       | 0.8        |
| 18:00:00                                    | 18.3     | 17.4     | 0.9        | 18:00:00                                    | 17.9     | 17.4     | 0.5        |
| 19:00:00                                    | 15.6     | 16.8     | -1.2       | 19:00:00                                    | 15.6     | 16.8     | -1.2       |
| 20:00:00                                    | 15       | 16.1     | -1.1       | 20:00:00                                    | 15.1     | 16.1     | -1         |
| 21:00:00                                    | 14.6     | 15.5     | -0.9       | 21:00:00                                    | 14.7     | 15.5     | -0.8       |
| 22:00:00                                    | 14.2     | 14.9     | -0.7       | 22:00:00                                    | 14.4     | 14.9     | -0.5       |
| 23:00:00                                    | 13.8     | 14.2     | -0.4       | 23:00:00                                    | 14.1     | 14.2     | -0.1       |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

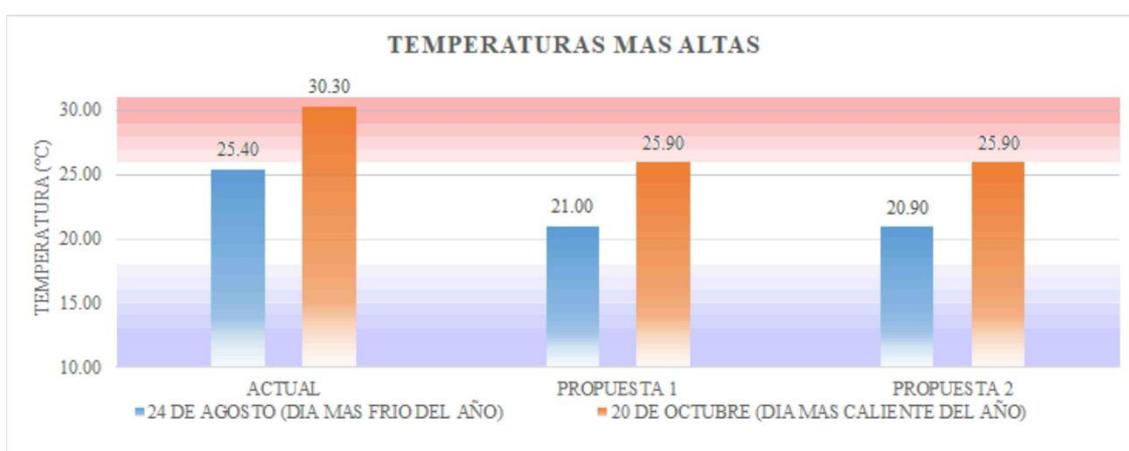
En el día más frío, cuando la capilla está ocupada, la mayoría de horas las temperaturas interiores están dentro de la zona de confort.



Las primeras horas de uso no están en la zona de confort, pero según se va aumentando el tiempo de permanencia en la capilla, la temperatura va aumentando sin sobre pasar los rangos establecidos.

**Comparación de temperaturas máximas en el día más caliente y más frío.**

**Gráfico 76:** Temperaturas máximas de los días más caliente y más frío.



Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

**Tabla 27:** Datos de temperaturas máximas de los días más caliente y más frío.

| DATOS TEMPERATURAS MAS ALTAS             |        |             |             |
|--|--------|-------------|-------------|
| FECHA                                    | ACTUAL | PROPUESTA 1 | PROPUESTA 2 |
| 24 DE AGOSTO (DIA MAS FRIO DEL AÑO)      | 25.40  | 21.00       | 20.90       |
| 20 DE OCTUBRE (DIA MAS CALIENTE DEL AÑO) | 30.30  | 25.90       | 25.90       |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.



### **Interpretación de resultados:**

Cuando la capilla está ocupada de 9:00 a 18:00 horas, en la comparación de las temperaturas más altas se tiene:

- En el día más frío:
  - La temperatura en la edificación actual alcanza los 25.40°C, es decir, está dentro los rangos de confort.
  - En la propuesta 1, la temperatura máxima es de 21.00°C.
  - En la propuesta 2, la temperatura máxima es de 20.90°C.

Las temperaturas máximas de la capilla y de las propuestas, en el día más frío, están dentro de la zona de confort.

- En el día más caliente.
  - La temperatura de la edificación actual alcanza una máxima de 30.30°C.
  - En la propuesta 1 y 2, la temperatura está en 25.90°C.

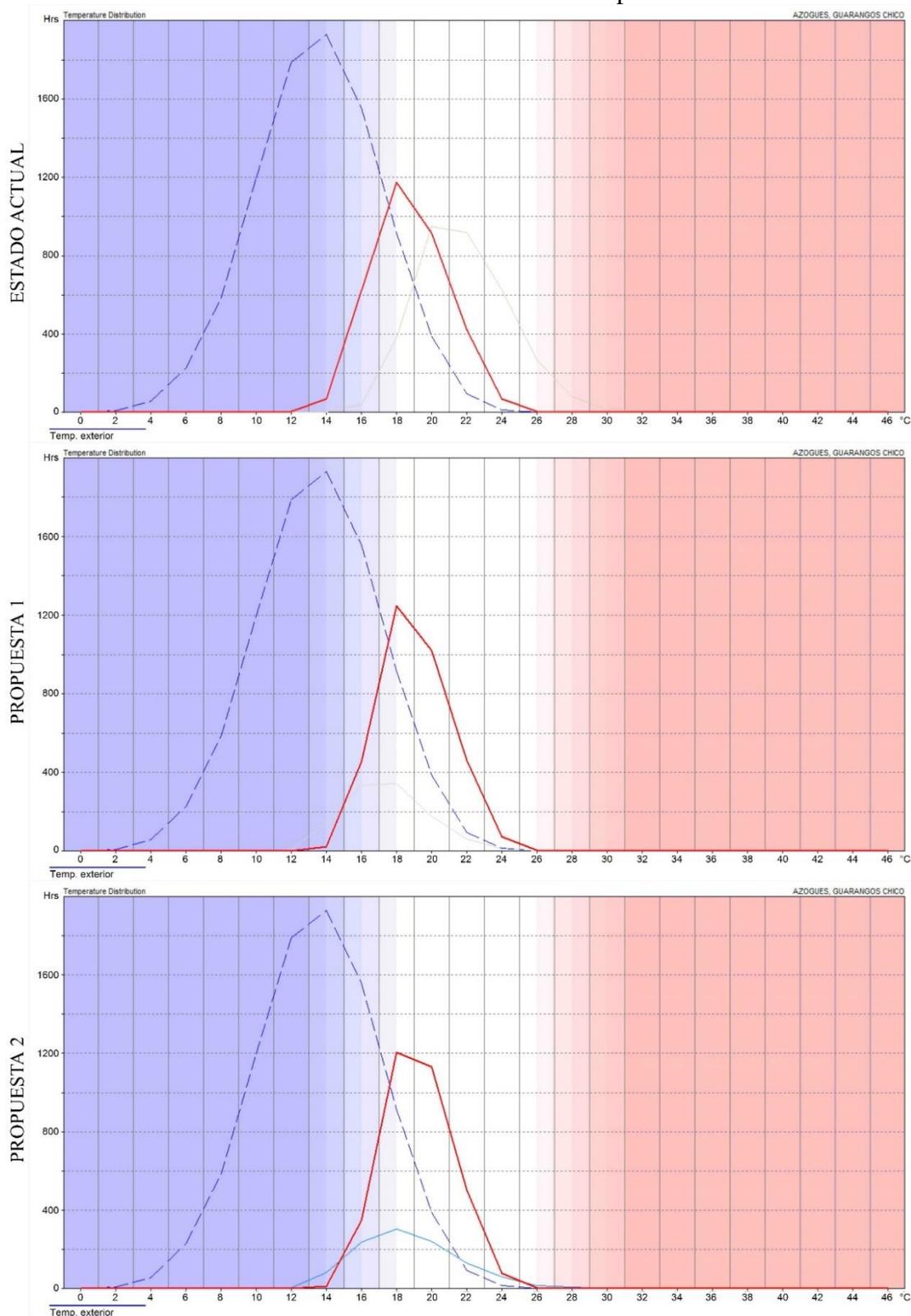
La temperatura máxima de la capilla, en su estado actual, sobre pasa los rangos de confort; mientras que, en las propuestas, la temperatura se mantiene dentro de dichos rangos.

Aumentando las horas de ocupación, las propuestas no sobre pasan los rangos de confort establecidos, lo que significa que la capilla puede ser usada para actividades similares por mucho más tiempo.



Distribución anual de temperaturas.

Gráfico 77: Distribución anual de temperaturas



Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.



