



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**LA CAPACIDAD DE ILUMINACIÓN DE FILTROS  
SOLARES VERTICALES**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTO**

**AUTOR: DIEGO MATEO RODRÍGUEZ PERALTA**

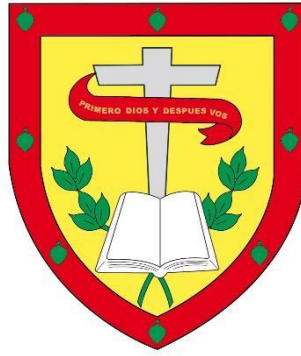
**LEONARDO JOEL FALCONI ESPAÑA**

**DIRECTOR: ARQ. JEFFERSON ELOY TORRES QUEZADA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTO**

**AUTOR: DIEGO MATEO RODRÍGUEZ PERALTA**

**LEONARDO JOEL FALCONI ESPAÑA**

**DIRECTOR: JEFFERSON ELOY TORRES QUEZADA**

**CUENCA - ECUADOR**

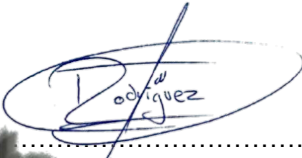
**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD


Nosotros, Diego Mateo Rodríguez Peralta, portador de la cédula de ciudadanía N° 0106020399, y Leonardo Joel Falconi España, portador de la cédula de ciudadanía N° 0605118165, declaramos ser los autores de la obra: "La capacidad de iluminación de filtros solares verticales", Nos hacemos responsables de las opiniones, interpretaciones e ideas presentadas. Afirmamos que esta obra ha sido realizada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros, y deslindamos de cualquier responsabilidad a la Universidad Católica de Cuenca ante posibles reclamaciones relacionadas. Asimismo, declaramos que nuestro trabajo ha sido desarrollado en conformidad con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos aplicables a la investigación, y que no infringe la normativa nacional ni internacional en el área específica de estudio. También asumimos la plena responsabilidad de ello, eximiendo a la Universidad Católica de Cuenca de cualquier reclamación.

Cuenca, 18 de julio de 2024

F:  .....

Diego Mateo Rodríguez Peralta

0106020399


F:  .....

Leonardo Joel Falconi España

0605118165

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Mateo Rodríguez Peralta y Leonardo Joel Falconi España, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jefferson Eloy Torres Quezada', is written over a horizontal line. The signature is enclosed within a rectangular box formed by vertical lines on the left and right sides.

---

**JEFFERSON ELOY TORRES QUEZADA**  
**DIRECTOR**

## DEDICATORIA

A mi madre, Mariana, por tu amor incondicional, tu fortaleza y tu infinito apoyo. Gracias por ser mi guía y mi ejemplo, por enseñarme a enfrentar los desafíos con valentía y por estar siempre a mi lado.

A la memoria de mi padre, Jorge, aunque ya no estés físicamente con nosotros, tu recuerdo y enseñanzas permanecen vivos en mi corazón. Este logro es un homenaje a tu legado y a todo lo que me enseñaste.

A mis hermanos, Stefano, Matías y Luciana, por estar siempre a mi lado, brindándome su compañía, consejos y ánimo. Su presencia ha sido fundamental en cada paso de este camino. A toda mi familia y amigos, por su amistad, comprensión y por estar siempre presentes en los momentos buenos y en los desafíos. Gracias por ser mi refugio y mi fortaleza.

Leonardo Falconi España.

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante en cada paso de este camino. Gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo, la perseverancia y los valores que hoy me guían.

A mis hermanas, por ser mi inspiración y compañía, por los momentos compartidos y por creer en mí incluso cuando las circunstancias se volvían difíciles. Ustedes son una parte esencial de este logro.

Y a mi enamorada, por su paciencia, comprensión y ánimo durante este proceso. Gracias por estar a mi lado, brindándome tu amor y tu fuerza en cada momento. Tu apoyo ha sido una fuente inagotable de motivación y alegría.

Este logro es también de ustedes.

Diego Mateo Rodríguez Peralta.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Arq. Jefferson Torres, nuestro director de tesis, por su guía, paciencia y apoyo a lo largo de este proceso. Su experiencia y dedicación fueron fundamentales para la realización de este trabajo, y su compromiso con la excelencia académica ha sido una inspiración constante.

Agradezco también a todos los profesores de la facultad de Arquitectura, Ingeniería y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca que han contribuido a nuestra formación académica y personal.

Finalmente, quiero extender mi gratitud a todos aquellos que, de una manera u otra, han estado presentes durante este viaje académico. Sus palabras de aliento y su apoyo incondicional han sido invaluable.

A todos ustedes, muchas gracias.

## RESUMEN

Esta investigación analiza la problemática de la radiación solar en la ciudad de Cuenca, Ecuador, centrándose en las edificaciones con alto índice de acristalamiento, esta tesis propone abordar la necesidad del uso de filtros solares para regular la entrada de luz natural en espacios interiores. La tesis se estructura de cuatro capítulos, en el primer capítulo se realiza un breve estudio de las condiciones climáticas y normativa de la ciudad de Cuenca. El segundo capítulo pertenece al marco teórico, donde se analiza los conceptos y parámetros de radiación solar y filtros solares, así como también de los estudios más relevantes de diferentes tesis e investigadores acerca de temas similares. En base al análisis de la normativa lumínica y al análisis de las condiciones climáticas de Cuenca, el tercer capítulo corresponde al estudio de un modelo base con el objetivo de determinar el porcentaje de obstrucción óptimo para cada espacio habitable en relación al factor de luz natural e iluminancias, que se ha analizado y validado mediante el uso de programas de simulación y cálculos de radiación solar. En la última sección, en base a los análisis y resultados de las simulaciones, se establecen celosías propuestas para el diseño de viviendas en la ciudad de Cuenca regulando la cantidad de luz natural.

*Palabras clave:* radiación solar, filtro solar, celosía, factor de luz natural, iluminancia, clima Cuenca

## **ABSTRACT**

This research analyzes the problem of solar radiation in Cuenca, Ecuador, focusing on buildings with a high rate of glazing. This thesis proposes to address the need to use solar filters to regulate the entry of natural light into interior spaces. The thesis is structured in four chapters. In the first chapter, a brief study of Cuenca's climatic conditions and regulations is conducted. The second chapter belongs to the theoretical framework, in which the concepts and parameters of solar radiation and solar filters are analyzed, and the most relevant studies by different thesis students and researchers on similar topics are studied. Based on the analysis of the lighting regulations and the analysis of the climatic conditions of Cuenca, the third chapter corresponds to the study of a base model to determine the optimal obstruction percentage for each living space about the natural light factor and illuminances, which has been analyzed and validated through the use of simulation programs and solar radiation calculations. In the last section, based on the analysis and results of the simulations, proposed lattices for housing design in Cuenca are established, regulating the amount of natural light.

*Keywords:* Cuenca, solar radiation, solar filter, natural light factor, illuminance

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de Ecuador en el mundo.	- 8 -
Figura 2: Ubicación de Cuenca en el Ecuador.	- 8 -
Figura 3: Mapa de Radiación Solar estimado promedio anual del cantón Cuenca.	- 12 -
Figura 4: Incidencia solar del Ecuador.	- 13 -
Figura 5: Área de iluminación mínima según el PDOT-Cuenca.	- 16 -
Figura 6: Trayectoria solar.	- 17 -
Figura 7: Fechas determinantes en el recorrido solar.	- 17 -
Figura 8: Horas del sol según fachada en Quito.	- 19 -
Figura 9: 3D del espacio a estudiar.	- 20 -
Figura 10: Factor de obstrucción de celosías.	- 20 -
Figura 11: Luminancias con cielo despejado.	- 22 -
Figura 12: Luminancias con cielo cubierto.	- 22 -
Figura 13: Simulaciones del daylight factor con obstrucción del 30% con aumento de izquierda a derecha, el ancho del listón de 80 cm.	- 23 -
Figura 14: Simulaciones del daylight factor con obstrucción del 50% con aumento de izquierda a derecha, el ancho del listón de 80 cm.	- 23 -
Figura 15: Simulaciones del daylight factor con obstrucción del 70% con aumento de izquierda a derecha, el ancho del listón de 80 cm.	- 24 -
Figura 16: Trayectoria solar diaria y anual.	- 24 -
Figura 17: Distribución espacial, planta alta y planta baja	- 25 -
Figura 18: Niveles de luminancia en dormitorios; sala-comedor con persianas	- 25 -
Figura 19: Niveles de iluminancia con la utilización de persianas manuales (19.000 lux)	- 26 -
Figura 20: Metodología aplicable para el análisis de casos de estudio	- 27 -
Figura 21: Criterios de análisis para la selección de casos de estudio	- 27 -
Figura 22: Pabellón experimental del ladrillo	- 28 -
Figura 23: Ubicación del Pabellón experimental del ladrillo	- 28 -
Figura 24: Trayectoria solar de City Bell, La Plata	- 29 -
Figura 25: Estructura del Pabellón experimental del ladrillo	- 29 -
Figura 26: Concepto del Pabellón experimental del ladrillo	- 30 -
Figura 27: Composición volumétrica del Pabellón experimental del ladrillo	- 30 -
Figura 28: Permeabilidad del Pabellón experimental del ladrillo con su contexto	- 31 -
Figura 29: Sistema constructivo de la envolvente Pabellón experimental del ladrillo.	- 31 -
Figura 30: Porcentaje de obstrucción de la celosía del Pabellón experimental del ladrillo.	- 32 -
Figura 31: Relación del espacio exterior e interior del Pabellón experimental del ladrillo.	- 33 -
Figura 32: Estrategia de ventilación e iluminación del Pabellón experimental del ladrillo.	- 33 -
Figura 33: Casa estrecha de ladrillo	- 33 -
Figura 34: Ubicación de Casa estrecha de ladrillo	- 34 -
Figura 35: Trayectoria solar de Thiruvananthapuram, Kerala	- 34 -
Figura 36: Terreno de la Casa estrecha de ladrillo.	- 35 -
Figura 37: Idea y concepto de la Casa estrecha de ladrillo	- 35 -
Figura 38: Composición volumétrica de la Casa estrecha de ladrillo	- 36 -
Figura 39: Accesibilidad desde el irregular terreno de la Casa estrecha de ladrillo	- 36 -
Figura 40: Sistema constructivo del elemento principal de la Casa estrecha de ladrillo.	- 37 -
Figura 41: Porcentaje de obstrucción de la celosía de la Casa estrecha de ladrillo.	- 37 -
Figura 42: Permeabilidad del exterior con la Casa estrecha de ladrillo	- 38 -
Figura 43: Sistema de iluminación y ventilación de la Casa estrecha de ladrillo	- 38 -
Figura 44: Estudio en la colina	- 39 -
Figura 45: Ubicación de Estudio en la colina	- 39 -
Figura 46: Trayectoria solar de Pune, Maharashtra	- 40 -
Figura 47: Preexistencia del Estudio en la colina	- 40 -
Figura 48: Concepto y fundamentos del Estudio en la colina	- 41 -

Figura 49: Continuidad de los espacios mediante los materiales en el Estudio en la colina	- 41 -
Figura 50: Permeabilidad del Estudio en la colina con su contexto	- 42 -
Figura 51: Sistema constructivo de filtros solares del Estudio en la colina.	- 42 -
Figura 52: Porcentaje de obstrucción de la celosía del Estudio en la colina.	- 43 -
Figura 53: Intercambiabilidad del espacio interior y exterior del Estudio en la Colina	- 43 -
Figura 54: Sistema de iluminación y ventilación del Estudio en la colina.	- 44 -
Figura 55: Dimensionamiento del modelo de estudio	- 48 -
Figura 56: Trayectoria solar: a) Equinoccio, 21 de septiembre	- 49 -
Figura 57: Trayectoria solar: a) Solsticio, 21 de junio; b) Solsticio, 21 de diciembre	- 49 -
Figura 58: Modelo base con ladrillo y vidrio.	- 50 -
Figura 59: Resultados del Modelo Base, día 21 septiembre: Radiación solar directa y difusa	- 50 -
Figura 60: Resultados del Modelo Base, día 21 de junio: Radiación solar directa y difusa.	- 51 -
Figura 61: Resultados del Modelo Base, día 21 de diciembre: Radiación solar directa y difusa.-	- 51 -
Figura 62: Factor de obstrucción de celosías	- 51 -
Figura 63: Resultados del Modelo Base en la mañana (7:00-12:00) en la orientación Este: Iluminancia	- 55 -
Figura 64: Análisis del Daylight factor con todas las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Norte-Sur.	- 57 -
Figura 65: Promedio del Daylight factor con las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Este-Oeste.	- 58 -
Figura 66: Análisis de iluminancias con las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Este-Oeste.	- 58 -
Figura 67: Promedio de iluminancias con las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Este-Oeste.	- 59 -
Figura 68: Análisis de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 40 – 60 – 80%	- 60 -
Figura 69: Promedio de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 40 – 60 – 80%	- 61 -
Figura 70: Análisis de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 30 – 40%	- 61 -
Figura 71: Promedio de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 30 – 40%	- 62 -
Figura 72: Modelo base con celosía con 70% de obstrucción.	- 63 -
Figura 73: Modelo de celosía: 70% obstrucción.	- 64 -
Figura 74: Porcentaje de obstrucción: 70%.	- 64 -
Figura 75: Medidas de módulos de la celosía de 70% de obstrucción.	- 64 -
Figura 76: Resultados de modelo base con 70% de obstrucción con dirección Este.	- 65 -
Figura 77: Modelo base con celosía con 60% de obstrucción.	- 66 -
Figura 78: Modelo de celosía: 60% obstrucción.	- 66 -
Figura 79: Porcentaje de obstrucción: 60%.	- 66 -
Figura 80: Medidas de módulos de la celosía de 60% de obstrucción.	- 67 -
Figura 81: Resultados de modelo base con 60% de obstrucción con dirección Este.	- 68 -
Figura 82: Modelo base con celosía con 40% de obstrucción.	- 69 -
Figura 83: Modelo de celosía: 40% obstrucción.	- 69 -
Figura 84: Porcentaje de obstrucción: 40%.	- 69 -
Figura 85: Medidas de módulos de la celosía de 40% de obstrucción.	- 70 -
Figura 86: Resultados de modelo base con 40% de obstrucción con dirección Este.	- 71 -
Figura 87: Modelo base con celosía con 20% de obstrucción.	- 72 -
Figura 88: Modelo de celosía: 20% obstrucción.	- 72 -
Figura 89: Porcentaje de obstrucción: 20%.	- 72 -
Figura 90: Medidas de módulos de la celosía de 20% de obstrucción.	- 73 -
Figura 91: Resultados de modelo base con 20% de obstrucción con dirección Norte.	- 74 -
Figura 92: Modelo base con celosía con 30% de obstrucción.	- 75 -
Figura 93: Modelo de celosía: 30% obstrucción.	- 75 -
Figura 94: Porcentaje de obstrucción: 30%.	- 75 -
Figura 95: Medidas de módulos de la celosía de 30% de obstrucción.	- 76 -
Figura 96: Resultados de modelo base con 30% de obstrucción con dirección Norte.	- 77 -

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura promedio de Cuenca.	- 10 -
Tabla 2: Humedad relativa promedio de Cuenca.	- 10 -
Tabla 3: Nubosidad promedio en Cuenca.	- 11 -
Tabla 4: Radiación solar promedio en Cuenca.	- 11 -
Tabla 5: Rango de iluminación directa y global promedio en Cuenca.	- 12 -
Tabla 6: Resumen de estándares establecidos según la normativa nacional e internacional.	- 14 -
Tabla 7: Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda.	- 14 -
Tabla 8: Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda.	- 15 -
Tabla 9: Factores de luz natural recomendados para interiores.	- 15 -
Tabla 10: Características de diseño de edificio estudiado.	- 18 -
Tabla 11: Características de elementos traslúcidos en envolventes de edificaciones.	- 18 -
Tabla 12: Características de diseño de las edificaciones estudiadas.	- 19 -
Tabla 13: Análisis Scene Recognition Demo.	- 21 -
Tabla 14: Ponderación de los casos de estudio.	- 27 -
Tabla 15: Matriz comparativa de los casos de estudio y estrategias.	- 46 -
Tabla 16: Dimensiones del modelo de estudio.	- 49 -
Tabla 17: Variables morfológicas para el modelo de estudio base con sistemas de filtro solar	- 50 -
Tabla 18: Rangos óptimos de confort lumínico basado en normativa	- 53 -
Tabla 19: Parámetros y periodo de análisis, variables morfológicas para el modelo de estudio con filtros solares	- 54 -
Tabla 20: Iluminancias presentes a lo largo del día (Este) y sus efectos.	- 54 -

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1: Resultados modelo base con 0% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 2: Resultados modelo base con 0% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.
- Anexo 3: Resultados modelo base con 0% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Sur.
- Anexo 4: Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 5: Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 6: Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 7: Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 8: Resultados modelo base con 80% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 9: Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este y Oeste.
- Anexo 10: Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 11: Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.
- Anexo 12: Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Sur.
- Anexo 13: Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este y Oeste.
- Anexo 14: Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 15: Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.
- Anexo 16: Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Sur.
- Anexo 17: Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este y Oeste.
- Anexo 18: Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 19: Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.
- Anexo 20: Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Sur.
- Anexo 21: Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este y Oeste.
- Anexo 22: Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este y Oeste.
- Anexo 23: Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.
- Anexo 24: Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Sur.
- Anexo 25: Resultados modelo base con 20% de obstrucción de 20cm de profundidad, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

Anexo 26: Resultados modelo base con 30% de obstrucción de 20cm de profundidad, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

Anexo 27: Resultados modelo base con 40% de obstrucción de 20cm de profundidad, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

C  
A  
P  
Í  
T  
U  
L  
O  
1

# 1. CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En el contexto arquitectónico de Cuenca, Ecuador, donde la radiación solar sigue siendo importante pese a sus frescas temperaturas, este estudio propone abordar la necesidad de soluciones innovadoras para regular la entrada de luz diurna en zonas internas. Con un enfoque en las tendencias de la arquitectura moderna, se busca diseñar celosías que optimicen la eficiencia energética y el confort térmico, alineándose con los principios estilísticos y tecnológicos contemporáneos. La evaluación de estas celosías va más allá de lo estético, incluyendo la valoración de la luz natural y su capacidad para integrar elementos sostenibles y funcionales. Esta combinación de funcionalidad y estética sostenible representa la esencia de la arquitectura moderna. Para alcanzar estos objetivos, se realizó una revisión bibliográfica para con el fin de entender los conceptos fundamentales de radiación solar y filtros solares. Luego, se desarrollaron modelos de celosías considerando las características locales mediante herramientas de modelado y diseño por ordenador. Finalmente, se analiza los niveles de luz de los prototipos mediante simulaciones y mediciones experimentales.

Este enfoque multidisciplinario no solo busca mejorar el rendimiento energético y el confort visual en espacios interiores, sino también promover la sostenibilidad y el bienestar en el entorno construido, abordando los desafíos climáticos específicos de Cuenca.

## 1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Con la inserción de la arquitectura moderna en regiones latinoamericanas en las últimas décadas, ha proliferado el diseño emblemático de la arquitectura vitrina y otras tipologías constructivas, relevantes tanto estética como funcionalmente (Arango 2012). Sin embargo, esta arquitectura no considera la sostenibilidad ni el confort. La arquitectura vitrina, al priorizar superficies acristaladas, incrementa la iluminación natural interior, pero no considera las repercusiones térmicas generadas por el acceso solar.

En Cuenca, a pesar de sus temperaturas templadas, las edificaciones vidriadas experimentan elevadas temperaturas interiores debido a la alta captación de radiación solar en sus fachadas (Kevin y Medranda 2018). Aunque no ha sido ampliamente abordado, el clima de Cuenca forma parte de la estrategia sostenible de captar radiación solar. Sin embargo, los nuevos modelos arquitectónicos han tergiversado este concepto. Las viviendas actuales, con superficies vidriadas que han aumentado del 50% al 80%, presentan un mayor desconfort térmico (Torres-Quezada s. f.). La alta radiación solar en la región andina, comparada con la región costa, provoca un sobrecalentamiento excesivo en los espacios interiores (Gabriel et al. 2010).

Optimizar el uso de la luz natural sin un exceso de captación solar es crucial. Estrategias técnicas y no técnicas, como vidrios reflectivos, cortinas, persianas y celosías, han surgido como soluciones. Sin embargo, la aplicación de celosías ha sido ineficiente, siendo más un elemento estético que funcional. La ineficacia de esta estrategia va desde obstrucción solar nula hasta total.

La incorporación de celosías en edificios con ventanas acristaladas varía según el diseño arquitectónico y los requisitos climáticos y energéticos. Ejemplos notables incluyen:

- **Museo Soumaya, Ciudad de México, México:** Superficie acristalada 100%, cobertura de celosías aproximadamente 10%.
- **The Gherkin (30 St Mary Axe), Londres, Reino Unido:** Superficie acristalada 100%, cobertura de celosías aproximadamente 10%.
- **Torre Agbar, Barcelona, España:** Superficie acristalada 100%, cobertura de celosías aproximadamente 30%.
- **Al Bahar Towers, Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos:** Superficie acristalada 100%, cobertura de celosías 50-80%.
- **Institut du Monde Arabe, París, Francia:** Superficie acristalada 100%, cobertura de celosías 50-80%.

Estos ejemplos demuestran cómo se utilizan las celosías en el diseño arquitectónico para obstaculizar la entrada de luz diurna, regular la temperatura interior y mejorar la apariencia del edificio. Además, las celosías ofrecen adaptabilidad a diversos contextos climáticos y culturales, permitiendo a los arquitectos experimentar con transparencia, sombras y ventilación natural. Su uso en la arquitectura moderna es una opción sostenible y creativa, que proporciona soluciones prácticas y estéticamente atractivas para las necesidades actuales de comodidad y eficiencia.

El objetivo de este trabajo es reducir la captación solar en edificaciones residenciales en Cuenca mediante el diseño de filtros solares verticales (celosías) y minimizar la ganancia de calor no deseada para asegurar un ambiente interior agradable. Para ello, se necesita una investigación exhaustiva que examine el diseño de celosías, considerando la posición del sol, la circulación natural del aire y la cantidad de radiación solar. El objetivo es desarrollar soluciones eficaces y modulares que regulen la entrada de luz, fomentando un entorno sostenible y cómodo en Cuenca.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La investigación se centrará en el diseño y la implementación adecuada de celosías adaptadas a las condiciones climáticas locales de Cuenca, maximizando los beneficios de la radiación solar. La justificación se fundamenta en cuatro aspectos principales:

1. **Optimización del espectro lumínico y confort térmico:** Mejorar la eficiencia energética al reducir la ganancia de calor no deseada y mejorar el confort térmico en espacios interiores. Por ejemplo, en la tesis de Naranjo (2016), se busca la obstrucción adecuada para oficinas, pero no se involucra la parte residencial ni se incluye el aspecto lumínico.
2. **Eficiencia energética:** Fundamental en la gestión responsable de recursos y reducción del impacto ambiental de las edificaciones. Al regular la entrada de luz solar y el flujo de calor, las celosías pueden reducir la demanda de climatización e iluminación artificial, disminuyendo el consumo de energía y costos. La tesis de Díaz (2009) explica que los filtros solares mejoran la reducción de calor radiante y la radiación solar, reduciendo el consumo energético del aire acondicionado y la luz artificial.
3. **Relevancia práctica y contextual:** Adaptar las soluciones a las condiciones climáticas locales y características arquitectónicas de Cuenca. Esto contribuirá a mejorar la calidad de vida de los habitantes y promover el desarrollo sostenible y la resiliencia ante los desafíos climáticos. En el trabajo de fin de grado de Garrido (2017), se destaca cómo arquitectos como Le Corbusier incorporaron nuevos sistemas y materiales en los filtros solares, marcando un antes y después en su diseño.
4. **Metodología y teoría subyacente:** Incluye la revisión exhaustiva de literatura existente, recopilación y análisis de datos climáticos locales, y aplicación de herramientas de modelado computacional para evaluar el desempeño de diferentes diseños de celosías. La tesis de Ruiz (2016) explica cómo el sistema de control solar (brise-soleil) se integró en la Unidad Habitacional de Marsella, actuando como colchón lumínico térmico y funcional, con valor expresivo en la arquitectura.

5.

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 General:

Evaluar el impacto de los filtros solares verticales en la mitigación de la radiación solar y las luminancias del espacio interior a través de su diseño y construcción pragmática en posibles edificaciones con alto índice de acristalamiento para cumplir las condicionantes lumínicas específicas de cada espacio residencial.

### 1.4.2 Específicos

- Examinar los conceptos básicos sobre radiación directa y difusa, así como calcular el factor de obstrucción de luz natural que debe tener una celosía para evitar la pérdida de visión hacia el exterior, utilizando normativas y casos referentes.
- Desarrollar modelos de diseño de celosías que consideren propiedades morfológicas locales y analizar sus diversos factores de obstrucción para aprovechar y proteger la luz natural.
- Analizar la distribución y proporciones de iluminancias en distintas celosías bajo cielos despejados y cubiertos, analizando los niveles lumínicos mediante simulaciones y mediciones experimentales en prototipos construidos.

## 1.5 METODOLOGÍA

Esta metodología se acerca a un enfoque analítico-sintético, ya que se realiza un análisis de los conceptos fundamentales (radiación solar, filtros solares), se estudian casos referentes y se desarrolla un modelo a partir de dichas observaciones. Además, al considerar el análisis de los resultados obtenidos de las simulaciones y mediciones experimentales, se podría identificar también una aproximación hipotético-deductiva.

La metodología se plantea en tres partes. En la primera parte se comprenderán conceptos fundamentales de radiación solar y filtros solares; en la segunda parte, estudios referentes para abordar las variables que se analizan, y se desarrollaron modelos de celosías que consideren las características locales. Finalmente, se analizaron la efectividad de los modelos mediante simulaciones térmicas y lumínicas y mediciones experimentales en prototipos.

Para elaborar el trabajo, se consultaron fuentes bibliográficas enfocadas en tres conceptos: parámetros solares, filtros solares, características climáticas de Cuenca, Ecuador, y estudios previos por ejemplo artículos de internet, repositorio digital, páginas digitales y textos recomendados por el tutor. Después de la información recopilada se construyó un marco teórico y se definió un caso de estudio con diferentes variantes para su posterior evaluación.

El análisis de estudios previos ayuda a obtener ideas creativas sobre cómo abordar problemas de diseño, resolver desafíos espaciales o explorar nuevas formas y estilos. También proporcionará información sobre técnicas y tecnologías en la construcción de filtros solares, incluyendo sistemas estructurales, materiales de construcción y métodos de iluminación. Además, se analizaron los niveles de luz en prototipos mediante simulaciones y mediciones experimentales, utilizando herramientas de modelado y diseño asistido por ordenador.

La metodología práctica planteó un modelo de espacio habitable con alta tasa de acristalamiento y sin alguna protección contra los rayos solares. Al modelo realizado por computador se le aplicó varias tipologías de celosías. Los resultados de las simulaciones se compararon para calcular cuál de las celosías nos ofrece un correcto confort lumínico, se conserva una buena visión al exterior y obstaculiza el deslumbramiento solar.

TESIS: CAPACIDAD LUMÍNICA DE FILTROS SOLARES VERTICALES

Capítulo 2

DEFINICIÓN

Parámetros sobre Luz Solar  
Parámetros de Filtros Solares  
Factores Climáticos de la ciudad de Cuenca, Ecuador  
Normativas Lumínicas  
Análisis de Estudios Previos

PROCESO DE DEFINICIÓN

Parámetros sobre Luz Solar

Luz Solar → Conceptos  
└─→ Luz Directa  
└─→ Luz Difusa

Parámetros de Filtros Solares

Filtros Solares → Conceptos  
→ Origen  
→ Tipos

Factores Climáticos de Cuenca

Clima en Cuenca → Geografía y clima en Cuenca  
→ Contexto

Normativas Lumínicas

Normativa lumínica para Cuenca → Revisión bibliográfica de normativa

Análisis de Estudios Previos

Estudios Previos → Revisión bibliográfica de referentes

C  
A  
P  
Í  
T  
U  
L  
O  
2

## 2. CAPÍTULO II

Este capítulo se enfoca en el marco teórico que sustenta, del por qué y para que, de la implementación de estos filtros solares verticales, explorando principios básicos de radiación solar, sus efectos y conocer sobre nuestro contexto en la ciudad de Cuenca para mejorar la eficiencia lumínica en edificios con un alto índice de radiación solar.

Se analiza la normativa para asegurar dimensiones y estándares de calidad para garantizar el confort lumínico de la ciudad de Cuenca. Este análisis proporciona una base sólida para el desarrollo de soluciones de iluminación natural efectivas.

Posterior se efectúa un análisis de estudios previos que nos permite identificar las teorías, conceptos y modelos que han sido utilizados anteriormente en investigaciones similares, lo cual puede guiar el marco teórico y metodológico de la tesis y que nos proporciona el contexto necesario para comprender el problema de investigación.

### 2.1 MARCO TEÓRICO

La capacidad de iluminación de los filtros solares verticales surge como un elemento crucial en la búsqueda de soluciones arquitectónicas adaptadas a las condiciones climáticas específicas de Cuenca, Ecuador. En este contexto, donde la radiación solar puede provocar desafíos significativos en el confort térmico y el consumo energético de las edificaciones, los filtros solares verticales se presentan como una herramienta prometedora para mitigar estos impactos.

### 2.2 COMPONENTES DE LUZ SOLAR

El sol emite energía en forma de ondas electromagnéticas que se propagan a través del espacio y llegan a la Tierra, lo que llamamos radiación solar. La radiación solar es esencial para la vida en nuestro planeta, ya que suministra la energía requerida para los procesos biológicos, el ciclo del agua y la fotosíntesis de las plantas, además de ser la principal fuente de calor que influye en el clima terrestre (Montero Torres y Montero Torres 2022). La radiación solar está formada por diversos tipos de radiación que difieren en longitud de onda y energía, tales como la radiación ultravioleta (UV), la luz visible y la radiación infrarroja (IR). La radiación atraviesa la atmósfera terrestre y alcanza la superficie, donde puede ser absorbida, reflejada o dispersada, dependiendo de las características de la superficie y la atmósfera. La radiación solar que recibe la Tierra varía en cantidad y distribución según factores como la hora del día, la época del año, la ubicación geográfica, la altitud, la presencia de nubes y la contaminación atmosférica (Smith et al. 2018).

#### 2.2.1 Tipos de radiación solar

La radiación solar es un factor crucial que influye en el confort térmico en el interior de los edificios, incluso en entornos con temperaturas frescas. Las radiaciones solares son (Girado-Polo et al. 2018):

- **Radiación directa:** la radiación solar directa influye en la creación de diseños de edificaciones y entornos urbanos. La atmósfera funciona como un filtro y espejo para esta radiación, dejando pasar una parte del espectro que incluye los rayos ultravioletas. Esta radiación es la más intensa y afecta considerablemente la temperatura y el clima locales. Su cantidad y distribución varían según la hora del día, la estación del año, la latitud, la altitud y la presencia de nubes.
- **Radiación difusa:** la radiación solar difusa proviene de la refracción y dispersión de la radiación solar directa, ya sea en superficies cercanas o en la atmósfera. Es más evidente durante los días nublados, cuando el sol no es visible. Al evaluar esta radiación, es crucial tener en cuenta el albedo del suelo, que varía según su composición y difiere considerablemente entre áreas naturales y urbanas, donde predominan superficies como pavimento y asfalto. Además, la radiación difusa está vinculada con la iluminación.

## 2.2.2 Radiación solar en Ecuador

Ecuador tiene una radiación solar notable debido a su ubicación geográfica en la región ecuatorial. Debido a su proximidad al ecuador terrestre, Ecuador experimenta niveles elevados de radiación solar durante todo el año. Esto significa que recibe mucha radiación solar directa durante todas las estaciones, lo que causa su clima cálido y tropical. La radiación solar calienta la superficie terrestre, provocando el ascenso de corrientes de aire cálido desde el ecuador hacia los polos. Debido a la convección, vientos fríos del norte y sur, conocidos como vientos alisios, convergen en la región ecuatorial. Esta interacción, junto con los vientos del este alrededor del ecuador, genera un incremento en la formación de nubes en esa área.

## 2.2.3 Efectos de la radiación solar

La radiación solar genera los siguientes efectos sobre los espacios interiores:

- **Calentamiento excesivo:** La radiación solar que se atraviesa por las ventanas y aberturas de los edificios puede provocar un aumento considerable en la temperatura interior, especialmente en áreas con mucho sol. El sobrecalentamiento puede crear un entorno desagradable y perjudicar la salud de los ocupantes.
- **Desequilibrio térmico:** La exposición prolongada a la radiación solar puede provocar desequilibrios térmicos en el interior, con temperaturas más altas cerca de las ventanas que en otras zonas. Esto puede causar variaciones de temperatura dentro del mismo espacio, afectando negativamente la sensación térmica.
- **Aumento del consumo energético:** Los sistemas de aire acondicionado y ventilación suelen ser activados con mayor frecuencia para contrarrestar el calentamiento causado por la radiación solar, lo que resulta en un aumento del consumo energético. Además de incrementar los gastos operativos, también contribuye a la huella de carbono y al cambio climático.
- **Deslumbramiento y molestias visuales:** La radiación solar directa puede causar deslumbramiento en el interior de los edificios, dificultando la visión y resultando molesto para los ocupantes. Esto puede afectar las actividades diarias y reducir la productividad.
- **Daños en mobiliario y materiales:** La exposición continua a la luz solar directa puede provocar decoloración y deterioro en los muebles, alfombras, cortinas y otros materiales interiores debido a la radiación solar.

La radiación solar se manifiesta de tres formas distintas, dependiendo de cómo se recibe en los objetos:

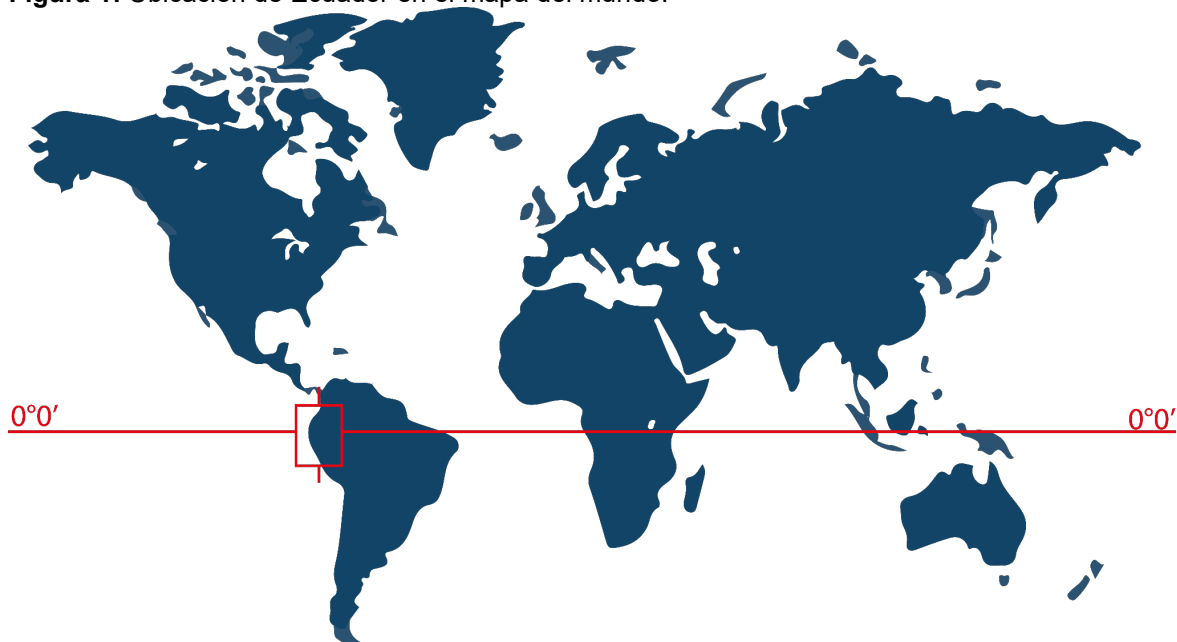
- **Radiación directa:** Proviene directamente del sol.
- **Radiación difusa:** Proviene de la atmósfera debido a la dispersión de la radiación solar.
- **Radiación reflejada:** Se refleja en la superficie terrestre.

## 2.3 FACTORES CLIMÁTICOS DE CUENCA

Ecuador es un país ubicado en la región norte occidental de América del Sur, con una superficie de 283,561 km<sup>2</sup>, atravesado por la Cordillera de los Andes. El transcurso del día y la noche es constantemente de doce horas. Durante el solsticio del 21 de diciembre, el sol se sitúa al sur, mientras que en el solsticio de junio se ubica al norte, alcanzando el cenit durante los dos equinoccios. Los límites de Ecuador son los siguientes:

- Al norte limita con Colombia.
- Al sur y al este limita con Perú.
- Al oeste limita con el océano Pacífico.

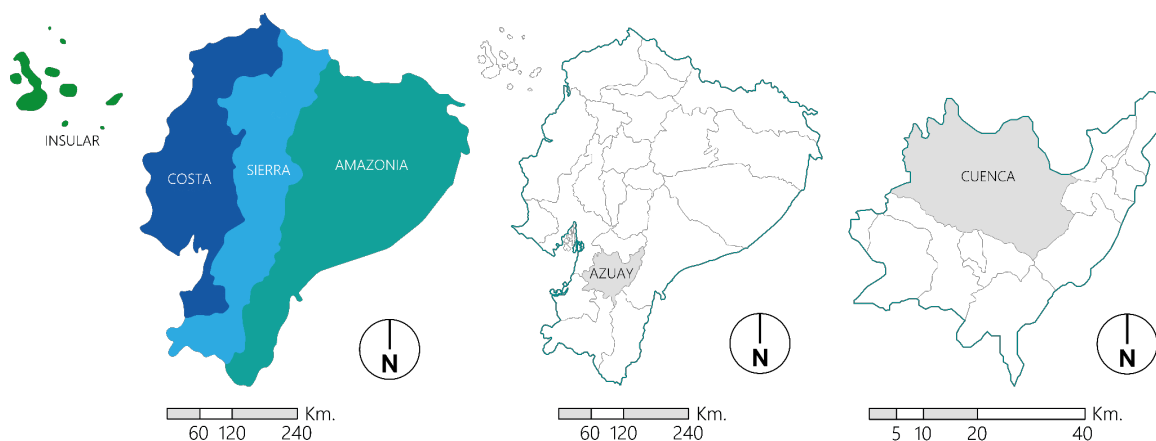
**Figura 1:** Ubicación de Ecuador en el mapa del mundo.



**Fuente:** Elaboración propia

Ecuador está dividido en 4 regiones y 24 provincias, con un clima que cambia según su ubicación. Las temperaturas dependen de la altitud y la locación, y no existen estaciones definidas, ya que la variación anual de temperatura es de solo 2°C. En la Región Sierra, el clima varía principalmente por la altitud de la Cordillera de los Andes. Las ciudades situadas a más de 2.000 metros sobre el nivel del mar tienen temperaturas moderadas debido a la altura, con una temperatura media anual que oscila entre los 12 y 16°C.

Cuenca, oficialmente Santa Ana de los Ríos de Cuenca, cabecera del cantón homónimo y capital de la provincia del Azuay, así como su urbe más grande y poblada. Se encuentra atravesada por los ríos Tomebamba, río Tarqui, río Yanuncay y río Machángara, al centro-sur de la región interandina del Ecuador, a una altitud de 2.550 metros sobre el nivel del mar y con un clima templado andino de 16 °C en promedio.



**Figura 2:** Ubicación de Cuenca en el Ecuador.

**Fuente:** Elaboración propia

Cuenca está ubicada en un valle interandino de la Sierra Austral Ecuatoriana. Esta ciudad es la capital de la provincia del Azuay, que delimita al Este con las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe y al Oeste con Guayas y El Oro. Su extensión territorial es de 8.639 km<sup>2</sup> y su población es de 810.000 habitantes aproximadamente. (CIDEU, 2019)

En la provincia existen dos zonas principales: el este, un área dominada por los Andes Orientales y Occidentales y el Oeste, un área que pertenece a la región Costa. Los ríos más importantes son el río Jubones y el río Paute. Su punto más alto es el Nudo del Cajas, a 4.500 m de altura, en el cual se encuentra el Parque Nacional Cajas. Se divide en 15 parroquias urbanas y 21 rurales.

### **2.3.1 Clima de Cuenca**

La ciudad de Cuenca, ubicada en un valle interandino de la sierra sur ecuatoriana, a una latitud de 2°53 '12 " S, longitud 79°09'W y una altitud de 2.550 m.s.n.m, presenta una climatología típica interandina.

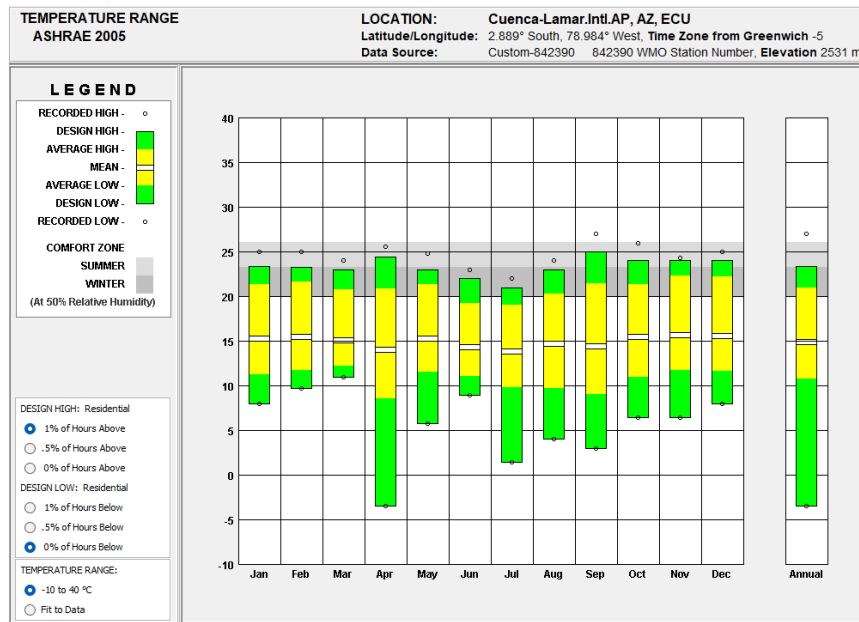
Aunque el enfoque principal del proyecto de titulación sea la iluminación, la temperatura y la humedad son factores interrelacionados que afectan la calidad del ambiente interior y la eficiencia energética del edificio. Un breve análisis de la temperatura y humedad relativa de Cuenca, nos permite tener una imagen del contexto en el que se va a trabajar. Diseñar soluciones más efectivas y sostenibles, mejorando el confort y el rendimiento del edificio.

Evaluar las luminancias y radiación solar, es esencial para optimizar el diseño de los edificios, asegurando un confort visual óptimo, cumpliendo con normativas y contribuyendo al bienestar y el confort de los usuarios. De este modo se analizan algunos factores climáticos que tenemos en la ciudad de Cuenca-Ecuador.

#### **a. Temperatura [°C]:**

La provincia del Azuay, en donde se encuentra la ciudad de Cuenca, está ubicada en la zona montañosa sur de la cordillera de los Andes, y según la escala de Köppen tiene un clima mesotérmico semi-húmedo. La temperatura media anual de Cuenca y sus alrededores es de alrededor 15 a 16°C.

**Tabla 1:** Temperatura promedio de Cuenca.

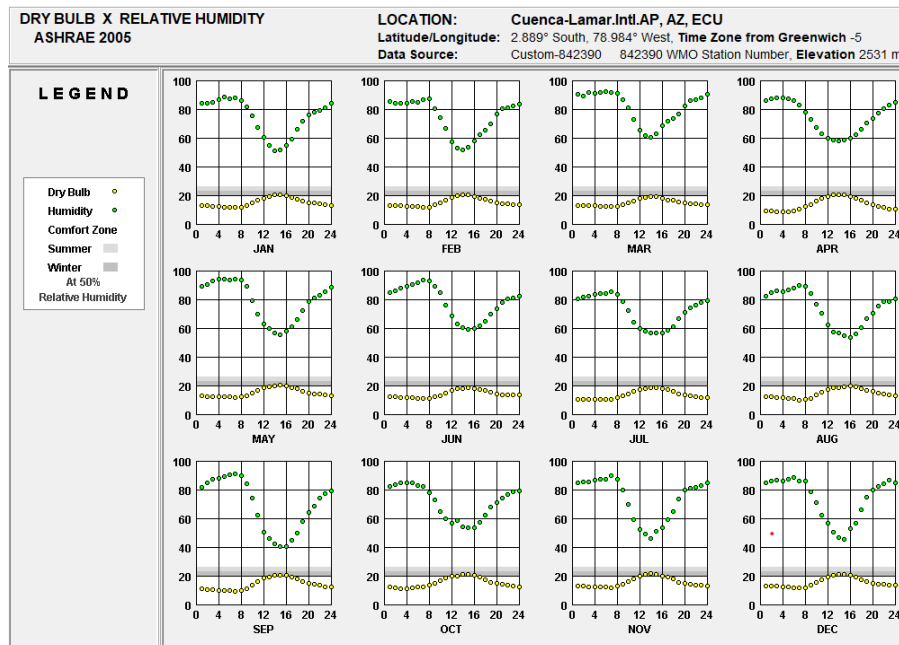


Fuente: Elaboración propia, realizado con Climate Consultant

**b. Humedad relativa promedio [%]:**

La humedad relativa es irregular, suele estar alrededor del 70-80%. Sin embargo, puede variar dependiendo de la temporada y las condiciones climáticas específicas. Al medio día cuando el sol está más fuerte la humedad tiende a bajar.

**Tabla 2:** Humedad relativa promedio de Cuenca.

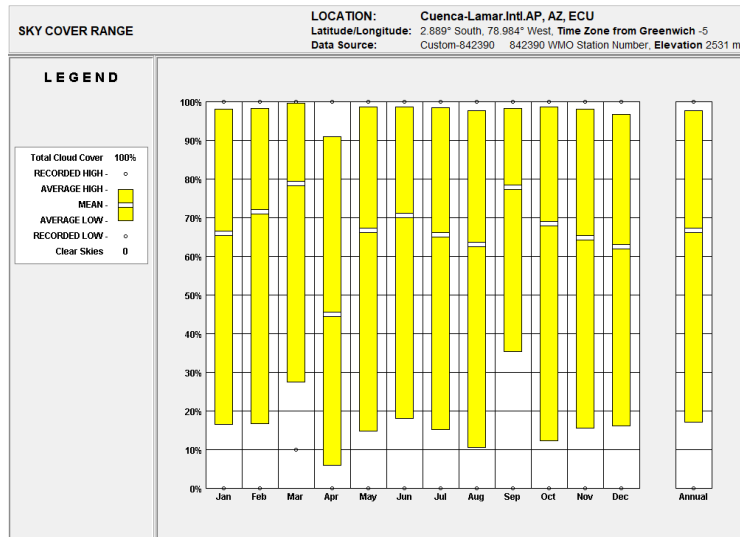


Fuente: Elaboración propia, realizado con Climate Consultant

c. **Nubosidad [octas]:**

En Cuenca, el porcentaje promedio del cielo cubierto por nubes experimenta una variación estacional extrema a lo largo del año. El mes más despejado del año en Cuenca es abril, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 45% del tiempo. El mes más nublado del año en Cuenca es marzo, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 80% del tiempo.

**Tabla 3:** Nubosidad promedio en Cuenca.

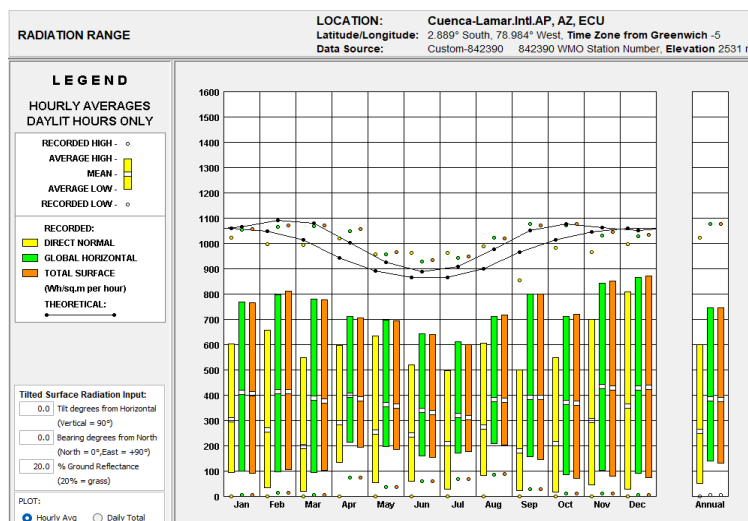


Fuente: Elaboración propia, realizado con Climate Consultant

d. **La radiación solar:**

La radiación solar en promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año. En general, Ecuador es conocido por recibir una alta cantidad de radiación solar debido a su ubicación cercana a la línea ecuatorial. La radiación solar promedio en Cuenca podría estar en el rango de 4.5 a 5.5 kWh/m2 por día, dependiendo de la época del año.

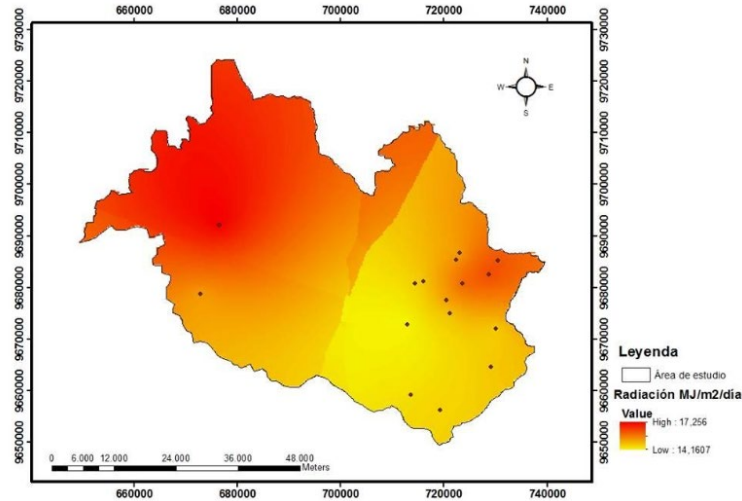
**Tabla 4:** Radiación solar promedio en Cuenca.



Fuente: Elaboración propia, realizado con Climate Consultant

e. **La radiación solar (Modelo de Bristow y Campbell):**

Mediante el modelo de Bristow y Campbell realizado por Delgado y Orellana en 2015, se estimó que la radiación promedio diaria del cantón Cuenca fue de 15,367 MJ m<sup>-2</sup> Día<sup>-1</sup>.



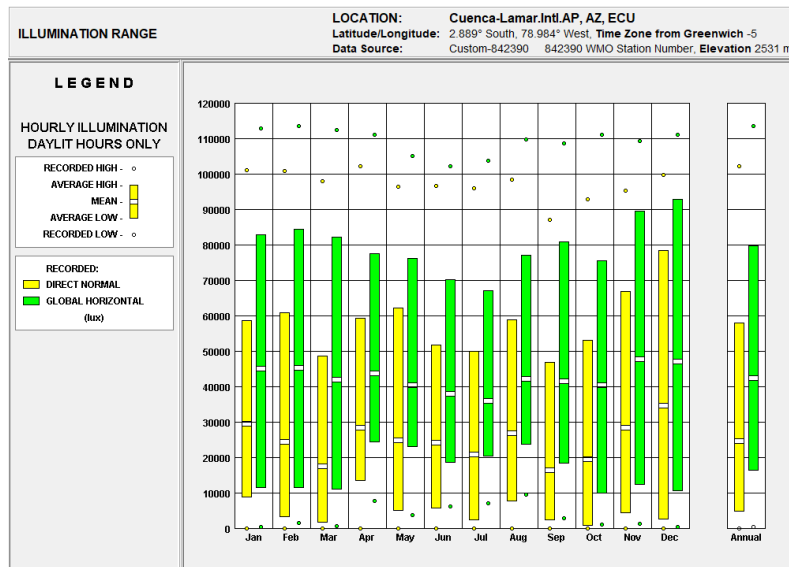
**Figura 3:** Mapa de Radiación Solar estimado promedio anual del cantón Cuenca.

**Fuente:** Delgado & Orellana, 2015

f. **Luminancias:**

Durante el día, la iluminación natural puede variar desde alrededor de 2000 lux en días nublados hasta más de 80,000 lux en días soleados, dependiendo de la ubicación y la hora del día. Por la noche, la iluminación se reduce significativamente y depende en gran medida de la iluminación artificial proporcionada por las fuentes de luz en las calles, edificios y vehículos.

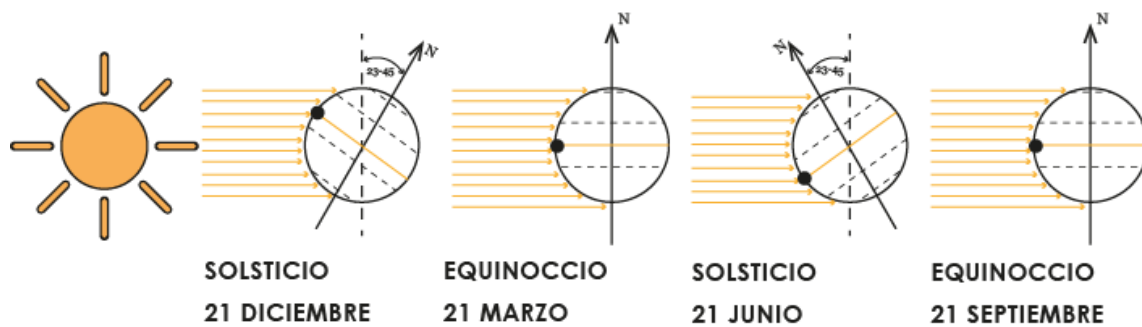
**Tabla 5:** Rango de iluminación directa y global promedio en Cuenca.



**Fuente:** Elaboración propia, realizado con Climate Consultant

g. **Equinoccios y Solsticios:**

La trayectoria del sol varía a lo largo del año, como se observa en la Figura 4. El ángulo más bajo con respecto a la horizontal ocurre en el solsticio de invierno, mientras que el más alto se registra en el solsticio de verano, y durante el resto del año los ángulos se encuentran entre estos dos solsticios. Para un lugar específico, los ángulos en los solsticios de invierno y verano dependen de su latitud. En el caso de la ciudad de Cuenca, los ángulos más elevados se presentan en los equinoccios de marzo y septiembre, y los más bajos en los solsticios de junio y diciembre.



**Figura 4:** Incidencia solar del Ecuador.

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.4 NORMATIVAS LUMÍNICAS

Ningún sistema de iluminación puede ofrecer propiedades ideales para todo tipo de usuarios en cualquier momento, ni para todas las tareas o ángulos de visión. El confort visual se alcanza cuando no hay deslumbramiento y los contrastes entre los objetos son adecuados, acompañados de transiciones suaves que resaltan las formas. Sin embargo, las necesidades y prioridades visuales varían notablemente entre las personas según diferentes factores. Por ello, aunque existen recomendaciones generales sobre lo que constituye "una buena iluminación", es igualmente importante que las personas tengan la posibilidad de ajustar y personalizar la iluminación según sus preferencias individuales.

En apartados anteriores se ha podido pensar y reflexionar acerca de los fenómenos e ideas que giran en torno a la luz y las miradas en las celosías, exponiendo estos desde un punto de vista más cercano a lo conceptual y abstracto, y no desde las implicaciones técnicas relacionadas con el control de la luz diurna. Ahora pues, se trata de volver la mirada para descubrir que todo lo aquí expuesto previamente también aporta beneficios en aspectos técnicos. Por consiguiente, se realizó una investigación para explorar y exponer las normativas lumínicas aplicables.

### 2.4.1 Artículo: Calidad Ambiental Interior de Edificios Residenciales Urbanos en Cuenca-Ecuador: Estándar de Confort

Con el propósito de aportar evidencias para la calidad ambiental interior de viviendas urbanas ubicadas en la ciudad de Cuenca-Ecuador, la investigación de Quesada y Yaguana en 2018, se realizó una recopilación de los niveles de confort para parámetros de temperatura, calidad del aire e iluminación natural a través de la correlación entre percepciones subjetivas y medidas físicas. Los valores y rangos óptimos establecidos, según normativa internacional y local, que se consideraron para analizar los parámetros que se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6:** Resumen de estándares establecidos según la normativa nacional e internacional.

<b>Comodidad Visual</b>	UNE-EN-12464-1	Estándar	Niveles de iluminación: zonas de descanso 100 lux.
	Lawrence, 2006	Estándar	Factor de Luz Natural (DF) $\geq$ 2% cocina, salón-comedor y dormitorios
	Rey y Velasco 2006		Niveles de iluminación: salón-comedor 50-300 lux, dormitorios 100 lux.
	INEN 1152,1984	Estándar	DF: áreas de descanso 0,625%, dormitorios 0,313%
	NEC-11, 2011	Estándar	DF $\geq$ 3% en el plano de trabajo a 3m de distancia de la pared de la ventana y 1m de lado.

**Fuente:** Quesada & Yaguana, 2018

Este estudio es fundamental para comprender cómo afecta el entorno construido al bienestar de las personas que lo habitan. La determinación de los niveles de confort para parámetros como temperatura, calidad del aire e iluminación natural es esencial para garantizar espacios habitables y saludables. Los valores que se presentan, actúan como una guía para evaluar el confort interior. Estos valores ofrecen un marco de referencia que permite identificar áreas de mejora y tomar medidas correctivas cuando sea necesario. Además, al considerar las normativas tanto a nivel internacional como local, se asegura que las conclusiones de la investigación estén alineadas con los estándares reconocidos y aplicables en el contexto de Cuenca, Ecuador.

Quesada y Yaguana en 2018, llegaron a la conclusión que determina que para un dormitorio principal se estableció un Daylight Factor (DF) mínimo del 4% y para salas un 5%. Y se consideró que 300 lux era un estándar local conveniente.

**Tabla 7:** Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda.

<b>Aspecto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
DF: sala de estar	%	$\geq$ 5
DF: dormitorio principal	%	$\geq$ 4
Nivel de iluminación	lujos	$\geq$ 300

**Fuente:** Quesada & Yaguana, 2018

Estos estándares de confort solo nos presentan el mínimo óptimo para los diferentes espacios, sin embargo, no nos muestra el valor óptimo de confort de cada espacio. Estos estándares están respaldados por consideraciones técnicas, también tienen en cuenta las necesidades y preferencias de los residentes locales en Cuenca. Al considerar las condiciones específicas de la ciudad y sus habitantes, se garantiza que los estándares propuestos sean relevantes y aplicables en el contexto local.

#### **2.4.2 NEC-Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (EE. Valores mínimos de iluminación)**

Es necesario garantizar un nivel mínimo de iluminación en el interior de la vivienda, ajustado a las necesidades específicas de cada área, conforme a lo indicado en la tabla 8. (MIDUVI, 2018).

**Tabla 8:** Niveles óptimos de iluminación de diferentes zonas de la vivienda.

Áreas	Mínimo (LUX)	Recomendado (LUX)	Óptimo (LUX)
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo/baños	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de estudio o trabajo	300	500	750
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200

**Fuente:** Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - NEC - HS - EE Eficiencia Energética en Edificios Residenciales

Las normas de iluminación mínima aseguran que los espacios están diseñados para promover el bienestar y la productividad de las personas que los ocupan. Los valores mínimos de iluminación estipulados en la tabla son herramientas indispensables para diseñar espacios arquitectónicos que sean seguros, saludables y funcionales. Ayudan a garantizar la seguridad de los ocupantes, promueven su bienestar, aseguran el cumplimiento normativo y establecen estándares de calidad.

#### **2.4.3 Iluminación natural en edificaciones (INEN 1-150, INEN 1-151, INEN 1-152) - Aprovechamiento de luz natural**

Para asegurar la entrada de luz natural en una edificación, es necesario cumplir con el porcentaje del factor de luz natural indicado en la tabla 9 perteneciente a la norma INEN 1-152, así como con los requisitos constituidos en dicha norma. Además, deben tenerse en cuenta los métodos de medición especificados en la INEN 1-151.

**Tabla 9:** Factores de luz natural recomendados para interiores.

Viviendas/Ambiente	Porcentaje del factor de luz natural
Salas	0,625
Cocinas	2,5
Dormitorios	0,313
Estudios	1,9
Circulaciones	0,313

**Fuente:** Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios.

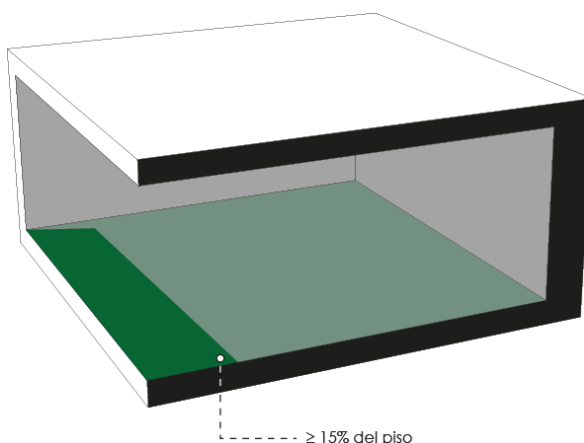
El INEN define los requerimientos para las normas técnicas relacionadas con la iluminación natural en edificaciones, según la norma INEN 1152 (Acuerdo Ministerial N 11, 2011). Esta normativa establece las disposiciones y requisitos para la correcta iluminación natural en residencias, centros educativos, oficinas y hospitales, determinando los criterios mínimos de iluminación y su uso práctico.

La normativa detalla los criterios para su determinación, considerando factores que influyen en la visibilidad, deslumbramiento, fuentes de luz natural, y componentes como el factor de luz natural, el componente de cielo y los de reflexión externa e interna. También incluye los requisitos

generales sobre iluminación natural, con sus disposiciones sobre niveles, componentes, tamaño y disposición de ventanas para asegurar una buena iluminación, y la ubicación de los edificios.

#### 2.4.4 PDOT de Cuenca - Anexo 6. Normas Generales. Sección primera: Iluminación y ventilación 1.1.2.

*Áreas de iluminación y ventilación en los locales habitables: Todo local habitable tendrá iluminación y ventilación natural por medio de vanos que permitan recibir aire y luz directamente desde el exterior. El área total de ventanas para iluminación será como mínimo el 15% del área de piso del local. (PDOT Cuenca, 2022)*



**Figura 5:** Área de iluminación mínima según el PDOT-Cuenca.

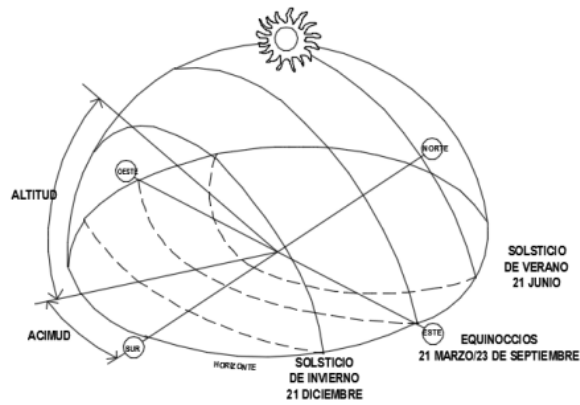
**Fuente:** Elaboración propia

La norma se centra en iluminación y ventilación, es especialmente relevante, ya que estos elementos son fundamentales para la calidad del ambiente interior en cualquier tipo de espacio habitable. Lo que la norma establece de tener iluminación y ventilación natural es esencial. Esto asegura que los espacios habitables no dependan exclusivamente de iluminación artificial y sistemas de ventilación mecánica, lo cual no solo puede aumentar el consumo de energía, sino que también puede afectar negativamente la salud y el confort de los habitantes.

## 2.5 ANÁLISIS DE ESTUDIOS PREVIOS

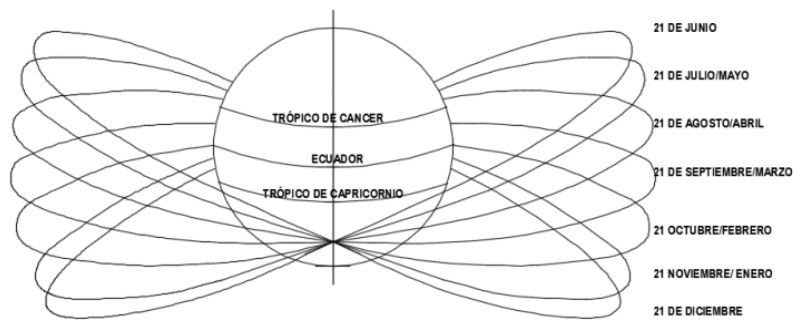
Diversos estudios han investigado el diseño bioclimático. Un ejemplo es el trabajo de Soria (2017), que considera el entorno en el que se construye un edificio, ya que este influye en su diseño y comportamiento. Utilizando los parámetros del software Climate Consultant y los datos meteorológicos del INAMHI, se establece un año tipo para analizar las condiciones climáticas de Quito en diferentes estaciones del año. La temperatura promedio es de 17° C, con mínimas entre 9° y 10° C, lo que corresponde al típico clima andino.

Es fundamental entender la trayectoria de la eclíptica solar en relación con los movimientos de rotación y traslación de la Tierra. Lacomba (1991) destaca que los momentos clave en cuanto a la posición relativa entre la Tierra y el Sol, y la incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre, son: a) el 21 de marzo y el 23 de septiembre, correspondientes a los equinoccios de primavera y otoño; y b) el 21 de junio y el 21 de diciembre, los solsticios de verano e invierno. Estas fechas son determinantes para evaluar el impacto del sol en una estructura y analizar las sombras, considerando la altitud solar en distintos momentos del día, desde el amanecer hasta el ocaso.



**Figura 6:** Trayectoria solar.

**Fuente:** Soria, 2017



**Figura 7:** Fechas destacables en la trayectoria solar.

**Fuente:** Soria, 2017

La cantidad de radiación que recibe un edificio depende de dos factores: la compactación y la orientación. La compactación se refiere a la relación entre el volumen total de la edificación y su área expuesta al exterior. Según el capítulo 13 de la NEC 11, un edificio compacto no garantiza necesariamente una alta eficiencia térmica, ya que su forma puede variar según el uso previsto para la edificación.

La orientación, por otro lado, se relaciona con la posición del edificio en relación con la trayectoria solar. Aunque en muchos casos no se puede elegir, las estrategias de diseño juegan un papel crucial en proteger y exponer el edificio para equilibrar el rendimiento térmico y energético. La normativa indica que la orientación debe ser determinada en función de las necesidades de ganancia o protección solar, ventilación, calidad del aire y aislamiento acústico. En la ciudad de Quito, se sugiere orientar las fachadas hacia el Este y el Oeste para maximizar la ganancia solar directa tanto por la mañana como por la tarde (NEC 11, capítulo 13).

El objetivo de la tesis de Soria es evaluar la eficiencia energética de la envolvente en tres ejemplos de edificaciones destinadas a oficinas y analizar cómo el diseño, la permeabilidad, la transparencia y los sistemas constructivos afectan esta eficiencia. La tesis también estudia el comportamiento térmico de las envolventes de las edificaciones estudiadas mediante métodos simplificados y herramientas básicas.

**Tabla 10:** Características de diseño de edificio estudiado.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>EDIFICIO Q.P.H</b>
<b>Altura entrepiso</b>	3,10 m
<b>Superficie cubierta</b>	686,00 m <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	2644,80 m <sup>3</sup>
<b>Porcentaje elementos opacos fachada</b>	53,15%
<b>Porcentaje de elementos transparentes fachada</b>	46,85%
<b>Porcentaje de ventanas con orientación norte-sur</b>	42%
<b>Porcentaje de ventanas con orientación este-oeste</b>	57%
<b>Sistema de apertura de ventanas</b>	Proyectable
<b>Porcentaje de apertura de ventanas</b>	20%

Fuente: Soria, 2017

**Tabla 11:** Características de elementos translúcidos en las circundantes de edificaciones.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>EDIFICIO Q.P.H</b>
<b>Espesor</b>	8mm
<b>Tipo de vidrio</b>	Monolítico laminado
<b>Valor (w/m<sup>2</sup>k)</b>	5,8
<b>Coefficiente de sombra</b>	0,40
<b>Coefficiente de ganancia de calor solar</b>	0,28
<b>Porcentaje de transmisión de energía solar total</b>	20
<b>Porcentaje de reflexión de energía solar total</b>	21

Fuente: Soria, 2017

Es crucial considerar la conexión entre los elementos opacos y transparentes en el diseño de cada edificación. En el caso del edificio Quito Publishing House, las persianas disminuyen significativamente estos valores, por lo que se establece un valor inicial y, posteriormente, se incorpora el valor que incluye las protecciones solares.

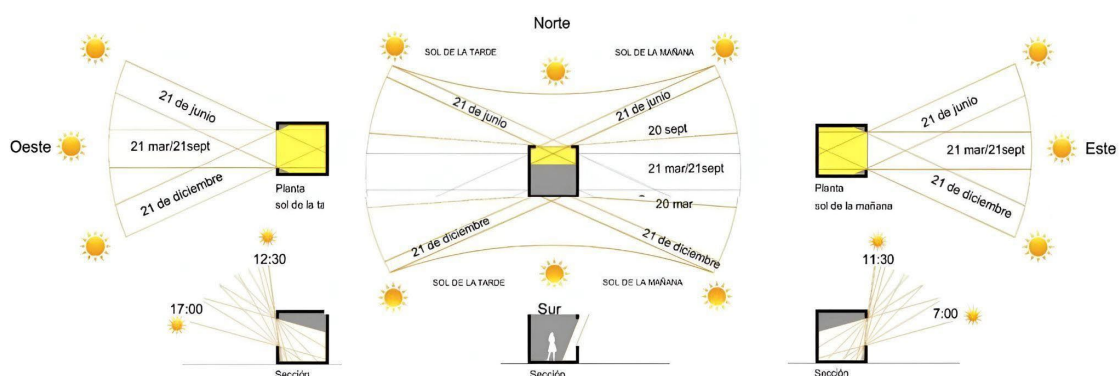
**Tabla 12:** Características de diseño de las edificaciones estudiadas.

FACHADA	NEC 11 CAP. 13	EDIFICIO Q.P.H
Norte-Sur	40%	42%
Este-Oeste	30%	57%-31%

Fuente: Soria, 2017

El estudio concluye que, en la ciudad de Quito, la envolvente con mayor eficiencia energética es la que incorpora protecciones solares, como es el caso del edificio Quito Publishing House.

En otro caso, Naranjo, en 2015, llevó a cabo un proyecto en la capital de Ecuador con el objetivo de estudiar el desempeño de las celosías en una latitud de 0° y evaluar si estos sistemas de protección solar pueden ser aplicables en condiciones climáticas similares. El propósito de la tesis es mejorar las condiciones de iluminación en el interior de espacios de oficinas con un alto grado de acristalamiento. La figura muestra cómo el sol incide en las distintas fachadas.

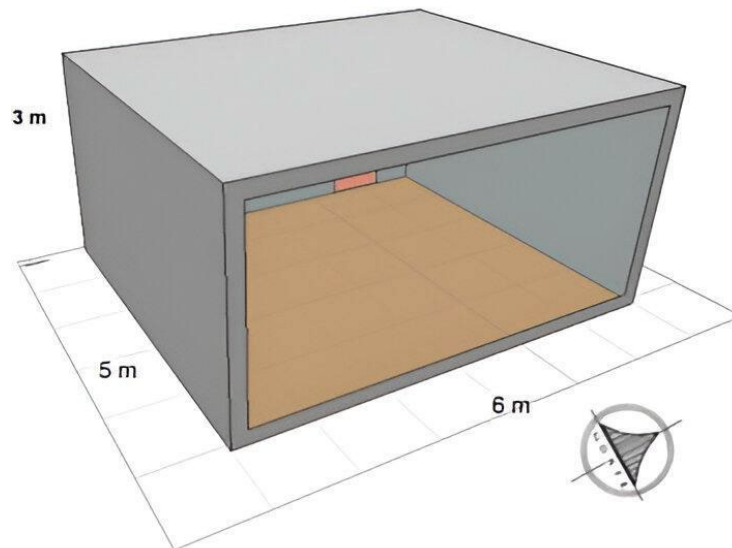


**Figura 8:** Horas del sol según fachada en Quito.

Fuente: Naranjo, 2015

La fachada Norte recibe radiación solar durante cinco meses al año (junio, julio, agosto, abril y mayo), a lo largo del día desde las 6:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. En contraste, la fachada Sur recibe radiación solar durante otros cinco meses (octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero). Durante los meses que restan, la radiación solar varía entre 0 y 2 kWh/m<sup>2</sup>. La fachada Este capta radiación solar durante todo el año desde las 6:00 a.m. hasta las 11:30 a.m., acumulando cinco horas y media diarias. Por su otra parte, la fachada Oeste capta radiación solar todo el año desde las 12:30 p.m. hasta las 6:00 p.m., también durante 5 horas y media.

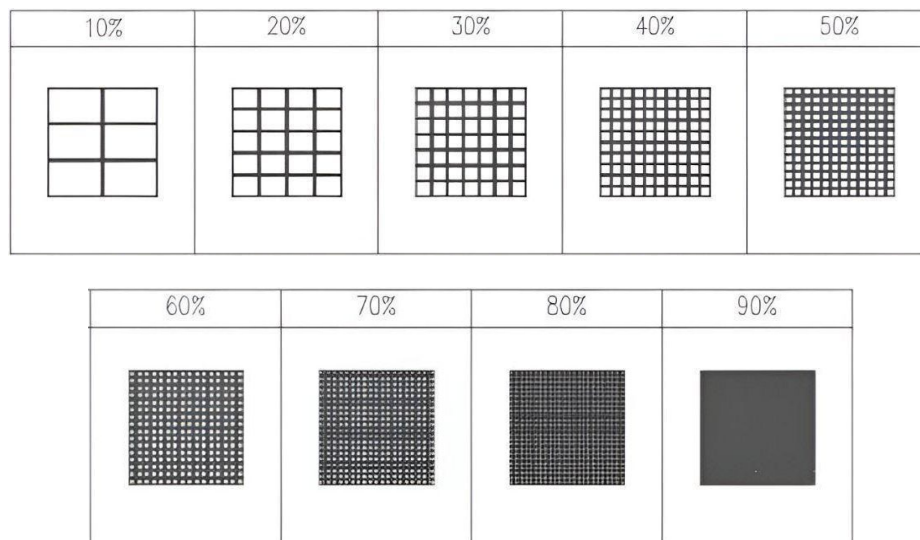
Como parte del estudio, Naranjo ha construido mediante software un espacio de 30 m<sup>2</sup> destinado a oficina. Este espacio contará con una sola ventana lateral con una tasa de acristalamiento del 80%, el cual refleja el diseño típico de una oficina en la ciudad de Quito. El modelo se ubica en un piso alto de un edificio de oficinas sin edificaciones de altura cercanos a su alrededor.



**Figura 9:** 3D del espacio a estudiar.

**Fuente:** Naranjo, 2015

Naranjo utilizó el programa MIT Scene Recognition Demo para calcular el ancho de los listones y el factor de obstrucción de las celosías, asegurando que la visibilidad hacia el exterior no se viera comprometida. En las pruebas, se evaluaron diferentes anchos de listones, desde 1 cm para los más delgados hasta 21 cm para los más gruesos. No obstante, el grosor del material de las celosías se mantuvo constante en 3 cm. Se consideraron variaciones en la obstrucción que iban del 10% al 90% para cada tipo de listón.

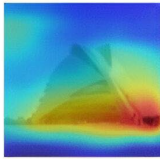
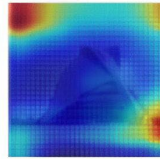
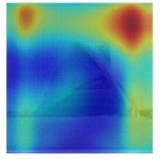
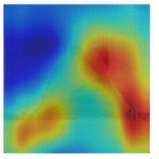







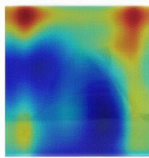
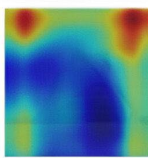
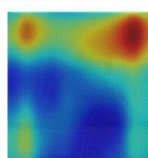
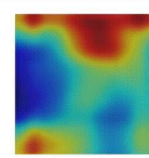
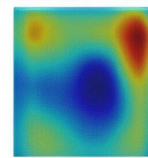


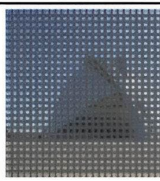
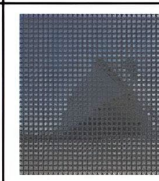
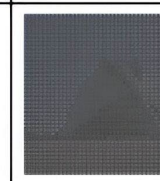
**Figura 10:** Factor de obstrucción de celosías.

**Fuente:** Ortega, 2015

Tras llevar a cabo un análisis de luminancias, se determinó que las celosías con un nivel de obstrucción entre el 30% y el 70% permiten mantener la visibilidad de la imagen de fondo.

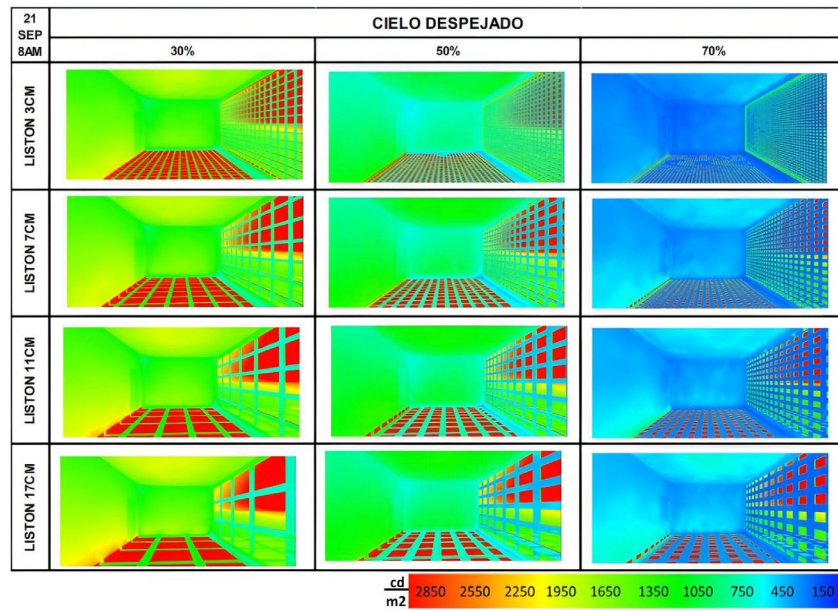
Tabla 13: Análisis Scene Recognition Demo.

PORCENTAJE AREA CUBIERTA					
	0%	10%	20%	30%	40%
MIT Scene Recognition Demo LISTON 3CM					
FOTOS ORIGINALES LISTON 3CM					
PREDICCIÓN	LUGAR: EXTERIOR/PLAZA ATRIBUTO: AREA ABIERTA CATEGORIA: EDIFICIO FACHADA RECONOCIMIENTO: TERCIO INFERIOR Y TERCIO SUPERIOR	LUGAR: EXTERIOR/PLAZA ATRIBUTO: AREA ABIERTA CATEGORIA: EDIFICIO FACHADA RECONOCIMIENTO: TERCIO INFERIOR Y TERCIO SUPERIOR	LUGAR: EXTERIOR/PLAZA ATRIBUTO: AREA ABIERTA CATEGORIA: EDIFICIO FACHADA RECONOCIMIENTO: TERCIO INFERIOR Y TERCIO SUPERIOR	LUGAR: INTERIOR ATRIBUTO: OBJETOS VERTICALES Y HORIZONTALES CATEGORIA: DENTRO DE OFICINA RECONOCIMIENTO: TERCIO SUPERIOR Y DERECHO	LUGAR: INTERIOR ATRIBUTO: OBJETOS VERTICALES Y HORIZONTALES CATEGORIA: DENTRO DE OFICINA RECONOCIMIENTO: TERCIO INFERIOR Y DERECHO
OBSERVACIONES	SIN PROTECCION, SERA USADO COMO CASO BASE PARA LA COMPARACION CON LAS CELOSIAS SELECCIONADAS	ESTETICAMENTE, CUANDO EL ESPESOR ES MAYOR, NO CONFORMAN UNA CELOSIA .	ESTETICAMENTE, CUANDO EL ESPESOR ES MAYOR, NO CONFORMAN UNA CELOSIA .	ESTETICAMENTE CONFORMAN UNA CELOSIA. PERMITIE UNA VISION AL EXTERIOR.	ESTETICAMENTE CONFORMAN UNA CELOSIA. PERMITIE UNA VISION AL EXTERIOR.