**Tabla 28:** Datos de distribución anual de temperaturas.

| DISTRIBUCION ANUAL DE TEMPERATURAS |                |                       |
|------------------------------------|----------------|-----------------------|
| OPERACIÓN                          | TODOS LOS DIAS | De 9:00 a 18:00 Horas |
| En confort: 2586 Hrs (78.70%)      |                |                       |
| TEMPERATURAS                       | HORAS          | PORCENTAJE            |
| 0                                  | 0              | 0.00%                 |
| 2                                  | 0              | 0.00%                 |
| 4                                  | 0              | 0.00%                 |
| 6                                  | 0              | 0.00%                 |
| 8                                  | 0              | 0.00%                 |
| 10                                 | 1              | 0.00%                 |
| 12                                 | 4              | 0.10%                 |
| 14                                 | 71             | 2.20%                 |
| 16                                 | 623            | 19.00%                |
| 18                                 | 1174           | 35.70%                |
| 20                                 | 914            | 27.80%                |
| 22                                 | 422            | 12.80%                |
| 24                                 | 69             | 2.10%                 |
| 26                                 | 7              | 0.20%                 |
| 28                                 | 0              | 0.00%                 |
| 30                                 | 0              | 0.00%                 |
| 32                                 | 0              | 0.00%                 |
| 34                                 | 0              | 0.00%                 |
| 36                                 | 0              | 0.00%                 |
| 38                                 | 0              | 0.00%                 |
| 40                                 | 0              | 0.00%                 |
| 42                                 | 0              | 0.00%                 |
| 44                                 | 0              | 0.00%                 |
| 46                                 | 0              | 0.00%                 |
| COMFORT                            | 2586           | 78.70%                |

| DISTRIBUCION ANUAL DE TEMPERATURAS |                |                       |
|------------------------------------|----------------|-----------------------|
| OPERACIÓN                          | TODOS LOS DIAS | De 9:00 a 18:00 Horas |
| En confort: 2804 Hrs (85.40%)      |                |                       |
| TEMPERATURAS                       | HORAS          | PORCENTAJE            |
| 0                                  | 0              | 0.00%                 |
| 2                                  | 0              | 0.00%                 |
| 4                                  | 0              | 0.00%                 |
| 6                                  | 0              | 0.00%                 |
| 8                                  | 0              | 0.00%                 |
| 10                                 | 0              | 0.00%                 |
| 12                                 | 2              | 0.10%                 |
| 14                                 | 24             | 0.70%                 |
| 16                                 | 455            | 13.90%                |
| 18                                 | 1248           | 38.00%                |
| 20                                 | 1018           | 31.00%                |
| 22                                 | 462            | 14.10%                |
| 24                                 | 72             | 2.20%                 |
| 26                                 | 4              | 0.10%                 |
| 28                                 | 0              | 0.00%                 |
| 30                                 | 0              | 0.00%                 |
| 32                                 | 0              | 0.00%                 |
| 34                                 | 0              | 0.00%                 |
| 36                                 | 0              | 0.00%                 |
| 38                                 | 0              | 0.00%                 |
| 40                                 | 0              | 0.00%                 |
| 42                                 | 0              | 0.00%                 |
| 44                                 | 0              | 0.00%                 |
| 46                                 | 0              | 0.00%                 |
| COMFORT                            | 2804           | 85.40%                |

| DISTRIBUCION ANUAL DE TEMPERATURAS |                |                       |
|------------------------------------|----------------|-----------------------|
| OPERACIÓN                          | TODOS LOS DIAS | De 9:00 a 18:00 Horas |
| En confort: 2922 Hrs (88.90%)      |                |                       |
| TEMPERATURAS                       | HORAS          | PORCENTAJE            |
| 0                                  | 0              | 0.00%                 |
| 2                                  | 0              | 0.00%                 |
| 4                                  | 0              | 0.00%                 |
| 6                                  | 0              | 0.00%                 |
| 8                                  | 0              | 0.00%                 |
| 10                                 | 0              | 0.00%                 |
| 12                                 | 1              | 0.00%                 |
| 14                                 | 12             | 0.40%                 |
| 16                                 | 350            | 10.70%                |
| 18                                 | 1203           | 36.60%                |
| 20                                 | 1132           | 34.50%                |
| 22                                 | 502            | 15.30%                |
| 24                                 | 81             | 2.50%                 |
| 26                                 | 4              | 0.10%                 |
| 28                                 | 0              | 0.00%                 |
| 30                                 | 0              | 0.00%                 |
| 32                                 | 0              | 0.00%                 |
| 34                                 | 0              | 0.00%                 |
| 36                                 | 0              | 0.00%                 |
| 38                                 | 0              | 0.00%                 |
| 40                                 | 0              | 0.00%                 |
| 42                                 | 0              | 0.00%                 |
| 44                                 | 0              | 0.00%                 |
| 46                                 | 0              | 0.00%                 |
| COMFORT                            | 2922           | 88.90%                |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.



Los mayores promedios de temperaturas están sobre los 18°C, es decir, se cumple con lo establecido en las normas de eficiencia energética.

### Comparación de porcentajes de horas de confort.

**Tabla 29:** Datos de porcentajes y horas en confort anuales.

| HORAS Y PORCENTAJE DE CONFORT ANUAL |                 |                       |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| NOMENCLATURA                        | NUMERO DE HORAS | PORCENTAJE DE CONFORT |
| ESTADO ACTUAL                       | 2586.00         | 78.70%                |
| PROPUESTA 1                         | 2804.00         | 85.40%                |
| PROPUESTA 2                         | 2922.00         | 88.90%                |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

### Interpretación de resultados:

Cuando la capilla está ocupada de 9:00 a 18:00 horas, se tiene los siguientes porcentajes de confort:

Con 2586 horas anuales, equivalentes al 78.70%, la capilla, en su estado actual, es el porcentaje más bajo comparado con las propuestas.

De las dos propuestas, la segunda tiene mayor porcentaje de confort con 2922 horas que equivale al 88.90%.

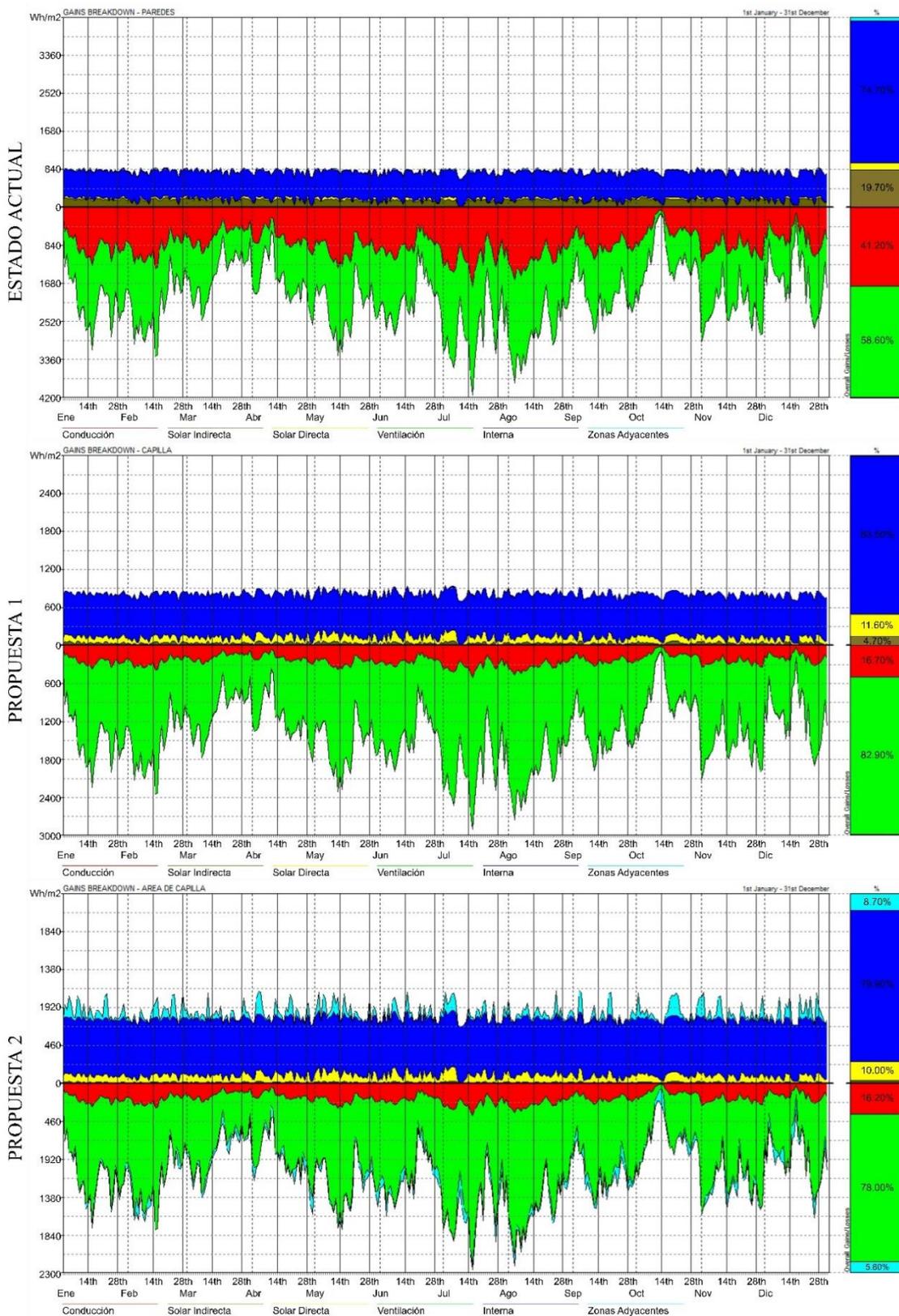
Con dotar a la capilla de un cielo raso se puede mejorar el comportamiento térmico, sin tener que realizar grandes modificaciones.

El aumento de área en ventanas no afecta estéticamente la capilla, logrando tener propuestas acordes con el medio, sin gastar grandes cantidades de presupuesto.



Ganancias pasivas anuales.

Gráfico 78: Desglose de ganancias pasivas anuales.



Fuente: Autodesk Ecotect.



**Tabla 30:** Datos de ganancias pasivas anuales.

| <b>ESTADO ACTUAL</b>                               |          |           |
|--|----------|-----------|
| <b>DESGLOSE GANANCIAS/ PERDIDAS ANUALES LOCAL</b>  |          |           |
| CATEGORIA  | PERDIDAS | GANANCIAS |
| -----  | -----    | -----     |
| FABRICA (por materiales de construcción)           | 41.20%   | 0.00%     |
| SOLAR INDIRECTA                                    | 0.00%    | 19.70%    |
| SOLAR DIRECTA                                      | 0.00%    | 3.90%     |
| VENTILACION (infiltraciones)                       | 58.60%   | 0.00%     |
| GANANCIAS INTERNAS (personas, equipos, ilum artif) | 0.00%    | 74.70%    |
| GANANCIAS ZONAS ADYACENTES                         | 0.20%    | 1.80%     |

| <b>PROPUESTA 1</b>                                 |          |           |
|--|----------|-----------|
| <b>DESGLOSE GANANCIAS/ PERDIDAS ANUALES LOCAL</b>  |          |           |
| CATEGORIA  | PERDIDAS | GANANCIAS |
| -----  | -----    | -----     |
| FABRICA (por materiales de construcción)           | 16.70%   | 0.00%     |
| SOLAR INDIRECTA                                    | 0.00%    | 4.70%     |
| SOLAR DIRECTA                                      | 0.00%    | 11.60%    |
| VENTILACION (infiltraciones)                       | 82.90%   | 0.00%     |
| GANANCIAS INTERNAS (personas, equipos, ilum artif) | 0.00%    | 83.50%    |
| GANANCIAS ZONAS ADYACENTES                         | 0.40%    | 0.20%     |

| <b>PROPUESTA2</b>                                  |          |           |
|--|----------|-----------|
| <b>DESGLOSE GANANCIAS/ PERDIDAS ANUALES LOCAL</b>  |          |           |
| CATEGORIA  | PERDIDAS | GANANCIAS |
| -----  | -----    | -----     |
| FABRICA (por materiales de construcción)           | 16.20%   | 0.00%     |
| SOLAR INDIRECTA                                    | 0.00%    | 1.40%     |
| SOLAR DIRECTA                                      | 0.00%    | 10.00%    |
| VENTILACION (infiltraciones)                       | 78.00%   | 0.00%     |
| GANANCIAS INTERNAS (personas, equipos, ilum artif) | 0.00%    | 79.90%    |
| GANANCIAS ZONAS ADYACENTES                         | 5.80%    | 8.70%     |

Fuente: Autodesk Ecotect.

Elaboración: el autor.

### **Interpretación de resultados:**

Los porcentajes anuales de pérdidas y ganancias, cuando la capilla está ocupada de 9:00 a 18:00 horas, dicen que:

Las mayores pérdidas son por ventilación, siendo mayores en las propuestas, ya que se aumenta el porcentaje de área en ventanas.

En el estado actual existe un alto porcentaje de pérdidas por materiales de construcción, debido a la falta de aislamiento en la cubierta. Se verifica esto porque los materiales en las fachadas son los mismos en las tres simulaciones.

Las mayores ganancias son internas. En las tres simulaciones son casi similares, ya que el número de personas son las mismas.

Las ganancias solares indirectas son mayores en el estado actual, porque la cubierta sin aislamiento térmico, recibe radiación solar todo el día.



## CAPITULO VII

### VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. Verificación de la hipótesis

El problema de confort térmico en la capilla de la comunidad de Guarangos Chico de la ciudad de Azogues, es causado principalmente por la envolvente de la edificación, generando molestias a sus ocupantes, ya que sus características térmicas no son las más adecuadas para su confort. Una vez concluida la investigación, se corrobora la hipótesis planteada, pues, mediante el aislamiento de la cubierta y el aumento del porcentaje de áreas de ventanas se puede mejorar el rendimiento energético de la envolvente, cuya eficacia se determina relacionando el comportamiento térmico con los rangos de confort determinados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción: NEC 11, capítulo 13, “Eficiencia Energética en la Construcción en el Ecuador”.

La evaluación que permite realizar el Autodesk Ecotect, debería ser usada en etapas iniciales de diseño arquitectónico, para predecir y evitar comportamientos térmicos fuera de los rangos de confort en el edificio, garantizando la calidad arquitectónica del proyecto.

#### 7.2. Conclusiones y Recomendaciones

##### 7.2.1. Conclusiones.

La investigación sobre normas arquitectónicas y eficiencia energética en edificaciones de culto, permitieron determinar que la capilla no cumple con los parámetros establecidos, por lo que fue necesario realizar el presente estudio.

Las medidas tomadas en el sitio permitieron realizar todo el análisis de orientación, forma, función, sistema constructivo y simulación energética.

Las mediciones de temperatura y humedad relativa tomadas in situ, determinaron que la capilla sobrepasa los rangos de confort cuando está ocupada.



## Universidad de Cuenca

El análisis de soleamiento permitió saber que la fachada está más expuesta a la radiación solar, concluyendo que es la de la cubierta.

El perfil de temperaturas horarias permitió saber si las propuestas están en los rangos de confort, cuando la capilla es usada por más tiempo de lo que se ocupa actualmente, con la finalidad de que puedan realizarse actividades similares.

El análisis de ganancias y pérdidas concluye:

Las mayores pérdidas se dan por ventilación, razón por la cual se aumentó el área de ventanas; y las mayores ganancias son internas, por lo que se debe tener en cuenta el número de personas que van a ocupar el espacio, así como la iluminación artificial y los equipos que se van a colocar.

Los cambios realizados en las propuestas con respecto al estado actual, fueron mínimos y no afectan la estética de la edificación, llegando a la conclusión de que sí se puede lograr rangos de confort aceptables sin tener que hacer grandes inversiones.

En el proceso de diseño, siempre hay que tener en cuenta el entorno donde se va a implantar el proyecto; relacionar el edificio con el clima; y analizar cuál es la orientación o emplazamiento más óptimo para aprovechar al máximo el soleamiento. El clima de la localidad influye mucho en el sistema constructivo que se va a utilizar, siendo de gran importancia tener claro las características y el tiempo de duración de estos cambios climáticos, y poseer suficiente conocimiento de los datos climáticos más extremos y el tiempo en el cual ocurren dichos cambios.

La envolvente debe ir de acuerdo a los requerimientos de la edificación, para poder brindar un buen rendimiento energético e impedir variaciones drásticas de temperatura a lo largo del día. El tipo de aislamiento térmico juega un papel importante a la hora de proyectar un diseño arquitectónico. El aislamiento en edificaciones ya existentes, donde sus temperaturas estén por debajo del rango de confort, impedirá que el calor recolectado en el día se pierda por la noche.

Los materiales más utilizados en los muros, como son el bloque y el ladrillo, no permiten tener inercia térmica, factor a tener en cuenta al momento de diseñar en diferentes altitudes de nuestro país.



Las cubiertas, por la latitud en la que se encuentra el Ecuador, reciben radiación solar todo el día, siendo necesario brindarles la importancia del caso; de ellas dependerá también si la edificación pueda estar o no en los rangos de confort establecidos en las normativas.

### **7.2.2. Recomendaciones.**

a.- Realizar mediciones del comportamiento térmico de una edificación, conforme a las herramientas y equipos existentes en la actualidad, para saber cuál es el problema, afrontarlo y resolverlo, y así llegar a la zona de confort. También es necesario crear conciencia sobre el consumo eléctrico de los electrodomésticos.

b.- Establecer estrategias de diseño pasivo que son de gran ayuda a la hora de proyectar un diseño arquitectónico o corregir edificaciones existentes.

c.- Usar programas como el Software Ecotect, que permiten predecir si una edificación estará o no en rangos de confort a la hora de proyectar, y también permite corregir el comportamiento térmico de una edificación existente, sin la necesidad de alterar la edificación in situ.

d.- Proyectar edificaciones según las normas de arquitectura y eficiencia energética, permitirá crear espacios más confortables, donde los usuarios tendrán mayor rendimiento en sus actividades.



## BIBLIOGRAFÍA

- Unión Fenosa. (2005). *Centro de eficiencia energética "Políticas de Ahorro y Eficiencia Energética"*. Madrid España. . Obtenido de <http://www.aedie.org/9CHLIE-paper-send/PL5.pdf>
- AENOR. (2006). *UNE-EN ISO 7730: Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local*. Madrid: AENOR.
- Estudillo, F. (2009). *Los materiales de construcción y su aporte al mejoramiento del confort térmico en viviendas periféricas de la ciudad de Loja*. Ecuador.: Universidad Técnica Particular de Loja .
- Barrera, O. (2005). *Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales*. Barcelona. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Blender, M. (23 de Marzo de 2015). *El Valor U. la transferencia térmica en edificación*. Obtenido de Arquitectura energetica: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-valor-u-la-transmitancia-termica-en-edificacion>
- Chávez, F. (2015). *Zona Variable de Confort Térmico*. Cataluña. España.: Departament de Construccions Arquitectòniques I. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Cordero, X., & Guillén, V. (2013). *Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca*. Cuenca. Ecuador.: Estoa No. 2 / ISSN: 1390-9274.
- Filippín, C., & Larsen, S. (2009). Analysis of energy consumption patterns in multi-family housing in a moderate cold climate. *Energy Policy*, vol. 37, no. 9, pp. 3489–3501.
- GAD Parroquia San Miguel, 2. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Miguel*. Azogues.
- GONZALEZ, E. R. (2015). *Auditórium cristiano y casa de retiro"*. Guatemala de la Asunción.
- Guillen, V., Quesada, D., & Orellana, D. (2014). V. Guillen, F. Quesada, D. Orellana y A. Serrano. *Eficiencia energética en edificaciones residenciales*. N° 5, pp 63-73.
- Gutiérrez, C. (12 de Diciembre de 2010). *Catalina Gutiérrez 12-12-2010* <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-62481/ecotect-software-de-diseno-de-construccion-sustentable>  
Obtenido de Software de Diseño Ecotect: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-62481/ecotect-software-de-diseno-de-construccion-sustentable](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-62481/ecotect-software-de-diseno-de-construccion-sustentable)