	50%	60%	70%	80%	90%
MIT Scene Recognition Demo LISTON 3CM					
ORIGINAL					
PREDICCIÓN	LUGAR: INTERIOR ATRIBUTO: OBJETOS VERTICALES Y HORIZONTALES CATEGORIA: DENTRO DE OFICINA RECONOCIMIENTO: TERCIO SUPERIOR Y DERECHO	LUGAR: INTERIOR ATRIBUTO: OBJETOS VERTICALES Y HORIZONTALES CATEGORIA: DENTRO DE OFICINA RECONOCIMIENTO: TERCIO SUPERIOR Y DERECHO	LUGAR: INTERIOR ATRIBUTO: OBJETOS VERTICALES Y HORIZONTALES CATEGORIA: DENTRO DE OFICINA RECONOCIMIENTO: TERCIO SUPERIOR Y DERECHO	LUGAR: INTERIOR ATRIBUTO: OBJETOS VERTICALES Y HORIZONTALES CATEGORIA: ESTUDIO MUSICA RECONOCIMIENTO: TERCIO SUPERIOR INFERIOR Y DERECHO	LUGAR: INTERIOR ATRIBUTO: OBJETOS VERTICALES Y HORIZONTALES CATEGORIA: ESTUDIO MUSICA RECONOCIMIENTO: TERCIO SUPERIOR INFERIOR Y DERECHO
OBSERVACIONES	ESTETICAMENTE CONFORMAN UNA CELOSIA. PERMITIE UNA VISION AL EXTERIOR.	ESTETICAMENTE CONFORMAN UNA CELOSIA. PERMITIE UNA VISION AL EXTERIOR.	ESTETICAMENTE CONFORMAN UNA CELOSIA. PERMITIE UNA VISION AL EXTERIOR.	SE PIERDE LA VISION AL EXTERIOR POR ENDE NO RECONOCE LA IMAGEN	SE PIERDE LA VISION AL EXTERIOR POR ENDE NO RECONOCE LA IMAGEN

Fuente: Naranjo, 2015

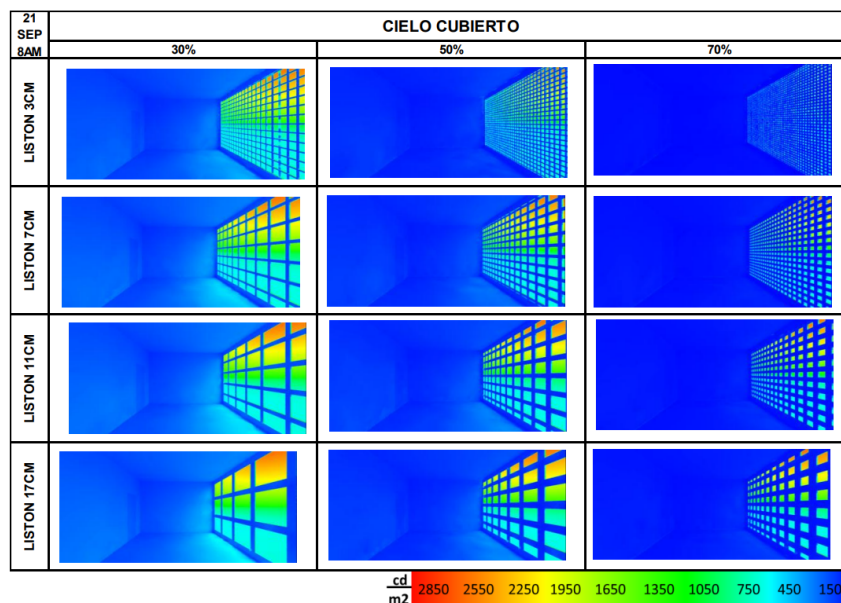
En la siguiente figura podemos observar el análisis de luminancias para los diferentes casos de celosías.



**Figura 11:** Luminancias con cielo despejado.

**Fuente:** Naranjo, 2015

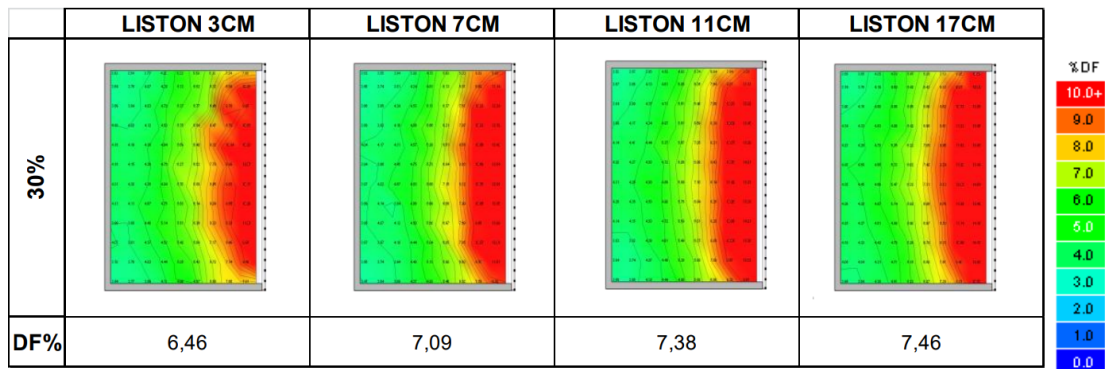
Al examinar cómo varía el ancho de los listones, se observa que las celosías hechas con franjas más delgadas bloquean más la entrada de luz. A medida que las franjas se ensanchan y las celosías tienen aberturas más grandes, la cantidad de luz diurna que entra aumenta. Dado que se ha propuesto un sistema de protección solar fijo, es fundamental entender y evaluar cómo este sistema afecta las condiciones bajo un cielo nublado.



**Figura 12:** Luminancias con cielo cubierto.

**Fuente:** Naranjo, 2015

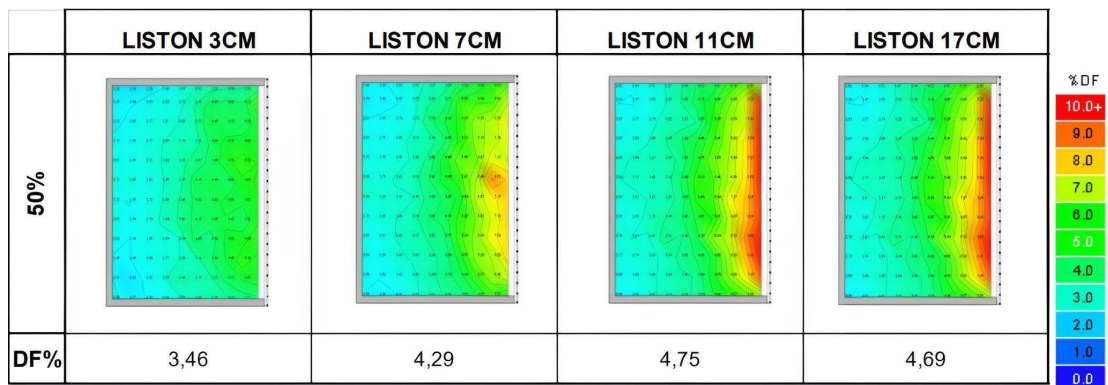
Las celosías con un factor de obstrucción del 30% muestran una media de daylight factor que oscila entre el 6.46% y el 7.46%, dependiendo del ancho del listón, con los valores más bajos registrados en los listones de 3 cm.



**Figura 13:** Simulaciones del daylight factor con obstrucción del 30% con aumento de izquierda a derecha con un ancho de listón de 80 cm.

**Fuente:** Naranjo, 2015

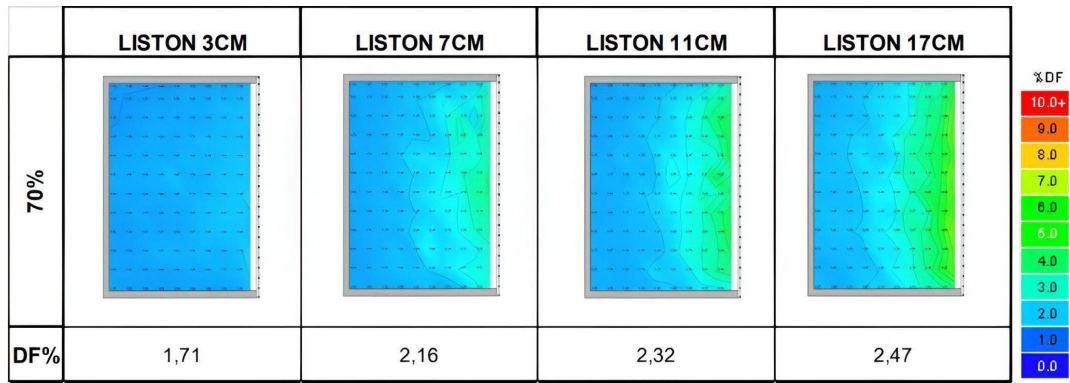
Aunque la instalación de estas celosías disminuyó la media del Daylight Factor (DF) en la oficina entre un 30% y 40% en comparación con el caso base, a una separación de 1.50 metros de la ventana, los valores siguen siendo altos, alcanzando entre un 10% y 16%, lo que genera problemas de sobrecalentamiento y deslumbramiento. En cuanto a las celosías con un factor de obstrucción del 50%, se observa que, desde la ventana hasta el fondo de la oficina, todos los valores están dentro de los rangos recomendados, con un promedio de Daylight Factor que oscila entre 3.46% y 4.69%.



**Figura 14:** Simulaciones del daylight factor con obstrucción del 50% con aumento de izquierda a derecha con un ancho de listón de 80 cm.

**Fuente:** Naranjo, 2015

En el análisis de las celosías con un factor de obstrucción del 70%, se observa que el Daylight Factor promedio en toda la oficina oscila entre 1.71% y 2.47%, situándose en el límite mínimo recomendado para oficinas, que es del 2%. Esto llevaría a la necesidad de utilizar iluminación artificial en el interior.



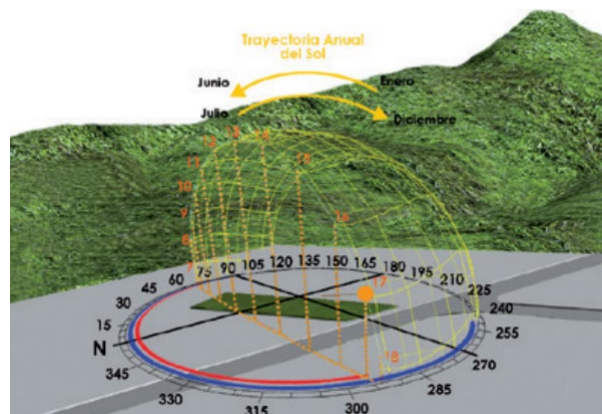
**Figura 15:** Simulaciones del daylight factor con obstrucción del 70% con aumento de izquierda a derecha con un ancho de listón de 80 cm.

**Fuente:** Naranjo, 2015

Al concluir el estudio sobre el comportamiento de los filtros solares como estrategia pasiva de control solar, se determinó que su uso es favorable para mejorar las condiciones de confort lumínico y visual en espacios destinados a oficinas, especialmente en aquellos con fachadas altamente acristaladas. Uno de los principales beneficios de incorporar celosías en las construcciones es que optimizan el aprovechamiento de la luz natural, lo que contribuye al desarrollo cognitivo y mejora el rendimiento laboral. Además, este sistema de protección solar previene el uso excesivo de protecciones manuales, como persianas, que oscurecen el espacio y promueven el uso innecesario de luz artificial, generando un mayor consumo energético.

Otro ejemplo de estudio es el de Guillén & Cordero en 2012, en la tesis establecen pautas bioclimáticas para el diseño de viviendas unifamiliares a nivel de anteproyecto en la ciudad de Cuenca - Ecuador.

Dentro de estas pautas bioclimáticas, la orientación Este-Oeste de la edificación permite recibir una adecuada cantidad de sol a lo largo del año. Como se muestra en la figura 16, durante los meses más fríos, el recorrido solar se inclina hacia el norte del edificio, mientras que en los meses más cálidos se orienta hacia el sur. Así, la fachada oeste recibe sol por la tarde, mientras que la fachada este lo recibe por la mañana. Esta característica ha sido considerada para distribuir las distintas áreas dentro de la vivienda, tomando en cuenta los horarios de uso de cada espacio.



**Figura 16:** Trayectoria solar diaria y anual.

**Fuente:** Guillén & Cordero, 2012

En cuanto a su distribución, se aprecia en la Figura 17 los espacios clasificados de acuerdo a sus requerimientos térmicos y de ventilación. Aquellos de color anaranjado son los que requieren conservar el calor ganado durante el día, mientras que los de color azul son los que necesitan una mayor ventilación debido a que son zonas de servicio.



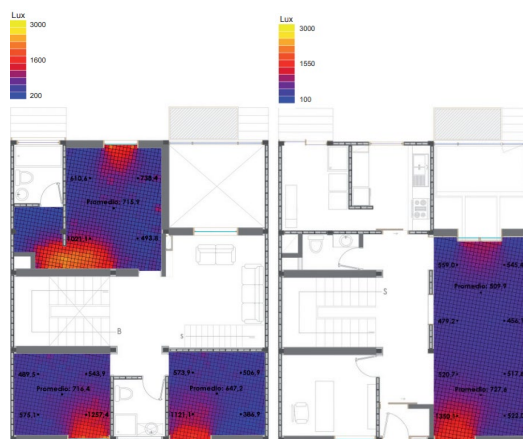
**Figura 17:** Distribución espacial, planta alta y planta baja

**Fuente:** Guillén & Cordero, 2012

Para lograrlo, optaron por utilizar sistemas de diseño solar pasivos y activos. Los sistemas pasivos aprovechan medios naturales, es decir, el propio edificio actúa como sistema, mientras que los activos emplean mecanismos auxiliares para captar y distribuir el calor mediante el uso de energías renovables.

En el estudio de la iluminancia, se consideraron tres escenarios: el primero con cielo parcialmente nublado y ventanas descubiertas; el segundo con cielo parcialmente nublado y persianas; y el tercero, el escenario más desfavorable, con cielo completamente cubierto. Se concluyó que, aunque la orientación Este-Oeste de la vivienda permite un buen aprovechamiento de la luz natural, también puede provocar niveles excesivos de iluminación. Por lo tanto, se sugiere el uso de elementos como persianas para regular la entrada de luz y garantizar el confort lumínico.

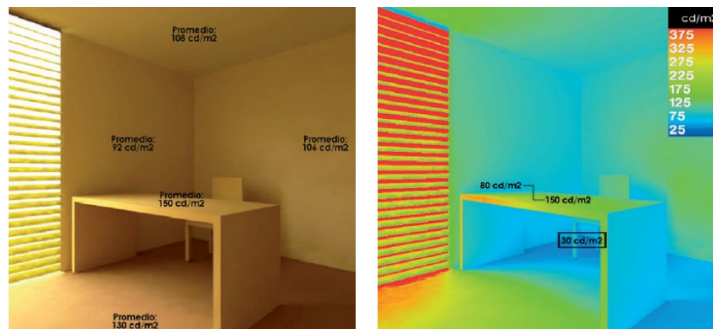
En el análisis, los dormitorios 1, 2 y 3 presentan niveles de iluminación promedio de 715.9, 647.2 y 716.4 lux, respectivamente, como se muestra en la Figura 18. Estos valores pueden disminuir aún más al ajustar el ángulo de inclinación de las persianas. En la Figura 20, se observa que los niveles promedio en la sala se reducen a 727.6 lux y en el comedor a 509.9 lux con el uso de persianas.



**Figura 18:** Niveles de luminancia en dormitorios; sala-comedor con persianas

**Fuente:** Guillén & Cordero, 2012

En el análisis de luminancias, según el estudio y como se muestra en la Figura 19, los valores de luminancia de las distintas superficies (con planos de trabajo entre 100 y 300 lux, y superficies generales con menos de 500 lux) se sitúan dentro de los rangos recomendados por diversos autores y normativas.



**Figura 19:** Niveles de iluminancia con la utilización de persianas manuales (19.000 luxes)

**Fuente:** Guillén & Cordero, 2012

Se puede llegar a la misma conclusión para las demás áreas de la vivienda, donde la distribución de la luz diurna es adecuada tanto en cantidad como en calidad. Se logran los niveles de iluminación correctos y confortables para cada actividad, manteniendo una relación equilibrada entre la iluminación de las zonas de trabajo y su entorno, lo que garantiza un confort lumínico en los distintos espacios del hogar.

## 2.6 REFERENTES: CELOSÍAS DE LADRILLO

Para poder llevar a cabo la investigación, se ha realizado una revisión sistemática de casos que reinterpretan la arquitectura con filtros solares a nivel nacional o internacional; para así determinar las cualidades espaciales y condiciones que tienen los proyectos de este tipo para aplicarlo al modelo y, por medio de los filtros solares, realzar y dar confort a espacios habitables. Para esto, se ha considerado el método de Cristina Gastón y Teresa Rovira, enfocado en la obtención de herramientas teóricas aplicables en el objeto moderno a partir de criterios rectores y elementos básicos de concepción (Gastón & Rovira, 2007). La metodología aplica cuatro criterios y subcriterios de análisis que se sustentan en el siguiente esquema:



**Figura 20:** Metodología aplicable para el análisis de casos de estudio

**Fuente:** Elaboración propia

Posteriormente, en base a la metodología descrita, se utilizaron cuatro variables de análisis para la selección de los casos de estudio figura 21.



**Figura 21:** Criterios de análisis para la selección de casos de estudio

**Fuente:** Elaboración propia

Tras la definición de estas variables, se procede a realizar una evaluación cualitativa y determinar los casos de estudio mejor categorizados que cumplen con los criterios descritos. Por tanto, en esta etapa investigativa se consideran 4 criterios de selección: generalidades del proyecto, emplazamiento y programa, configuración del edificio e identificación de componentes básicos aplicables en 5 casos referentes. El proyecto con mayor ponderación se analizará posteriormente.

**Tabla 14:** Ponderación de los casos de estudio.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	Generalidades del proyecto	Emplazamiento y programa	Configuración del edificio	Identificación de componentes básicos	TOTAL
FILTROS SOLARES	0	1	2	3	
✓ Pabellón experimental del ladrillo	SI	SI	SI	SI	4
✓ Casa estrecha de ladrillo / Srijit Srinivas Architects	SI	SI	SI	SI	4
✗ Casa en Pilar / FILM-Obras de Arquitectura	NO	SI	SI	SI	3
✓ Estudio en la colina / Mind Manifestation	SI	SI	SI	SI	4
✗ Casa brick-weave / Studio Gang	NO	SI	SI	SI	3

**Fuente:** Elaboración propia

Esta metodología permite un análisis exhaustivo de los casos de estudio, lo que facilita la identificación de las mejores prácticas y estrategias de diseño aplicables en el contexto de Cuenca. Con esta información, se pueden desarrollar soluciones innovadoras y efectivas para la implementación de celosías que no solo mejoren el confort lumínico y térmico en los edificios, sino que también promuevan la sostenibilidad y eficiencia energética en la región.

## 2.6.1 Pabellón experimental de ladrillo, City Bell, Buenos Aires

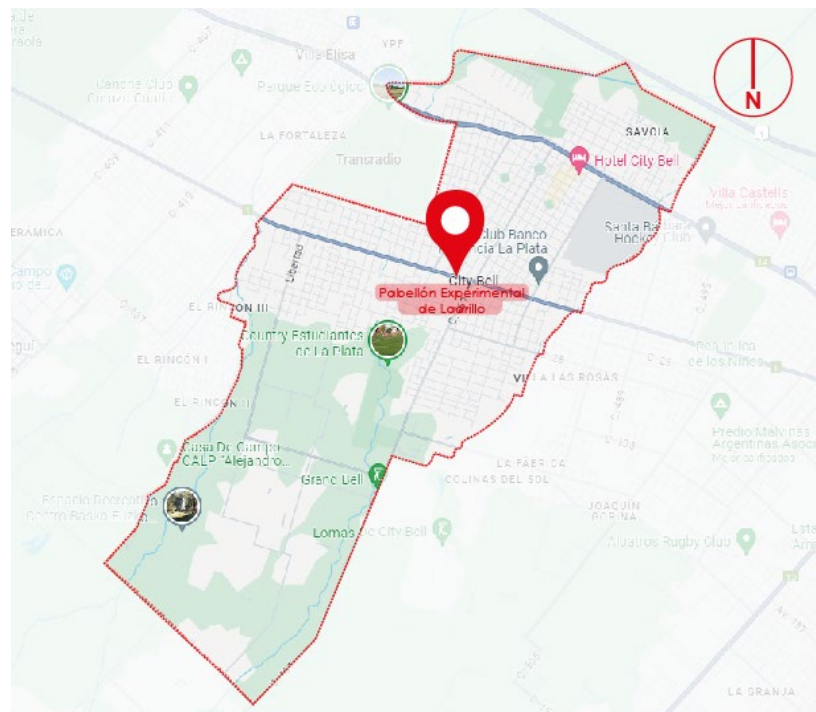


**Figura 22:** Pabellón experimental del ladrillo

**Fuente:** Mena, 2016

### a. Contexto: ciudad y clima

City Bell es una ciudad argentina ubicada en el partido de La Plata, en la provincia de Buenos Aires. Se encuentra a unos 10 km al noroeste del centro de la ciudad de La Plata.

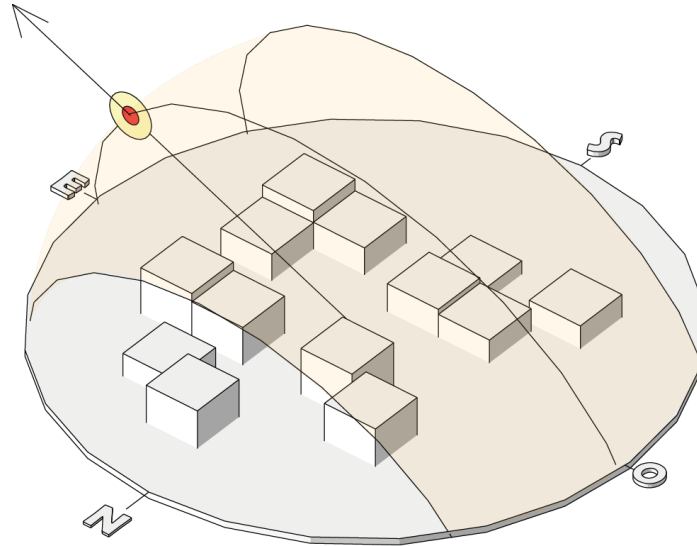


**Figura 23:** Ubicación del Pabellón experimental del ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

## b. Trayectoria solar

De clima templado, la temperatura media anual ronda los 16,3 °C y precipitaciones medias anuales calculadas en 993.9 mm. Por su cercanía al río de la Plata la humedad tiende a ser abundante, siendo la humedad media anual de 80%. (Servicio Meteorológico Nacional, 2023)



**Figura 24:** Trayectoria solar de City Bell, La Plata

**Fuente:** Elaboración propia

## c. Preexistencias y problema actual

La idea consistía en construir una vivienda con 4 dormitorios, cada una con su propio baño, ya que la cocina y otras zonas ya estaban ubicadas en otra construcción cercana. Decidieron no usar ladrillos para los muros, sino utilizarlos como cerramientos, y lo más sorprendente fue que no emplearon mortero para unirlos. La propuesta era que el ladrillo funcionara como la “envolvente” de la nueva casa. (AG Tecno, 2016)

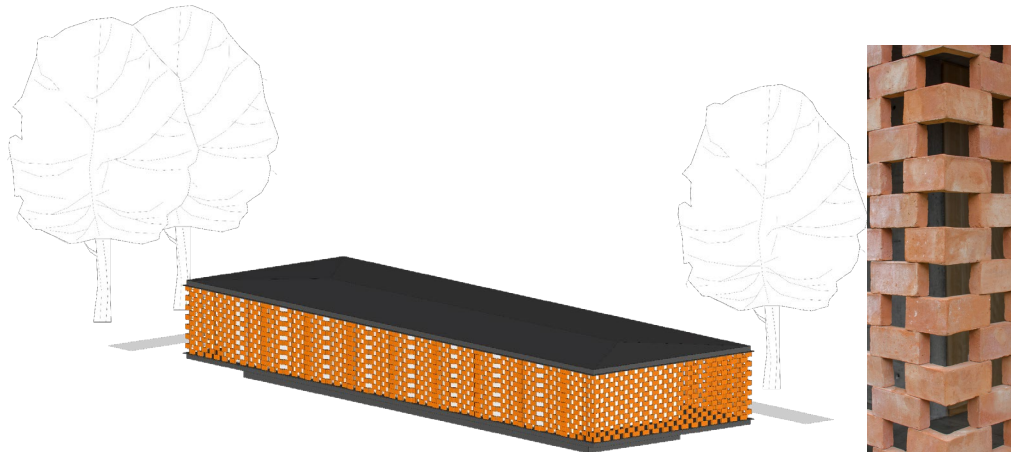


**Figura 25:** Estructura del Pabellón experimental del ladrillo

**Fuente:** AG Tecno, 2016

#### d. Concepción del proyecto

Colocaron los ladrillos en disposición alterna, dejando espacios vacíos, sobre un marco metálico y los unieron con varillas metálicas, formando paneles móviles. Esta estructura actúa como la “envolvente” de la casa y, como se muestra en la figura 26, ofrece una sensación de gran amplitud y espacialidad, además de la luminosidad que nos genera.

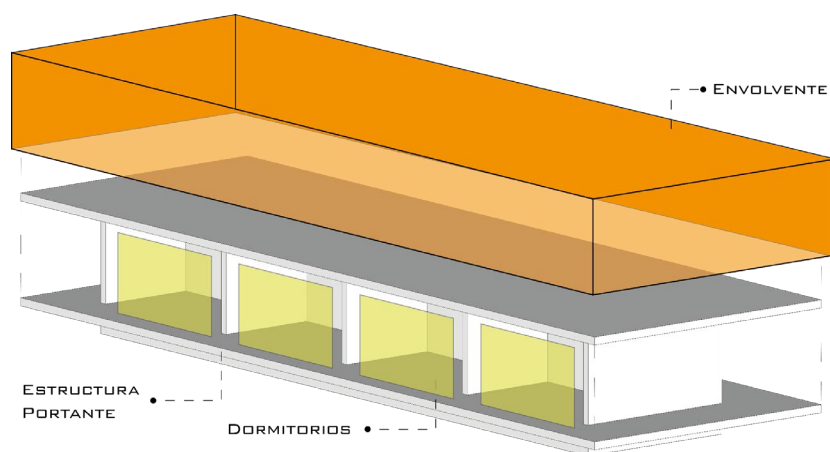


**Figura 26:** Concepto del Pabellón experimental del ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

#### e. Distribución de volúmenes con respecto al programa funcional

El proyecto implica la edificación de 4 habitaciones, construidas con planos horizontales y verticales de hormigón armado que definen su estructura portante. La estructura exterior del pabellón está formada por paneles de ladrillo autoportantes.

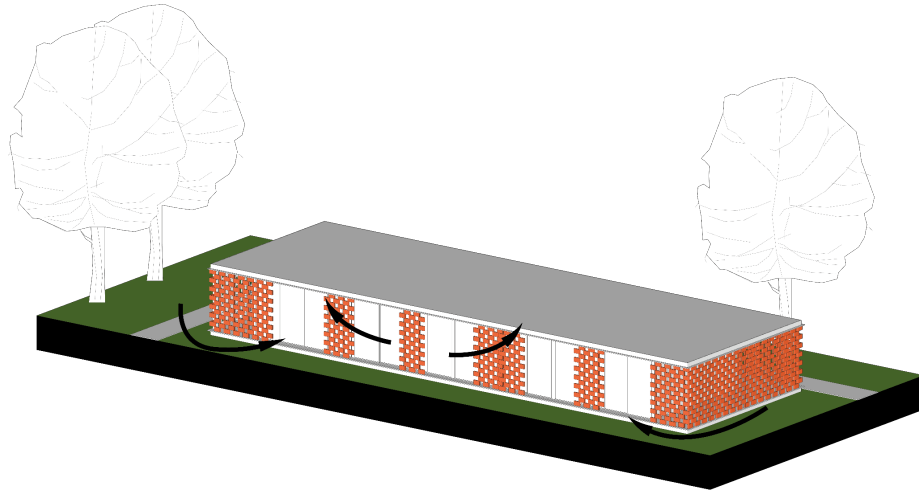


**Figura 27:** Composición volumétrica del Pabellón experimental del ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

#### f. Forma y funcionalidad

Es una estructura semi-abierta y permeable que interactúa con su entorno, integrando elementos como el jardín principal, caminerías y espacios de transición entre el interior y el exterior.

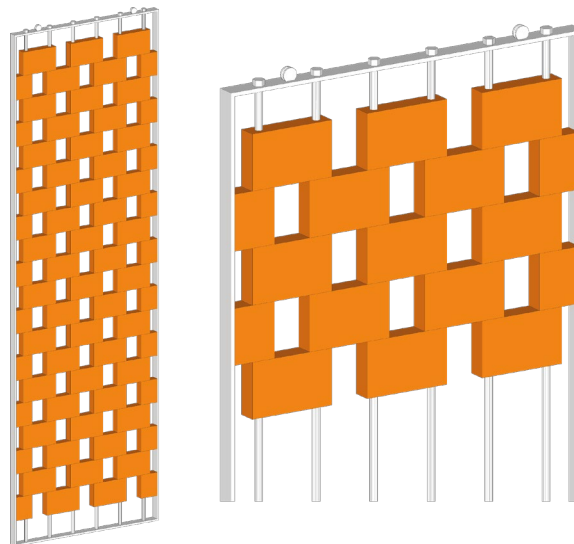


**Figura 28:** Permeabilidad del Pabellón experimental del ladrillo con su contexto

**Fuente:** Elaboración propia

#### **g. Sistema Constructivo**

El sistema de construcción emplea ladrillos comunes como la unidad básica, organizados de manera repetitiva alternando entre bloques sólidos y espacios vacíos dentro de un marco metálico. Al colocar 55 ladrillos y 22 ladrillos medios, uno sobre otro sin usar mortero, se forma un panel con una estructura semi abierta que combina técnicas artesanales con métodos de producción en serie.

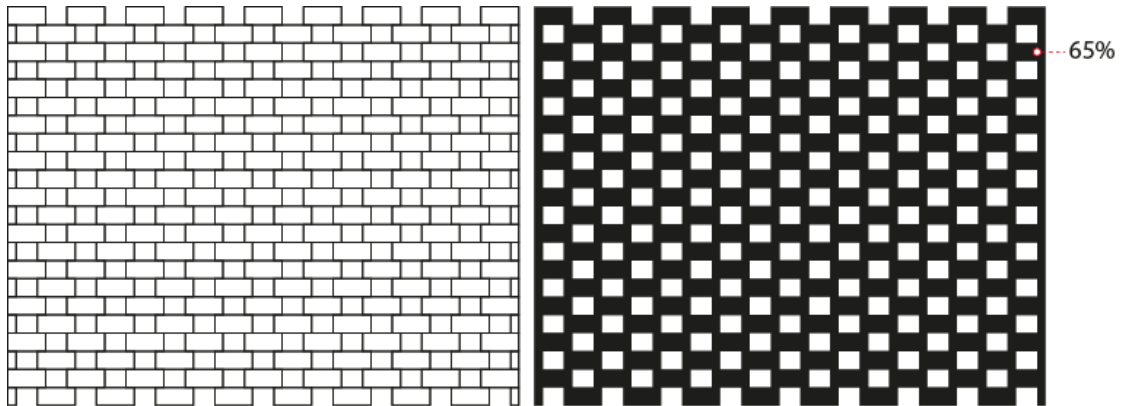


**Figura 29:** Sistema constructivo de la envolvente Pabellón experimental del ladrillo.

**Fuente:** Elaboración propia

#### **h. Porcentaje de obstrucción**

La celosía implementada tiene un 65% de obstrucción. Además, están contenidas en un marco de acero sujetas a un sistema movable, lo que hace que si se requiere más luz solo se deslizaría.

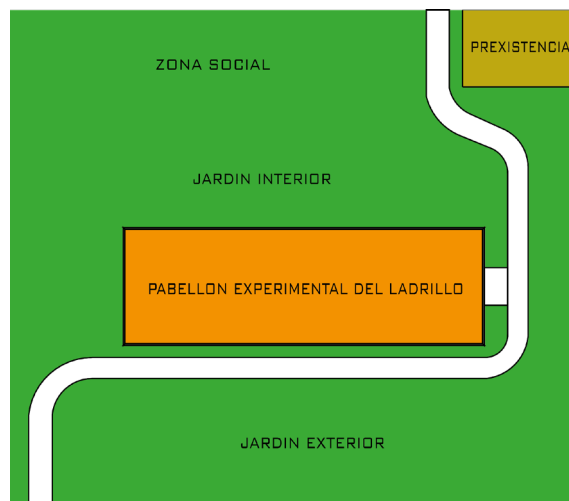


**Figura 30:** Porcentaje de obstrucción de la celosía del Pabellón experimental del ladrillo.

**Fuente:** Elaboración propia

#### i. Cerramientos exteriores

El proyecto no tiene ningún cerramiento, se emplaza dentro de un terreno con una edificación existente. Esto quiere decir que tiene 4 fachadas libres que delimitan al jardín exterior de la edificación principal. Permite generar una intercambiabilidad del espacio interior y exterior dado a las aberturas en sus fachadas que se abren al exterior. Por otra parte, el proyecto actúa como una prolongación de la casa principal, sin ser parte de ella en sí.

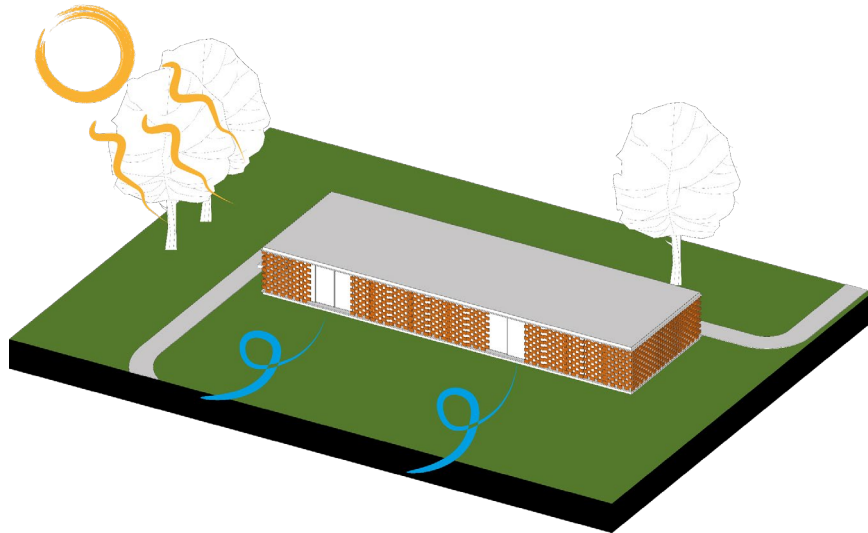


**Figura 31:** Relación del espacio exterior e interior del Pabellón experimental del ladrillo.

**Fuente:** Elaboración propia

#### j. Iluminación y ventilación

La disposición alternada de los ladrillos en el panel facilita el paso filtrado de luz, viento y sonido, mientras protege la privacidad de los residentes. Los módulos de ladrillos permiten ajustar la ventilación y la iluminación, creando un espacio permeable con adecuada ventilación e iluminación, como se muestra en la Figura 15. Además, el proyecto incluye iluminación artificial en el interior.



**Figura 32:** Estrategia de ventilación e iluminación del Pabellón experimental del ladrillo.

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.6.2 Casa estrecha de ladrillo / Srijit Srinivas Architects

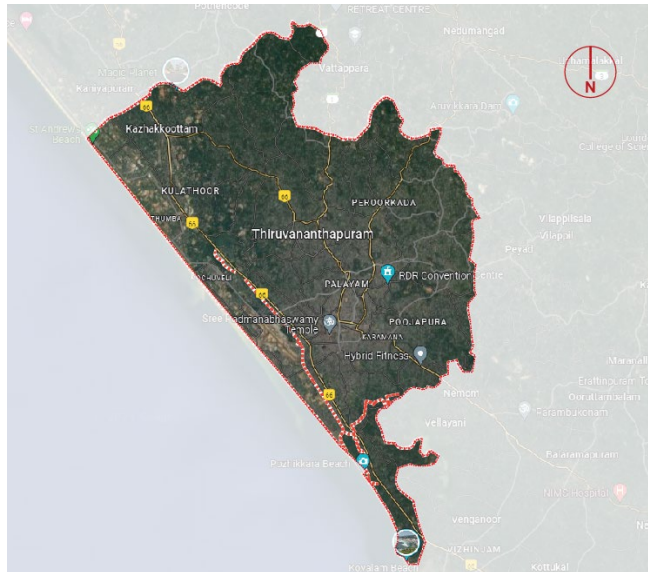


**Figura 33:** Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Abdel, 2022

#### k. Contexto: ciudad y clima

Thiruvananthapuram se encuentra sobre 7 colinas junto al mar, en la costa oeste cerca del extremo sur de la India continental, a una latitud de 8,5°N y una longitud de 76,9°E. La ciudad tiene una altitud promedio de 4,9 metros sobre el nivel del mar y la Corporación Thiruvananthapuram abarca un área de 214,86 km<sup>2</sup>.

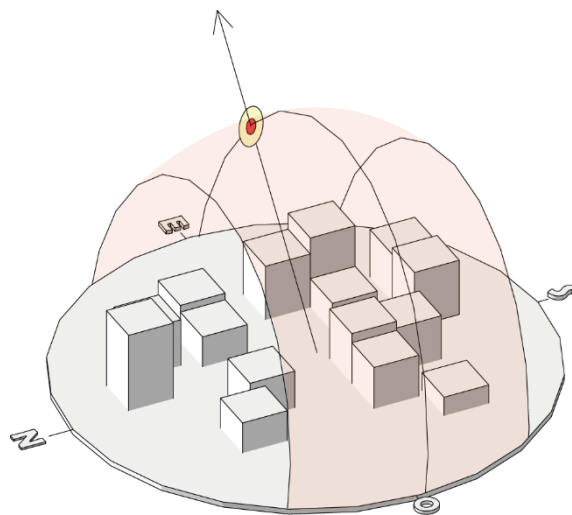


**Figura 34:** Ubicación de Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

### I. Trayectoria solar

La ciudad presenta un clima que se sitúa en el límite entre el clima de sabana tropical y el clima monzónico tropical. Por lo tanto, las estaciones se diferencian principalmente por las precipitaciones en lugar de la temperatura. La temperatura media es de 34 °C, mientras que la mínima es de 21 °C. La humedad es elevada, alcanzando cerca del 90% durante la temporada de monzones. La ciudad recibe fuertes lluvias, con un promedio anual de aproximadamente 1.835 mm. (Tokyo Climate Center, 2024)



**Figura 35:** Trayectoria solar de Thiruvananthapuram, Kerala

**Fuente:** Elaboración propia

### m. Preexistencias y problema actual

Una pareja de ingenieros informáticos presentó un terreno extremadamente estrecho en Thiruvananthapuram como parte de su encargo. El reto consistía en encajar una superficie construida de 117 m<sup>2</sup> en el alargado solar de 283 m<sup>2</sup>, que, excluyendo los retranqueos obligatorios en los laterales, sólo proporcionaba 4,8 m de espacio de trabajo. (Sebastian, 2024)

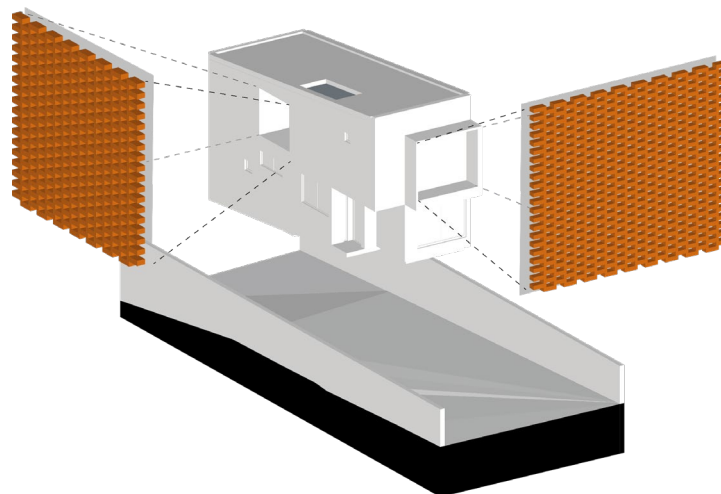


**Figura 36:** Terreno de la Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Sebastian, 2024

#### **n. Concepción del proyecto**

La solución de diseño que se desarrolló optó por una envolvente cúbica, perforada con una fachada de celosía de ladrillo para el alzado frontal. Este enfoque maximiza la superficie construida, al tiempo que permite la circulación del aire sin sacrificar la privacidad de los ocupantes.

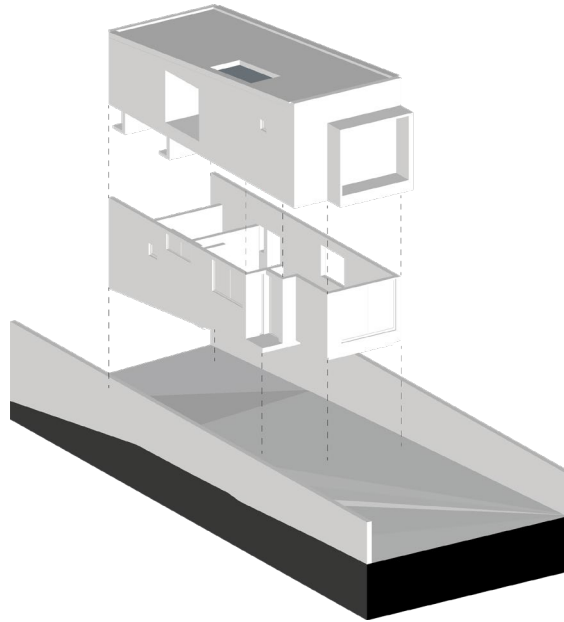


**Figura 37:** Idea y concepto de la Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

#### **o. Distribución de volúmenes con respecto al programa funcional**

La solución de diseño resultante ofrecía un salón, un comedor y una cocina en la planta baja, con un dormitorio contiguo. La primera planta alberga el dormitorio principal con balcón y vestidor, un salón donde el cliente puede dar clases de mridangam (instrumento de percusión), y un dormitorio adicional con vestidor, que también puede utilizarse como despacho.