- Hernández, V. (2011). *“Estudio de confort térmico y ahorro energético en la vivienda de interés social tipo en el norte del país”*. Monterrey, N. L: Title Edición Única.
- INEN. (2017). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Ecuador.
- Jaime Navarro, Ángel León, Carmen Muñoz. (2014). La Monitorización y Simulación Higrotérmica como Herramienta Para La Mejora Del Confort, Preservación Y Ahorro Energético de Espacios Patrimoniales. El Caso de la Iglesia de San Francisco de Asís, Morón de la Frontera. *Eficiencia Energética y Edificación Histórica* (págs. 210 - 225). Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares.
- Jones, D. (2002). *Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción bioclimática*. Barcelona. España.: Editorial Blume.
- Lopez, A., Oliveira, D., Altoe, L., & Lima, B. (2016). Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil compared to the United States’ and Portugal’s. *Sustain. Energy Rev., vol. 66*, pp. 207–219.
- Maricinc, I. (1999). *Respuestas térmicas dinámicas en edificios*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña .
- Microsoft Corporation. (2008). *Biblioteca de Consulta Microsoft /Transferencia de calor* . España: Encarta.
- NEC. (2015). *NEC – 15. Guías prácticas de diseño de conformidad con la NEC – 15. Guía para estudios geotécnicos y trabajos de cimentación*. Ecuador. Quito. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Olesen, B., & De Carli, M. (2011). Calculation of the Yearly Energy Performance of the Heating Systems Based on the European Building Energy Directive and Related CEN Standards. . *Energy and Buildings.43 (5)* . , 1040 - 1050 .
- Pérez, J., & Mite, J. (2009). *El confort y la seguridad en la vivienda social urbana. Guayaquil. Ecuador*. Guayaquil. Ecuador.: FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO. Universidad de Guayaquil.
- Perez-Lombart, L. (2010). *Energy and buildings*. España: Elsevier.
- Quesada, F. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda. *Habitat Sustentable, vol. 4, no. 1*, pp. 56–67.
- Rey, F., & Velasco, E. (2006). *Eficiencia energética en edificios: Certificación y auditorías energéticas*. España: Editorial Thomson.



## Universidad de Cuenca

- Serra, F., & Roura, C. (2005). *Arquitectura y Energía Natural*. Barcelona. España.: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.
- Toledo, J. (2011). *Análisis del confort térmico en el proceso de Diseño Arquitectónico. Aplicación software Ecotect*. Loja. Ecuador.: Universidad Tècnica Particular de Loja.
- Universidad de Extremadura, 2. (2018). *AMBIENTES TERMICOS EXTREMOS*. Obtenido de <http://riesgoslaborales.feteugt-sma.es/wp-content/uploads/2017/02/temp.pdf>.
- Villegas, F. (2014). *Diseño interior arquitectónico que contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad*. Tungurahua. Ecuador: Fundación San José de Huambaló.
- Zabalza, I., & Aranda, A. (2011). *Ecodiseño en la Edificación. Serie Eficiencia Energética*. Zaragoza. España: Prensa Universitaria de Zaragoza .
- Zumárraga, M. (19 de Noviembre de 2012). *Protestante Digital*. Obtenido de Protestante Digital: [http://protestantedigital.com/magacin/13117/Climatizacion\\_y\\_ventilacion\\_de\\_lugares\\_de\\_culto](http://protestantedigital.com/magacin/13117/Climatizacion_y_ventilacion_de_lugares_de_culto)



**ANEXO 1**

Temperatura tomada cada media hora en el mes de junio 2017:

TEMPERATURA - JUNIO 2017

|       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0:00  | 19   | 18.7 | 18.7 | 17.9 | 17.8 | 15.7 | 16.4 | 16.9 | 17.3 | 17.1 | 18.1 | 17   | 16.6 | 16.4 | 16   |
| 0:30  | 18.9 | 18.5 | 18.5 | 17.6 | 17.5 | 15.7 | 16.3 | 16.9 | 17.3 | 17   | 17.9 | 16.8 | 16.5 | 16.5 | 16   |
| 1:00  | 18.5 | 18.2 | 18.4 | 17.5 | 17.4 | 15.4 | 16.2 | 16.8 | 17.3 | 17.2 | 17.8 | 16.7 | 16.5 | 16.2 | 15.7 |
| 1:30  | 18.4 | 17.9 | 18.2 | 17.4 | 17.4 | 15.4 | 16.1 | 16.6 | 17.2 | 16.9 | 17.7 | 16.6 | 16.4 | 15.9 | 15.6 |
| 2:00  | 18.4 | 17.6 | 18.2 | 17.1 | 17.4 | 15.6 | 15.9 | 16.6 | 17   | 17   | 17.8 | 16.2 | 16.5 | 15.8 | 15.4 |
| 2:30  | 18.1 | 17.4 | 17.9 | 17.1 | 17.2 | 15.5 | 15.9 | 16.5 | 17   | 16.7 | 17.7 | 16   | 16.4 | 15.6 | 15.1 |
| 3:00  | 18.1 | 17.1 | 17.9 | 17   | 17.2 | 15.3 | 15.9 | 16.5 | 16.8 | 16.7 | 17.6 | 15.8 | 16.3 | 15.4 | 15   |
| 3:30  | 17.7 | 17.1 | 17.9 | 17   | 17.1 | 15.2 | 15.8 | 16.6 | 16.7 | 16.7 | 17.3 | 15.6 | 16.3 | 15.3 | 14.9 |
| 4:00  | 17.7 | 16.7 | 17.6 | 16.7 | 16.9 | 15.1 | 15.9 | 16.3 | 16.7 | 16.6 | 17.3 | 15.7 | 16.1 | 15.1 | 14.7 |