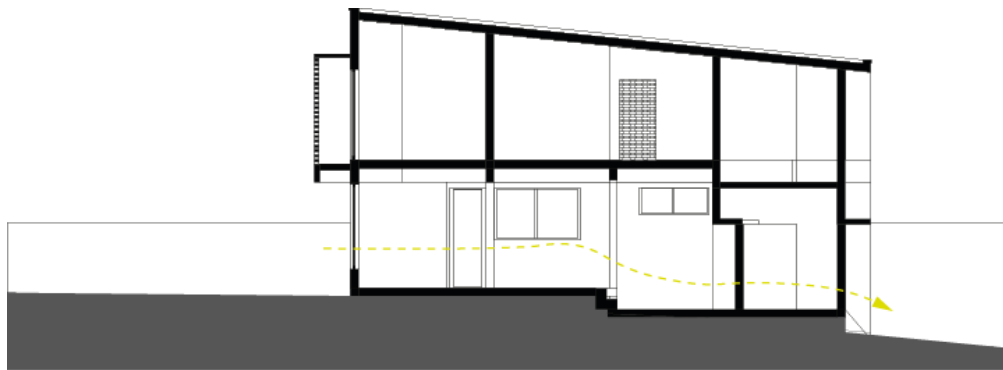


**Figura 38:** Composición volumétrica de la Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

#### p. Forma y funcionalidad

Se diseñó una zona parcialmente cubierta para permitir el acceso desde el coche a la puerta principal en cualquier clima presente. La envolvente del edificio, no comprometieron la entrada y circulación de luz y aire hacia los interiores. El diseño también aprovechó la pendiente longitudinal del solar mediante una placa de suelo escalonada que sigue los contornos naturales del terreno, optimizando los costes de cimentación.

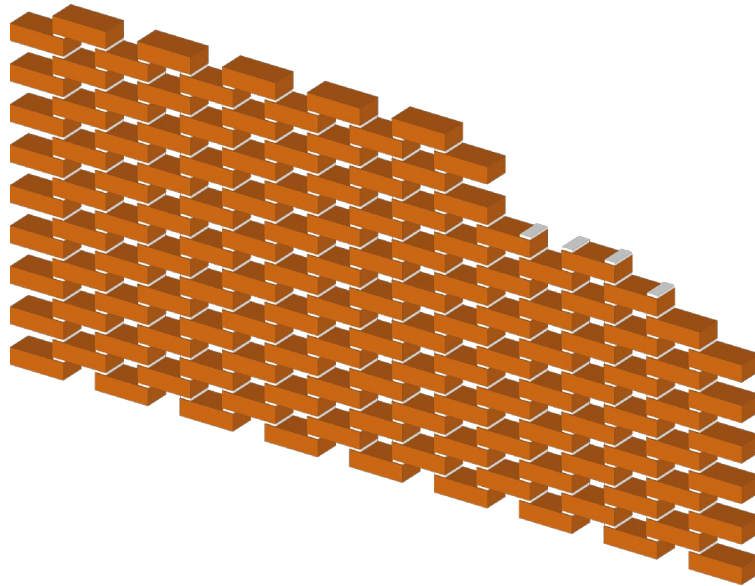


**Figura 39:** Accesibilidad desde el irregular terreno de la Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

#### q. Sistema Constructivo

El sistema de construcción emplea ladrillos comunes como la unidad fundamental, dispuestos de manera repetitiva alternando entre bloques sólidos y espacios vacíos, sobre una base también hecha de ladrillos y dentro de un marco de ladrillos. Al colocar ladrillos medios, uno sobre otro y unidos con mortero, se forma una modulación con una estructura semi-abierta.

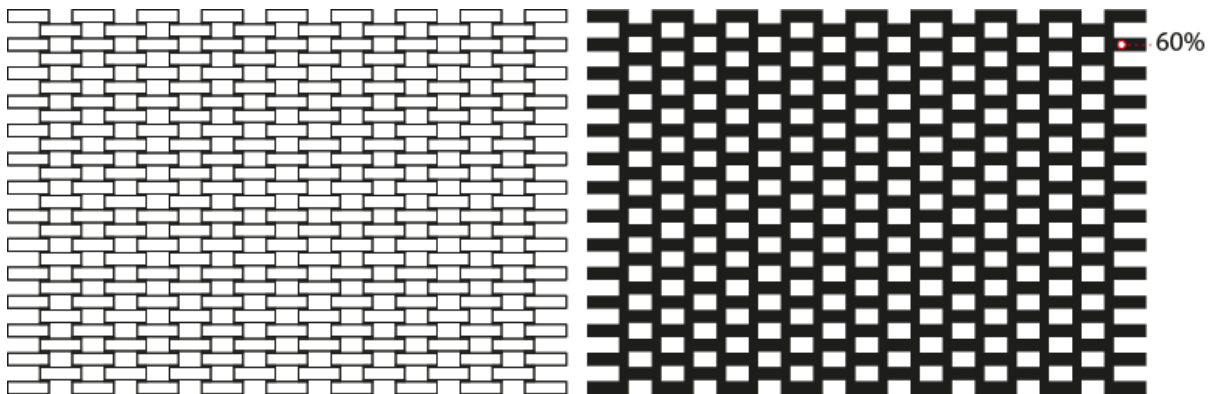


**Figura 40:** Sistema constructivo del elemento principal de la Casa estrecha de ladrillo.

**Fuente:** Elaboración propia

**r. Porcentaje de obstrucción**

La celosía implementada tiene un 60% de obstrucción.

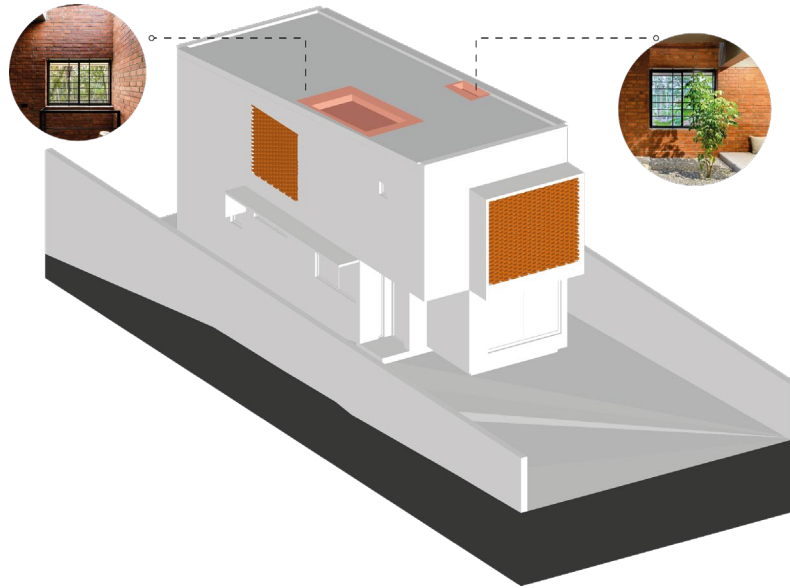


**Figura 41:** Porcentaje de obstrucción de la celosía de la Casa estrecha de ladrillo.

**Fuente:** Elaboración propia

**s. Cerramientos exteriores**

La forma general de la casa se ha mantenido sencilla: un cubo plano con un cubo sobrepuesto en la parte delantera, tal y como exige el emplazamiento. Esta forma se complementa con el uso de un enrejado de ladrillos en el alzado frontal para crear la intimidad necesaria para los espacios de estar y dormir en la planta superior.

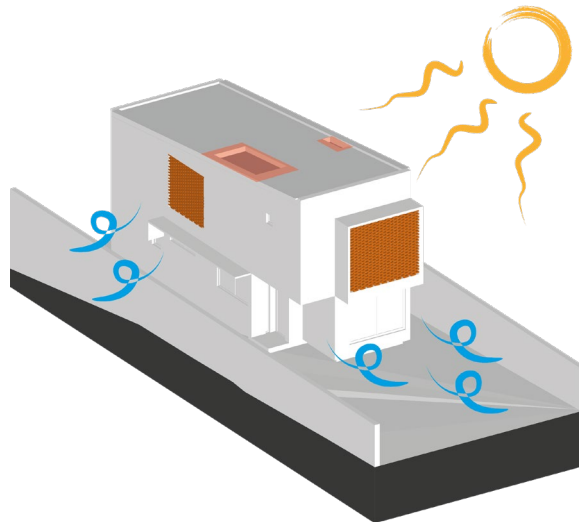


**Figura 42:** Permeabilidad del exterior con la Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

#### t. Iluminación y ventilación

La disposición alternada de los ladrillos en el panel facilita el paso filtrado de luz y viento al mismo tiempo que asegura la privacidad de los usuarios. La ventilación y la iluminación se ajustan mediante los módulos de ladrillos, creando así un espacio permeable que ofrece una adecuada ventilación e iluminación, como se muestra en la Figura 43.



**Figura 43:** Sistema de iluminación y ventilación de la Casa estrecha de ladrillo

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.6.3 Estudio en la colina / Mind Manifestation Design

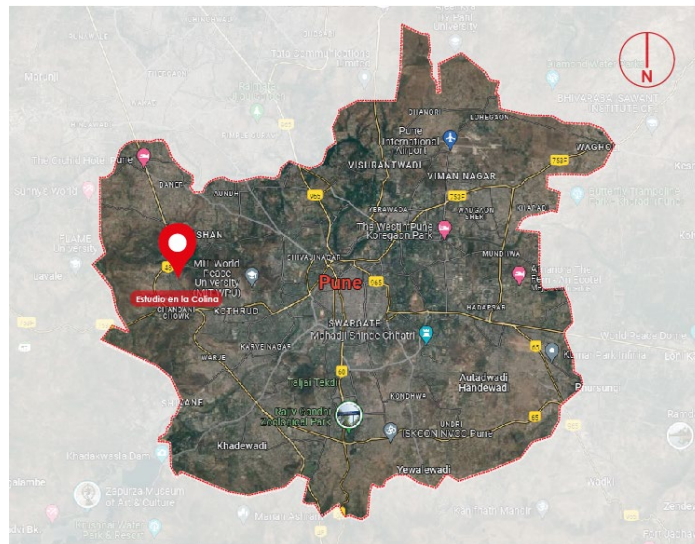


**Figura 44:** Estudio en la colina

Fuente: Abdel, 2022

#### u. Contexto: ciudad y clima

Pune está situada aproximadamente a  $18^{\circ} 32''$  de latitud norte y  $73^{\circ} 51''$  de longitud este. El área total de la ciudad es 15.400 km<sup>2</sup>, y el área de la corporación municipal cubre 518 km<sup>2</sup>. Pune se encuentra en el margen occidental de la meseta de Deccan, a una altitud de 560 m sobre el nivel del mar.

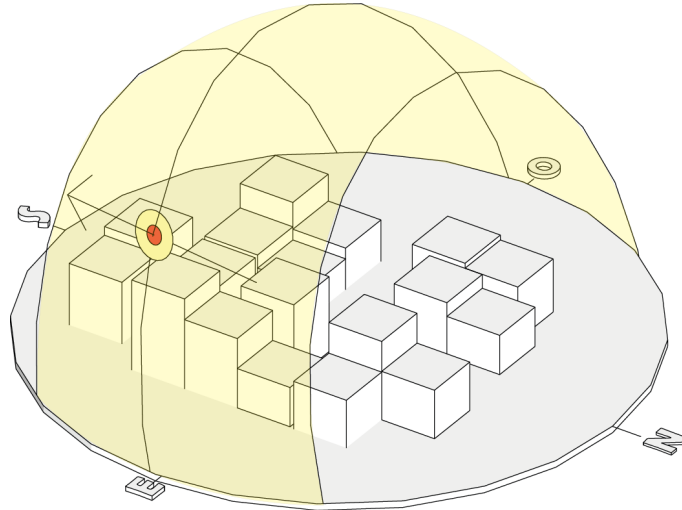


**Figura 45:** Ubicación de Estudio en la colina

Fuente: Elaboración propia

## v. Trayectoria Solar

Pune tiene un clima tropical húmedo y seco, muy cercano a un clima cálido semiárido con temperaturas promedio que oscilan entre 21 y 27 °C. Pune tiene 3 estaciones: verano, monzón e invierno. Los meses típicos de verano van desde mediados de marzo hasta mediados de junio, con temperaturas de 42 °C.

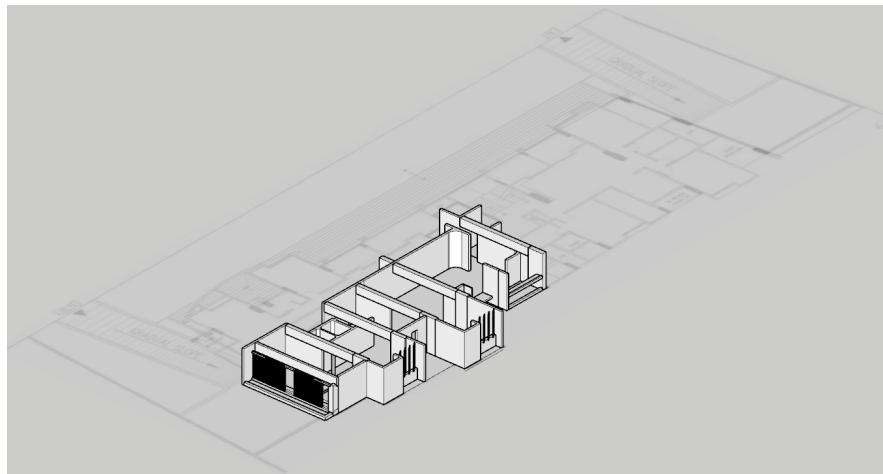


**Figura 46:** Trayectoria solar de Pune, Maharashtra

**Fuente:** Elaboración propia

## w. Preexistencias y problema actual

En Pune, una ciudad en el oeste del estado de Maharashtra, India, se encuentran las nuevas oficinas del estudio de arquitectura Mind Manifestation Design. El proyecto ilustra la habilidad del estudio para experimentar con materiales y diseños innovadores y adaptarse a su alrededor y las condiciones climáticas locales. La oficina fue diseñada transformando una unidad residencial dentro de un edificio de apartamentos en Pune.



**Figura 47:** Preexistencia del Estudio en la colina

**Fuente:** Elaboración propia

#### x. Concepción del proyecto

Los espacios están diseñados para integrarse con la colina adyacente. La selección de colores y materiales se hace para que armonicen con los diversos matices de la colina, permitiendo que la naturaleza se funde con el interior y que el espacio se convierta en una extensión de la naturaleza. El diseño contemporáneo incorpora detalles que responden al contexto local de diversas formas y en varias áreas. (Stepienybarno, 2022)



**Figura 48:** Concepto y fundamentos del Estudio en la colina

**Fuente:** Stepienybarno, 2022

#### y. Distribución de volúmenes con respecto al programa funcional

Los espacios están planificados para integrarse con la montaña que se encuentra adyacente. La entrada se destaca con un pavimento de ladrillo natural que se extiende hasta un mostrador de recepción integrado de doble nivel, diseñado con una línea suave y curva. Además, el pavimento de ladrillo se continúa hasta el ventanal de la terraza, creando una sensación de conexión con su alrededor.



**Figura 49:** Continuidad de los espacios mediante los materiales en el Estudio en la colina

**Fuente:** Elaboración propia

## z. Forma y funcionalidad

El diseño contemporáneo incorpora detalles que responden al contexto local en diversas áreas y de distintas maneras. El área dedicada al estudio cuenta con una estructura semi-abierta y permeable que se integra con el entorno, conectando con el paisaje y el pequeño jardín circundante.

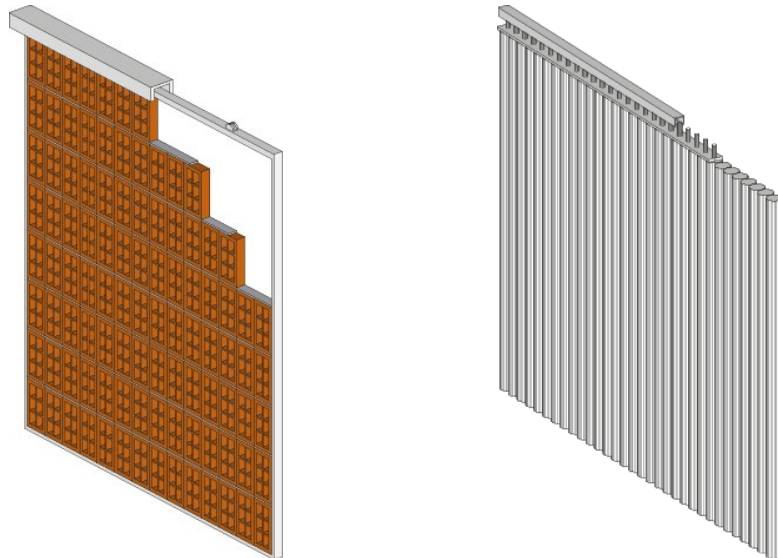


**Figura 50:** Permeabilidad del Estudio en la colina con su contexto

**Fuente:** Elaboración propia

### aa. Sistema Constructivo

El sistema constructivo emplea ladrillos perforados como unidades organizadas de manera repetitiva dentro de un marco. Aproximadamente 80 ladrillos apilados verticalmente y unidos con mortero en las juntas horizontales, se forma una modulación con una estructura semi-abierta hacia las montañas. Además, se utiliza tubo de papel reciclado en diversas aplicaciones, como persianas correderas, sillas y estanterías personalizadas.

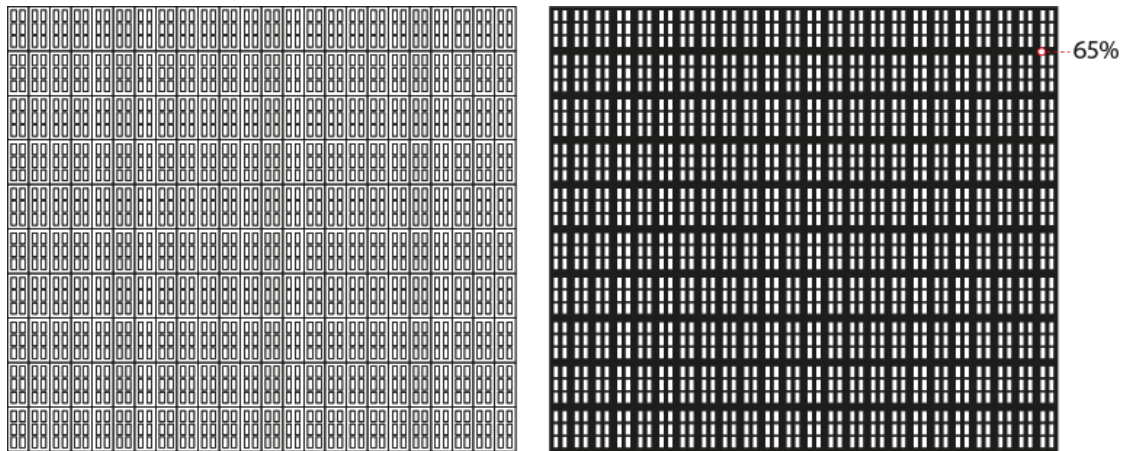


**Figura 51:** Sistema constructivo de filtros solares del Estudio en la colina.

**Fuente:** Elaboración propia

### bb. Porcentaje de obstrucción

La celosía implementada tiene un 65% de obstrucción. Además, están contenidas en un marco de acero sujetas a un sistema movable, lo que hace que si requerimos más luz solo se desliza para un lado.



**Figura 52:** Porcentaje de obstrucción de la celosía del Estudio en la colina.

**Fuente:** Elaboración propia

### cc. Cerramientos exteriores

El estudio se encuentra dentro de una unidad residencial, el proyecto no tiene ningún cerramiento exterior, se emplaza dentro de un terreno con una edificación existente. Tiene dos de sus fachadas libres que delimitan con la colina exterior. Permite generar una intercambiabilidad del espacio interior y exterior dado a las aberturas en sus fachadas que se abren al exterior. Por otra parte, el proyecto actúa como una prolongación de la casa principal.

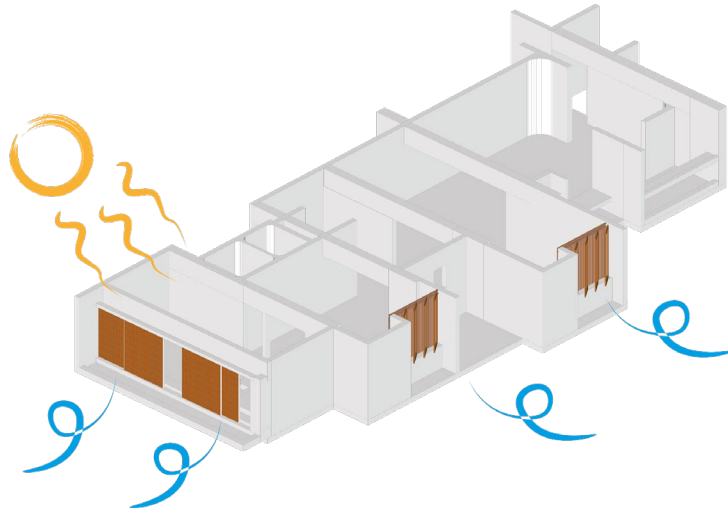


**Figura 53:** Intercambiabilidad del espacio interior y exterior del Estudio en la Colina

**Fuente:** Elaboración propia

### dd. Iluminación y ventilación

La mayoría de los espacios orientados hacia la montaña aprovechan la luz natural, manteniendo las áreas bien iluminadas sin el deslumbramiento y el calor durante las horas de trabajo. Los paneles deslizantes, fabricados con el mismo ladrillo perforado, regulan la entrada de la luz solar del sur en el estudio, que se utiliza para reuniones, espacio creativo, cenas, entre otros. Sin duda, esta es una de las áreas más originales y atractivas del proyecto.



**Figura 54:** Sistema de iluminación y ventilación del Estudio en la colina.

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.6.4 Matriz de referentes

Tras analizar los casos de estudio se ha elaborado una matriz de análisis con las estrategias obtenidas a partir de los tres mercados. De este modo, se han obtenido los lineamientos de diseño para aplicarlo en el ejercicio proyectual.

**Tabla 15:** Matriz comparativa de los casos de estudio y estrategias.

MATRIZ COMPARATIVA: CASOS DE ESTUDIO				
CRITERIOS DE ANÁLISIS		PABELLÓN EXPERIMENTAL DEL LADRILLO	CASA ESTRECHA DE LADRILLO	ESTUDIO EN LA COLINA
EMPLAZAMIENTO Y PROGRAMA	Ubicación	Zona urbana: City Bell/Buenos Aires	Zona residencial: Thiruvananthapuram/India	Zona rural: Pune/Maharashtra/India
GENERALIDADES	Preexistencias y problema actual	Regeneración antigua casa familiar	Contexto sin infraestructura. Terreno irregular	Unidad residencial. Terreno irregular
	Concepción del proyecto	Nodo articulador entre la preexistencia y el proyecto.	Vinculación/conexión con el exterior o entorno	Vinculación/conexión con el exterior o entorno
CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO	Distribución de volúmenes con respecto al programa funcional	Sistema en bloque en una sola planta	Sistema en bloque, en dos plantas	Sistema en bloque en una sola planta
	Forma y funcionalidad	2 zonas: habitacionales (privado) y pasillo horizontal (semiprivado)	2 zonas: social (cocina, sala, comedor) y privado (dormitorios)	5 zonas: reuniones, estudio, descanso, trabajo, servicios
	Espacios de circulaciones y accesos	Acceso lateral y circulación horizontal	Acceso jerarquizado, circulaciones horizontales y verticales	Acceso jerarquizado, circulaciones horizontales y verticales
	Iluminación y ventilación	Iluminación y ventilación tamizado por el ladrillo	Iluminación y ventilación tamizado por el ladrillo, ventanas y cenital	Iluminación y ventilación tamizado por el ladrillo, tubos reciclados, ventanas
	Acondicionamiento de espacios exteriores	Espacios permeables	Barreras arquitectónicas	Barreras arquitectónicas
IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES BÁSICOS	Sistema constructivo	Ladrillo, acero, concreto	Ladrillo, acero, concreto, vidrio	Ladrillo, acero, concreto, tubos reciclados, vidrio
	Cerramiento constructivo	Continuidad espacial	Delimitación arquitectónica	Delimitación arquitectónica
	Cubierta	Composición básica	Composición básica	Composición básica
	Divisiones interiores	Intercambiabilidad espacial a través de pasillo	Calidad espacial (dobles alturas)	Intercambiabilidad espacial a través de pasillos, y niveles a diferentes alturas
ESTRATEGIAS DE DISEÑO A INCORPORAR EN LA PROPUESTA				
Sistema en barras en una sola planta		Permeabilidad	Composición por planos dominantes	Intercambiabilidad espacial a través de patios internos
Iluminación tamizada		Iluminación y ventilación natural	Aplicabilidad de materiales de la zona	Circulaciones horizontales

**Fuente:** Elaboración propia.

C  
A  
P  
Í  
T  
U  
L  
O  
3

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo explica los procedimientos seguidos que se usaron para realizar las simulaciones y análisis, como la configuración de datos climáticos mediante el uso del programa de simulación, DesignBuilder, que se utilizó para el análisis de luminancias y el factor de luz natural.

Se proporciona una descripción detallada del modelo de estudio, dimensiones y especificaciones del espacio, como el área total del espacio y el porcentaje de acristalamiento. Para el modelo de estudio se establecen las variables morfológicas, como orientación y cantidad de obstrucción, y sus diferentes configuraciones para la simulación.

Las condiciones de iluminación y el Daylight Factor varían significativamente a lo largo del año. Al incluir diferentes periodos de estudio, como equinoccios y solsticios, se puede analizar cómo los filtros solares o celosías funcionan en diferentes condiciones de luz. Definir estos periodos de estudio proporciona una comprensión completa del rendimiento y la eficacia de los filtros solares en diversas condiciones.

#### 3.1 Configuración del modelo de análisis.

Para llevar a cabo los cálculos de simulación, se ha utilizado el programa DesignBuilder, un software especializado en simulación energética y modelado de edificios. Este programa se emplea para diseñar, analizar y optimizar el rendimiento energético de edificios tanto comerciales como residenciales. DesignBuilder combina herramientas de modelado 3D con motores de simulación energética para evaluar aspectos como el comportamiento térmico, luminoso y de ventilación de un edificio. Entre los motores de cálculo que utiliza están Radiance, que son herramientas para analizar el aprovechamiento de la radiación solar y mejorar el confort lumínico. (Pascual, 2013)

Gracias a Radiance, este método permite calcular varios parámetros del desempeño lumínico, incluyendo niveles de iluminancia, factores de luz solar, autonomía espacial de luz solar (sDA), exposición solar anual (ASE) e iluminancia útil de luz solar (UDI). (Arorga, 2013) El módulo de Iluminación se puede utilizar para:

- Realizar simulaciones de luz solar.
- Calcular el aprovechamiento de la luz solar en sistemas de certificación: LEED, BREEAM y Green Star.
- Crear imágenes de calidad para mostrar el alcance de la luz solar.
- Generar tablas con informes de diferentes parámetros de radiación solar.

Para configurar los datos climáticos en el software, se utiliza el recurso climático en formato EPW (EnergyPlus Weather) del clima de la región de análisis (Región Andina). En este caso, se emplea la plantilla de datos climáticos de la ciudad de Cuenca obtenida de Climate.OneBuilding.Org (2020).

Las condiciones del cielo son un aspecto crucial en el análisis lumínico de un proyecto. Aunque el cielo cubierto se considera típicamente el caso más desfavorable, también es importante tener en cuenta un cielo despejado para maximizar la captación de radiación solar directa. Por esta razón, se evaluarán ambos tipos de cielo definidos por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE): cielo nublado (Overcast Day) y cielo despejado (Sunny Clear Day).

## 3.2 Configuración del modelo de estudio

Para la caracterización del modelo de estudio, se han tomado en cuenta las características morfológicas basadas en las normativas vigentes en la ciudad de Cuenca. Se ha definido el tamaño de una habitación promedio conforme a la Ordenanza de Cuenca, con dimensiones laterales de 3,50 m x 3,50 m, lo que da un área de 12,25 m<sup>2</sup>, un acristalamiento completo del 100%, y una altura de 2,40 m desde el piso hasta el techo. La Tabla 16 presenta un resumen de las variables morfológicas de los materiales, junto con sus distintas variantes y los parámetros utilizados para el análisis.

**Tabla 16:** Dimensiones del modelo de estudio.

MODELO DE ESTUDIO					
MODELO	Dimensión (m)			Área	Área de ventana
	X	Y	Z	(m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>
	3,50	2,40	3,50	12,25	8,4

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 55:** Dimensionamiento del modelo de estudio

**Fuente:** Elaboración propia

Una vez definido el dimensionamiento del modelo de estudio, se establecen distintas disposiciones respecto a los materiales empleados, como el ladrillo, considerando condiciones de obstrucción y orientación con respecto al sol.

## 3.3 Definición de variables

### 3.3.1 Variables morfológicas

Para el diseño del modelo base de estudio, es necesario conocer las influencias independientes de cada una de las disposiciones de las celosías. Las variables morfológicas que se van a analizar son:

- La orientación
- La cantidad de obstrucción

Estas variables cuentan con distintas disposiciones para que en el siguiente capítulo se pueda llevar a cabo la simulación.

La primera variable hace referencia a la orientación, que corresponde a las características básicas de ubicación de las fachadas en la región Andina. Se considera una volumetría con fachadas orientadas hacia el Este y Oeste, ya que maximizan la ganancia solar directa tanto en la mañana como en la tarde. También se toma en consideración el Norte y el Sur para analizar su comportamiento en los solsticios (NEC, 2011).

La segunda variable, cantidad de obstrucción, se ha definido en función de la configuración del programa DesignBuilder como se puede ver en la Tabla 17. Se han establecido seis niveles de obstrucción: 0%, 20%, 40%, 60%, 70%, 80%. La cantidad de obstrucción se ha determinado en función de la disposición de los módulos.

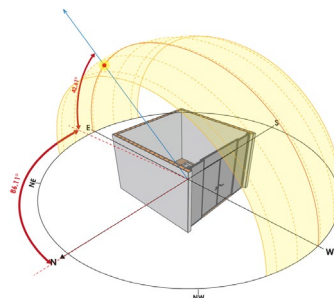
**Tabla 17:** Variables morfológicas para el modelo de estudio base con sistemas de filtro solar

Variables Morfológicas	Orientación	Cantidad de Obstrucción
		%
	E - O	0 - 20 - 40 - 60 - 70 - 80
	N - S	20 - 30 - 40

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.2 Definición de orientación

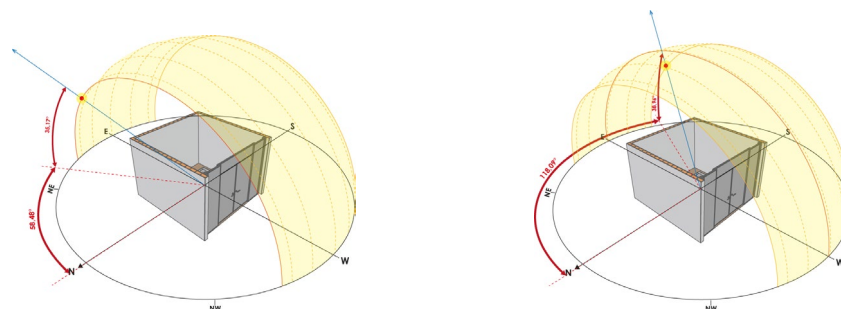
Como se mencionó previamente, se ha optado por una volumetría con la fachada principal orientada hacia el Este y el Oeste, ya que estas orientaciones maximizan la captación solar directa tanto en la mañana como en la tarde. Las trayectorias solares están centradas, y el recorrido del sol sigue el mismo patrón en verano y en invierno.



**Figura 56:** Trayectoria solar: a) Equinoccio, 21 de septiembre

**Fuente:** Elaboración propia

Por otro lado, durante los solsticios, la inclinación del sol cambia en 23 grados tanto hacia el norte como hacia el sur.

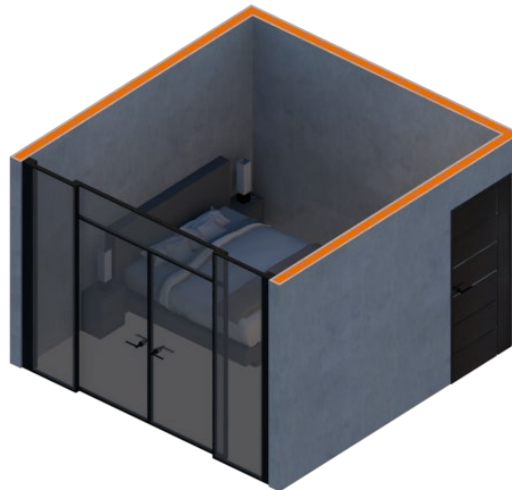


**Figura 57:** Trayectoria solar: a) Solsticio, 21 de junio; b) Solsticio, 21 de diciembre

**Fuente:** Grupo de trabajo

### 3.3.3 Definición de niveles de obstrucción

En esta sección se presentan los resultados del modelo base, destacando su comportamiento lumínico en el interior. Este modelo se ha configurado utilizando un sistema de construcción convencional, compuesto por paredes de ladrillo y una capa de enlucido de mortero de cemento tanto en el interior como en el exterior de la envolvente, junto con un alto porcentaje de acristalamiento, como se muestra en la Figura 58.

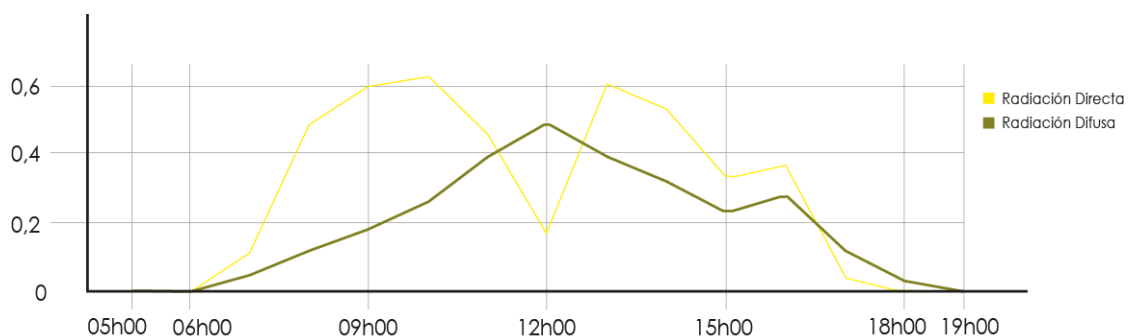


**Figura 58:** Modelo base con ladrillo y vidrio

**Fuente:** Elaboración propia

Este modelo convencional de arquitectura moderna no cuenta con algún sistema de filtros solares. Sin embargo, para posteriormente establecer una comparación de iluminancias y Daylight Factor con los modelos de estudio con diferentes niveles de obstrucción, el modelo base se ha analizado en todas sus orientaciones: Norte, Sur, Este y Oeste.

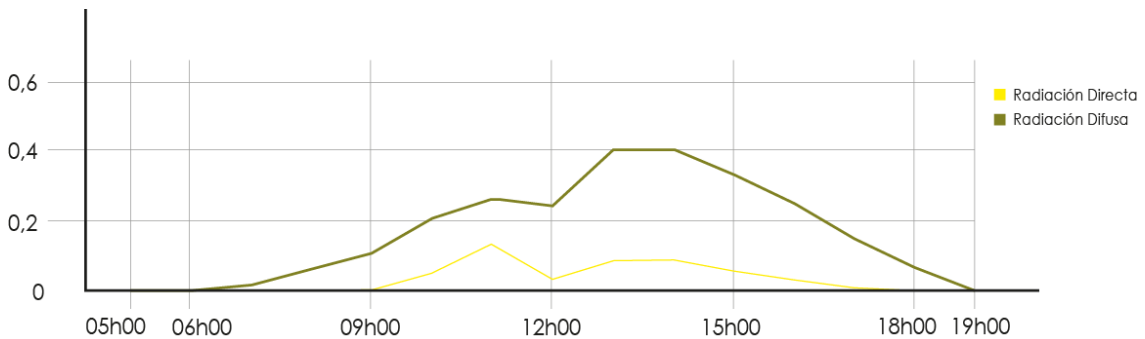
En esta evaluación inicial, se ha incorporado tanto la radiación solar directa como la difusa. Los resultados del modelo base están directamente vinculados a la incidencia de la radiación solar, como se muestra en la Figura 59. En un día soleado, la mayor intensidad de radiación se produce en la mañana, por lo que la fachada Este capta más radiación durante este periodo, lo que resulta en valores de iluminancia interior ligeramente superiores en comparación con la fachada Oeste.



**Figura 59:** Resultados del Modelo Base, día 21 de septiembre: Radiación solar directa y difusa.

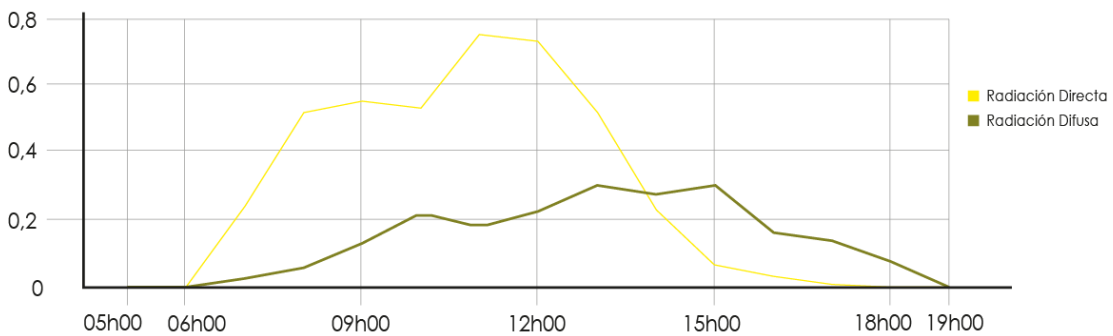
**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados del modelo base muestran que la mayor radiación ocurre en la mañana, por lo cual la fachada Norte tiene una mayor captación en este periodo y sus luminancias interiores presentan valores superiores en luminancias y Daylight Factor.



**Figura 60:** Resultados del Modelo Base, día 21 de junio: Radiación solar directa y difusa.

**Fuente:** Elaboración propia

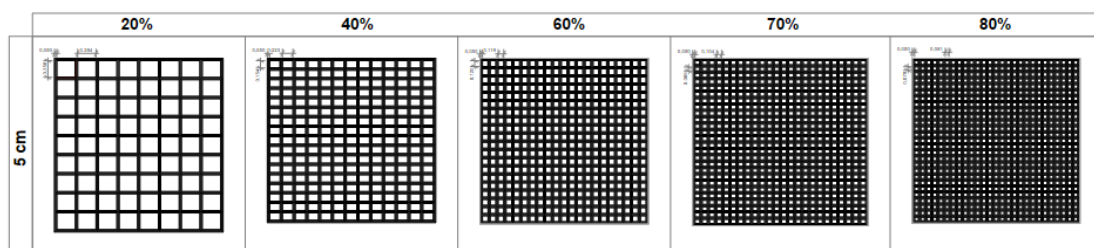


**Figura 61:** Resultados del Modelo Base, día 21 de diciembre: Radiación solar directa y difusa.

**Fuente:** Elaboración propia

Para estudiar los niveles de obstrucción en el modelo base, se colocaron diversas celosías variando el factor de obstrucción. Se consideraron distintas dimensiones entre los listones, que varían según el nivel de obstrucción necesario. El espesor de los listones es de 5 cm y la profundidad para los equinoccios se mantiene en 10 cm, mientras que para los solsticios es de 20 cm.

Después de definir los distintos factores de obstrucción, se crearon numerosas composiciones entre ellos, generando una amplia y significativa variedad de celosías. Estas celosías fueron sometidas a pruebas de iluminancia y Daylight Factor utilizando el programa DesignBuilder. Los resultados obtenidos ayudaron a determinar el factor de obstrucción óptimo necesario para alcanzar un confort lumínico adecuado en el espacio.



**Figura 62:** Factor de obstrucción con distintas aberturas

**Fuente:** Elaboración propia

Estas variables prevén la aplicación del ladrillo y su disposición, que determinarán la permeabilidad de cada uno de los elementos a evaluar. Esta estrategia consiste en utilizar y añadir un material tradicional típico de la ciudad de Cuenca: el ladrillo, con variantes en su forma, rotación, desplazamiento y entrelazado de bloques.

### 3.3.4 Metodología para el análisis de luminancias

Para evaluar las luminancias en nuestro modelo base de estudio, se generaron mapas de iluminancia (lux) y Daylight Factor (%). Estos mapas permiten visualizar e interpretar el exceso de brillo y deslumbramientos. Con los datos obtenidos de estos mapas, se podrá comparar la distribución, disposición y dimensiones de las luminancias interiores. Los rangos de confort lumínico definidos, de acuerdo con la normativa revisada en capítulos anteriores (ver Capítulo II), se utilizarán para evaluar los resultados en el siguiente capítulo.

**Tabla 18:** Rangos óptimos de confort lumínico basado en normativa

Rangos óptimos de confort lumínico		
Espacios	Luminancia (lux)	Daylight factor (%)
Dormitorio	100 - 200	4 - 6
Sala	200 - 500	5 - 7
Cuarto de Estudio	300 - 750	6 - 8

**Fuente:** Grupo de trabajo

**Nota:** Un valor superior a estos puede indicar posible deslumbramiento o discomfort lumínico.

### 3.4 Definición de los periodos de estudio

Una vez establecidas las variantes de análisis, se procede a definir los periodos de estudio para realizar las simulaciones, buscando profundizar en los niveles de iluminancias y Daylight Factor de las celosías planteadas durante un periodo anual. Los periodos de análisis se utilizarán para analizar estos, con los equinoccios y solsticios como días tipo: un día soleado y un día nublado.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las variables, periodos y parámetros de análisis.