| 4:30  | 17.4 | 16.7 | 17.5 | 16.8 | 16.8 | 15.2 | 15.8 | 16.2 | 16.6 | 16.5 | 17.2 | 15.3 | 16.2 | 14.9 | 14.6 |
| 5:00  | 17.4 | 16.6 | 17.5 | 16.7 | 16.8 | 15.2 | 15.6 | 16.2 | 16.7 | 16.5 | 17.2 | 15.2 | 15.9 | 14.9 | 14.4 |
| 5:30  | 17.2 | 16.3 | 17.4 | 16.6 | 16.9 | 15.2 | 15.5 | 16.3 | 16.4 | 16.5 | 17.1 | 14.9 | 16.1 | 14.8 | 14.4 |
| 6:00  | 17.1 | 16.1 | 17.4 | 16.5 | 16.7 | 15.1 | 15.6 | 16.1 | 16.4 | 16.4 | 17   | 14.7 | 16   | 14.7 | 14.2 |
| 6:30  | 16.9 | 16   | 17.2 | 16.5 | 16.6 | 14.9 | 15.6 | 16   | 16.3 | 16.3 | 16.9 | 14.9 | 15.8 | 14.3 | 14.1 |
| 7:00  | 17   | 16   | 17.2 | 16.3 | 16.7 | 14.8 | 15.3 | 16   | 16.3 | 16.3 | 16.7 | 14.5 | 15.8 | 14.3 | 14.2 |
| 7:30  | 16.7 | 15.9 | 17.1 | 16.3 | 16.6 | 15.1 | 15.4 | 16   | 16.3 | 16.3 | 16.7 | 14.6 | 15.8 | 14.4 | 14   |
| 8:00  | 16.8 | 15.9 | 17.2 | 16.3 | 16.6 | 14.8 | 15.4 | 16   | 16.3 | 16.6 | 16.8 | 14.7 | 15.8 | 14.2 | 14.2 |
| 8:30  | 16.8 | 16.2 | 17.2 | 16.2 | 16.6 | 14.9 | 15.4 | 16.2 | 16.3 | 16.9 | 16.9 | 15   | 16   | 14.4 | 14.4 |
| 9:00  | 16.9 | 16.5 | 17.5 | 16.3 | 16.8 | 15.1 | 15.5 | 16.2 | 16.2 | 17.2 | 17.3 | 15.2 | 16.1 | 14.8 | 14.5 |
| 9:30  | 17   | 16.7 | 17.9 | 16.6 | 16.5 | 15.2 | 15.9 | 16.6 | 16.4 | 17.6 | 17.7 | 15.7 | 16.4 | 14.8 | 15   |
| 10:00 | 17.3 | 17.4 | 18.1 | 16.7 | 16.6 | 15.2 | 16   | 16.7 | 16.7 | 18   | 18.2 | 16.2 | 16.8 | 15   | 15.5 |
| 10:30 | 17.5 | 18.8 | 18.2 | 16.9 | 16.7 | 15.4 | 16.5 | 17   | 17.3 | 18.3 | 18.3 | 16.6 | 16.9 | 15.6 | 16.1 |
| 11:00 | 17.8 | 18.8 | 18.4 | 17.9 | 16.7 | 16   | 16.6 | 17.5 | 17.7 | 18.6 | 18.8 | 16.9 | 17.2 | 16.1 | 16.5 |
| 11:30 | 18.2 | 19.2 | 18.8 | 19.5 | 16.7 | 16.6 | 16.7 | 17.9 | 18.1 | 18.9 | 18.9 | 17.2 | 17.3 | 16.6 | 17   |
| 12:00 | 18.4 | 19.1 | 19.2 | 20   | 16.8 | 16.9 | 17   | 18.1 | 17.9 | 19.2 | 19.3 | 17.5 | 17.6 | 17   | 17.3 |
| 12:30 | 18.6 | 19.1 | 19.6 | 20.3 | 16.8 | 17.1 | 17.4 | 18.3 | 18.1 | 19.5 | 19.7 | 17.5 | 17.7 | 17.4 | 17.8 |
| 13:00 | 18.8 | 19.2 | 19.8 | 20   | 16.8 | 17.4 | 17.6 | 18.5 | 18.1 | 19.4 | 19.8 | 17.8 | 18   | 17.8 | 17.9 |
| 13:30 | 19   | 19.4 | 20.1 | 19.6 | 16.8 | 17.8 | 17.8 | 18.6 | 18.1 | 19.7 | 19.6 | 17.7 | 18.3 | 18.1 | 18.3 |
| 14:00 | 19.7 | 19.5 | 20   | 20   | 16.6 | 17.9 | 18.2 | 18.7 | 18.4 | 19.8 | 19.7 | 17.7 | 18.4 | 18.5 | 18.7 |
| 14:30 | 19.8 | 19.4 | 19.9 | 19.8 | 16.6 | 17.8 | 18.7 | 18.8 | 18.5 | 19.9 | 19.6 | 17.7 | 18.4 | 18.9 | 18.8 |
| 15:00 | 20.2 | 19.8 | 19.9 | 20.1 | 16.9 | 18   | 18.8 | 18.8 | 18.5 | 19.9 | 19.7 | 17.7 | 18.1 | 18.9 | 18.9 |
| 15:30 | 20.6 | 19.9 | 20.1 | 19.9 | 16.8 | 18.5 | 18.7 | 18.8 | 18.9 | 20.1 | 19.9 | 18   | 18.2 | 19   | 19.2 |
| 16:00 | 20.7 | 20   | 19.9 | 19.8 | 16.5 | 18.3 | 18.8 | 18.9 | 19.2 | 20.7 | 19.9 | 18.2 | 18.4 | 19   | 19.4 |
| 16:30 | 21   | 20.4 | 23.3 | 19.7 | 16.6 | 18.2 | 18.6 | 19.2 | 19.3 | 25.3 | 19.9 | 18   | 18.8 | 19.3 | 19.6 |
| 17:00 | 21.1 | 19.9 | 27.4 | 19.5 | 16.5 | 18.3 | 18.7 | 19.2 | 19.4 | 28.2 | 20.1 | 18.1 | 18.6 | 19.2 | 19.3 |
| 17:30 | 21   | 19.7 | 22.7 | 19.5 | 16.6 | 18   | 18.7 | 19.2 | 19.2 | 23.5 | 19.8 | 17.8 | 18.2 | 18.8 | 18.9 |
| 18:00 | 20.9 | 19.5 | 22.3 | 19.1 | 16.3 | 17.8 | 18.3 | 18.8 | 18.7 | 23.1 | 19.5 | 17.6 | 18   | 18.4 | 18.5 |
| 18:30 | 20.6 | 19.3 | 21.9 | 18.9 | 16.3 | 17.7 | 18.2 | 18.6 | 18.5 | 22.7 | 19.4 | 17.5 | 17.8 | 17.9 | 18.1 |
| 19:00 | 20.6 | 19.4 | 21.1 | 18.8 | 16.3 | 17.7 | 17.9 | 18.4 | 18.2 | 21.9 | 18.9 | 17.4 | 17.6 | 17.7 | 17.9 |
| 19:30 | 20.3 | 19.3 | 20.8 | 18.5 | 16.2 | 17.3 | 17.9 | 18.2 | 18.2 | 21.6 | 18.7 | 17.3 | 17.3 | 17.4 | 17.6 |
| 20:00 | 20.4 | 19.3 | 20.1 | 18.3 | 16.1 | 17.2 | 17.8 | 18.2 | 18   | 20.9 | 18.5 | 17.2 | 17.1 | 17.4 | 17.5 |
| 20:30 | 20.8 | 20.1 | 19.8 | 18.3 | 16   | 17   | 17.6 | 18.2 | 17.8 | 20.6 | 18.2 | 17.1 | 17.1 | 17.2 | 17.3 |
| 21:00 | 21   | 20.2 | 19.5 | 18.1 | 16.2 | 16.9 | 17.5 | 18.1 | 17.8 | 20.3 | 18.1 | 17   | 16.9 | 17   | 17.3 |
| 21:30 | 20.3 | 20   | 19.4 | 18   | 16.1 | 16.7 | 17.3 | 18   | 17.6 | 20.2 | 18   | 16.9 | 16.9 | 16.8 | 17.1 |
| 22:00 | 19.9 | 19.4 | 19   | 18   | 15.8 | 16.6 | 17.2 | 17.8 | 17.6 | 19.8 | 17.8 | 16.8 | 16.9 | 16.5 | 17.1 |
| 22:30 | 19.6 | 19.4 | 18.9 | 17.9 | 15.9 | 16.6 | 17.1 | 17.8 | 17.4 | 19.7 | 17.5 | 16.8 | 16.8 | 16.4 | 16.8 |
| 23:00 | 19.3 | 19.1 | 18.5 | 17.9 | 15.7 | 16.4 | 17   | 17.8 | 17.5 | 19.3 | 17.3 | 16.7 | 16.8 | 16.4 | 16.6 |
| 23:30 | 19   | 18.9 | 18.1 | 17.7 | 15.6 | 16.5 | 17.1 | 17.4 | 17.3 | 18.9 | 17.1 | 16.7 | 16.6 | 16.3 | 16.5 |



TEMPERATURA - JUNIO 2017

|       | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0:00  | 16.3 | 16.7 | 20.5 | 19.2 | 18.2 | 18.2 | 18.5 | 18.7 | 17.7 | 20.3 | 19.1 | 18.1 | 18.1 | 18.4 | 18.6 |
| 0:30  | 16.1 | 16.7 | 20.1 | 19   | 18.1 | 18.3 | 18.7 | 18.5 | 17.7 | 19.9 | 18.9 | 18   | 18.2 | 18.6 | 18.4 |
| 1:00  | 15.9 | 16.4 | 19.7 | 18.8 | 18.2 | 18.3 | 18.5 | 18.2 | 17.6 | 19.5 | 18.7 | 18.1 | 18.2 | 18.4 | 18.1 |
| 1:30  | 15.8 | 16.2 | 19.5 | 18.7 | 18.1 | 18.1 | 18.7 | 17.9 | 17.6 | 19.3 | 18.6 | 18   | 18   | 18.6 | 17.8 |
| 2:00  | 15.5 | 16   | 19.1 | 18.4 | 18   | 18   | 18.5 | 17.6 | 17.5 | 18.9 | 18.3 | 17.9 | 17.9 | 18.4 | 17.5 |
| 2:30  | 15.4 | 15.8 | 18.9 | 18.3 | 18.2 | 18   | 18.6 | 17.4 | 17.5 | 18.7 | 18.2 | 18.1 | 17.9 | 18.5 | 17.3 |
| 3:00  | 15.3 | 15.6 | 18.7 | 18.3 | 18   | 18.1 | 18.4 | 17.1 | 17.3 | 18.5 | 18.2 | 17.9 | 18   | 18.3 | 17   |
| 3:30  | 14.9 | 15.4 | 18.4 | 18   | 17.9 | 18   | 18.4 | 17.1 | 17.3 | 18.2 | 17.9 | 17.8 | 17.9 | 18.3 | 17   |
| 4:00  | 14.8 | 15.3 | 18.2 | 17.9 | 18   | 18.1 | 18.5 | 16.7 | 17.3 | 18   | 17.8 | 17.9 | 18   | 18.4 | 16.6 |
| 4:30  | 14.6 | 15.1 | 18.1 | 17.8 | 17.9 | 17.9 | 18.3 | 16.7 | 17.3 | 17.9 | 17.7 | 17.8 | 17.8 | 18.2 | 16.6 |
| 5:00  | 14.4 | 15   | 18   | 17.5 | 17.9 | 18   | 18.4 | 16.6 | 17.1 | 17.8 | 17.4 | 17.8 | 17.9 | 18.3 | 16.5 |
| 5:30  | 14.2 | 14.8 | 17.9 | 17.3 | 17.9 | 17.9 | 18.2 | 16.3 | 17.2 | 17.7 | 17.2 | 17.8 | 17.8 | 18.1 | 16.2 |
| 6:00  | 14.1 | 14.4 | 17.5 | 17.4 | 18   | 18.1 | 18.1 | 16.1 | 17   | 17.3 | 17.3 | 17.9 | 18   | 18   | 16   |
| 6:30  | 13.8 | 14.3 | 17.5 | 17.1 | 17.9 | 17.9 | 18.2 | 16   | 16.9 | 17.3 | 17   | 17.8 | 17.8 | 18.1 | 15.9 |
| 7:00  | 13.7 | 14.1 | 17.4 | 17.1 | 17.9 | 17.8 | 18.1 | 16   | 16.9 | 17.2 | 17   | 17.8 | 17.7 | 18   | 15.9 |
| 7:30  | 13.7 | 14.2 | 17.2 | 17.2 | 17.9 | 17.9 | 18.2 | 15.9 | 16.8 | 17   | 17.1 | 17.8 | 17.8 | 18.1 | 15.8 |
| 8:00  | 14   | 14.4 | 17.3 | 17.2 | 18.1 | 17.8 | 18.3 | 15.9 | 16.8 | 17.1 | 17.1 | 18   | 17.7 | 18.2 | 15.8 |
| 8:30  | 14.4 | 14.5 | 17.6 | 17.5 | 18   | 17.9 | 18.3 | 16.2 | 17   | 17.4 | 17.4 | 17.9 | 17.8 | 18.2 | 16.1 |
| 9:00  | 14.8 | 14.8 | 17.7 | 17.6 | 18.2 | 18   | 18.6 | 16.5 | 16.8 | 17.5 | 17.5 | 18.1 | 17.9 | 18.5 | 16.4 |
| 9:30  | 15.1 | 15.1 | 18.2 | 17.9 | 18.2 | 17.6 | 18.4 | 16.7 | 16.4 | 18   | 17.8 | 18.1 | 17.5 | 18.3 | 16.6 |
| 10:00 | 15.7 | 15.7 | 18.7 | 18.2 | 18.2 | 17.5 | 18.5 | 17.4 | 16.3 | 18.5 | 18.1 | 18.1 | 17.4 | 18.4 | 17.3 |
| 10:30 | 16.1 | 16.1 | 18.4 | 18.6 | 18.2 | 17.5 | 18.7 | 18.8 | 16.6 | 18.2 | 18.5 | 18.1 | 17.4 | 18.6 | 18.7 |
| 11:00 | 16.5 | 16.6 | 18.2 | 18.6 | 18.2 | 17.6 | 18.6 | 18.8 | 16.8 | 18   | 18.5 | 18.1 | 17.5 | 18.5 | 18.7 |
| 11:30 | 17   | 17   | 18.1 | 18.3 | 18.5 | 17.5 | 18.8 | 19.2 | 16.9 | 17.9 | 18.2 | 18.4 | 17.4 | 18.7 | 19.1 |
| 12:00 | 17.6 | 17.5 | 18.9 | 18.3 | 18.6 | 17.6 | 18.8 | 19.1 | 17   | 18.7 | 18.2 | 18.5 | 17.5 | 18.7 | 19   |
| 12:30 | 17.9 | 17.9 | 19.6 | 18.3 | 18.7 | 18   | 19   | 19.1 | 17.1 | 19.4 | 18.2 | 18.6 | 17.9 | 18.9 | 19   |
| 13:00 | 18.4 | 18.6 | 20.2 | 18.4 | 18.5 | 18.1 | 19.1 | 19.2 | 17.1 | 20   | 18.3 | 18.4 | 18   | 19   | 19.1 |
| 13:30 | 18.7 | 18.9 | 20.6 | 18.3 | 18.6 | 18.2 | 19.2 | 19.4 | 17.4 | 20.4 | 18.2 | 18.5 | 18.1 | 19.1 | 19.3 |
| 14:00 | 19.2 | 19.6 | 20.9 | 18.6 | 18.4 | 18.3 | 19.6 | 19.5 | 17.3 | 20.7 | 18.5 | 18.3 | 18.2 | 19.5 | 19.4 |
| 14:30 | 19.5 | 19.8 | 21.4 | 18.4 | 18.7 | 18.4 | 19.3 | 19.4 | 17.5 | 21.2 | 18.3 | 18.6 | 18.3 | 19.2 | 19.3 |
| 15:00 | 19.8 | 20   | 21.8 | 18.7 | 18.7 | 18.1 | 19.3 | 19.8 | 18.1 | 21.6 | 18.6 | 18.6 | 18   | 19.2 | 19.7 |
| 15:30 | 20   | 20.2 | 21.8 | 18.7 | 18.5 | 18.1 | 19.5 | 19.9 | 18.6 | 21.6 | 18.6 | 18.4 | 18   | 19.4 | 19.8 |
| 16:00 | 20.1 | 20.4 | 21.8 | 18.7 | 18.5 | 18.1 | 19.5 | 20   | 27.9 | 21.6 | 18.6 | 18.4 | 18   | 19.4 | 19.9 |
| 16:30 | 20.3 | 25.5 | 21.3 | 18.7 | 18.6 | 18.1 | 19.5 | 20.4 | 30.2 | 21.1 | 18.6 | 18.5 | 18   | 19.4 | 20.3 |
| 17:00 | 20.2 | 30.1 | 20.9 | 18.7 | 18.5 | 18.2 | 23.1 | 19.9 | 30   | 20.7 | 18.6 | 18.4 | 18.1 | 23   | 19.8 |
| 17:30 | 20   | 25.4 | 20.6 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 22.2 | 19.7 | 24.6 | 20.4 | 18.6 | 18.3 | 18.2 | 22.1 | 19.6 |
| 18:00 | 19.4 | 25   | 20.5 | 18.7 | 18.5 | 18.2 | 21   | 19.5 | 24.2 | 20.3 | 18.6 | 18.4 | 18.1 | 20.9 | 19.4 |
| 18:30 | 18.9 | 24.6 | 20.5 | 18.6 | 18.4 | 18.2 | 20.6 | 19.3 | 23.9 | 20.3 | 18.5 | 18.3 | 18.1 | 20.5 | 19.2 |
| 19:00 | 18.9 | 23.8 | 20.5 | 18.7 | 18.5 | 18.3 | 20.4 | 19.4 | 23.3 | 20.3 | 18.6 | 18.4 | 18.2 | 20.3 | 19.3 |
| 19:30 | 18.7 | 23.5 | 20.4 | 18.5 | 18.5 | 18.1 | 20.3 | 19.3 | 23   | 20.2 | 18.4 | 18.4 | 18   | 20.2 | 19.2 |
| 20:00 | 18.3 | 22.8 | 20.2 | 18.4 | 18.4 | 18.2 | 20.4 | 19.3 | 22.3 | 20   | 18.3 | 18.3 | 18.1 | 20.3 | 19.2 |
| 20:30 | 18.1 | 22.5 | 20.1 | 18.3 | 18.3 | 18.1 | 20.9 | 20.1 | 22   | 19.9 | 18.2 | 18.2 | 18   | 20.8 | 20   |
| 21:00 | 17.8 | 22.2 | 20   | 18.4 | 18.4 | 18.1 | 21.1 | 20.2 | 21.9 | 19.8 | 18.3 | 18.3 | 18   | 21   | 20.1 |
| 21:30 | 17.7 | 22.1 | 20   | 18.4 | 18.3 | 18   | 20.5 | 20   | 21.6 | 19.8 | 18.3 | 18.2 | 17.9 | 20.4 | 19.9 |
| 22:00 | 17.4 | 21.7 | 19.6 | 18.3 | 18.3 | 18   | 20.1 | 19.4 | 21.2 | 19.4 | 18.2 | 18.2 | 17.9 | 20   | 19.3 |
| 22:30 | 17.4 | 21.6 | 19.7 | 18.3 | 18.2 | 17.9 | 19.8 | 19.4 | 21   | 19.5 | 18.2 | 18.1 | 17.8 | 19.7 | 19.3 |
| 23:00 | 17   | 21.2 | 19.7 | 18.4 | 18.2 | 17.8 | 19.6 | 19.1 | 20.9 | 19.5 | 18.3 | 18.1 | 17.7 | 19.5 | 19   |
| 23:30 | 17.1 | 20.8 | 19.4 | 18.3 | 18.2 | 17.9 | 19.3 | 18.9 | 20.6 | 19.2 | 18.2 | 18.1 | 17.8 | 19.2 | 18.8 |



Humedad Relativa tomada cada media hora en el mes de junio de 2017:

|       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0:00  | 61.7 | 61.5 | 62.9 | 61.9 | 63.9 | 67.3 | 63.8 | 65.5 | 65.8 | 66.9 | 59.2 | 57   | 58.1 | 55.2 | 49.8 |
| 0:30  | 62   | 60.7 | 63.2 | 61.8 | 64.2 | 67.6 | 64.1 | 66.1 | 66.1 | 67   | 60.7 | 57.3 | 59   | 54.2 | 49.7 |
| 1:00  | 62.4 | 60.9 | 63.7 | 61.6 | 64.7 | 67.6 | 64.5 | 66.4 | 66.4 | 66.1 | 61.1 | 56.8 | 58.7 | 54.4 | 50.4 |
| 1:30  | 62.6 | 61.2 | 63.5 | 61.5 | 64.8 | 67.9 | 65   | 66.6 | 66.9 | 67   | 62.1 | 56.7 | 59   | 54.4 | 50.4 |
| 2:00  | 63.1 | 61.5 | 63.6 | 61.3 | 64.9 | 68.2 | 65.2 | 67.1 | 68.7 | 66.9 | 61.2 | 56.9 | 58.9 | 54   | 50.7 |
| 2:30  | 63.4 | 61.7 | 63.7 | 61.6 | 66.1 | 68.4 | 65.5 | 68.3 | 67.6 | 68.6 | 61.6 | 57   | 59.3 | 53.8 | 51.7 |
| 3:00  | 64   | 62   | 63.9 | 61.8 | 65.8 | 68.4 | 65.8 | 67.5 | 67.7 | 69   | 61.7 | 58   | 59.5 | 53.4 | 51   |
| 3:30  | 64.1 | 62.6 | 64.1 | 62.3 | 66.1 | 68.6 | 66.1 | 67.5 | 67.7 | 68.2 | 63.3 | 58.1 | 59.8 | 53.3 | 51   |
| 4:00  | 64.5 | 63   | 64.2 | 62.6 | 66.4 | 68.8 | 66.5 | 68   | 67.7 | 69   | 62.5 | 56.5 | 60.5 | 53.2 | 52.2 |
| 4:30  | 64.8 | 63.8 | 64.3 | 63   | 66.6 | 69.1 | 66.9 | 68.4 | 68   | 68.7 | 62.9 | 56.9 | 60.5 | 53.5 | 51.8 |
| 5:00  | 65.4 | 62.3 | 64.7 | 63.5 | 67   | 69.3 | 67.2 | 69.6 | 68   | 70.3 | 62.7 | 56.6 | 62.1 | 53.5 | 53   |
| 5:30  | 65.6 | 63.7 | 65   | 63.6 | 67.1 | 69.6 | 67.5 | 68.6 | 68.4 | 68.9 | 63.1 | 56.9 | 60.9 | 53.8 | 52.3 |
| 6:00  | 66   | 63.8 | 65.3 | 63.9 | 67.4 | 69.6 | 67.9 | 68.8 | 68.7 | 69.3 | 63.6 | 58.1 | 61.2 | 54   | 53.6 |
| 6:30  | 66.2 | 63.6 | 65.5 | 64.4 | 67.6 | 69.7 | 68.2 | 69.5 | 69   | 69.4 | 63.8 | 56.6 | 62.9 | 54.2 | 53.1 |
| 7:00  | 66.1 | 64.7 | 65.9 | 65.2 | 67.9 | 69.9 | 69.3 | 69.3 | 69.2 | 70   | 64.5 | 58.4 | 62.2 | 54   | 53.2 |
| 7:30  | 66.7 | 64.6 | 66.1 | 66.5 | 68.3 | 69.2 | 68.9 | 69.7 | 69.3 | 69.9 | 64.9 | 58.2 | 62.2 | 54.2 | 55.1 |
| 8:00  | 67.3 | 65.5 | 66.8 | 67.5 | 68.5 | 70.4 | 69.4 | 70.1 | 69.7 | 69.7 | 65.4 | 59.1 | 63.6 | 56.3 | 54.5 |
| 8:30  | 67.8 | 66.6 | 67.2 | 67.7 | 68.8 | 71   | 69.8 | 71.6 | 69.9 | 71.5 | 66.3 | 59.7 | 62.5 | 55.8 | 55.1 |
| 9:00  | 68.3 | 67.4 | 68.3 | 67.5 | 68.4 | 71.6 | 71.2 | 71.5 | 70.2 | 72.7 | 68   | 61.6 | 63.6 | 56.2 | 55.7 |
| 9:30  | 68.7 | 67.4 | 69.4 | 68.8 | 68.6 | 71.6 | 71.7 | 72.1 | 70.9 | 74.1 | 67.4 | 64.3 | 62.2 | 58.1 | 56.9 |
| 10:00 | 69.4 | 67.2 | 67.3 | 68.8 | 68.5 | 72.1 | 72.5 | 73.7 | 71.5 | 72.6 | 66.9 | 65.2 | 62.2 | 57.3 | 58   |
| 10:30 | 69.5 | 67.2 | 66.5 | 69   | 68.2 | 72.5 | 73.3 | 74.4 | 72.7 | 71.8 | 67.8 | 63.4 | 62.5 | 57.6 | 58.4 |
| 11:00 | 69.2 | 64.6 | 66.3 | 68.3 | 67.9 | 73.2 | 72.9 | 72.6 | 73   | 69.7 | 65.9 | 64   | 60   | 59.9 | 55.1 |
| 11:30 | 68.7 | 61.9 | 67.4 | 69.5 | 67.3 | 73.8 | 73.2 | 71   | 70.8 | 67.3 | 64.4 | 61.7 | 59.2 | 58.7 | 53.4 |
| 12:00 | 68.3 | 62.3 | 65.7 | 70.7 | 67.1 | 73.9 | 70.7 | 71.3 | 71.1 | 66   | 62.1 | 62.1 | 58.5 | 58.2 | 51.3 |
| 12:30 | 67.8 | 61.9 | 64.8 | 67.7 | 66.2 | 72   | 70.7 | 71.9 | 68.6 | 64   | 61.7 | 57.9 | 55.9 | 53.8 | 48.7 |
| 13:00 | 67.5 | 61.9 | 64.9 | 64.1 | 66.9 | 70.7 | 70.6 | 70.7 | 67.6 | 64.7 | 59.4 | 55.6 | 54.7 | 51   | 48.4 |
| 13:30 | 67.1 | 61.5 | 62   | 62.4 | 65.8 | 67.9 | 68.1 | 69.5 | 68.8 | 61.3 | 58.3 | 55   | 51.9 | 49.5 | 46.5 |
| 14:00 | 65.6 | 61.4 | 60.4 | 60   | 65.7 | 66.8 | 67.1 | 67.9 | 66.5 | 60.6 | 57.6 | 54.7 | 50.5 | 47.8 | 45.9 |
| 14:30 | 65.4 | 62   | 60.2 | 59.8 | 65.8 | 66.1 | 66.7 | 67.9 | 66.5 | 55   | 56.8 | 54.5 | 50.3 | 46.8 | 45.6 |
| 15:00 | 65.6 | 60.8 | 56.2 | 58.9 | 65   | 64.9 | 67.3 | 66.3 | 65.9 | 52.4 | 56.3 | 53.6 | 51.6 | 46.8 | 45.1 |
| 15:30 | 64.1 | 59.6 | 52.3 | 58.5 | 65.3 | 63.1 | 65.6 | 66.1 | 64.1 | 51   | 55.4 | 53.1 | 50.7 | 45.8 | 43   |
| 16:00 | 63.7 | 58.4 | 49.1 | 59.1 | 65.5 | 63.5 | 63.7 | 65.7 | 63.3 | 48   | 55.3 | 53.6 | 50.6 | 44.9 | 41.8 |
| 16:30 | 62.5 | 56   | 42.1 | 57.7 | 65.3 | 63.1 | 63.4 | 64.1 | 63.4 | 41.2 | 54.5 | 53.9 | 49.1 | 44.3 | 42.2 |
| 17:00 | 62.2 | 57.8 | 37.8 | 58.4 | 64.8 | 63.3 | 63   | 63.6 | 62.7 | 37.2 | 54.7 | 53.2 | 49.8 | 45.3 | 42.9 |
| 17:30 | 62.7 | 56.4 | 38.2 | 59.1 | 65.3 | 62   | 62.9 | 62.9 | 62.6 | 37.9 | 54.8 | 54.4 | 50   | 46.3 | 44.3 |
| 18:00 | 62.2 | 57.8 | 42.1 | 59.8 | 66   | 61.8 | 63.3 | 64   | 64.1 | 41.9 | 55.6 | 54.3 | 51.2 | 46.8 | 44.4 |
| 18:30 | 61.4 | 57.4 | 49.5 | 59.6 | 65.2 | 62.4 | 63   | 63.8 | 63.3 | 42.8 | 55.3 | 55.6 | 51.5 | 48.1 | 45.8 |
| 19:00 | 60.9 | 58.1 | 55.1 | 60.2 | 65.7 | 62.5 | 64.2 | 64   | 63.3 | 46.1 | 56.2 | 55.8 | 50.6 | 49.2 | 46.8 |
| 19:30 | 61.6 | 57.8 | 59.2 | 61   | 65.7 | 63.3 | 63.3 | 65.4 | 63.1 | 49.9 | 55   | 56.4 | 51.6 | 49.6 | 47.5 |
| 20:00 | 60.9 | 59.3 | 61.1 | 61.2 | 66   | 63.7 | 63.8 | 64.1 | 62.9 | 52.3 | 55.5 | 56.7 | 52.2 | 47.4 | 47.2 |
| 20:30 | 61.4 | 61.6 | 62.1 | 61.4 | 66.1 | 64.4 | 65   | 63.8 | 64   | 53.9 | 56.3 | 56   | 51.3 | 46.8 | 48.5 |
| 21:00 | 61   | 64   | 62.8 | 61.7 | 66.3 | 63.7 | 63.8 | 63.5 | 63   | 55.9 | 57   | 56   | 51.9 | 47.1 | 48   |
| 21:30 | 59.5 | 63.8 | 61.7 | 63.3 | 66.4 | 64.5 | 63.9 | 63.8 | 63.9 | 57.2 | 56.8 | 56.9 | 52.6 | 47.8 | 48.6 |
| 22:00 | 59.5 | 63.3 | 61.2 | 62.6 | 66.6 | 64.8 | 63.9 | 65.3 | 63.4 | 58.4 | 56.8 | 57.6 | 52.7 | 49.4 | 48.4 |
| 22:30 | 59.8 | 61.9 | 61.3 | 62.9 | 66.9 | 64.5 | 64.4 | 64   | 65.1 | 58.2 | 57   | 57.2 | 53.5 | 49.9 | 49.8 |
| 23:00 | 60.1 | 62.5 | 61.4 | 63.2 | 66.8 | 63.9 | 65   | 64.4 | 64.4 | 58.5 | 57.6 | 58.4 | 53.8 | 49.4 | 49.5 |
| 23:30 | 60.3 | 62.7 | 62.8 | 63.6 | 67.1 | 63.7 | 65.2 | 65   | 65.1 | 58.6 | 56.9 | 57.3 | 55.3 | 49.5 | 49.8 |