**Tabla 19:** Parámetros y periodo de análisis, variables morfológicas para el modelo de estudio con filtros solares

PERIODO DE ANÁLISIS	HORAS DEL DÍA		PARÁMETRO DE ANÁLISIS	NIVEL DE OBSTRUCCIÓN (%)	VARIABLES		
					Material	Profundidad (cm)	Orientación
<b>EQUINOCCIO (21 septiembre)</b>	Mañana	Tarde	Iluminancia / Daylight Factor	0-20-40-60-70-80	Ladrillo	10	E - O
<b>Día Soleado</b>	08:00 09:00 10:00 11:00	14:00 15:00 16:00 17:00					
<b>Día Nublado</b>							
<b>SOLSTICIO (21 junio)</b>	08:00 09:00 10:00 11:00	14:00 15:00 16:00 17:00					
<b>Día Soleado</b>	08:00 09:00 10:00 11:00	14:00 15:00 16:00 17:00				20	N - S
<b>Día Nublado</b>							
<b>SOLSTICIO (21 diciembre)</b>	08:00 09:00 10:00 11:00	14:00 15:00 16:00 17:00					
<b>Día Soleado</b>	08:00 09:00 10:00 11:00	14:00 15:00 16:00 17:00					
<b>Día Nublado</b>							

**Fuente:** Elaboración propia.

La evaluación de estos modelos de estudio en los días de análisis (día soleado y día nublado) nos permite tener una visión más clara sobre el comportamiento lumínico mediante los diferentes niveles de obstrucción.

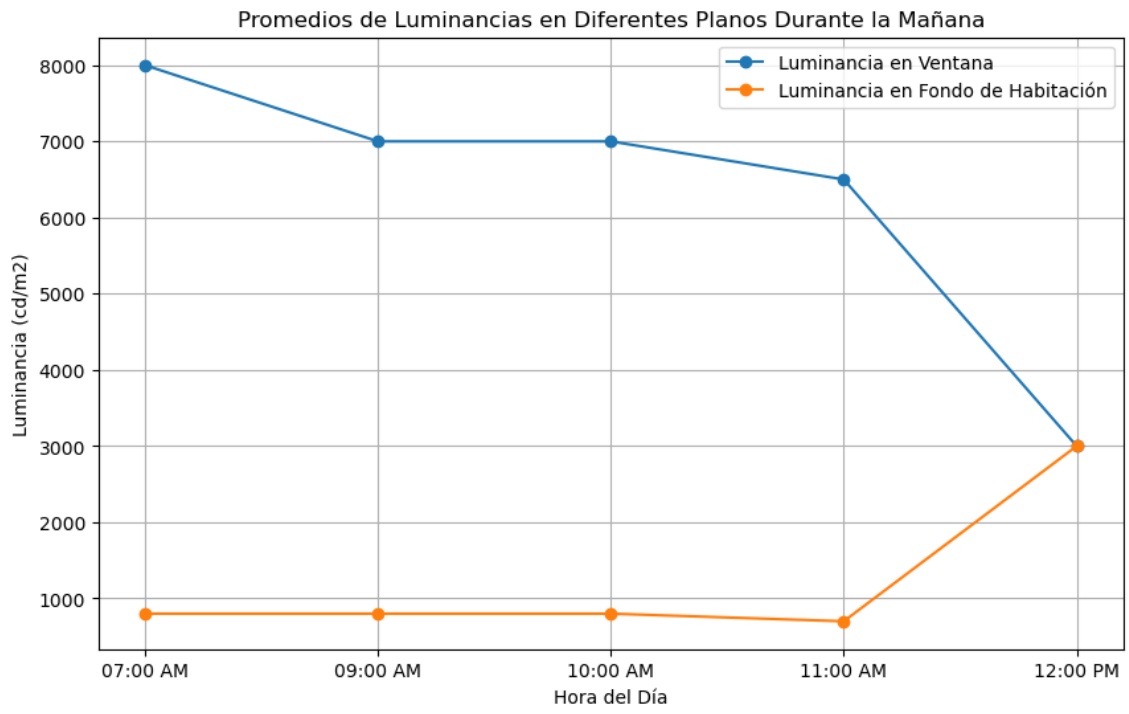
### 3.5 Resultados del modelo base

En este apartado se exponen los análisis y resultados de las iluminancias generadas en el programa de simulación, como se refleja en la Tabla 20. Primero se describe la simulación del caso base para proporcionar una visión general de los niveles de iluminancia y el efecto de la radiación solar directa a lo largo del día en esta zona. El estudio se centró exclusivamente en la fachada Este durante la mañana, ya que el recorrido del sol en la fachada Oeste es similar durante la tarde (de 13:00 p.m. a 17:00 p.m.).

**Tabla 20:** Iluminancias presentes a lo largo del día (Este) y sus efectos.

Hora	Altura del Sol (°)	Iluminancia (lux)	Comentarios
7:00 a. m.	9	Variable, alta en zonas específicas	El sol penetra profundamente, causando deslumbramiento y altos contrastes.
9:00 a. m.	40-50	7000	Continuación de problemas de deslumbramiento y sobrecalentamiento.
10:00 a. m.	40-50	7000	Persisten altos contrastes cercanos a la ventana.
11:00 a. m.	63	6500 (ventana), 700 (fondo)	Gran contraste entre la ventana y el fondo de la habitación.
12:00 p. m.	88	Uniforme	Luminancias y contrastes más uniformes, sin penetración del sol directo.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 63:** Resultados del Modelo Base en la mañana (7:00-12:00) en la orientación Este: Iluminancia

**Fuente:** Elaboración propia

C  
A  
P  
Í  
T  
U  
L  
O  
4

# CAPÍTULO IV

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de las simulaciones realizadas tanto para el modelo base como para los modelos de estudio, aplicando las distintas variables de obstrucción y las características morfológicas de las celosías propuestas. Estos resultados permiten analizar el comportamiento lumínico interior en un sistema de filtros solares. Tal como se mencionó en el capítulo anterior, la luminancia interior ha sido utilizada como parámetro clave para evaluar dicho comportamiento en el sistema.

El primer parámetro, la iluminancia interior, se evaluará en dos escenarios: un día soleado y un día nublado, con el fin de analizar cómo responde el modelo de estudio bajo condiciones de alta radiación solar y en condiciones menos favorables.

Se ha establecido una configuración base para los modelos de estudio, que será comparada con una estructura que presenta un alto porcentaje de acristalamiento, la cual se denomina modelo base.

### 4.1 ANÁLISIS DAYLIGHT FACTOR (%DF)

Para analizar el DF, se utilizaron mallas de 0,395 x 0,345 cm colocadas a 50 cm sobre el nivel del suelo. La simulación se llevó a cabo con el programa Design Builder, que permite configurar las características del espacio, como la fecha y la hora que se realiza la simulación en el programa (21 de septiembre - 12:00 p.m.), la ubicación Cuenca - Ecuador y el tipo de cielo a simular. No se consideraron otros edificios como obstrucción o alguna vegetación, tampoco se incluyeron las reflexiones del suelo exterior. Se emplearon modelos de cielo despejado y nublado.

A continuación, se presentan los análisis y resultados del Daylight Factor resultantes de la simulación, representados gráficamente para facilitar la comparación entre los diferentes factores de obstrucción.

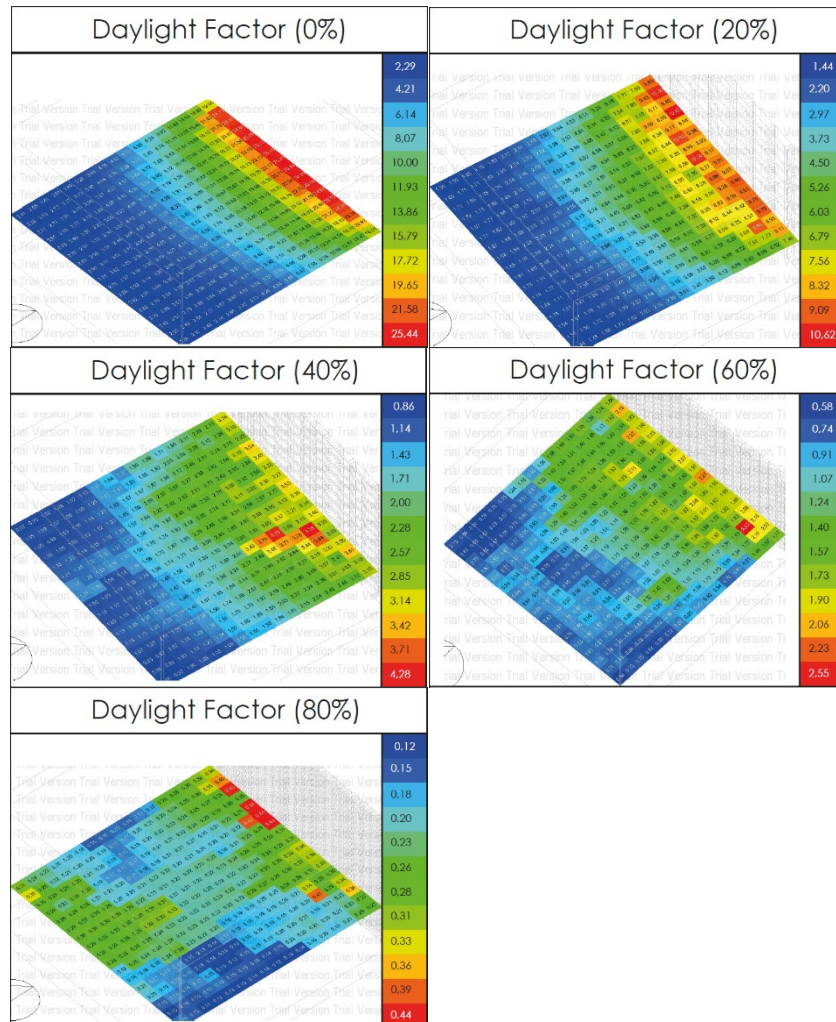
**Tabla 21:** Parámetros de iluminación

PARAMETROS DE SIMULACION	
ILUMINANCIA DEL CIELO	10000 lux
MODELO DE CIELO	CIE Overcast
LIMPIEZA DE LA VENTANA	0.9
REFLEXIÓN DE PAREDES	0.70
REFLEXIÓN DE PISO	0.5
REFLEXIÓN DE TECHO	0.8
REFLEXIÓN DE CELOSÍAS	0.75

**Fuente:** Elaboración propia

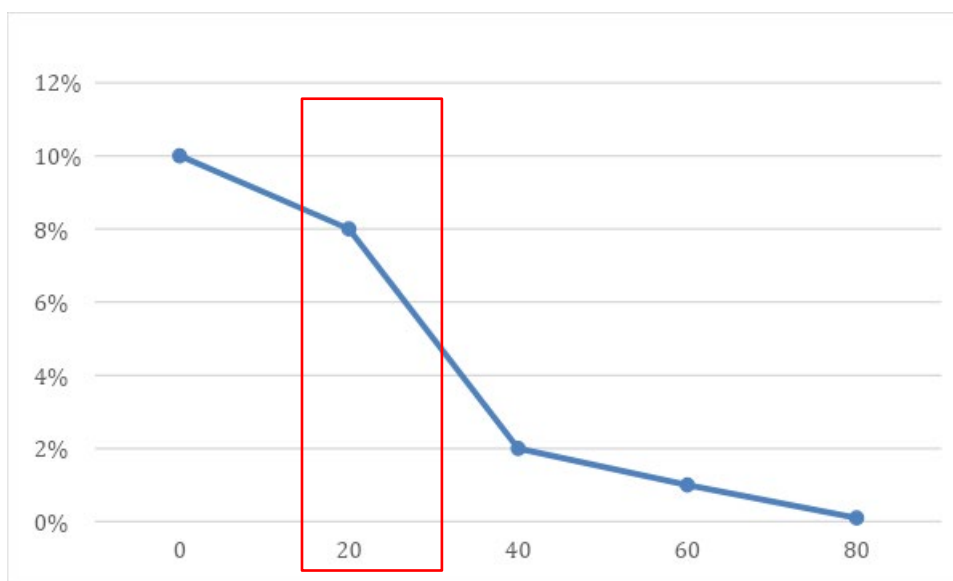
## 4.2 ANÁLISIS DAYLIGHT FACTOR (%DF) DIA NUBLADO CORRESPONDIENTE NORTE – SUR

En la Figura 64 se muestran los gráficos del análisis del Daylight factor con todas las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%. En este análisis se puede observar que el porcentaje que mejor cumple está entre el 20 – 40%.



**Figura 64:** Análisis del Daylight factor con todas las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Norte-Sur.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 65:** Promedio del Daylight factor con las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Este-Oeste.

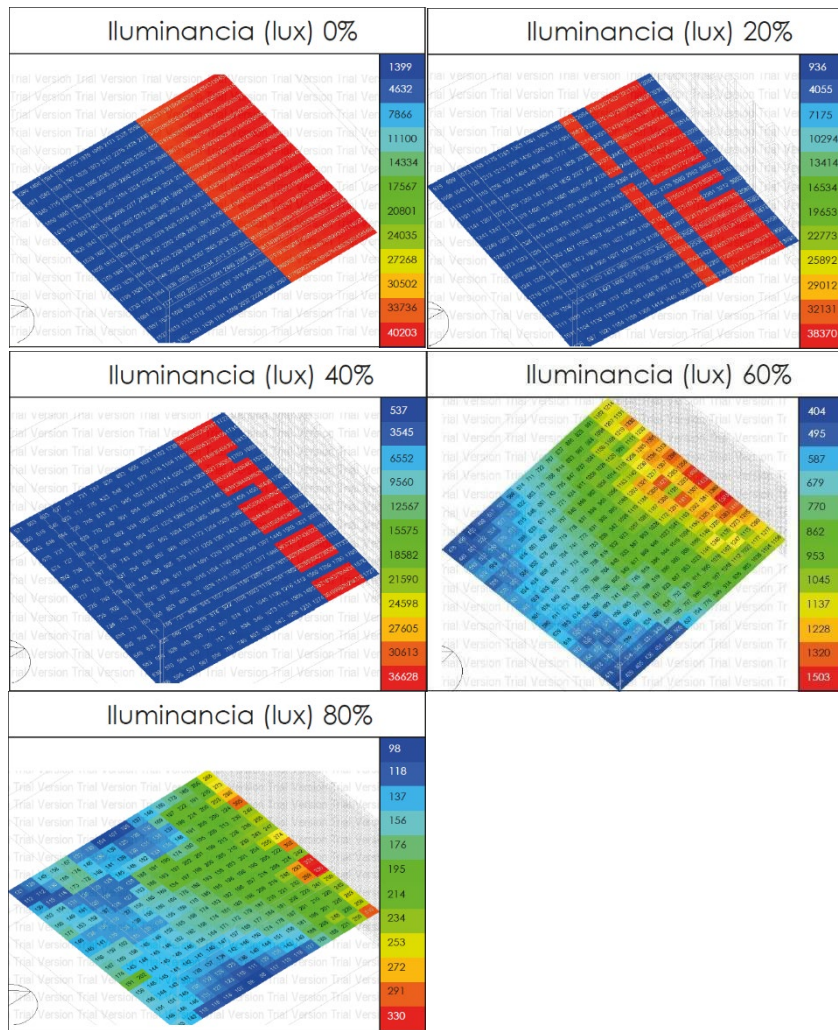
**Fuente:** Elaboración propia

Para un análisis más detallado hemos sacado un promedio de estas figuras anteriores y la hemos colocado en la Figura 65.

De acuerdo con estos resultados de la figura 66 se muestra que los niveles del Daylight factor que cumplen con las normativas previamente están entre el 20% y 30%, de acuerdo con esto si se puede cumplir un Daylight factor  $\geq 5\%$  para la zona de la sala, un Daylight factor  $\geq 4\%$  para la zona del dormitorio y un Daylight factor  $\geq 7\%$  para la zona del estudio. Los cuales son los casos anteriores

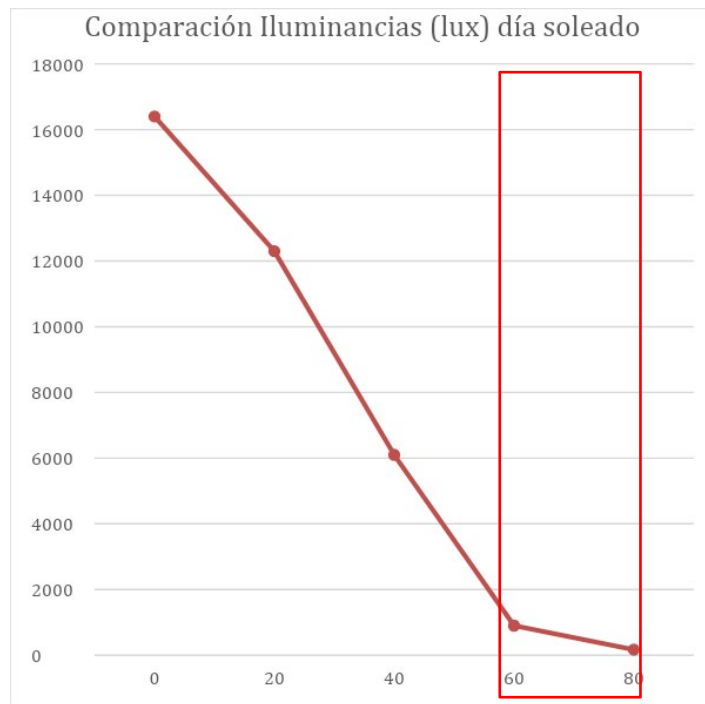
#### **4.3 ANÁLISIS ILUMINANCIAS DIA SOLEADO CORRESPONDIENTE A LA ORIENTACIÓN ESTE - OESTE**

Se han hecho los análisis de las 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 horas del día, pero en el siguiente análisis se toma en cuenta solo el horario de las 9AM ya que a esa hora la radiación cae perpendicularmente.



**Figura 66:** Análisis de iluminancias con las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Este-Oeste.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 67:** Promedio de iluminancias con las obstrucciones del 0 – 20 – 40 – 60 – 80%, orientación Este-Oeste.

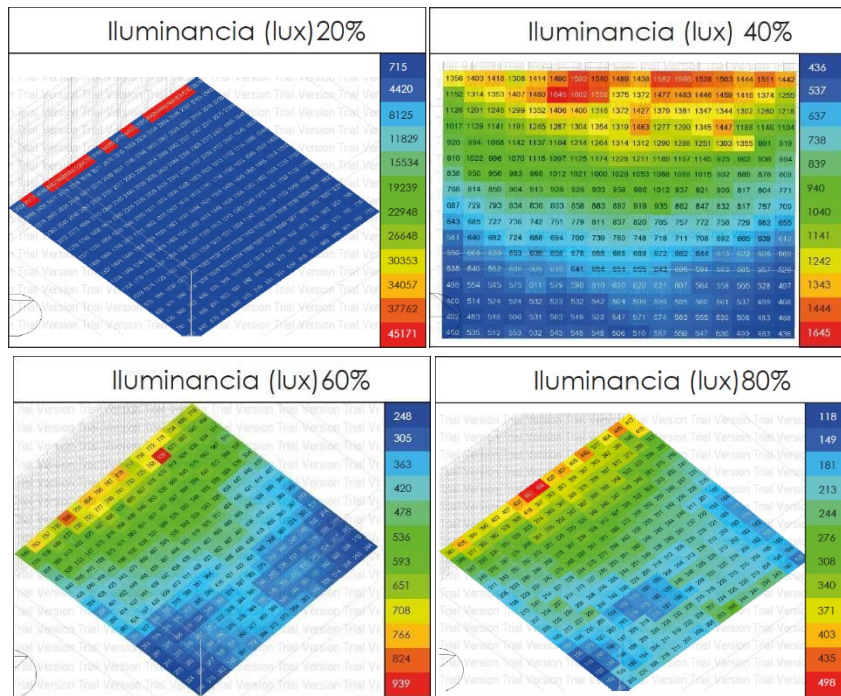
**Fuente:** Elaboración propia

Para un estudio donde se tiene que cumplir tales niveles de iluminancia la obstrucción máxima tiene que ser del 60%. Para sala y dormitorio se puede trabajar con un porcentaje de obstrucción del 70% dado que estas tienen que cumplir entre 200 a 500 lux. Por otro lado si trabajaremos con una obstrucción del 80% no alcanzaremos los niveles de iluminancia que nos dice según la NEC ni para la sala ni el dormitorio porque apenas alcanzan los 170 lux.

#### **4.4 ANÁLISIS ILUMINANCIAS DÍA SOLEADO CORRESPONDIENTE A LA ORIENTACIÓN NORTE**

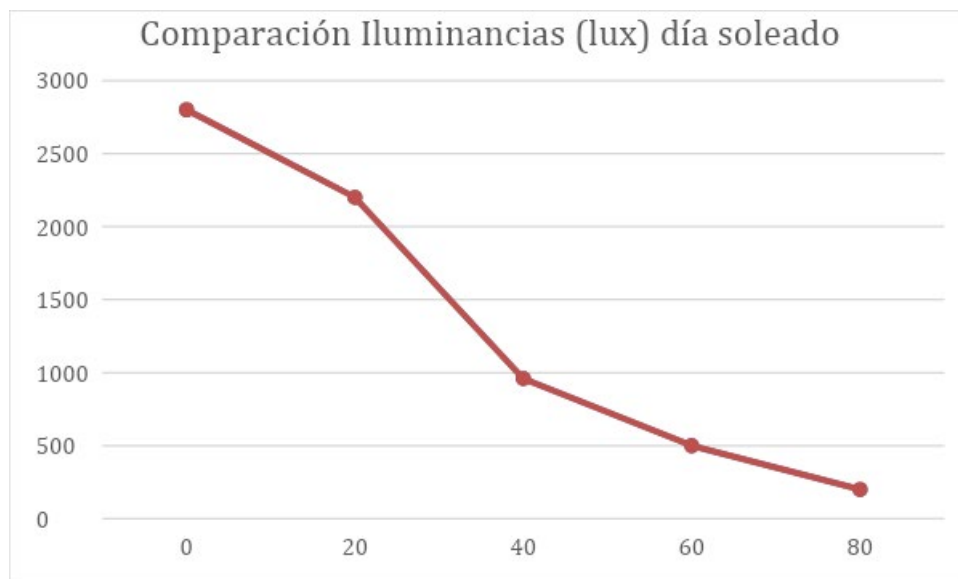
Como nosotros sabemos que en el Ecuador el sol se mueve un poco hacia el Norte y hacia el Sur hemos hecho un análisis más profundo para ver que sucede en orientación Norte cuando el sol se mueve en junio.

En estas hisopeas hemos hecho un análisis a las 10 a.m., en este caso es porque el sol se inclina un poco más y es cuando es más perpendicular se analiza con los diferentes porcentajes de obstrucción que corresponden al 0%, 20% 40%, 60% y al 70%



**Figura 68:** Análisis de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 40 – 60 – 80%

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 69:** Promedio de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 40 – 60 – 80%

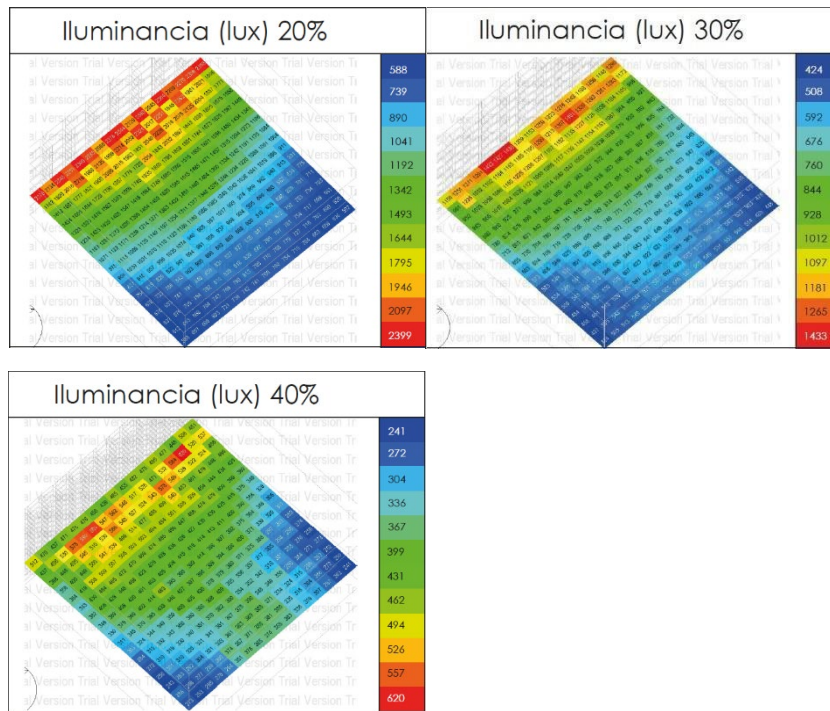
**Fuente:** Elaboración propia

Se puede observar que para un día soleado se recomienda que para la sala es de 500 lux, dormitorio 200 lux y estudio 75 lux. En base a la tabla lo más recomendado es que para una sala se necesita una obstrucción del 60%, para el dormitorio se necesita una obstrucción del 80% y por último para el estudio se necesita una obstrucción del 40%.

Anteriormente en el día nublado la recomendación era entre el 20 -30% lo cual genera una discusión ya que para un día soleado y un día nublado si cumplen, pero en exageración.

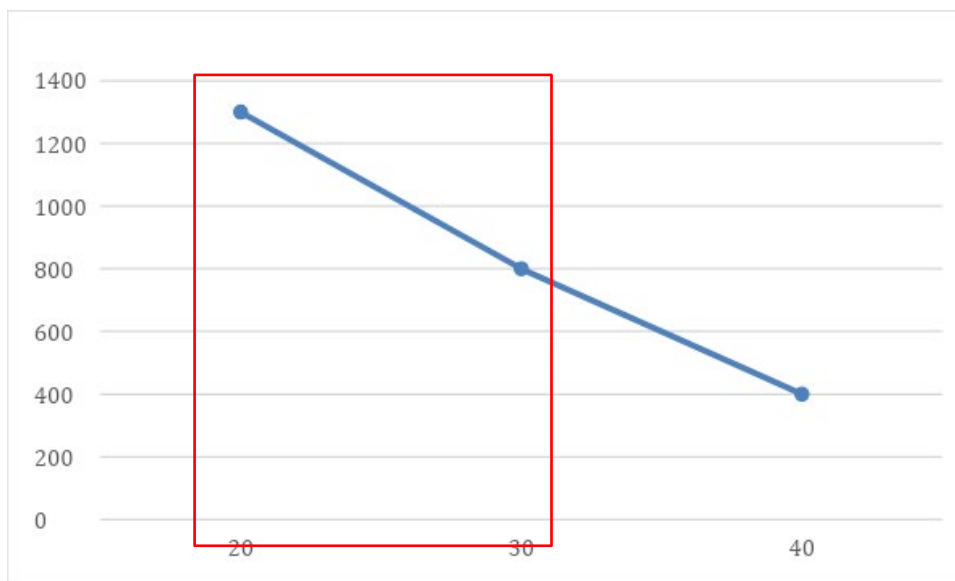
A continuación, se van a analizar las iluminancias con mayor profundidad en la celosía para poder cumplir con las recomendaciones para un día soleado y un día nublado.

#### 4.5 ANÁLISIS ILUMINANCIAS DÍA SOLEADO CORRESPONDIENTE A LA ORIENTACIÓN NORTE CON MAYOR PROFUNDIDAD



**Figura 70:** Análisis de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 30 – 40%

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 71:** Promedio de iluminancias con las obstrucciones del 20 – 30 – 40%

**Fuente:** Elaboración propia

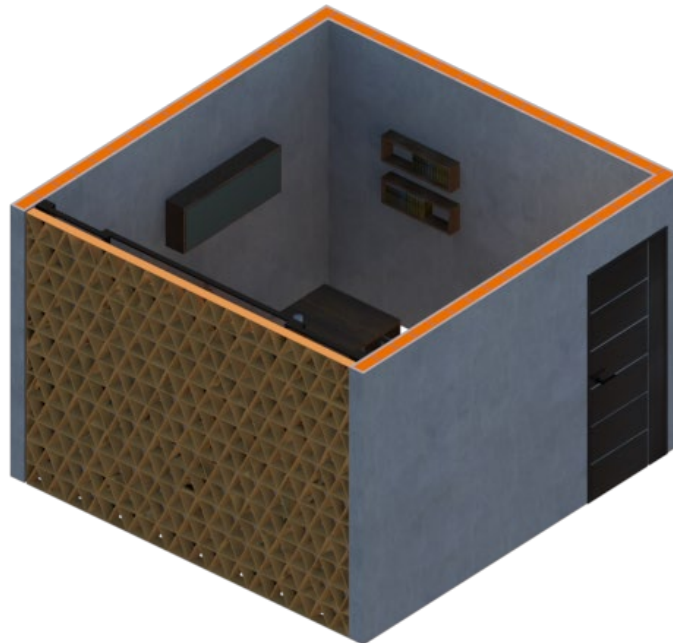
Para el norte vamos a coger una obstrucción entre el 20 – 30% con una profundidad de 20cm para cumplir con los espacios antes mencionados que es el estudio, la sala de estar y el dormitorio.

#### **4.6 Análisis de variables morfológicas**

Una vez presentados los resultados del modelo base, se exponen a continuación los obtenidos para cada uno de los modelos de estudio. Este análisis toma en cuenta el porcentaje de obstrucción según la orientación (Este y Oeste) y la morfología de las diferentes celosías propuestas, utilizando el material seleccionado: ladrillo. El objetivo de este análisis es evaluar el comportamiento térmico de un sistema de filtros solares de ladrillo, considerando las variables morfológicas, y compararlo con el modelo base para identificar el sistema que ofrezca el mejor rendimiento térmico.

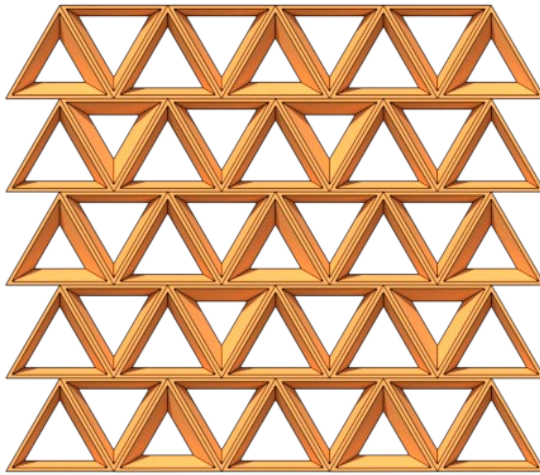
##### **4.6.1 Resultado de celosía n1 para el Este con profundidad de 10cm**

La primera celosía evaluada en los modelos de estudio se muestra en la Figura 67, donde se presenta su disposición dentro del modelo utilizado para las simulaciones. Este modelo será analizado en ambas orientaciones, Este y Oeste, y se definirá su morfología. A continuación, se compararon estas variables.



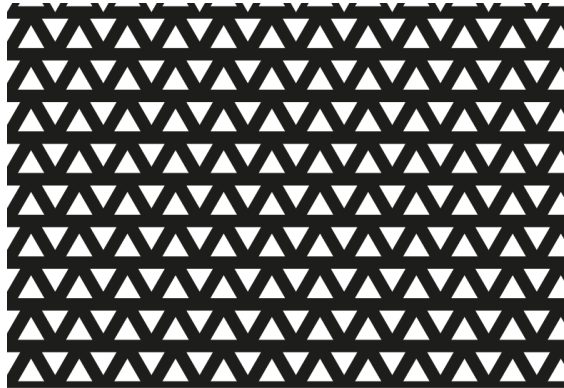
**Figura 72:** Modelo base con 70% de obstrucción

**Fuente:** Elaboración propia



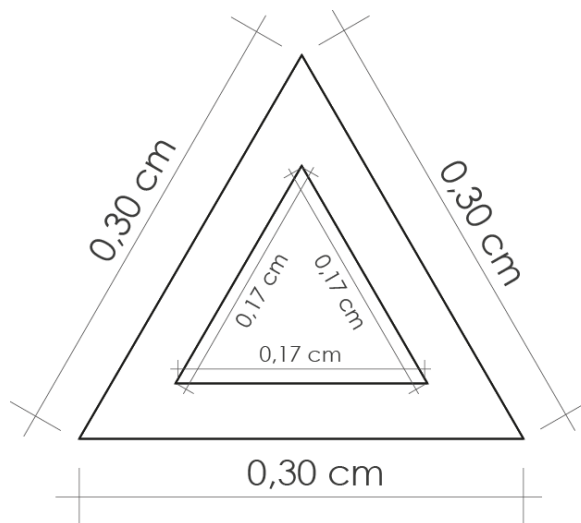
**Figura 73:** Modelo de celosía: 70% obstrucción.

**Fuente:** Elaboración propia



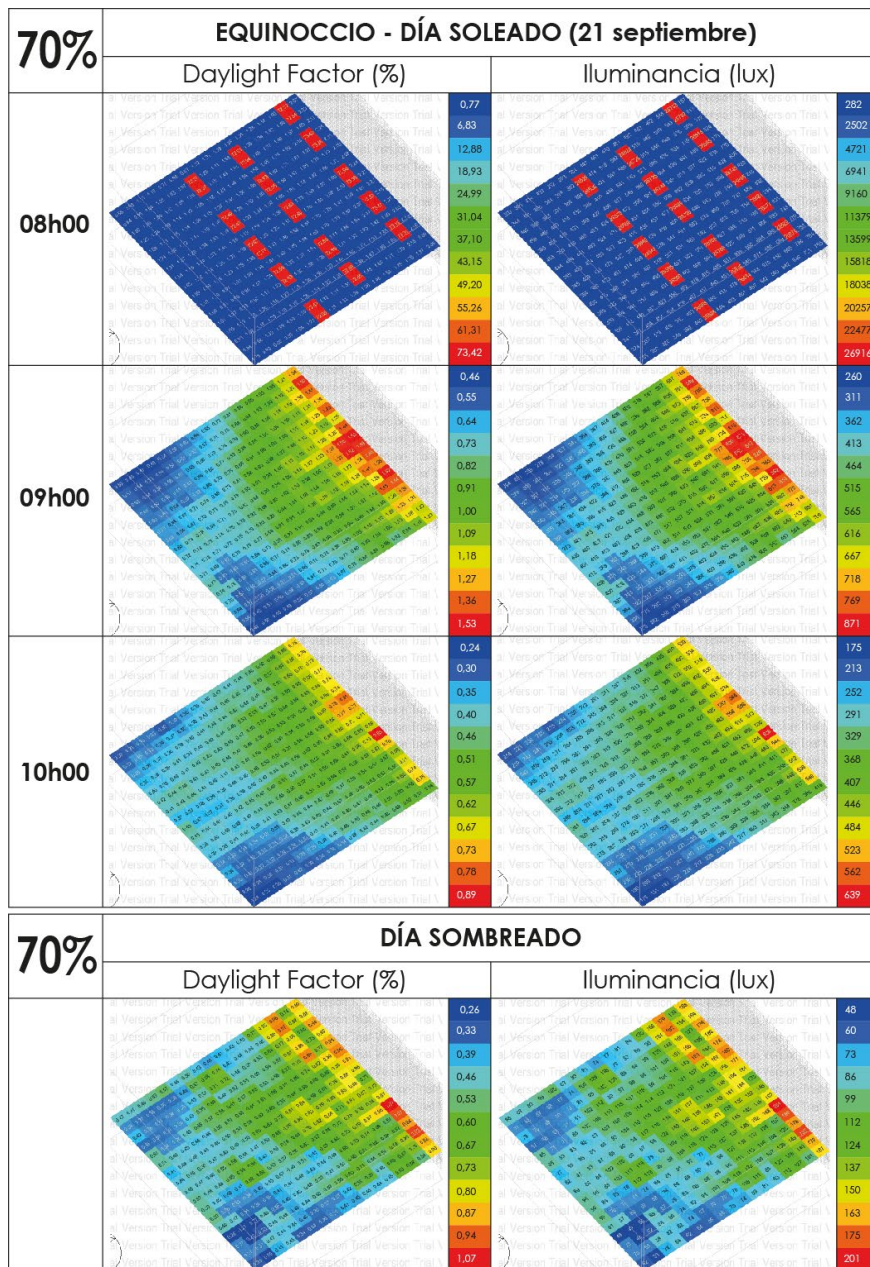
**Figura 74:** Porcentaje de obstrucción: 70%.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 75:** Medidas de módulos de la celosía de 70% de obstrucción

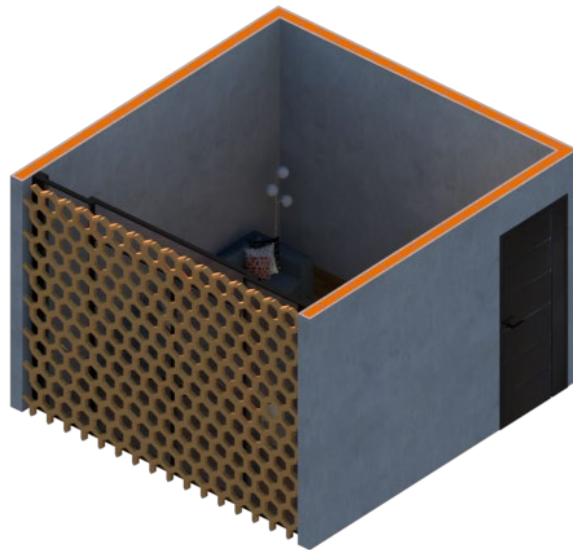
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 76:** Resultados de modelo base con 70% de obstrucción con dirección Este.

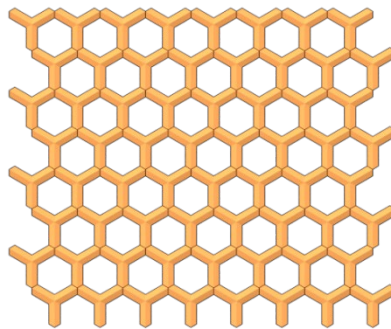
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.6.2 Resultado celosía n2 para el Este con profundidad de 10cm



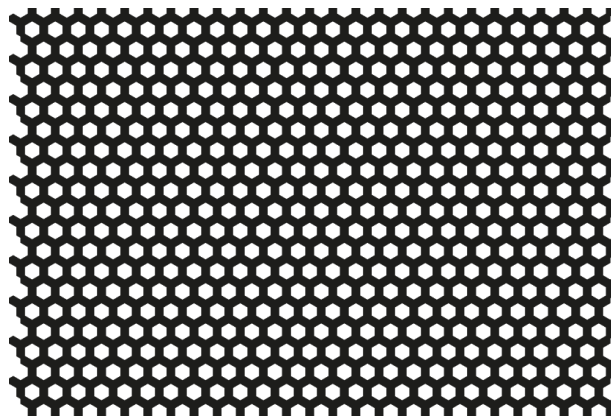
**Figura 77:** Modelo base con 60% de obstrucción

**Fuente:** Elaboración propia



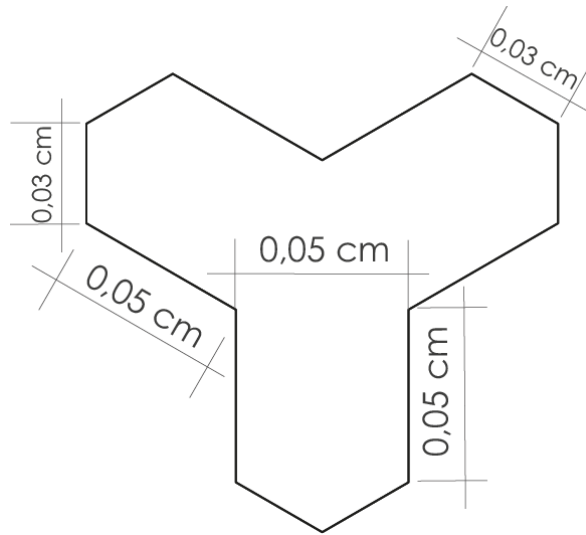
**Figura 78:** Modelo de celosía: 60% obstrucción.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 79:** Porcentaje de obstrucción: 60%.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 80:** Medidas de módulos de la celosía de 60% de obstrucción

**Fuente:** Elaboración propia

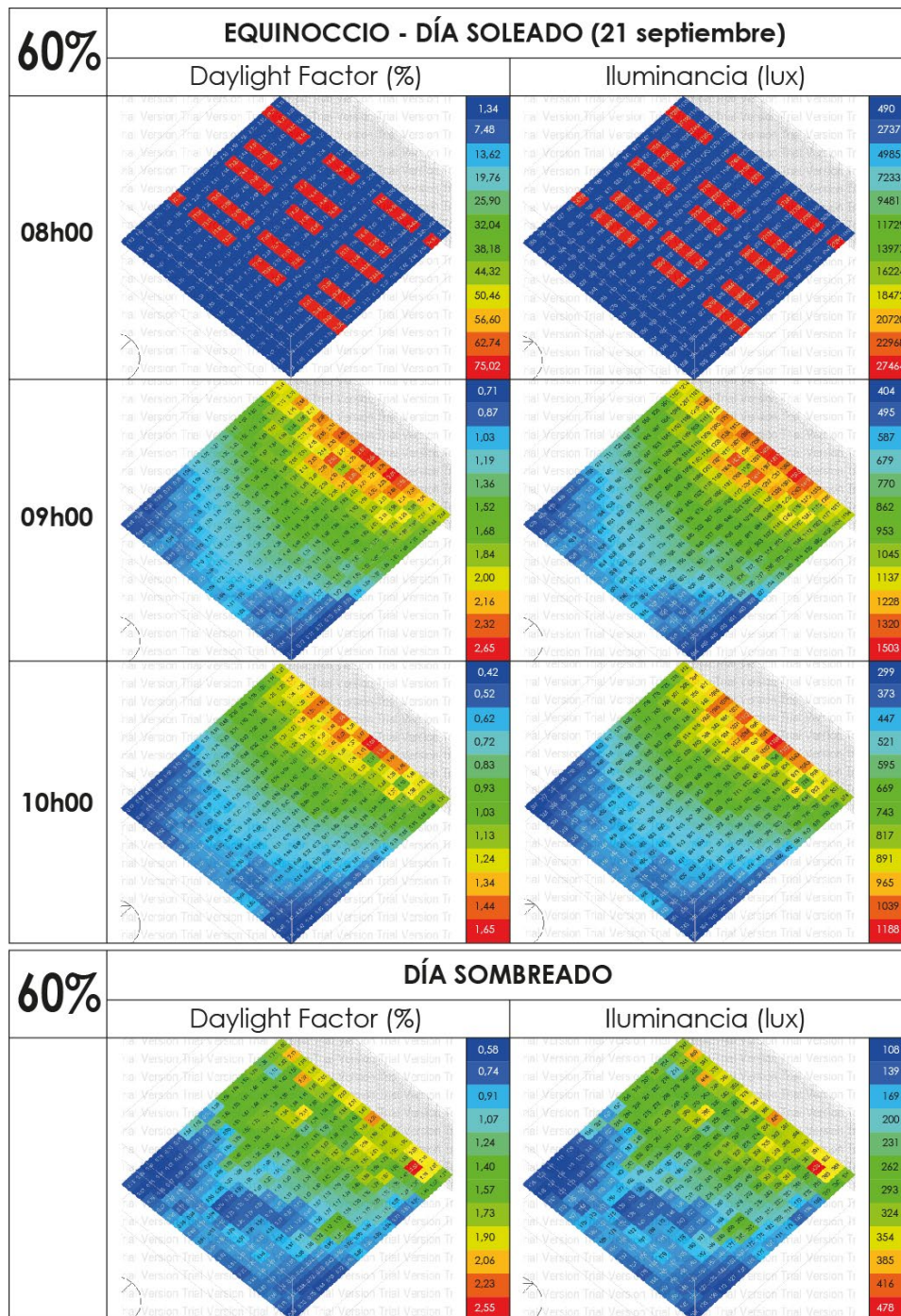
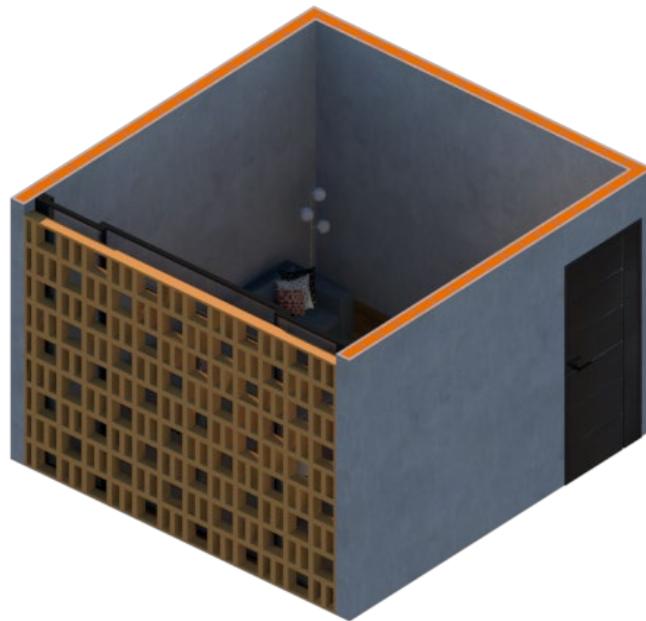


Figura 81: Resultados de modelo base con 60% de obstrucción con dirección Este.

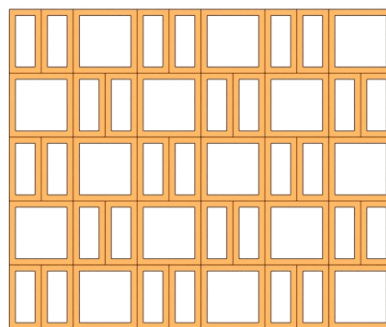
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.3 Resultado celosía n3 para el Este con profundidad de 10cm



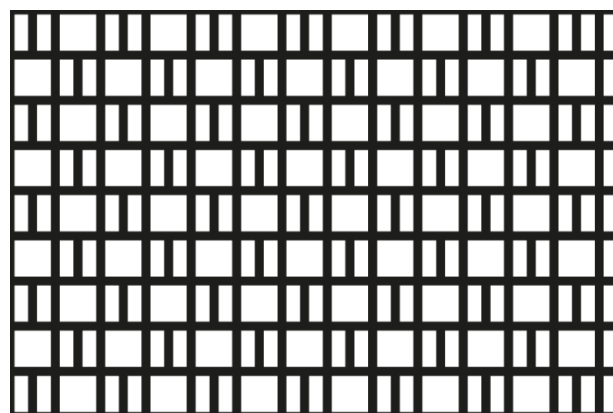
**Figura 82:** Modelo base con 40% de obstrucción

**Fuente:** Elaboración propia



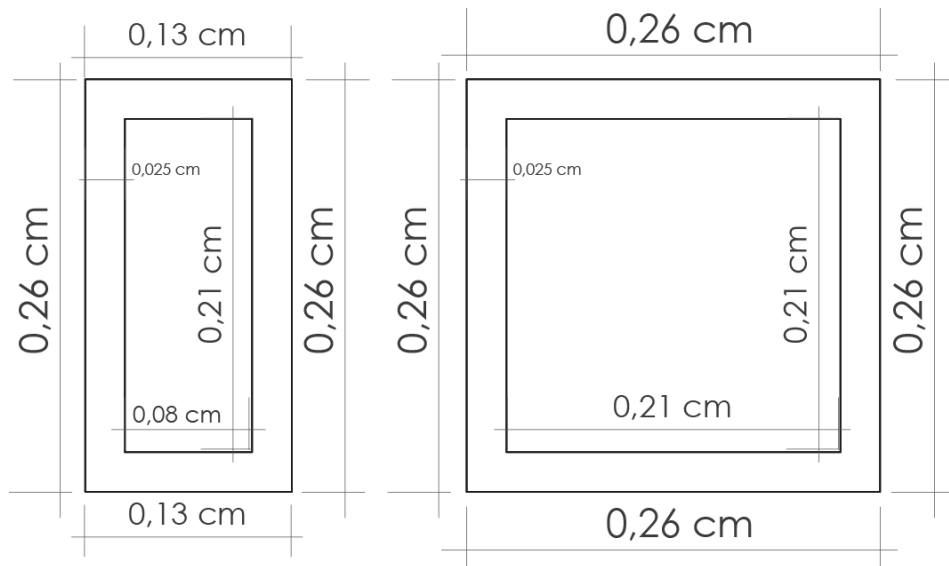
**Figura 83:** Modelo de celosía: 40% obstrucción.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 84:** Porcentaje de obstrucción: 40%.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 85:** Medidas de módulos de la celosía de 40% de obstrucción

**Fuente:** Elaboración propia

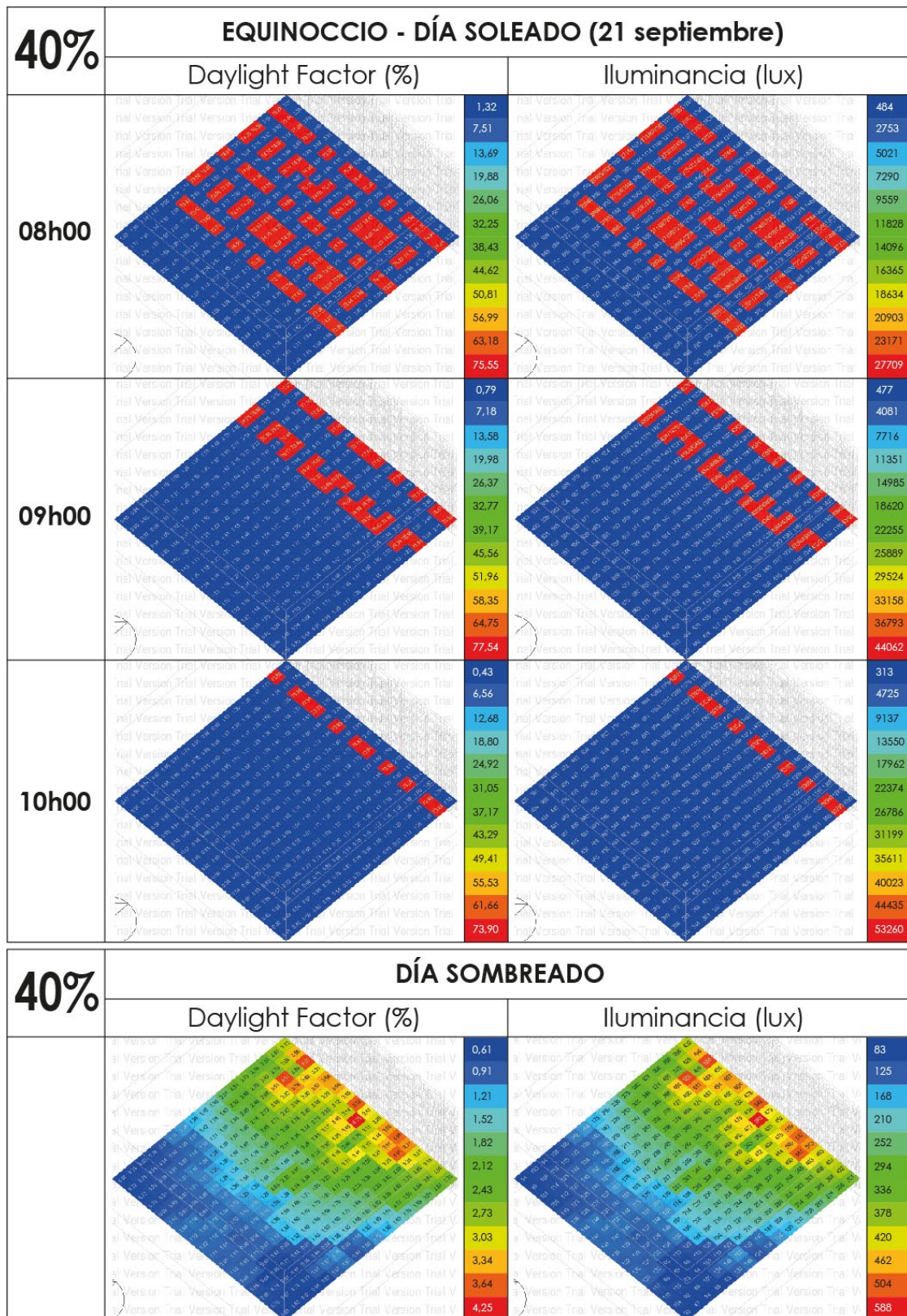
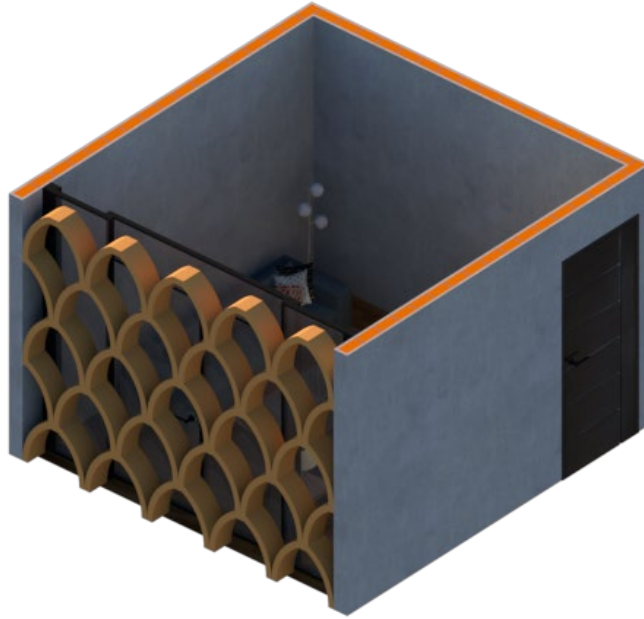


Figura 86: Resultados de modelo base con 40% de obstrucción con dirección Este.

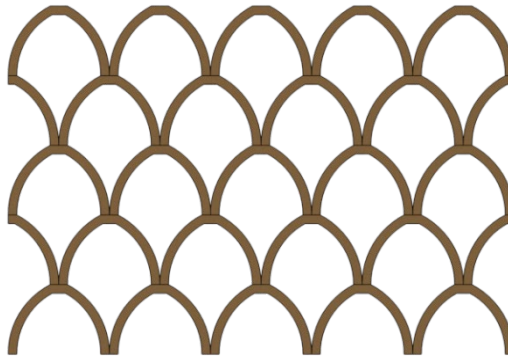
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.4 Resultado celosía n4 para el Norte con profundidad de 10cm



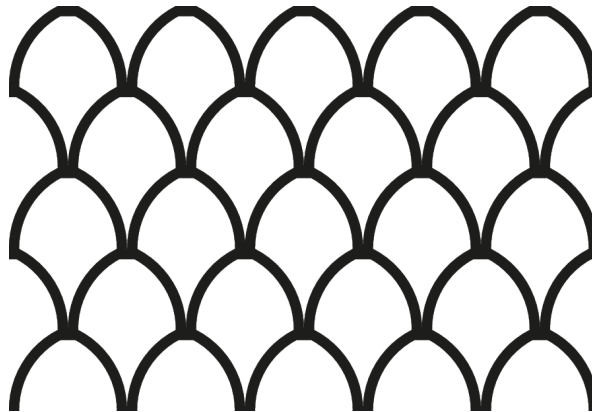
**Figura 87:** Modelo base con 20% de obstrucción con 20cm de profundidad

**Fuente:** Elaboración propia



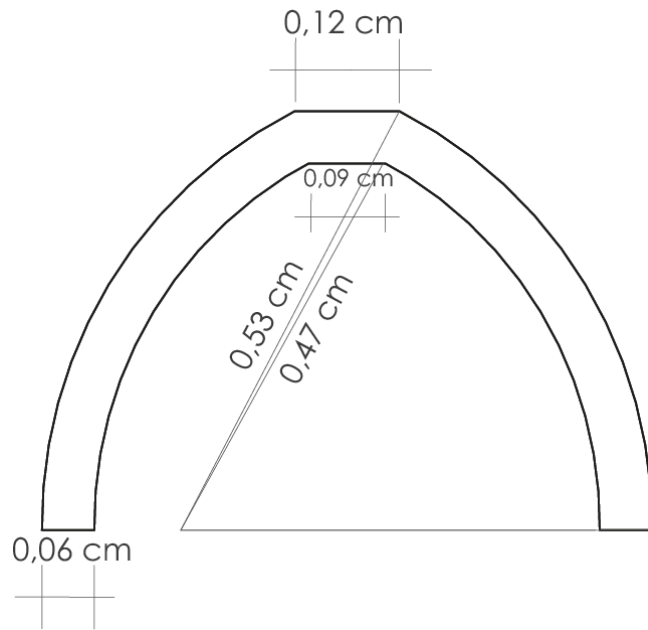
**Figura 88:** Modelo de celosía: 20% obstrucción.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 89:** Porcentaje de obstrucción: 20%.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 90:** Medidas de módulos de la celosía de 20% de obstrucción con 20cm de profundidad  
**Fuente:** Elaboración propia

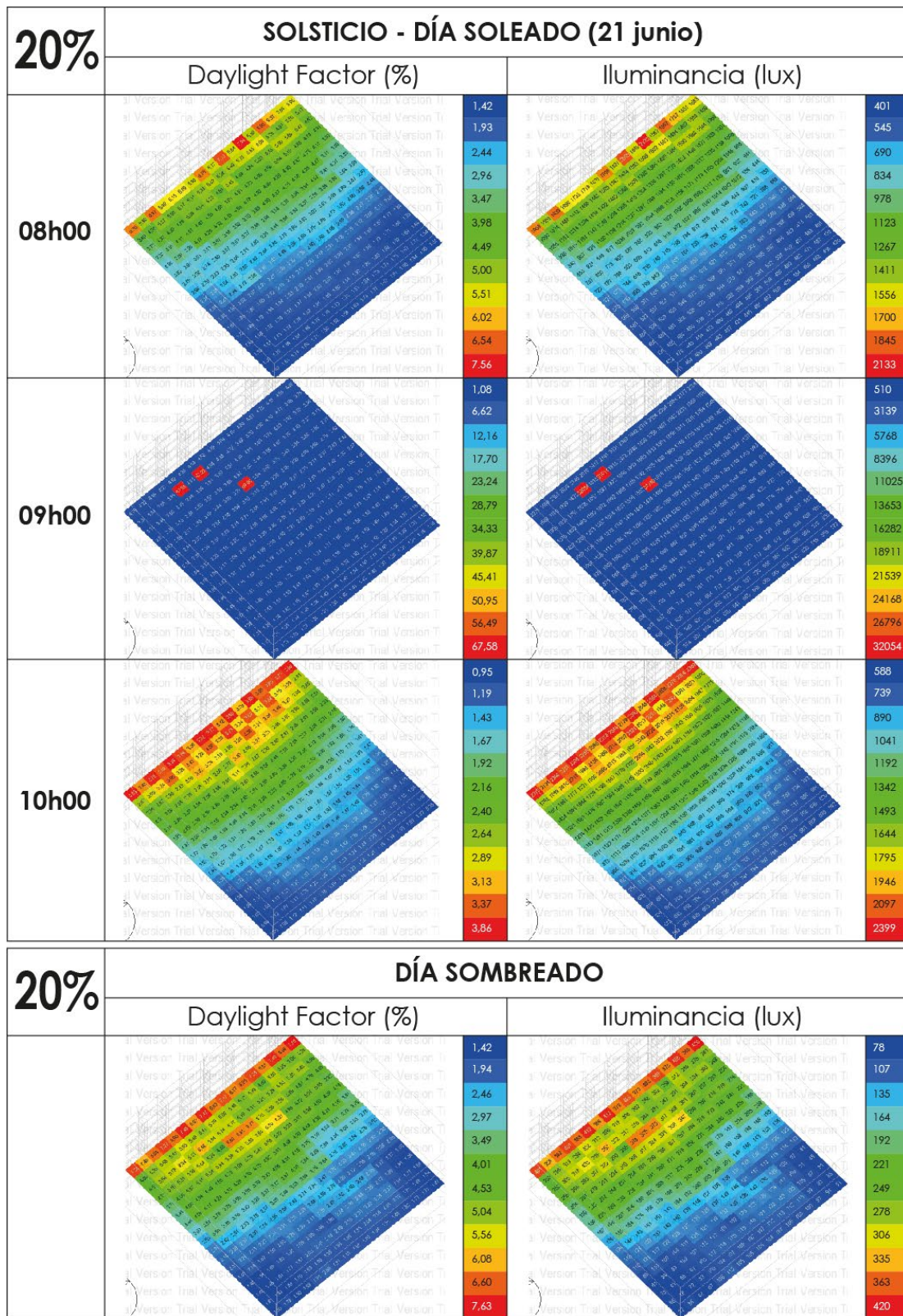
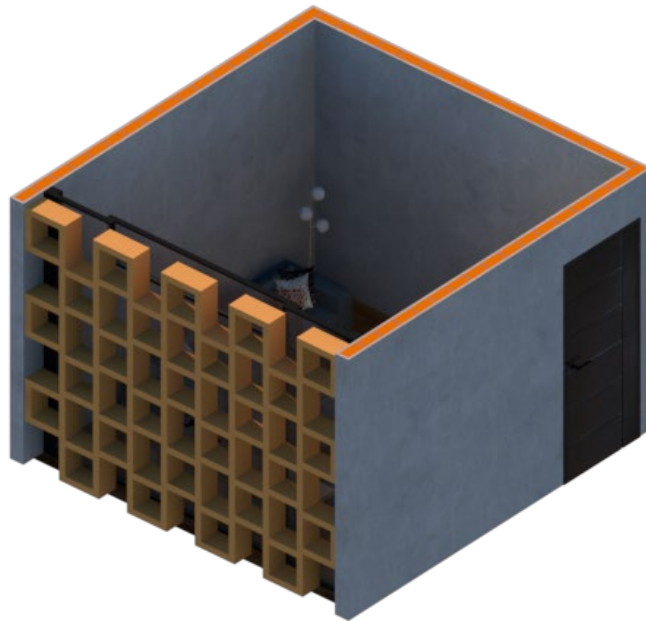


Figura 91: Resultados de modelo base con 20% de obstrucción con dirección Norte.

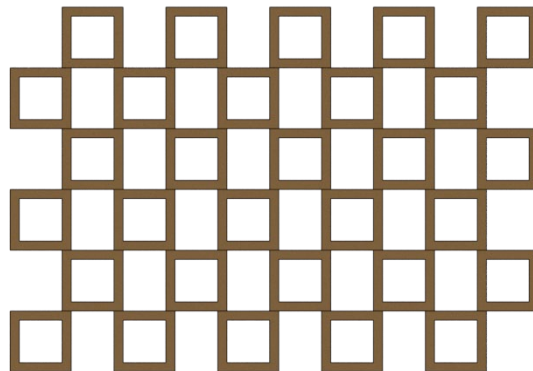
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.5 Resultado celosía n1 para el Norte con profundidad de 20cm



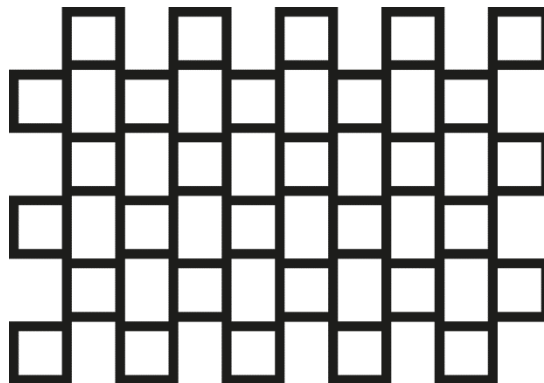
**Figura 92:** Modelo base con 30% de obstrucción con 20cm de profundidad

**Fuente:** Elaboración propia



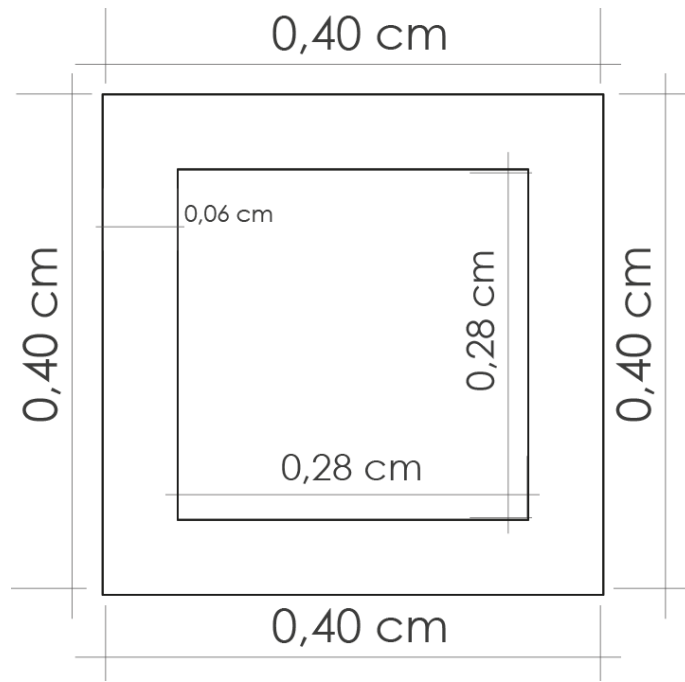
**Figura 93:** Modelo de celosía: 30% obstrucción.

**Fuente:** Elaboración propia



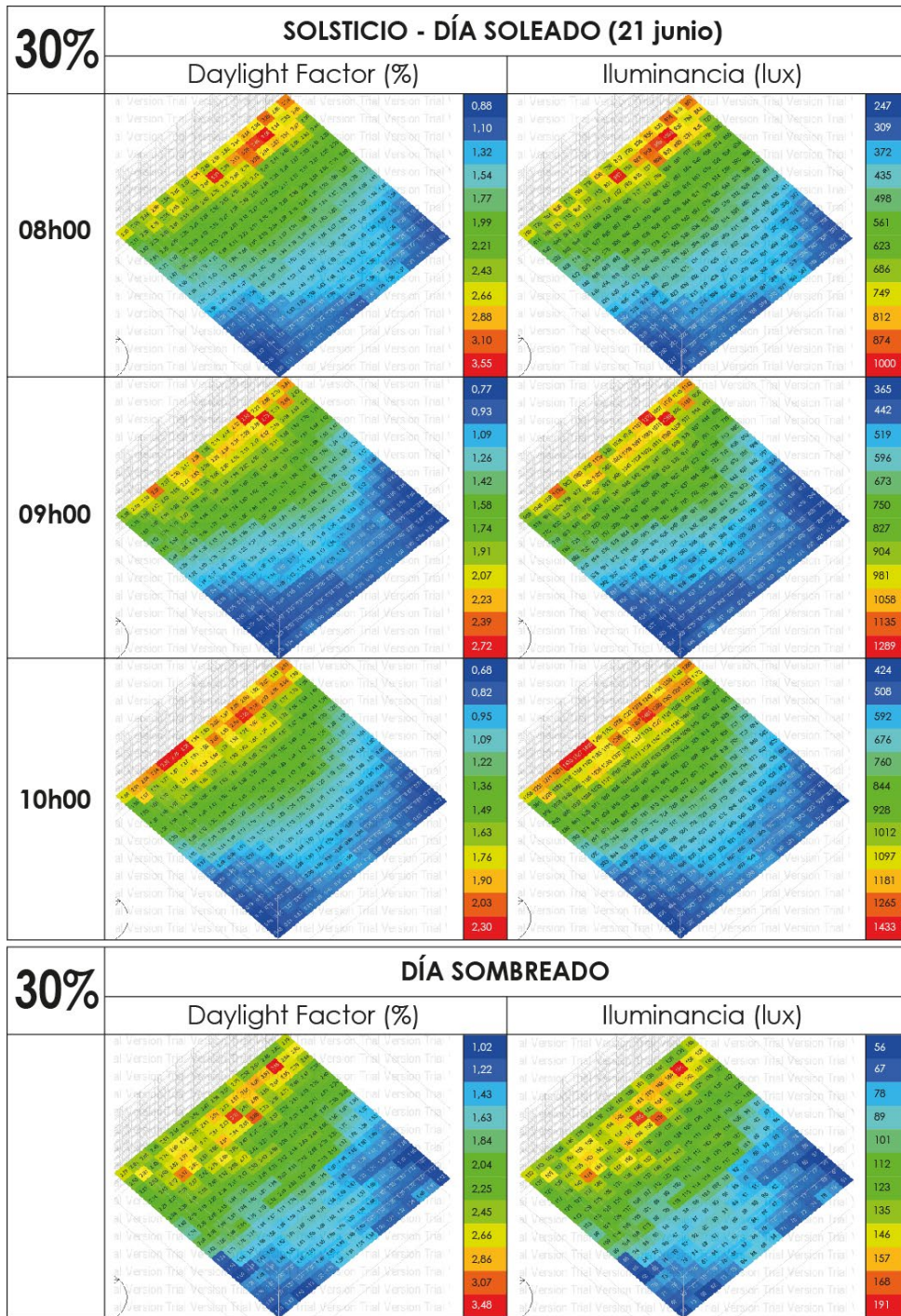
**Figura 94:** Porcentaje de obstrucción: 30%.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 95:** Medidas de módulos de la celosía de 30% de obstrucción con 20cm de profundidad

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 96:** Resultados de modelo base con 30% de obstrucción con dirección Norte.

**Fuente:** Elaboración propia

En resumen, los análisis de los modelos de estudio con diferentes factores de obstrucción y morfología de las celosías demuestran cómo varía el comportamiento lumínico y visual interior, proporcionando una base para optimizar el diseño de sistemas de filtros solares en edificaciones.

# CAPÍTULO V

## 5 CONCLUSIONES

Los resultados del estudio muestran que los filtros solares verticales, específicamente las celosías, tienen un impacto significativo en la mitigación de la radiación solar y la regulación de las luminancias en el espacio interior de edificaciones con alto índice de acristalamiento. A través del diseño y construcción pragmática de estos elementos, se logró alcanzar niveles de confort lumínico adecuados para diversos espacios residenciales, tal como lo establece la normativa lumínica. La implementación de celosías como sistema de control solar pasivo no solo permite una reducción efectiva del deslumbramiento y el sobrecalentamiento en el interior de los edificios, sino que también fomenta una distribución homogénea de la luz natural. Esto contribuye al bienestar de los ocupantes y a la eficiencia energética de las viviendas, ya que disminuye la necesidad de iluminación artificial y sistemas de enfriamiento.

El análisis profundo de los conceptos de radiación directa y difusa permitió determinar cómo la posición y orientación de una edificación afectan la cantidad y calidad de la luz natural que ingresa. Se concluyó que la radiación solar directa es la que mayor influencia tiene en la generación de deslumbramiento y sobrecalentamiento, mientras que la radiación difusa contribuye al nivel de luminancia general del espacio interior. En este contexto, las celosías con un factor de obstrucción óptimo, comprendido entre el 30% y el 70%, demostraron ser efectivas para mantener un equilibrio entre la protección solar y la visibilidad hacia el exterior, al mismo tiempo que regulan la entrada de luz. Estos resultados fueron consistentes al aplicar las normativas locales e internacionales y se basaron en una combinación de simulaciones y análisis de casos de referencia, lo que permitió establecer criterios prácticos para su diseño y aplicación.

La experimentación con modelos de diseño de celosías que consideraron las propiedades morfológicas locales reveló la importancia de adaptar el diseño de los filtros solares a las condiciones climáticas y arquitectónicas específicas de Cuenca. Las simulaciones mostraron que las celosías con una obstrucción del 50% resultan ser las más eficientes en términos de confort lumínico, ya que permiten el ingreso adecuado de luz natural sin comprometer la protección solar. También se observó que la variación en la orientación y la profundidad de las celosías tiene un impacto directo en la distribución de las iluminancias, lo que sugiere la necesidad de personalizar los diseños de las celosías en función del entorno y las características de cada espacio habitable. Además, las celosías con una obstrucción del 70% fueron identificadas como una solución válida en casos donde se requiera minimizar al máximo la incidencia de la radiación solar, aunque con la posible consecuencia de un mayor uso de iluminación artificial.

El estudio detallado de las proporciones de iluminancias bajo diferentes condiciones climáticas (cielos despejados y nublados) reveló que la colocación estratégica de las celosías puede regular efectivamente los niveles de luz en el interior. Las simulaciones y mediciones experimentales en prototipos construidos evidenciaron que, si bien las celosías reducen la intensidad lumínica, es posible mantener los niveles mínimos recomendados por las normativas de iluminación, como los valores mínimos de lux para áreas de descanso, trabajo y circulación. Sin embargo, se concluyó que el diseño de las celosías debe ser específico para cada orientación y tipo de espacio, ya que las necesidades lumínicas varían en función del uso y la exposición solar de cada habitación. La adecuada implementación de celosías permite alcanzar un confort visual óptimo, evita el sobrecalentamiento y contribuye a la creación de espacios interiores agradables y eficientes.

## 6 RECOMENDACIONES

Se recomienda la integración de filtros solares verticales, particularmente celosías, con un factor de obstrucción adaptable entre el 30% y el 50%, en edificaciones residenciales con alto índice de acristalamiento. La elección del factor de obstrucción debe estar basada en las necesidades específicas de iluminación de cada espacio y su orientación. Para las fachadas orientadas al este y oeste, donde la incidencia solar es más intensa, se sugiere el uso de celosías con mayor obstrucción (cercana al 50%), mientras que en las fachadas norte y sur puede ser más conveniente una obstrucción moderada (alrededor del 30%). Además, se recomienda incorporar estos elementos desde la etapa de diseño arquitectónico para garantizar que el confort lumínico y térmico sea una prioridad en el desarrollo de espacios habitables.

Se recomienda que las soluciones de celosías sean personalizadas para cada proyecto, teniendo en cuenta las características climáticas locales, la orientación de la edificación, el tamaño de las aberturas y las funciones de cada espacio interior. Los arquitectos y diseñadores deben utilizar herramientas de simulación como DesignBuilder para modelar las condiciones lumínicas, permitiendo ajustar el diseño de las celosías de acuerdo con los requerimientos específicos del proyecto. La implementación de simulaciones durante la fase de diseño permitirá prever el comportamiento de la luz natural y asegurar que los filtros solares cumplan con los niveles de iluminación deseados.

Se recomienda la realización de estudios adicionales que analicen la eficiencia de diferentes materiales y formas en el diseño de celosías. Esto podría incluir el uso de materiales reflectantes o de diferentes colores para evaluar cómo influyen en la reflexión y difusión de la luz. También sería beneficioso investigar la combinación de celosías con otros sistemas de control solar, como vidrios de baja emisividad o persianas ajustables, para optimizar la eficiencia energética y el confort visual en edificios con diferentes características arquitectónicas.

Las regulaciones de construcción en la ciudad de Cuenca deberían incorporar lineamientos claros para la inclusión de filtros solares verticales en edificaciones residenciales. Se recomienda establecer parámetros específicos sobre el porcentaje de obstrucción, tamaño y disposición de las celosías, en función de la orientación y las necesidades lumínicas de cada espacio. Además, las normativas podrían requerir que los proyectos de construcción incluyan un análisis de eficiencia lumínica como parte de la evaluación de impacto ambiental, promoviendo así el desarrollo sostenible de la ciudad.

Finalmente, se recomienda la capacitación continua de arquitectos e ingenieros en el uso de herramientas de simulación y diseño de sistemas de control solar. La comprensión profunda de las características de la radiación solar y las técnicas para su mitigación, como el diseño de celosías, es esencial para desarrollar espacios habitables eficientes y sostenibles. La capacitación permitirá a los profesionales adaptarse a las condiciones específicas de cada proyecto y aplicar las mejores prácticas en el diseño de soluciones arquitectónicas que contribuyan al confort y bienestar de los ocupantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pascual, D. (2013, septiembre 20). *Design Builder*. danielpascual.com.  
<https://www.danielpascual.com/design-builder/>
- Arorga. (2013, septiembre 8). *Módulo Iluminación*. Designbuilder-lat.com.  
<https://www.designbuilder-lat.com/caracteristicas/modulo-iluminacion-natural>
- Chantal, K., Shao, X., Jing, B., Yuan, Y., Hou, M., & Liao, L. (2013). Effects of effective microorganisms (EM) and bio-organic fertilizers on growth parameters and yield quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), 1212–1215.
- Imam, M. Z., & Akter, S. (2011). *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L. : A Phytochemical and Pharmacological Review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(5), 14–20.
- Kumar, G., & Sarma, B. K. (2016). Eco-friendly Management of Soil-borne Plant Pathogens through Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *SATSA Mukhapatra - Annual Technical Issue*, 20, 167–171.
- Mishra, J., Prakash, J., & Kumar Arora, N. (2016). Role of Beneficial Soil Microbes in Sustainable Agriculture and Environmental Management. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 4(2), 137–149. <http://doi.org/10.5958/2320-642X.2016.00015.6>
- Nandal, M., & Hooda, R. (2013). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A review article. *International Journal of Current Research*, 5(12), 3863–3871. Retrieved from <http://www.journalcra.com/article/plant-growth-promoting-rhizobacteria-review-article>
- Posada, L. F., Alvarez, J. C., Hu, C.-H., De Bashan, L., & Bashan, Y. (2016). Construction of probe of the plant growth-promoting bacteria *Bacillus subtilis* useful for

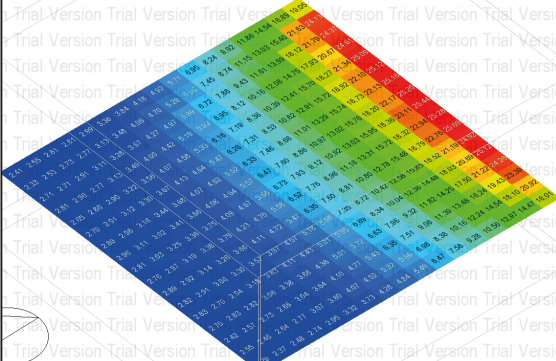
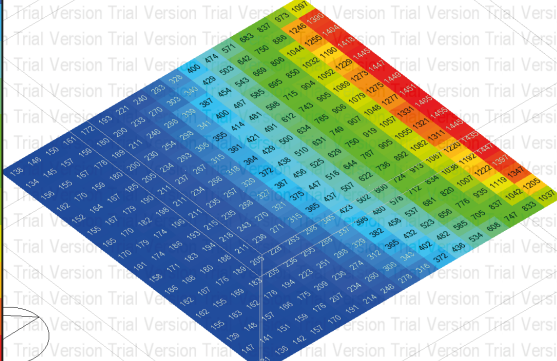
fluorescence in situ hybridization. *Journal of Microbiological Methods*, 128, 125–129. <http://doi.org/10.1016/j.mimet.2016.05.029>

Watanabe, M., Veen, S. Van Der, Nakajima, H., & Abee, T. (2012). Effect of respiration and manganese on oxidative stress resistance of *Lactobacillus plantarum*. *Microbiology* (2012), 158, 293–300. <http://doi.org/10.1099/mic.0.051250-0>

## **ANEXOS**

1. Resultados modelo base con 0% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este

0%	EQUINOCCIO - DÍA SOLEADO (21 septiembre)		
	Este		
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)	
08h00		4,47	1635
		10,08	3692
		15,70	5749
		21,31	7805
		26,93	9862
		32,54	11919
		38,16	13976
		43,78	16032
		49,39	18089
		55,01	20146
09h00		2,46	1399
		8,16	4632
		13,86	7866
		19,55	11100
		25,25	14334
		30,94	17567
		36,64	20801
		42,34	24035
		48,03	27268
		53,73	30502
10h00		1,46	1051
		6,81	4904
		12,16	8756
		17,50	12608
		22,85	16460
		28,20	20312
		33,55	24164
		38,89	28016
		44,24	31868
		49,59	35720
12h00		1,10	1102
		1,55	1552
		2,00	2003
		2,45	2453
		2,90	2903
		3,35	3353
		3,80	3804
		4,25	4254
		4,70	4704
		5,15	5154
	5,60	5604	
	6,50	6505	

0%	DÍA SOMBREADO			
	Este			
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)		
—		2,29		131
		4,21		242
		6,14		353
		8,07		465
		10,00		576
		11,93		687
		13,86		798
		15,79		909
		17,72		1020
		19,65		1132
		21,58		1243
		25,44		1465

2. Resultados modelo base con 0% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

0%	SOLSTICIO - DÍA SOLEADO (21 Junio)		
	Norte		
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)
08h00		2,70	760
		10,25	2888
		17,80	5017
		25,35	7146
		32,90	9274
		40,45	11403
		48,01	13531
		55,56	15660
		63,11	17789
		70,66	19917
78,21	22046		
93,31	26303		
09h00		1,95	926
		8,96	4249
		15,97	7571
		22,97	10894
		29,98	14216
		36,99	17539
		43,99	20861
		51,00	24184
		58,01	27506
		65,01	30829
72,02	34151		
86,04	40796		
10h00		1,70	1056
		8,40	5226
		15,10	9395
		21,80	13565
		28,51	17735
		35,21	21905
		41,91	26074
		48,61	30244
		55,31	34414
		62,02	38583
68,72	42753		
82,12	51093		
12h00		1,49	1141
		7,73	5921
		13,98	10701
		20,22	15481
		26,46	20261
		32,71	25041
		38,95	29821
		45,19	34601
		51,43	39381
		57,68	44160
63,92	48940		
76,41	58500		

0%	DÍA SOMBREADO			
	Norte			
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)		
—		2.50		137
		4.82		265
		7.15		393
		9.47		521
		11.79		649
		14.11		777
		16.43		905
		18.76		1033
		21.08		1161
		23.40		1289
		25.72		1416
	30.36		1672	

3. Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este

20%	EQUINOCCIO - DÍA SOLEADO (21 septiembre)		
	Este		
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)	
08h00		3,24	1187
		8,73	3199
		14,22	5212
		19,72	7224
		25,21	9237
		30,70	11250
		36,19	13262
		41,68	15275
		47,18	17287
		52,67	19300
58,16	21313		
69,15	25338		
09h00		1,56	936
		7,15	4055
		12,64	7175
		18,14	10294
		23,63	13414
		29,13	16534
		34,62	19653
		40,12	22773
		45,62	25892
		51,11	29012
56,61	32131		
67,60	38370		
10h00		1,01	730
		6,12	4406
		11,22	8083
		16,33	11759
		21,43	15436
		26,54	19112
		31,64	22789
		36,75	26465
		41,85	30142
		46,95	33818
52,06	37495		
62,27	44848		
12h00		0,73	731
		0,92	925
		1,12	1119
		1,31	1312
		1,51	1506
		1,70	1700
		1,89	1894
		2,09	2087
		2,28	2281
		2,47	2475
2,67	2669		
3,05	3056		