# Universidad de Cuenca

|       | HUMEDAD RELATIVA - JUNIO 2017 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 16                            | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| 0:00  | 50.2                          | 55.9 | 51.7 | 57.1 | 57.7 | 57.9 | 54.8 | 61.5 | 56   | 51.2 | 56.6 | 57.2 | 57.4 | 54.3 | 61   |
| 0:30  | 51.1                          | 54.6 | 51.6 | 57.9 | 58.4 | 57.8 | 55.2 | 60.7 | 56.1 | 51.1 | 57.4 | 57.9 | 57.3 | 54.7 | 60.2 |
| 1:00  | 50.5                          | 55.7 | 51.6 | 58.6 | 57.5 | 57.8 | 55.3 | 60.9 | 55.8 | 51.1 | 58.1 | 57   | 57.3 | 54.8 | 60.4 |
| 1:30  | 50.5                          | 55.7 | 51.6 | 58.1 | 58.4 | 59   | 54.7 | 61.2 | 55.9 | 51.1 | 57.6 | 57.9 | 58.5 | 54.2 | 60.7 |
| 2:00  | 50.8                          | 55.9 | 53   | 60.2 | 58.3 | 59   | 56   | 61.5 | 55.5 | 52.5 | 59.7 | 57.8 | 58.5 | 55.5 | 61   |
| 2:30  | 50.6                          | 55.4 | 52.8 | 60.2 | 57.3 | 59.1 | 55.6 | 61.7 | 55.6 | 52.3 | 59.7 | 56.8 | 58.6 | 55.1 | 61.2 |
| 3:00  | 50.6                          | 54.7 | 52.8 | 59.2 | 58.5 | 59.6 | 56.3 | 62   | 55.1 | 52.3 | 58.7 | 58   | 59.1 | 55.8 | 61.5 |
| 3:30  | 50.9                          | 55.9 | 54.3 | 59.7 | 58.2 | 59.5 | 56.6 | 62.6 | 55.1 | 53.8 | 59.2 | 57.7 | 59   | 56.1 | 62.1 |
| 4:00  | 50.9                          | 54.8 | 54.2 | 59.4 | 58.4 | 58.7 | 57   | 63   | 53.9 | 53.7 | 58.9 | 57.9 | 58.2 | 56.5 | 62.5 |
| 4:30  | 52                            | 54.6 | 54.4 | 59.9 | 58.4 | 59.7 | 57   | 63.8 | 53.6 | 53.9 | 59.4 | 57.9 | 59.2 | 56.5 | 63.3 |
| 5:00  | 52                            | 54.1 | 54.5 | 61.4 | 58.3 | 59.6 | 57.2 | 62.3 | 54.3 | 54   | 60.9 | 57.8 | 59.1 | 56.7 | 61.8 |
| 5:30  | 51.2                          | 54.3 | 53.9 | 61.8 | 58.5 | 60.1 | 57.1 | 63.7 | 53   | 53.4 | 61.3 | 58   | 59.6 | 56.6 | 63.2 |
| 6:00  | 51.1                          | 55.1 | 54.9 | 61.3 | 57.9 | 59.3 | 57.1 | 63.8 | 53.6 | 54.4 | 60.8 | 57.4 | 58.8 | 56.6 | 63.3 |
| 6:30  | 52                            | 54.3 | 54.4 | 62.4 | 58.9 | 60.6 | 57.2 | 63.6 | 53.3 | 53.9 | 61.9 | 58.4 | 60.1 | 56.7 | 63.1 |
| 7:00  | 52.2                          | 55.4 | 55   | 63.1 | 59.1 | 60.6 | 57   | 64.7 | 53.3 | 54.5 | 62.6 | 58.6 | 60.1 | 56.5 | 64.2 |
| 7:30  | 51.9                          | 55.5 | 55.5 | 62.1 | 59.1 | 61   | 57.2 | 64.6 | 52.7 | 55   | 61.6 | 58.6 | 60.5 | 56.7 | 64.1 |
| 8:00  | 52.6                          | 56.7 | 55.4 | 62.3 | 58.8 | 60.8 | 57.3 | 65.5 | 52.2 | 54.9 | 61.8 | 58.3 | 60.3 | 56.8 | 65   |
| 8:30  | 53.5                          | 58.1 | 54.3 | 61.5 | 60   | 61.3 | 57.3 | 66.6 | 51.3 | 53.8 | 61   | 59.5 | 60.8 | 56.8 | 66.1 |
| 9:00  | 54.9                          | 59.3 | 54.9 | 61.3 | 60.8 | 61.3 | 57.7 | 67.4 | 51   | 54.4 | 60.8 | 60.3 | 60.8 | 57.2 | 66.9 |
| 9:30  | 56.4                          | 61.4 | 54.2 | 61.4 | 63.3 | 63.1 | 59.3 | 67.4 | 53.1 | 53.7 | 60.9 | 62.8 | 62.6 | 58.8 | 66.9 |
| 10:00 | 57.2                          | 61.7 | 56.2 | 62.7 | 62.5 | 63.1 | 61.3 | 67.2 | 54.3 | 55.7 | 62.2 | 62   | 62.6 | 60.8 | 66.7 |
| 10:30 | 58.6                          | 63.7 | 55.9 | 61.3 | 61.7 | 62.3 | 62   | 67.2 | 54.3 | 55.4 | 60.8 | 61.2 | 61.8 | 61.5 | 66.7 |
| 11:00 | 60.4                          | 62.9 | 57.5 | 60.6 | 61.3 | 61.8 | 61.4 | 64.6 | 55.3 | 57   | 60.1 | 60.8 | 61.3 | 60.9 | 64.1 |
| 11:30 | 59.4                          | 64.3 | 56   | 60.6 | 60.1 | 60.7 | 60.7 | 61.9 | 54.7 | 55.5 | 60.1 | 59.6 | 60.2 | 60.2 | 61.4 |
| 12:00 | 58.2                          | 63   | 55.1 | 61.3 | 59.9 | 60.4 | 60.1 | 62.3 | 54.7 | 54.6 | 60.8 | 59.4 | 59.9 | 59.6 | 61.8 |
| 12:30 | 55.8                          | 63.3 | 49.8 | 61   | 59.4 | 60.6 | 59.7 | 61.9 | 54.7 | 49.3 | 60.5 | 58.9 | 60.1 | 59.2 | 61.4 |
| 13:00 | 54.7                          | 59   | 48.4 | 61.1 | 60   | 60.1 | 59.4 | 61.9 | 55.1 | 47.9 | 60.6 | 59.5 | 59.6 | 58.9 | 61.4 |
| 13:30 | 54.6                          | 58.5 | 47.6 | 60.4 | 59   | 59.7 | 59.3 | 61.5 | 53.2 | 47.1 | 59.9 | 58.5 | 59.2 | 58.8 | 61   |
| 14:00 | 54                            | 53.2 | 45.7 | 59.1 | 58.6 | 59.5 | 59.1 | 61.4 | 53.2 | 45.2 | 58.6 | 58.1 | 59   | 58.6 | 60.9 |
| 14:30 | 53                            | 52.5 | 45.6 | 59.8 | 58.1 | 56.4 | 58.5 | 62   | 52   | 45.1 | 59.3 | 57.6 | 55.9 | 58   | 61.5 |
| 15:00 | 51.6                          | 50.6 | 44.3 | 59.7 | 58.4 | 55.6 | 58.1 | 60.8 | 52.4 | 43.8 | 59.2 | 57.9 | 55.1 | 57.6 | 60.3 |
| 15:30 | 51.1                          | 49.5 | 45.3 | 59.1 | 59.7 | 55.5 | 58   | 59.6 | 52   | 44.8 | 58.6 | 59.2 | 55   | 57.5 | 59.1 |
| 16:00 | 50.8                          | 47.6 | 45.3 | 58.5 | 58.8 | 55.1 | 58   | 58.4 | 47.8 | 44.8 | 58   | 58.3 | 54.6 | 57.5 | 57.9 |
| 16:30 | 50.6                          | 40.1 | 46.8 | 57.8 | 57.9 | 54.4 | 57.9 | 56   | 39.9 | 46.3 | 57.3 | 57.4 | 53.9 | 57.4 | 55.5 |
| 17:00 | 51.3                          | 36.5 | 46.7 | 57.5 | 59   | 54.8 | 58.8 | 57.8 | 35.8 | 46.2 | 57   | 58.5 | 54.3 | 58.3 | 57.3 |
| 17:30 | 51.7                          | 39.1 | 48.5 | 57.7 | 58.8 | 54   | 60.4 | 56.4 | 38.5 | 48   | 57.2 | 58.3 | 53.5 | 59.9 | 55.9 |
| 18:00 | 53.2                          | 41.3 | 49.7 | 56.5 | 58.9 | 55.2 | 61.3 | 57.8 | 41.6 | 49.2 | 56   | 58.4 | 54.7 | 60.8 | 57.3 |
| 18:30 | 53.4                          | 42.3 | 52.2 | 57.5 | 58.5 | 55.4 | 63.5 | 57.4 | 42.6 | 51.7 | 57   | 58   | 54.9 | 63   | 56.9 |
| 19:00 | 52.7                          | 45.4 | 53.1 | 56.4 | 58.7 | 55   | 61.9 | 58.1 | 45.7 | 52.6 | 55.9 | 58.2 | 54.5 | 61.4 | 57.6 |
| 19:30 | 52.7                          | 48.8 | 55.8 | 56.7 | 57.6 | 55.5 | 61.1 | 57.8 | 49.1 | 55.3 | 56.2 | 57.1 | 55   | 60.6 | 57.3 |
| 20:00 | 53.9                          | 48.7 | 55.9 | 57.6 | 58.4 | 56   | 62.4 | 59.3 | 49.6 | 55.4 | 57.1 | 57.9 | 55.5 | 61.9 | 58.8 |
| 20:30 | 54.8                          | 48.3 | 56.9 | 57.4 | 58.2 | 55.7 | 63.8 | 61.6 | 50.1 | 56.4 | 56.9 | 57.7 | 55.2 | 63.3 | 61.1 |
| 21:00 | 54.4                          | 48.3 | 55.7 | 56.8 | 57.2 | 56   | 63.1 | 64   | 50.9 | 55.2 | 56.3 | 56.7 | 55.5 | 62.6 | 63.5 |
| 21:30 | 53.9                          | 48.6 | 55.4 | 56.7 | 58.1 | 55.8 | 61.1 | 63.8 | 51.5 | 54.9 | 56.2 | 57.6 | 55.3 | 60.6 | 63.3 |
| 22:00 | 54.5                          | 48.5 | 55.4 | 57.2 | 58.1 | 56.1 | 59.7 | 63.3 | 51.8 | 54.9 | 56.7 | 57.6 | 55.6 | 59.2 | 62.8 |
| 22:30 | 54.1                          | 48.2 | 55.9 | 58.5 | 58.2 | 55.9 | 60.3 | 61.9 | 50.5 | 55.4 | 58   | 57.7 | 55.4 | 59.8 | 61.4 |
| 23:00 | 55.7                          | 49.3 | 55.9 | 57.3 | 58.1 | 55.9 | 61   | 62.5 | 50.9 | 55.4 | 56.8 | 57.6 | 55.4 | 60.5 | 62   |
| 23:30 | 54.5                          | 50.7 | 56.1 | 57.6 | 58.5 | 56.1 | 61.3 | 62.7 | 51   | 55.6 | 57.1 | 58   | 55.6 | 60.8 | 62.2 |