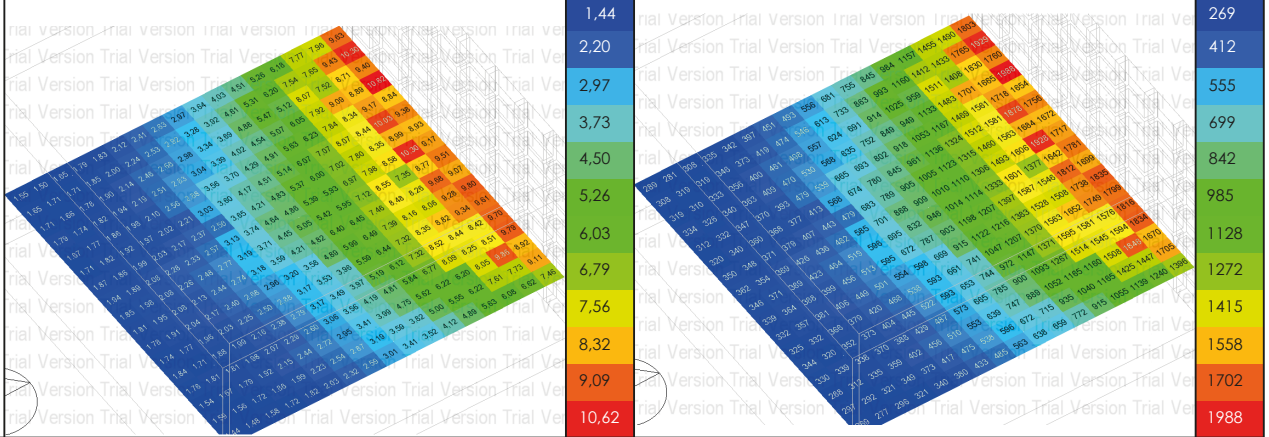
20%

DÍA SOMBREADO

Este

Daylight Factor (%)

Iluminancia (lux)



4. Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este

40%	EQUINOCCIO - DÍA SOLEADO (21 septiembre)		
	Este		
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)	
08h00		1.84	675
		7.06	2586
		12.28	4498
		17.50	6409
		22.72	8320
		27.93	10231
		33.15	12142
		38.37	14054
		43.59	15965
		48.80	17876
54.02	19787		
64.46	23610		
09h00		0.95	537
		6.24	3545
		11.53	6552
		16.83	9560
		22.12	12567
		27.42	15575
		32.71	18582
		38.01	21590
		43.30	24598
		48.59	27605
53.89	30613		
64.48	36628		
10h00		0.60	435
		0.77	554
		0.93	672
		1.10	791
		1.26	910
		1.43	1029
		1.59	1147
		1.76	1266
		1.92	1385
		2.09	1504
2.25	1623		
2.58	1860		
12h00		0.43	430
		0.51	507
		0.58	584
		0.66	660
		0.74	737
		0.81	814
		0.89	891
		0.97	968
		1.04	1045
		1.12	1122
1.20	1199		
1.35	1352		

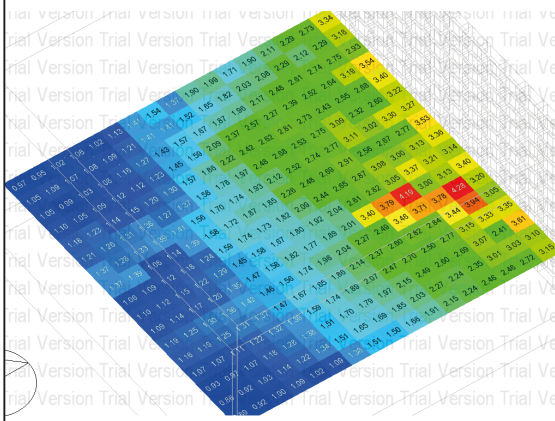
40%

# DÍA SOMBREADO

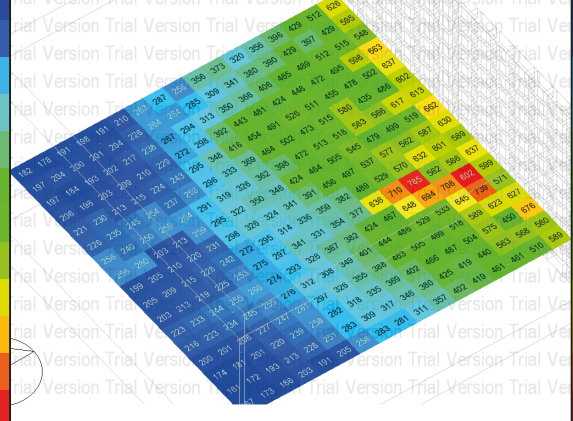
Este

Daylight Factor (%)

Iluminancia (lux)



- 0,86
- 1,14
- 1,43
- 1,71
- 2,00
- 2,28
- 2,57
- 2,85
- 3,14
- 3,42
- 3,71
- 4,28



- 161
- 214
- 267
- 321
- 374
- 428
- 481
- 535
- 588
- 642
- 695
- 802

5. Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este

60%	EQUINOCCIO - DÍA SOLEADO (21 septiembre)																									
	Este																									
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)																								
08h00		<table border="1"> <tr><td>1.34</td><td>490</td></tr> <tr><td>7.48</td><td>2737</td></tr> <tr><td>13.62</td><td>4985</td></tr> <tr><td>19.76</td><td>7233</td></tr> <tr><td>25.90</td><td>9481</td></tr> <tr><td>32.04</td><td>11729</td></tr> <tr><td>38.18</td><td>13977</td></tr> <tr><td>44.32</td><td>16224</td></tr> <tr><td>50.46</td><td>18472</td></tr> <tr><td>56.60</td><td>20720</td></tr> <tr><td>62.74</td><td>22968</td></tr> <tr><td>75.02</td><td>27464</td></tr> </table>	1.34	490	7.48	2737	13.62	4985	19.76	7233	25.90	9481	32.04	11729	38.18	13977	44.32	16224	50.46	18472	56.60	20720	62.74	22968	75.02	27464
1.34	490																									
7.48	2737																									
13.62	4985																									
19.76	7233																									
25.90	9481																									
32.04	11729																									
38.18	13977																									
44.32	16224																									
50.46	18472																									
56.60	20720																									
62.74	22968																									
75.02	27464																									
09h00		<table border="1"> <tr><td>0.71</td><td>404</td></tr> <tr><td>0.87</td><td>495</td></tr> <tr><td>1.03</td><td>587</td></tr> <tr><td>1.19</td><td>679</td></tr> <tr><td>1.36</td><td>770</td></tr> <tr><td>1.52</td><td>862</td></tr> <tr><td>1.68</td><td>953</td></tr> <tr><td>1.84</td><td>1045</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>1137</td></tr> <tr><td>2.16</td><td>1228</td></tr> <tr><td>2.32</td><td>1320</td></tr> <tr><td>2.65</td><td>1503</td></tr> </table>	0.71	404	0.87	495	1.03	587	1.19	679	1.36	770	1.52	862	1.68	953	1.84	1045	2.00	1137	2.16	1228	2.32	1320	2.65	1503
0.71	404																									
0.87	495																									
1.03	587																									
1.19	679																									
1.36	770																									
1.52	862																									
1.68	953																									
1.84	1045																									
2.00	1137																									
2.16	1228																									
2.32	1320																									
2.65	1503																									
10h00		<table border="1"> <tr><td>0.42</td><td>299</td></tr> <tr><td>0.52</td><td>373</td></tr> <tr><td>0.62</td><td>447</td></tr> <tr><td>0.72</td><td>521</td></tr> <tr><td>0.83</td><td>595</td></tr> <tr><td>0.93</td><td>669</td></tr> <tr><td>1.03</td><td>743</td></tr> <tr><td>1.13</td><td>817</td></tr> <tr><td>1.24</td><td>891</td></tr> <tr><td>1.34</td><td>965</td></tr> <tr><td>1.44</td><td>1039</td></tr> <tr><td>1.65</td><td>1188</td></tr> </table>	0.42	299	0.52	373	0.62	447	0.72	521	0.83	595	0.93	669	1.03	743	1.13	817	1.24	891	1.34	965	1.44	1039	1.65	1188
0.42	299																									
0.52	373																									
0.62	447																									
0.72	521																									
0.83	595																									
0.93	669																									
1.03	743																									
1.13	817																									
1.24	891																									
1.34	965																									
1.44	1039																									
1.65	1188																									
12h00		<table border="1"> <tr><td>0.28</td><td>285</td></tr> <tr><td>0.33</td><td>330</td></tr> <tr><td>0.37</td><td>375</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>420</td></tr> <tr><td>0.46</td><td>465</td></tr> <tr><td>0.51</td><td>510</td></tr> <tr><td>0.55</td><td>555</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>600</td></tr> <tr><td>0.64</td><td>645</td></tr> <tr><td>0.69</td><td>690</td></tr> <tr><td>0.73</td><td>735</td></tr> <tr><td>0.82</td><td>825</td></tr> </table>	0.28	285	0.33	330	0.37	375	0.42	420	0.46	465	0.51	510	0.55	555	0.60	600	0.64	645	0.69	690	0.73	735	0.82	825
0.28	285																									
0.33	330																									
0.37	375																									
0.42	420																									
0.46	465																									
0.51	510																									
0.55	555																									
0.60	600																									
0.64	645																									
0.69	690																									
0.73	735																									
0.82	825																									

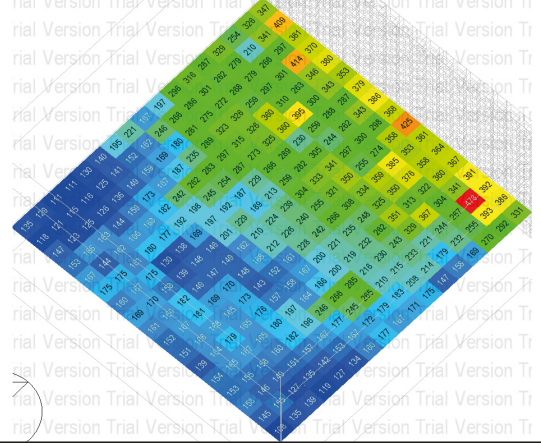
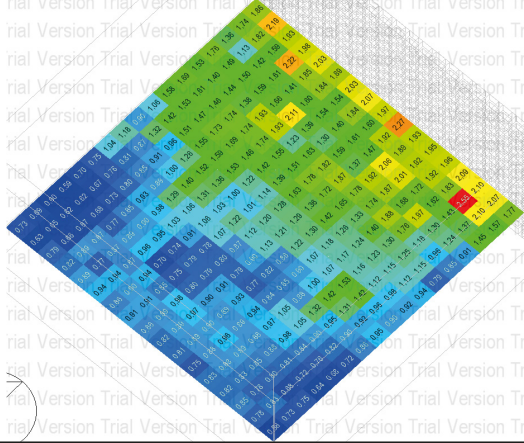
60%

DÍA SOMBREADO

Este

Daylight Factor (%)

Iluminancia (lux)



6 . Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este

70%	EQUINOCCIO - DÍA SOLEADO (21 septiembre)			
	Este			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		0,77 6,83 12,88 18,93 24,99 31,04 37,10 43,15 49,20 55,26 61,31 73,42		282 2502 4721 6941 9160 11379 13599 15818 18038 20257 22477 26916
09h00		0,46 0,55 0,64 0,73 0,82 0,91 1,00 1,09 1,18 1,27 1,36 1,53		260 311 362 413 464 515 565 616 667 718 769 871
10h00		0,24 0,30 0,35 0,40 0,46 0,51 0,57 0,62 0,67 0,73 0,78 0,89		175 213 252 291 329 368 407 446 484 523 562 639
12h00		0,17 0,19 0,22 0,25 0,27 0,30 0,32 0,35 0,37 0,40 0,43 0,48		169 194 220 246 271 297 323 348 374 400 425 477

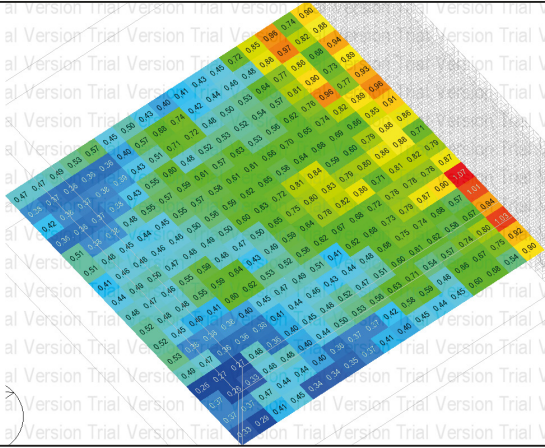
70%

DÍA SOMBREADO

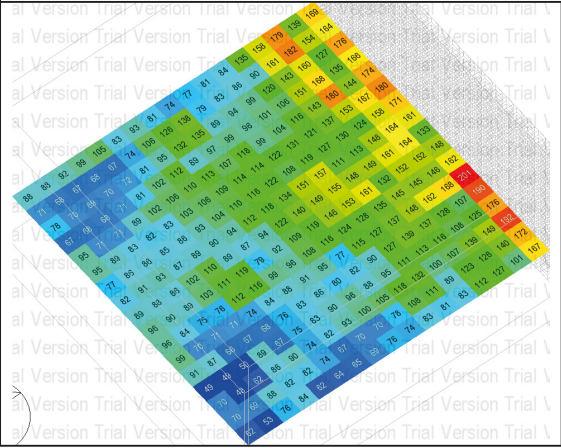
Este

Daylight Factor (%)

Iluminancia (lux)

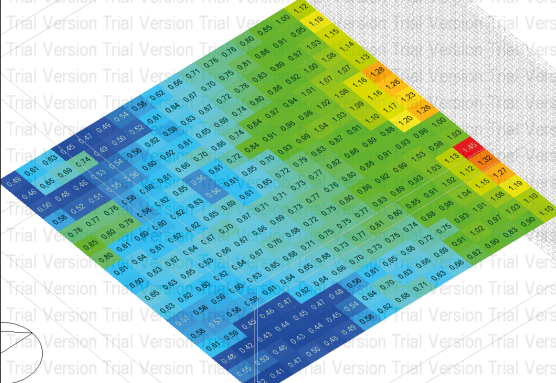
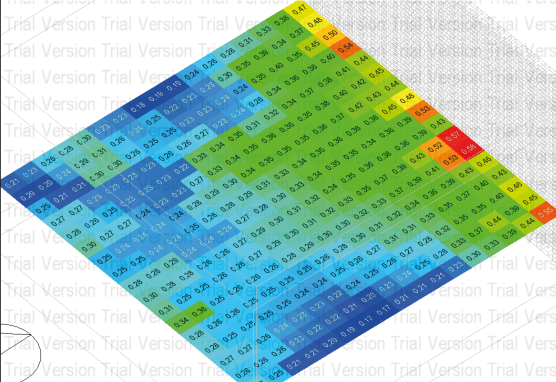
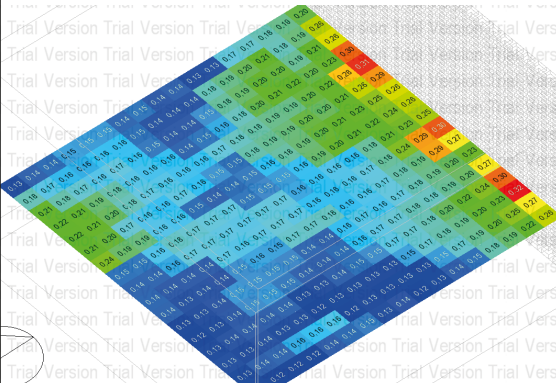
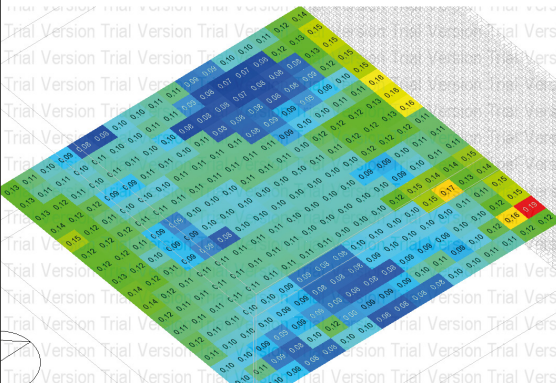


- 0.26
- 0.33
- 0.39
- 0.46
- 0.53
- 0.60
- 0.67
- 0.73
- 0.80
- 0.87
- 0.94
- 1.07



- 48
- 60
- 73
- 86
- 99
- 112
- 124
- 137
- 150
- 163
- 175
- 201

7. Resultados modelo base con 80% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de septiembre), orientación Este

80%	EQUINOCCIO - DÍA SOLEADO (21 septiembre)		
	Este		
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)	
08h00		0,41	148
		0,49	180
		0,58	212
		0,67	244
		0,76	276
		0,84	308
		0,93	340
		1,02	372
		1,10	404
		1,19	436
09h00		1,28	468
		1,45	532
		0,17	98
		0,21	118
		0,24	137
		0,28	156
		0,31	176
		0,34	195
		0,38	214
		0,41	234
10h00		0,45	253
		0,48	272
		0,51	291
		0,58	330
		0,12	87
		0,14	99
		0,15	111
		0,17	122
		0,19	134
		0,20	146
12h00		0,22	158
		0,24	170
		0,25	181
		0,27	193
		0,29	205
		0,32	229
		0,07	69
		0,08	79
		0,09	89
		0,10	99
0,11	109		
0,12	119		
0,13	130		
0,14	140		
0,15	150		
0,16	160		
0,17	170		
0,19	190		

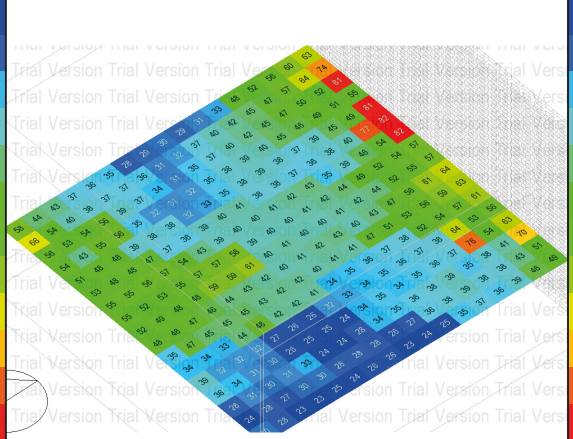
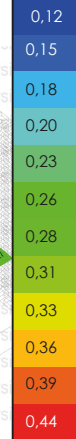
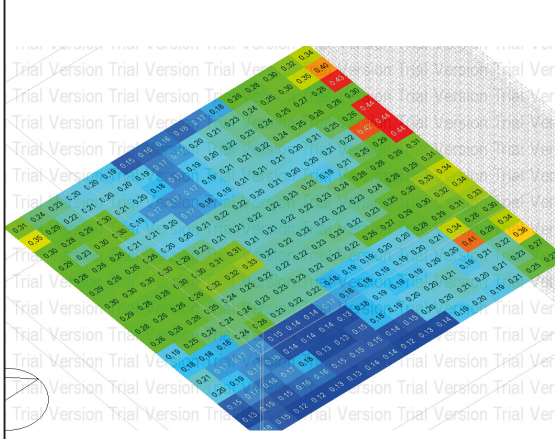
80%

# DÍA SOMBREADO

Este

Daylight Factor (%)

Iluminancia (lux)

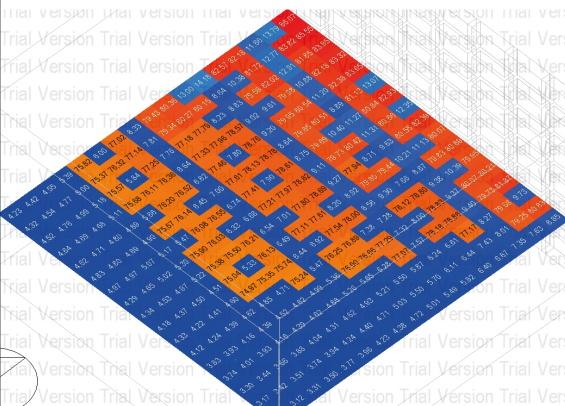
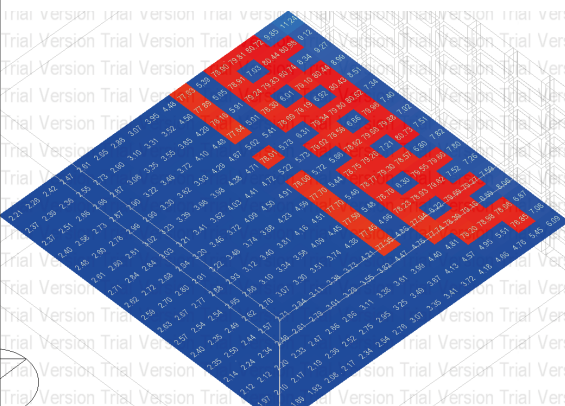
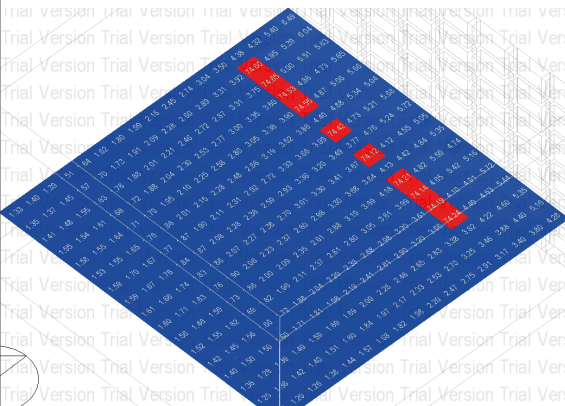
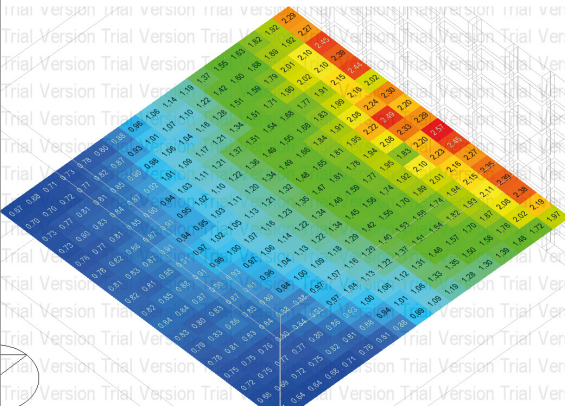


8. Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este

20%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 junio)			
	Este			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		3,51		989
		10,66		3003
		17,00		5017
		24,95		7031
		32,10		9045
		39,24		11059
		46,39		13073
		53,53		15087
		60,68		17101
		67,83		19115
74,97	21128			
89,26	25156			
09h00		2,04		967
		8,87		4207
		15,69		7446
		22,52		10686
		29,35		13925
		36,18		17165
		43,00		20405
		49,83		23644
		56,66		26884
		63,48		30124
70,31	33363			
83,97	39843			
10h00		1,29		806
		7,57		4710
		13,84		8614
		20,11		12518
		26,38		16422
		32,65		20326
		38,92		24230
		45,19		28134
		51,46		32038
		57,73		35942
64,01	39846			
76,55	47654			
12h00		0,68		517
		0,84		641
		1,00		764
		1,16		887
		1,32		1010
		1,48		1133
		1,64		1256
		1,80		1379
		1,96		1502
		2,12		1625
2,28	1748			
2,60	1994			

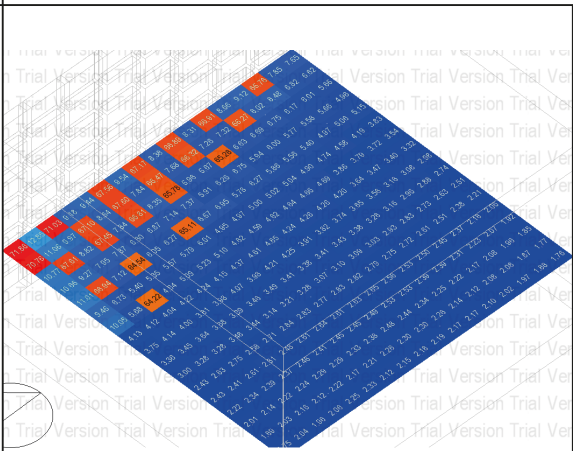
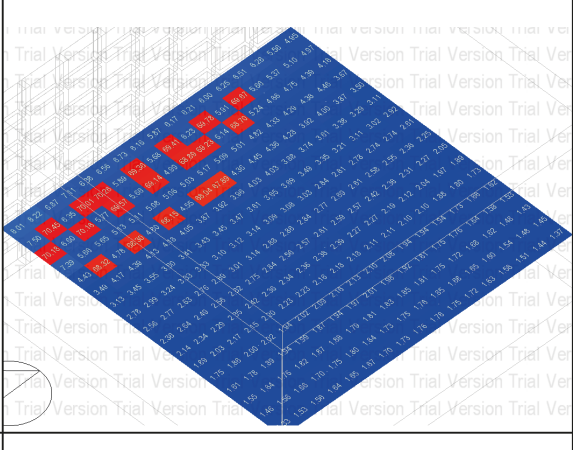
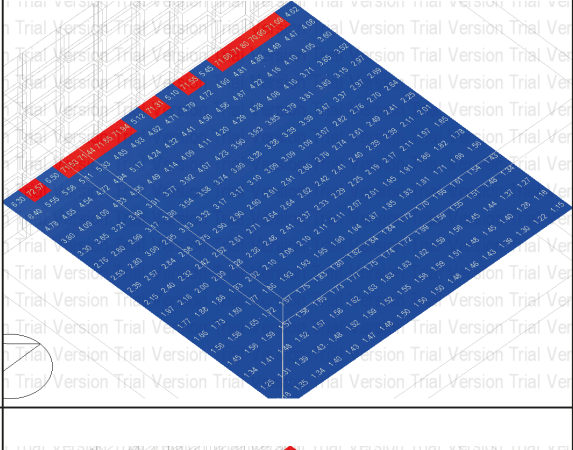
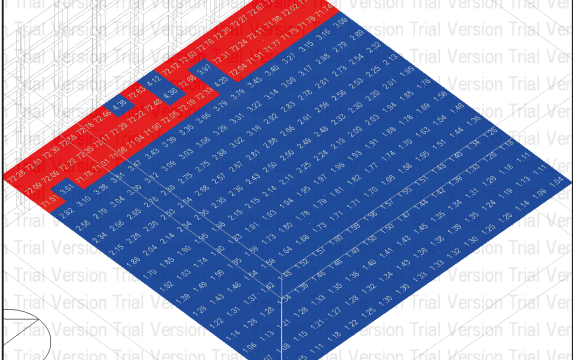
20%	<b>DIA SOMBREADO</b>																									
	<b>Este</b>																									
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)																								
—	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>1,73</td></tr> <tr><td>2,70</td></tr> <tr><td>3,66</td></tr> <tr><td>4,62</td></tr> <tr><td>5,59</td></tr> <tr><td>6,55</td></tr> <tr><td>7,52</td></tr> <tr><td>8,48</td></tr> <tr><td>9,44</td></tr> <tr><td>10,41</td></tr> <tr><td>11,37</td></tr> <tr><td>13,30</td></tr> </table>	1,73	2,70	3,66	4,62	5,59	6,55	7,52	8,48	9,44	10,41	11,37	13,30	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>291</td></tr> <tr><td>453</td></tr> <tr><td>615</td></tr> <tr><td>777</td></tr> <tr><td>939</td></tr> <tr><td>1101</td></tr> <tr><td>1263</td></tr> <tr><td>1425</td></tr> <tr><td>1587</td></tr> <tr><td>1750</td></tr> <tr><td>1912</td></tr> <tr><td>12236</td></tr> </table>	291	453	615	777	939	1101	1263	1425	1587	1750	1912	12236
1,73																										
2,70																										
3,66																										
4,62																										
5,59																										
6,55																										
7,52																										
8,48																										
9,44																										
10,41																										
11,37																										
13,30																										
291																										
453																										
615																										
777																										
939																										
1101																										
1263																										
1425																										
1587																										
1750																										
1912																										
12236																										

9. resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este

20%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 diciembre)		
	Este		
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)	
08h00		3,05	1022
		9,97	3341
		16,89	5660
		23,81	7979
		30,73	10298
		37,64	12616
		44,56	14935
		51,48	17254
		58,40	19573
		65,32	21892
72,24	24210		
86,07	28848		
09h00		1,79	938
		8,39	4392
		14,99	7847
		21,59	11301
		28,19	14756
		34,79	18211
		41,39	21665
		47,99	25120
		54,58	28574
		61,18	32029
67,78	35483		
80,98	42393		
10h00		1,15	763
		7,27	4846
		13,40	8928
		19,52	13011
		25,65	17094
		31,77	21177
		37,90	25259
		44,03	29342
		50,15	33425
		56,28	37508
62,40	41591		
74,65	49756		
12h00		0,61	488
		0,77	620
		0,93	752
		1,10	884
		1,26	1016
		1,42	1148
		1,59	1280
		1,75	1412
		1,92	1544
		2,08	1676
2,24	1808		
2,57	2072		

<b>20%</b>	<b>DIA SOMBREADO</b>	
	<b>Este</b>	
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)
—		

10. Resultados modelo base con 20% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

20%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 junio)		
	Norte		
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)	
08h00		1,75	492
		7,59	2141
		13,43	3790
		19,27	5438
		25,12	7087
		30,96	8735
		36,80	10384
		42,64	12032
		48,49	13681
		54,33	15329
60,17	16978		
71,86	20275		
09h00		1,33	631
		7,09	3364
		12,85	6096
		18,61	8829
		24,37	11561
		30,13	14294
		35,89	17026
		41,65	19758
		47,41	22491
		53,17	25223
58,93	27956		
70,45	33421		
10h00		1,15	715
		7,10	4420
		13,05	8125
		19,01	11829
		24,96	15534
		30,91	19239
		36,86	22948
		42,81	26648
		48,76	30353
		54,72	34057
60,67	37762		
72,57	45171		
12h00		0,97	739
		6,95	5326
		12,94	9913
		18,93	14500
		24,92	19087
		30,91	23674
		36,90	28261
		42,88	32848
		48,87	37435
		54,86	42022
60,85	46608		
72,83	55782		

<b>20%</b>	<b>DIA SOMBREADO</b>	
	<b>Norte</b>	
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)
—		

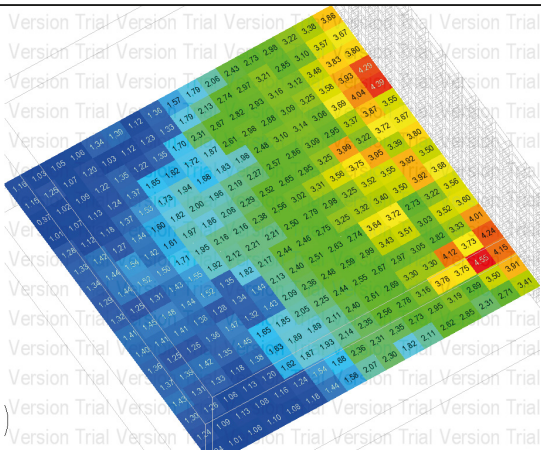
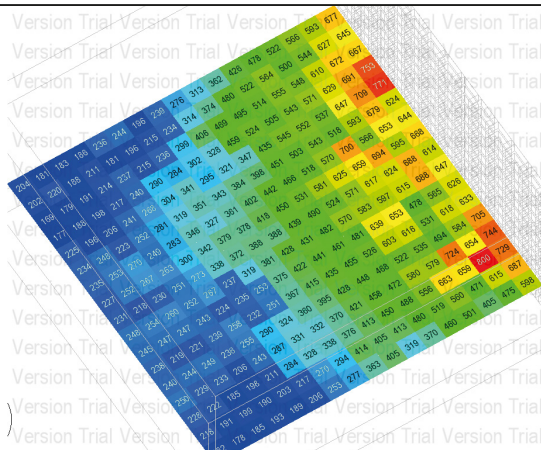
11. Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este

40%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 junio)			
	Este			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		2,11		596
		8,42		2376
		14,73		4157
		21,04		5937
		27,34		7717
		33,65		9498
		39,96		11278
		46,27		13058
		52,58		14839
		58,88		16619
	65,19		18399	
	77,81		21960	
09h00		1,21		576
		7,57		3591
		13,93		6606
		20,28		9622
		26,64		12637
		33,00		15652
		39,35		18667
		45,71		21683
		52,06		24698
		58,42		27713
	64,78		30729	
	77,49		36759	
10h00		0,73		454
		0,94		583
		1,14		711
		1,35		840
		1,56		968
		1,77		1097
		1,97		1225
		2,18		1354
		2,39		1483
		2,59		1611
	2,80		1740	
	3,21		1997	
12h00		0,40		306
		0,47		358
		0,54		410
		0,60		462
		0,67		514
		0,74		565
		0,81		617
		0,87		669
		0,94		721
		1,01		773
	1,08		824	
	1,21		928	

40%	<b>DIA SOMBREADO</b>	
	<b>Este</b>	
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)
—		

12. Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este

40%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 diciembre)			
	Este			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		1,89		634
		8,22		2756
		14,54		4878
		20,87		7000
		27,19		9121
		33,52		11243
		39,84		13365
		46,17		15487
		52,49		17609
		58,82		19731
65,14	21853			
77,79	26097			
09h00		1,08		567
		7,40		3874
		13,71		7181
		20,03		10488
		26,34		13795
		32,65		17102
		38,97		20409
		45,28		23716
		51,60		27023
		57,91		30330
64,22	33637			
76,85	40251			
10h00		0,73		486
		0,93		616
		1,12		746
		1,31		876
		1,51		1005
		1,70		1135
		1,90		1265
		2,09		1395
		2,29		1525
		2,48		1654
2,68	1784			
3,07	2044			
12h00		0,35		284
		0,42		341
		0,49		398
		0,56		455
		0,64		512
		0,71		569
		0,78		625
		0,85		682
		0,92		739
		0,99		796
1,06	853			
1,20	967			

<b>40%</b>	<b>DIA SOMBREADO</b>	
	<b>Este</b>	
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)
—		

13. Resultados modelo base con 40% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

40%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 junio)																			
	Norte																			
	Daylight Factor (%)								Iluminancia (lux)											
08h00	0,99	279	3,33	3,75	3,41	62,26	3,78	3,89	4,01	3,51	3,58	3,65	3,89	3,94	3,92	3,61	62,31	3,68	3,49	1721
	6,10	1721	3,07	3,03	3,32	3,26	3,23	3,35	3,47	3,58	3,11	3,37	3,54	3,48	62,14	3,64	3,85	3,44	3,29	1721
	11,21	3163	2,76	2,84	2,85	2,87	2,86	2,98	3,06	2,74	3,00	3,44	62,30	3,62	3,30	3,37	3,44	2,99	2,84	3163
	16,32	4606	2,54	2,50	2,51	2,60	2,68	2,76	2,84	2,92	2,89	3,14	3,21	3,21	3,13	3,00	2,97	2,59	2,47	4606
	21,43	6048	2,43	2,56	2,47	2,53	2,59	2,54	2,62	2,61	2,45	2,51	2,66	2,80	2,82	2,83	2,85	2,35	2,27	6048
	26,54	7490	2,03	2,25	2,34	2,37	2,43	2,48	2,17	2,23	2,29	2,35	2,41	2,48	2,56	2,58	2,59	2,37	2,24	7490
	31,65	8932	2,00	2,01	2,22	2,21	2,26	2,27	2,01	2,01	2,02	2,20	2,26	2,32	2,38	2,16	2,08	2,00	2,03	8932
	36,76	10375	1,86	1,96	1,79	1,91	1,93	1,93	1,93	1,94	1,94	1,94	2,15	2,11	2,07	2,00	1,92	1,84	1,76	10375
	41,87	11817	1,53	1,62	1,56	1,83	1,70	1,77	1,78	1,78	1,77	1,75	1,72	1,79	1,75	1,69	1,54	1,48	1,43	11817
	46,98	13259	1,44	1,53	1,76	1,55	1,59	1,63	1,67	1,64	1,61	1,58	1,58	1,58	1,61	1,61	1,62	1,36	1,33	13259
52,09	14702	1,40	1,54	1,60	1,67	1,73	1,48	1,52	1,56	1,56	1,49	1,47	1,47	1,48	1,49	1,45	1,38	1,30	14702	
62,31	17586	1,26	1,31	1,44	1,50	1,51	1,42	1,45	1,45	1,46	1,46	1,44	1,44	1,43	1,32	1,26	1,22	1,19	17586	
09h00	0,71	336	2,41	2,63	2,47	2,64	2,68	3,34	2,77	2,71	2,66	2,73	2,67	2,75	2,58	3,07	2,84	2,84	2,84	336
	6,17	2929	2,16	2,30	2,48	2,47	2,51	2,73	66,08	2,90	2,54	2,28	66,29	2,79	2,85	2,80	3,23	2,51	2,51	2929
	11,64	5523	1,95	2,19	2,23	2,41	2,32	2,54	2,62	2,71	2,38	2,15	2,50	2,56	2,62	2,67	2,50	2,30	2,09	5523
	17,10	8116	1,76	2,00	2,04	2,10	2,17	2,31	2,41	2,50	2,12	2,17	2,28	2,32	2,38	2,44	2,27	2,08	1,95	8116
	22,57	10710	1,63	65,41	1,90	1,95	2,01	2,06	2,20	2,29	65,93	1,98	2,11	2,29	2,26	2,10	2,03	1,96	1,82	10710
	28,03	13303	1,66	1,83	1,83	1,81	1,87	1,91	1,89	2,25	2,28	2,21	2,12	2,13	2,09	1,98	1,89	1,82	1,75	13303
	33,50	15896	1,56	1,62	1,70	1,81	1,74	1,74	1,84	1,99	2,10	2,14	2,17	1,94	1,94	1,93	1,75	1,68	1,61	15896
	38,96	18490	1,46	1,62	1,57	1,71	1,84	1,59	1,60	1,67	1,92	1,90	1,88	1,73	1,72	1,71	1,69	1,73	1,61	18490
	44,43	21083	1,33	1,42	1,28	1,31	1,33	1,71	1,73	1,76	1,67	1,59	1,57	1,61	1,64	1,54	1,52	1,51	1,44	21083
	49,89	23676	1,18	1,22	1,23	1,22	1,24	1,27	1,46	1,59	1,61	1,64	1,45	1,49	1,51	1,35	1,38	1,32	1,24	23676
55,36	26270	1,08	1,14	1,19	1,13	1,18	1,28	1,35	1,37	1,38	1,37	1,37	1,28	1,26	1,25	1,24	1,24	1,14	26270	
66,29	31456	0,99	1,11	1,10	1,01	1,04	1,07	1,24	1,25	1,27	1,28	1,28	1,28	1,27	1,15	1,16	1,12	1,02	31456	
10h00	0,70	436	2,18	2,25	2,28	2,10	2,27	2,39	2,56	2,48	2,39	2,31	2,54	2,52	2,46	2,42	2,32	2,43	2,32	436
	0,86	537	1,85	2,11	2,18	2,28	2,35	2,64	2,57	2,50	2,21	2,20	2,37	2,35	2,32	2,34	2,28	2,21	2,02	537
	1,02	637	1,81	1,93	2,00	2,09	2,17	2,26	2,25	2,12	2,21	2,29	2,22	2,19	2,16	2,16	2,09	2,03	1,96	637
	1,19	738	1,64	1,81	1,83	1,92	2,00	2,07	2,10	2,18	2,12	2,35	2,05	2,07	2,18	2,33	1,91	1,84	1,77	738
	1,35	839	1,48	1,60	1,72	1,84	1,83	1,87	1,95	2,03	2,11	2,11	2,07	2,04	2,01	2,09	2,18	1,59	1,48	839
	1,51	940	1,46	1,64	1,60	1,72	1,79	1,76	1,81	1,89	1,97	1,95	1,91	1,88	1,84	1,57	1,55	1,51	1,39	940
	1,67	1040	1,35	1,53	1,54	1,58	1,60	1,63	1,64	1,61	1,65	1,69	1,75	1,71	1,63	1,45	1,43	1,41	1,30	1040
	1,83	1141	1,24	1,31	1,38	1,45	1,47	1,49	1,49	1,50	1,54	1,58	1,63	1,51	1,48	1,46	1,31	1,29	1,14	1141
	2,00	1242	1,11	1,17	1,27	1,34	1,34	1,39	1,38	1,42	1,43	1,48	1,50	1,39	1,36	1,34	1,31	1,22	1,14	1242
	2,16	1343	1,03	1,10	1,17	1,18	1,19	1,21	1,25	1,30	1,32	1,23	1,22	1,24	1,22	1,17	1,10	1,05	0,98	1343
2,32	1444	0,93	1,03	1,10	1,16	1,11	1,12	1,13	1,19	1,22	1,20	1,15	1,14	1,14	1,11	1,07	1,03	0,98	1444	
2,64	1645	0,88	0,98	1,09	1,05	1,03	1,06	1,09	1,11	1,11	1,11	1,08	1,08	1,04	0,99	1,00	0,96	0,91	1645	
12h00	0,55	419	1,90	2,01	2,12	2,41	2,09	2,07	2,30	2,13	2,03	2,16	2,11	2,06	2,31	2,13	2,26	2,05	2,04	419
	0,70	538	1,66	1,95	1,94	1,92	1,96	2,01	2,06	2,19	2,12	2,03	1,96	1,92	1,88	2,08	2,06	2,03	2,01	538
	0,86	656	1,55	1,71	1,79	1,89	1,98	1,91	1,95	2,00	1,95	1,86	1,81	1,78	1,83	2,02	1,85	1,83	1,81	656
	1,01	775	1,43	1,64	1,65	1,75	1,82	1,78	1,79	1,97	1,99	2,00	1,92	1,88	1,84	1,81	1,74	1,59	1,59	775
	1,17	894	1,40	1,50	1,59	1,61	1,66	1,66	1,66	1,71	1,80	1,85	1,87	1,89	1,70	1,67	1,63	1,54	1,48	894
	1,32	1012	1,25	1,38	1,49	1,46	1,51	1,55	1,53	1,53	1,54	1,70	1,72	1,74	1,68	1,60	1,52	1,44	1,36	1012
	1,48	1131	1,15	1,32	1,38	1,43	1,48	1,38	1,37	1,36	1,49	1,50	1,51	1,39	1,38	1,36	1,40	1,32	1,24	1131
	1,63	1249	1,02	1,20	1,25	1,31	1,34	1,31	1,27	1,28	1,36	1,39	1,38	1,32	1,29	1,28	1,26	1,23	1,14	1249
	1,79	1368	0,93	1,06	1,09	1,18	1,23	1,29	1,17	1,16	1,15	1,28	1,30	1,31	1,20	1,19	1,16	1,08	1,04	1368
	1,94	1487	0,82	0,94	0,99	1,03	1,07	1,10	1,13	1,05	1,08	1,10	1,13	1,11	1,10	1,07	1,03	0,99	0,95	1487
2,10	1605	0,75	0,87	0,88	0,94	0,99	1,02	1,02	0,99	1,00	1,04	1,05	1,03	1,01	0,99	0,94	0,90	0,86	1605	
2,41	1842	0,70	0,76	0,81	0,84	0,87	0,94	0,97	1,00	0,93	0,96	0,98	0,95	0,93	0,89	0,84	0,80	0,74	1842	

40%	<b>DIA SOMBREADO</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	<b>Norte</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
—	<table border="1"> <tr><td>3,82</td><td>4,43</td><td>4,33</td><td>4,28</td><td>4,19</td><td>4,36</td><td>4,44</td><td>4,18</td><td>4,12</td><td>4,39</td><td>4,11</td><td>3,55</td><td>4,35</td><td>4,24</td><td>4,15</td><td>3,91</td><td>3,58</td><td>1,05</td></tr> <tr><td>3,16</td><td>3,92</td><td>4,26</td><td>3,77</td><td>5,00</td><td>5,16</td><td>3,84</td><td>3,53</td><td>4,47</td><td>4,76</td><td>3,76</td><td>3,20</td><td>3,71</td><td>4,15</td><td>3,89</td><td>3,69</td><td>3,46</td><td>1,39</td></tr> <tr><td>2,76</td><td>3,27</td><td>3,67</td><td>4,01</td><td>4,35</td><td>4,20</td><td>3,70</td><td>3,39</td><td>3,36</td><td>4,10</td><td>4,41</td><td>4,28</td><td>4,06</td><td>3,85</td><td>3,49</td><td>2,89</td><td>2,43</td><td>1,74</td></tr> <tr><td>2,75</td><td>2,86</td><td>3,16</td><td>3,36</td><td>3,65</td><td>3,94</td><td>3,55</td><td>3,28</td><td>3,17</td><td>3,04</td><td>3,77</td><td>3,92</td><td>4,07</td><td>3,80</td><td>3,39</td><td>2,72</td><td>2,34</td><td>2,08</td></tr> <tr><td>2,52</td><td>2,74</td><td>2,93</td><td>3,05</td><td>3,30</td><td>3,59</td><td>3,77</td><td>3,77</td><td>3,02</td><td>2,87</td><td>2,84</td><td>3,56</td><td>3,71</td><td>3,86</td><td>2,88</td><td>3,08</td><td>3,01</td><td>2,43</td></tr> <tr><td>2,50</td><td>2,69</td><td>2,70</td><td>2,82</td><td>2,95</td><td>3,34</td><td>3,42</td><td>3,50</td><td>3,56</td><td>3,40</td><td>3,37</td><td>3,36</td><td>3,35</td><td>2,66</td><td>2,61</td><td>2,57</td><td>2,65</td><td>2,77</td></tr> <tr><td>2,21</td><td>2,42</td><td>2,68</td><td>2,92</td><td>2,98</td><td>2,91</td><td>2,84</td><td>3,23</td><td>3,30</td><td>3,38</td><td>3,03</td><td>2,72</td><td>2,51</td><td>2,53</td><td>2,35</td><td>2,36</td><td>2,38</td><td>3,12</td></tr> <tr><td>2,06</td><td>2,30</td><td>2,47</td><td>2,71</td><td>2,95</td><td>2,58</td><td>2,51</td><td>2,49</td><td>2,58</td><td>2,64</td><td>2,66</td><td>2,80</td><td>2,09</td><td>2,34</td><td>2,21</td><td>2,04</td><td>2,23</td><td>3,46</td></tr> <tr><td>1,92</td><td>1,94</td><td>1,78</td><td>1,91</td><td>2,41</td><td>2,43</td><td>2,29</td><td>2,35</td><td>2,41</td><td>2,43</td><td>2,47</td><td>2,60</td><td>2,74</td><td>2,29</td><td>2,06</td><td>1,90</td><td>1,71</td><td>3,80</td></tr> <tr><td>1,68</td><td>1,55</td><td>1,68</td><td>1,92</td><td>2,17</td><td>2,22</td><td>2,23</td><td>2,25</td><td>2,25</td><td>2,31</td><td>2,34</td><td>2,40</td><td>2,53</td><td>2,54</td><td>1,92</td><td>1,75</td><td>1,59</td><td>4,15</td></tr> <tr><td>1,60</td><td>1,82</td><td>1,57</td><td>1,71</td><td>1,82</td><td>2,00</td><td>2,02</td><td>2,05</td><td>1,97</td><td>1,99</td><td>2,03</td><td>1,99</td><td>1,82</td><td>1,81</td><td>1,86</td><td>1,83</td><td>1,49</td><td>4,49</td></tr> <tr><td>1,38</td><td>1,62</td><td>1,89</td><td>1,71</td><td>1,70</td><td>1,90</td><td>2,01</td><td>1,98</td><td>1,96</td><td>1,93</td><td>1,87</td><td>1,91</td><td>1,85</td><td>1,68</td><td>1,72</td><td>1,77</td><td>1,39</td><td>5,18</td></tr> <tr><td>1,25</td><td>1,37</td><td>1,59</td><td>1,57</td><td>1,56</td><td>1,64</td><td>1,61</td><td>1,83</td><td>1,80</td><td>1,77</td><td>1,83</td><td>1,76</td><td>1,65</td><td>1,47</td><td>1,64</td><td>1,64</td><td>1,43</td><td></td></tr> <tr><td>1,15</td><td>1,35</td><td>1,41</td><td>1,40</td><td>1,39</td><td>1,52</td><td>1,54</td><td>1,57</td><td>1,61</td><td>1,67</td><td>1,66</td><td>1,81</td><td>1,53</td><td>1,45</td><td>1,51</td><td>1,49</td><td>1,39</td><td></td></tr> <tr><td>1,23</td><td>1,29</td><td>1,33</td><td>1,32</td><td>1,32</td><td>1,45</td><td>1,47</td><td>1,50</td><td>1,53</td><td>1,60</td><td>1,62</td><td>1,64</td><td>1,48</td><td>1,42</td><td>1,46</td><td>1,45</td><td>1,34</td><td></td></tr> <tr><td>1,16</td><td>1,19</td><td>1,23</td><td>1,25</td><td>1,26</td><td>1,24</td><td>1,50</td><td>1,43</td><td>1,45</td><td>1,48</td><td>1,55</td><td>1,57</td><td>1,59</td><td>1,40</td><td>1,34</td><td>1,40</td><td>1,29</td><td></td></tr> <tr><td>1,05</td><td>1,26</td><td>1,05</td><td>1,13</td><td>1,26</td><td>1,31</td><td>1,44</td><td>1,50</td><td>1,41</td><td>1,45</td><td>1,50</td><td>1,55</td><td>1,56</td><td>1,52</td><td>1,38</td><td>1,33</td><td>1,16</td><td></td></tr> </table>	3,82	4,43	4,33	4,28	4,19	4,36	4,44	4,18	4,12	4,39	4,11	3,55	4,35	4,24	4,15	3,91	3,58	1,05	3,16	3,92	4,26	3,77	5,00	5,16	3,84	3,53	4,47	4,76	3,76	3,20	3,71	4,15	3,89	3,69	3,46	1,39	2,76	3,27	3,67	4,01	4,35	4,20	3,70	3,39	3,36	4,10	4,41	4,28	4,06	3,85	3,49	2,89	2,43	1,74	2,75	2,86	3,16	3,36	3,65	3,94	3,55	3,28	3,17	3,04	3,77	3,92	4,07	3,80	3,39	2,72	2,34	2,08	2,52	2,74	2,93	3,05	3,30	3,59	3,77	3,77	3,02	2,87	2,84	3,56	3,71	3,86	2,88	3,08	3,01	2,43	2,50	2,69	2,70	2,82	2,95	3,34	3,42	3,50	3,56	3,40	3,37	3,36	3,35	2,66	2,61	2,57	2,65	2,77	2,21	2,42	2,68	2,92	2,98	2,91	2,84	3,23	3,30	3,38	3,03	2,72	2,51	2,53	2,35	2,36	2,38	3,12	2,06	2,30	2,47	2,71	2,95	2,58	2,51	2,49	2,58	2,64	2,66	2,80	2,09	2,34	2,21	2,04	2,23	3,46	1,92	1,94	1,78	1,91	2,41	2,43	2,29	2,35	2,41	2,43	2,47	2,60	2,74	2,29	2,06	1,90	1,71	3,80	1,68	1,55	1,68	1,92	2,17	2,22	2,23	2,25	2,25	2,31	2,34	2,40	2,53	2,54	1,92	1,75	1,59	4,15	1,60	1,82	1,57	1,71	1,82	2,00	2,02	2,05	1,97	1,99	2,03	1,99	1,82	1,81	1,86	1,83	1,49	4,49	1,38	1,62	1,89	1,71	1,70	1,90	2,01	1,98	1,96	1,93	1,87	1,91	1,85	1,68	1,72	1,77	1,39	5,18	1,25	1,37	1,59	1,57	1,56	1,64	1,61	1,83	1,80	1,77	1,83	1,76	1,65	1,47	1,64	1,64	1,43		1,15	1,35	1,41	1,40	1,39	1,52	1,54	1,57	1,61	1,67	1,66	1,81	1,53	1,45	1,51	1,49	1,39		1,23	1,29	1,33	1,32	1,32	1,45	1,47	1,50	1,53	1,60	1,62	1,64	1,48	1,42	1,46	1,45	1,34		1,16	1,19	1,23	1,25	1,26	1,24	1,50	1,43	1,45	1,48	1,55	1,57	1,59	1,40	1,34	1,40	1,29		1,05	1,26	1,05	1,13	1,26	1,31	1,44	1,50	1,41	1,45	1,50	1,55	1,56	1,52	1,38	1,33	1,16		<table border="1"> <tr><td>210</td><td>244</td><td>238</td><td>235</td><td>231</td><td>240</td><td>244</td><td>230</td><td>226</td><td>242</td><td>226</td><td>195</td><td>239</td><td>233</td><td>228</td><td>215</td><td>197</td><td>57</td></tr> <tr><td>174</td><td>216</td><td>234</td><td>207</td><td>275</td><td>285</td><td>211</td><td>194</td><td>246</td><td>263</td><td>207</td><td>176</td><td>204</td><td>228</td><td>214</td><td>203</td><td>190</td><td>76</td></tr> <tr><td>152</td><td>180</td><td>202</td><td>220</td><td>239</td><td>231</td><td>203</td><td>186</td><td>185</td><td>225</td><td>242</td><td>235</td><td>223</td><td>212</td><td>192</td><td>159</td><td>133</td><td>95</td></tr> <tr><td>151</td><td>157</td><td>174</td><td>185</td><td>201</td><td>217</td><td>195</td><td>180</td><td>174</td><td>167</td><td>207</td><td>215</td><td>224</td><td>198</td><td>186</td><td>149</td><td>129</td><td>114</td></tr> <tr><td>138</td><td>151</td><td>161</td><td>168</td><td>181</td><td>197</td><td>208</td><td>208</td><td>166</td><td>158</td><td>156</td><td>196</td><td>204</td><td>212</td><td>158</td><td>169</td><td>165</td><td>133</td></tr> <tr><td>137</td><td>148</td><td>148</td><td>155</td><td>162</td><td>164</td><td>188</td><td>192</td><td>196</td><td>187</td><td>185</td><td>185</td><td>184</td><td>146</td><td>144</td><td>141</td><td>145</td><td>152</td></tr> <tr><td>121</td><td>133</td><td>147</td><td>161</td><td>164</td><td>160</td><td>156</td><td>177</td><td>182</td><td>186</td><td>166</td><td>149</td><td>138</td><td>139</td><td>129</td><td>130</td><td>131</td><td>171</td></tr> <tr><td>113</td><td>126</td><td>136</td><td>149</td><td>162</td><td>142</td><td>138</td><td>137</td><td>142</td><td>145</td><td>146</td><td>154</td><td>115</td><td>128</td><td>121</td><td>112</td><td>122</td><td>190</td></tr> <tr><td>105</td><td>106</td><td>98</td><td>105</td><td>132</td><td>133</td><td>126</td><td>129</td><td>133</td><td>133</td><td>136</td><td>143</td><td>150</td><td>126</td><td>113</td><td>104</td><td>94</td><td>209</td></tr> <tr><td>92</td><td>85</td><td>92</td><td>106</td><td>119</td><td>122</td><td>123</td><td>124</td><td>123</td><td>127</td><td>128</td><td>132</td><td>139</td><td>140</td><td>105</td><td>96</td><td>87</td><td>228</td></tr> <tr><td>88</td><td>100</td><td>86</td><td>84</td><td>100</td><td>110</td><td>111</td><td>113</td><td>108</td><td>109</td><td>112</td><td>109</td><td>100</td><td>99</td><td>102</td><td>89</td><td>82</td><td>247</td></tr> <tr><td>75</td><td>83</td><td>93</td><td>84</td><td>93</td><td>104</td><td>110</td><td>109</td><td>107</td><td>106</td><td>103</td><td>105</td><td>107</td><td>92</td><td>84</td><td>97</td><td>76</td><td>285</td></tr> <tr><td>68</td><td>75</td><td>82</td><td>86</td><td>85</td><td>84</td><td>88</td><td>100</td><td>99</td><td>97</td><td>100</td><td>96</td><td>90</td><td>81</td><td>90</td><td>84</td><td>79</td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td>74</td><td>77</td><td>76</td><td>76</td><td>83</td><td>85</td><td>86</td><td>88</td><td>91</td><td>92</td><td>88</td><td>84</td><td>79</td><td>83</td><td>82</td><td>76</td><td></td></tr> <tr><td>67</td><td>71</td><td>73</td><td>72</td><td>72</td><td>79</td><td>81</td><td>82</td><td>84</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td><td>81</td><td>78</td><td>80</td><td>79</td><td>73</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>65</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>68</td><td>82</td><td>78</td><td>80</td><td>81</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>77</td><td>73</td><td>77</td><td>70</td><td></td></tr> <tr><td>57</td><td>69</td><td>58</td><td>62</td><td>69</td><td>72</td><td>79</td><td>82</td><td>77</td><td>79</td><td>82</td><td>85</td><td>86</td><td>84</td><td>76</td><td>73</td><td>64</td><td></td></tr> </table>	210	244	238	235	231	240	244	230	226	242	226	195	239	233	228	215	197	57	174	216	234	207	275	285	211	194	246	263	207	176	204	228	214	203	190	76	152	180	202	220	239	231	203	186	185	225	242	235	223	212	192	159	133	95	151	157	174	185	201	217	195	180	174	167	207	215	224	198	186	149	129	114	138	151	161	168	181	197	208	208	166	158	156	196	204	212	158	169	165	133	137	148	148	155	162	164	188	192	196	187	185	185	184	146	144	141	145	152	121	133	147	161	164	160	156	177	182	186	166	149	138	139	129	130	131	171	113	126	136	149	162	142	138	137	142	145	146	154	115	128	121	112	122	190	105	106	98	105	132	133	126	129	133	133	136	143	150	126	113	104	94	209	92	85	92	106	119	122	123	124	123	127	128	132	139	140	105	96	87	228	88	100	86	84	100	110	111	113	108	109	112	109	100	99	102	89	82	247	75	83	93	84	93	104	110	109	107	106	103	105	107	92	84	97	76	285	68	75	82	86	85	84	88	100	99	97	100	96	90	81	90	84	79		63	74	77	76	76	83	85	86	88	91	92	88	84	79	83	82	76		67	71	73	72	72	79	81	82	84	88	89	90	81	78	80	79	73		60	65	67	68	69	68	82	78	80	81	85	86	87	77	73	77	70		57	69	58	62	69	72	79	82	77	79	82	85	86	84	76	73	64	
3,82	4,43	4,33	4,28	4,19	4,36	4,44	4,18	4,12	4,39	4,11	3,55	4,35	4,24	4,15	3,91	3,58	1,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3,16	3,92	4,26	3,77	5,00	5,16	3,84	3,53	4,47	4,76	3,76	3,20	3,71	4,15	3,89	3,69	3,46	1,39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2,76	3,27	3,67	4,01	4,35	4,20	3,70	3,39	3,36	4,10	4,41	4,28	4,06	3,85	3,49	2,89	2,43	1,74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2,75	2,86	3,16	3,36	3,65	3,94	3,55	3,28	3,17	3,04	3,77	3,92	4,07	3,80	3,39	2,72	2,34	2,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2,52	2,74	2,93	3,05	3,30	3,59	3,77	3,77	3,02	2,87	2,84	3,56	3,71	3,86	2,88	3,08	3,01	2,43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2,50	2,69	2,70	2,82	2,95	3,34	3,42	3,50	3,56	3,40	3,37	3,36	3,35	2,66	2,61	2,57	2,65	2,77																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2,21	2,42	2,68	2,92	2,98	2,91	2,84	3,23	3,30	3,38	3,03	2,72	2,51	2,53	2,35	2,36	2,38	3,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2,06	2,30	2,47	2,71	2,95	2,58	2,51	2,49	2,58	2,64	2,66	2,80	2,09	2,34	2,21	2,04	2,23	3,46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1,92	1,94	1,78	1,91	2,41	2,43	2,29	2,35	2,41	2,43	2,47	2,60	2,74	2,29	2,06	1,90	1,71	3,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1,68	1,55	1,68	1,92	2,17	2,22	2,23	2,25	2,25	2,31	2,34	2,40	2,53	2,54	1,92	1,75	1,59	4,15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1,60	1,82	1,57	1,71	1,82	2,00	2,02	2,05	1,97	1,99	2,03	1,99	1,82	1,81	1,86	1,83	1,49	4,49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1,38	1,62	1,89	1,71	1,70	1,90	2,01	1,98	1,96	1,93	1,87	1,91	1,85	1,68	1,72	1,77	1,39	5,18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1,25	1,37	1,59	1,57	1,56	1,64	1,61	1,83	1,80	1,77	1,83	1,76	1,65	1,47	1,64	1,64	1,43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,15	1,35	1,41	1,40	1,39	1,52	1,54	1,57	1,61	1,67	1,66	1,81	1,53	1,45	1,51	1,49	1,39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,23	1,29	1,33	1,32	1,32	1,45	1,47	1,50	1,53	1,60	1,62	1,64	1,48	1,42	1,46	1,45	1,34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,16	1,19	1,23	1,25	1,26	1,24	1,50	1,43	1,45	1,48	1,55	1,57	1,59	1,40	1,34	1,40	1,29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,05	1,26	1,05	1,13	1,26	1,31	1,44	1,50	1,41	1,45	1,50	1,55	1,56	1,52	1,38	1,33	1,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
210	244	238	235	231	240	244	230	226	242	226	195	239	233	228	215	197	57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
174	216	234	207	275	285	211	194	246	263	207	176	204	228	214	203	190	76																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
152	180	202	220	239	231	203	186	185	225	242	235	223	212	192	159	133	95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
151	157	174	185	201	217	195	180	174	167	207	215	224	198	186	149	129	114																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
138	151	161	168	181	197	208	208	166	158	156	196	204	212	158	169	165	133																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
137	148	148	155	162	164	188	192	196	187	185	185	184	146	144	141	145	152																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
121	133	147	161	164	160	156	177	182	186	166	149	138	139	129	130	131	171																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
113	126	136	149	162	142	138	137	142	145	146	154	115	128	121	112	122	190																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
105	106	98	105	132	133	126	129	133	133	136	143	150	126	113	104	94	209																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
92	85	92	106	119	122	123	124	123	127	128	132	139	140	105	96	87	228																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
88	100	86	84	100	110	111	113	108	109	112	109	100	99	102	89	82	247																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
75	83	93	84	93	104	110	109	107	106	103	105	107	92	84	97	76	285																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
68	75	82	86	85	84	88	100	99	97	100	96	90	81	90	84	79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
63	74	77	76	76	83	85	86	88	91	92	88	84	79	83	82	76																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
67	71	73	72	72	79	81	82	84	88	89	90	81	78	80	79	73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
60	65	67	68	69	68	82	78	80	81	85	86	87	77	73	77	70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
57	69	58	62	69	72	79	82	77	79	82	85	86	84	76	73	64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

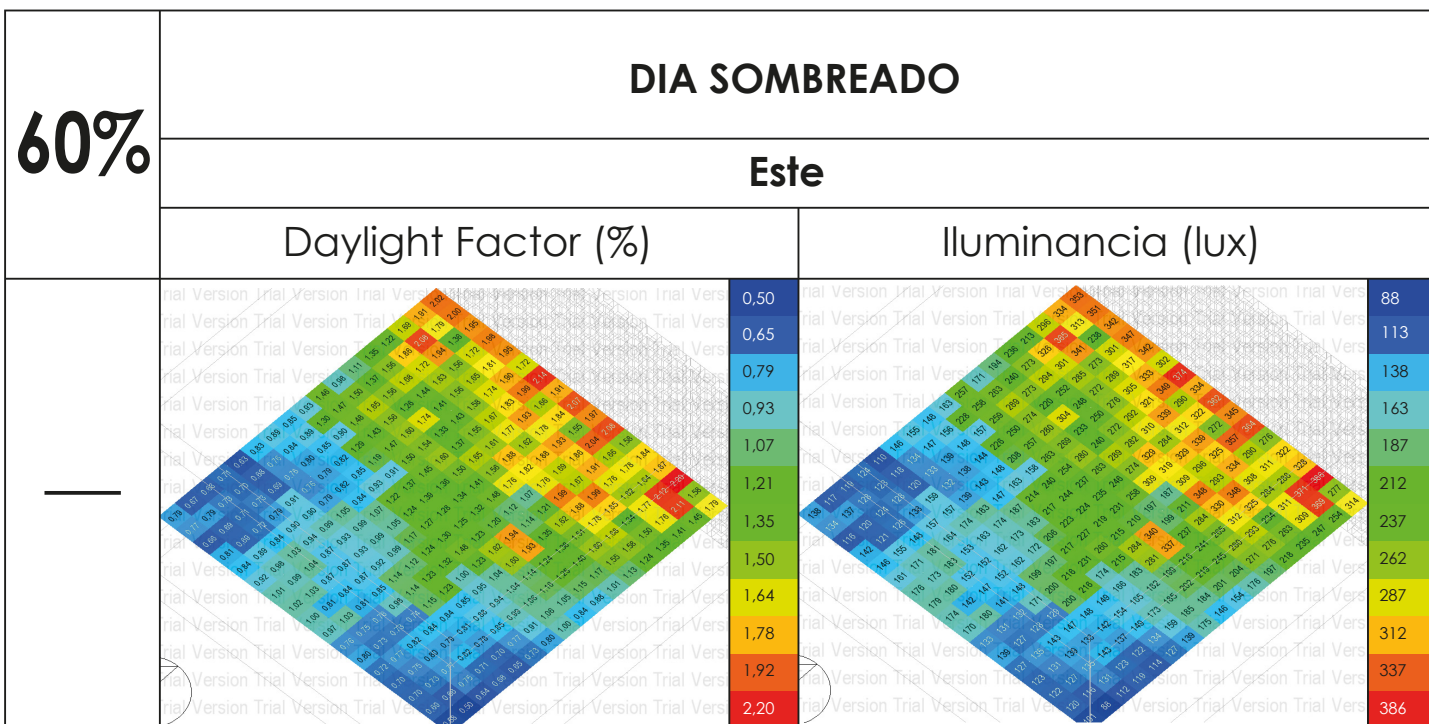
14. Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este

60%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 junio)			
	Este			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		1,33		376
		7,32		2067
		13,30		3757
		19,28		5448
		25,27		7139
		31,25		8829
		37,23		10520
		43,22		12211
		49,20		13901
		55,18		15592
31,16	17282			
73,13	20664			
09h00		0,68		324
		6,84		3242
		12,99		6160
		19,15		9079
		25,30		11997
		31,46		14915
		37,61		17834
		43,77		20752
		49,92		23670
		56,08		26589
62,23	29507			
74,54	35343			
10h00		0,42		258
		0,51		318
		0,61		379
		0,71		439
		0,80		499
		0,90		559
		1,00		620
		1,09		680
		1,19		740
		1,29		800
1,38	861			
1,58	981			
12h00		0,19		147
		0,23		176
		0,27		205
		0,31		234
		0,34		263
		0,38		292
		0,42		321
		0,46		350
		0,50		379
		0,53		408
0,57	437			
0,65	495			

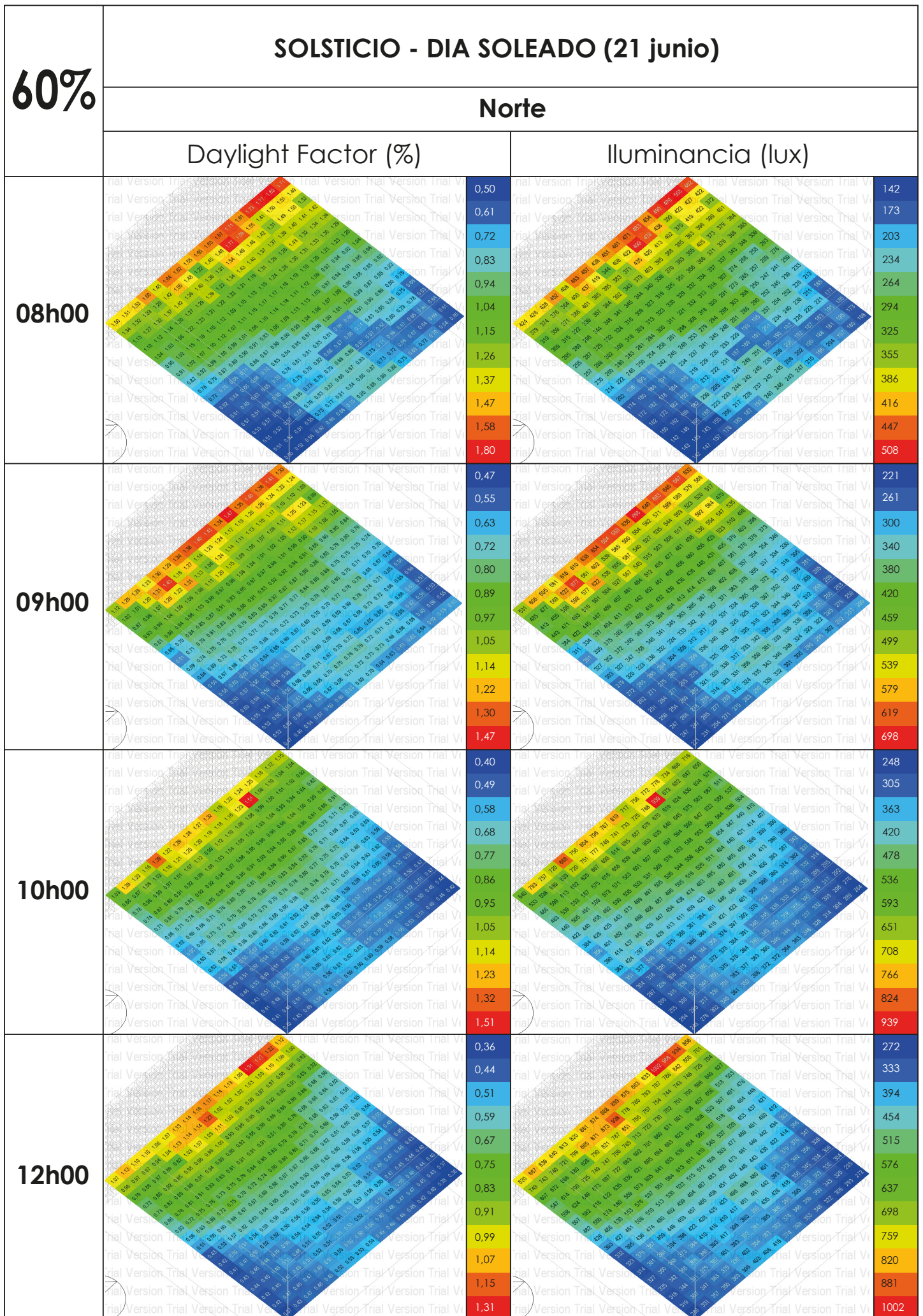
<b>60%</b>	<b>DIA SOMBREADO</b>	
	<b>Este</b>	
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)
—		

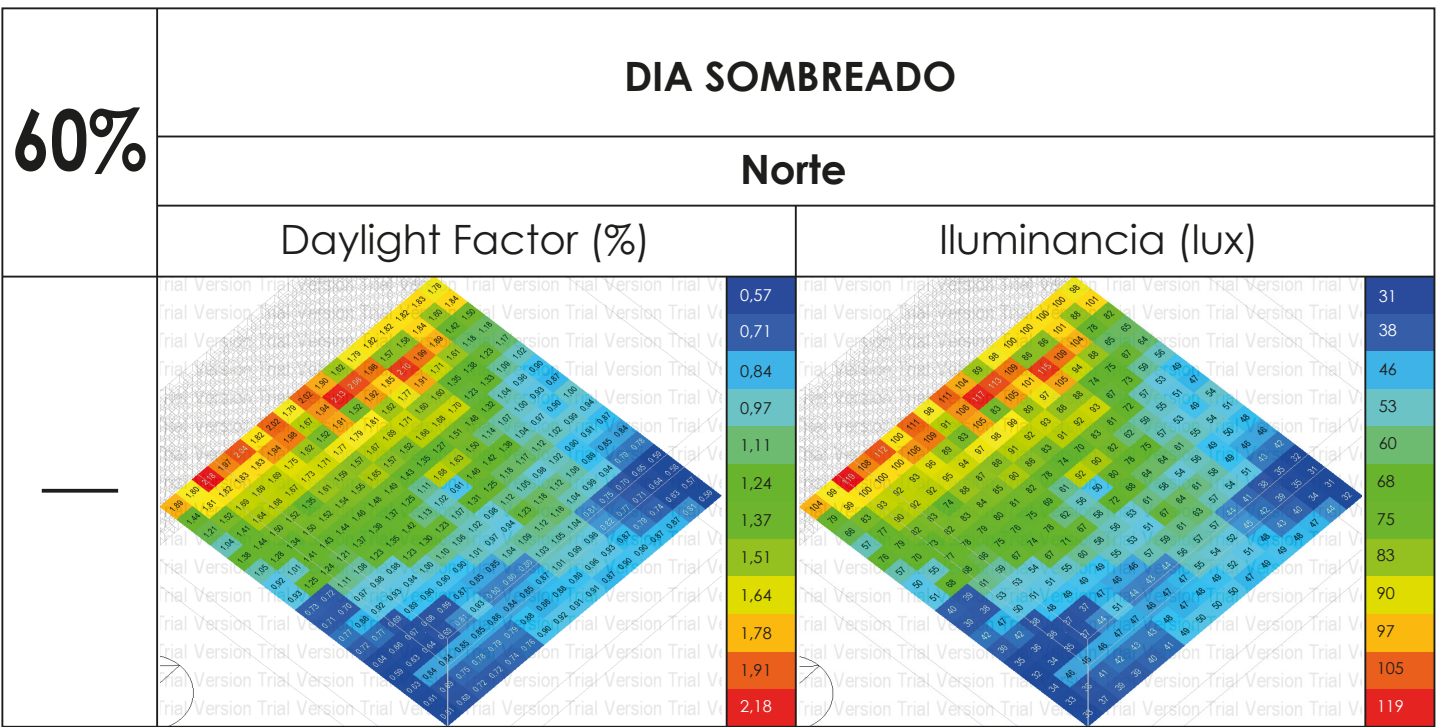
15. Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este

60%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 diciembre)			
	Este			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		1,10		369
		7,16		2403
		13,22		4437
		19,29		6472
		25,35		8506
		31,41		10540
		37,47		12574
		43,53		14609
		49,60		16643
		55,66		18677
61,72	20712			
73,84	24780			
09h00		0,62		326
		0,77		404
		0,92		482
		1,07		560
		1,22		638
		1,37		716
		1,52		795
		1,67		873
		1,82		951
		1,97		1029
2,12	1107			
2,42	1263			
10h00		0,38		252
		0,47		312
		0,56		372
		0,65		431
		0,74		491
		0,83		551
		0,92		610
		1,01		670
		1,10		730
		1,19		789
1,27	849			
1,45	969			
12h00		0,20		159
		0,23		188
		0,27		216
		0,30		245
		0,34		274
		0,38		303
		0,41		331
		0,45		360
		0,48		389
		0,52		418
0,56	446			
0,63	504			

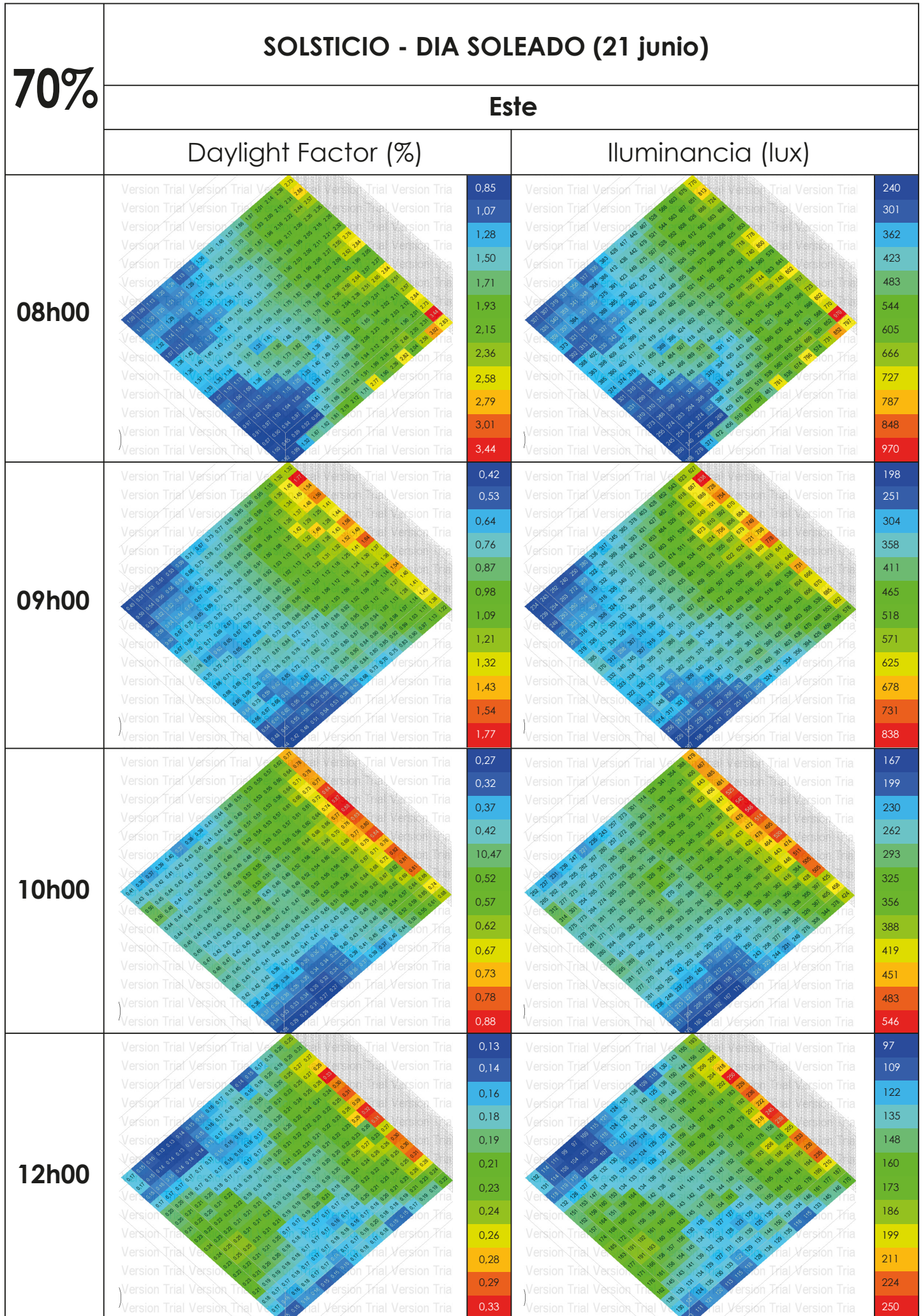


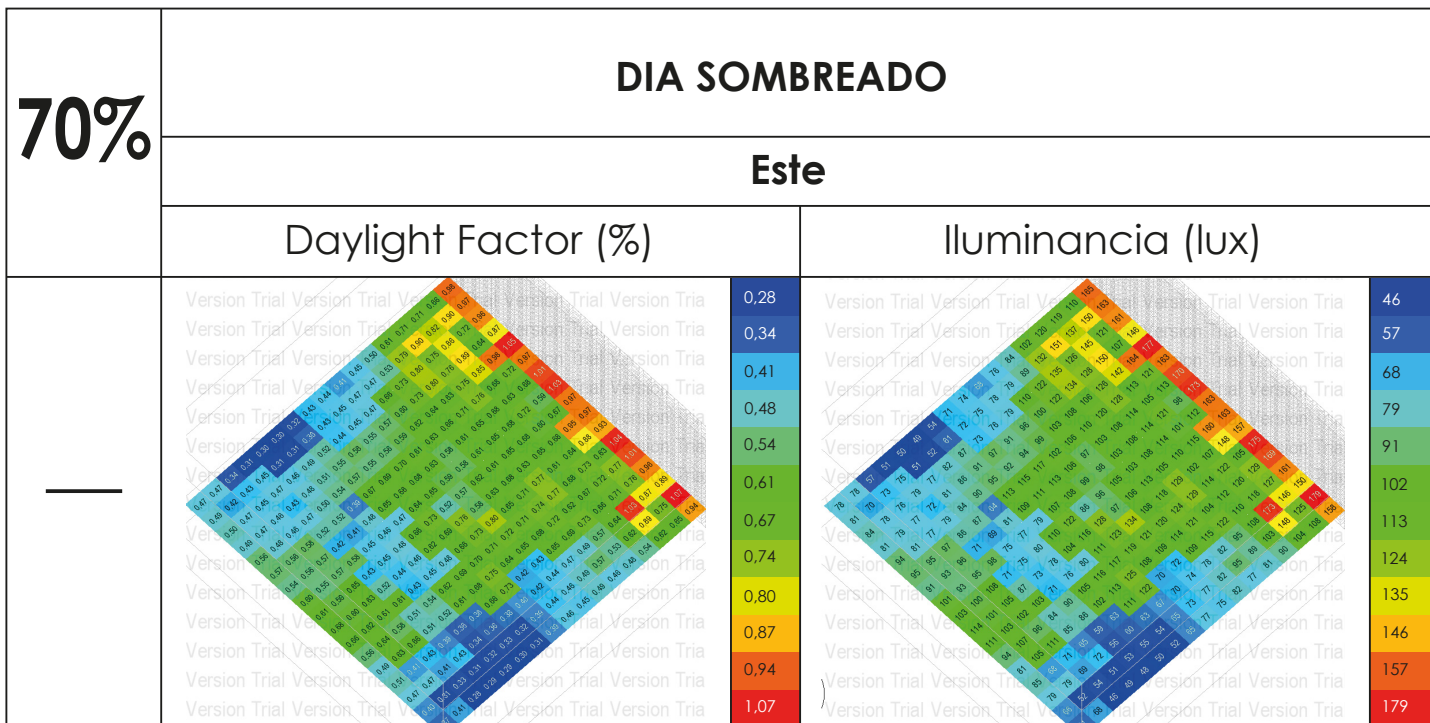
16. Resultados modelo base con 60% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.





17. Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Este



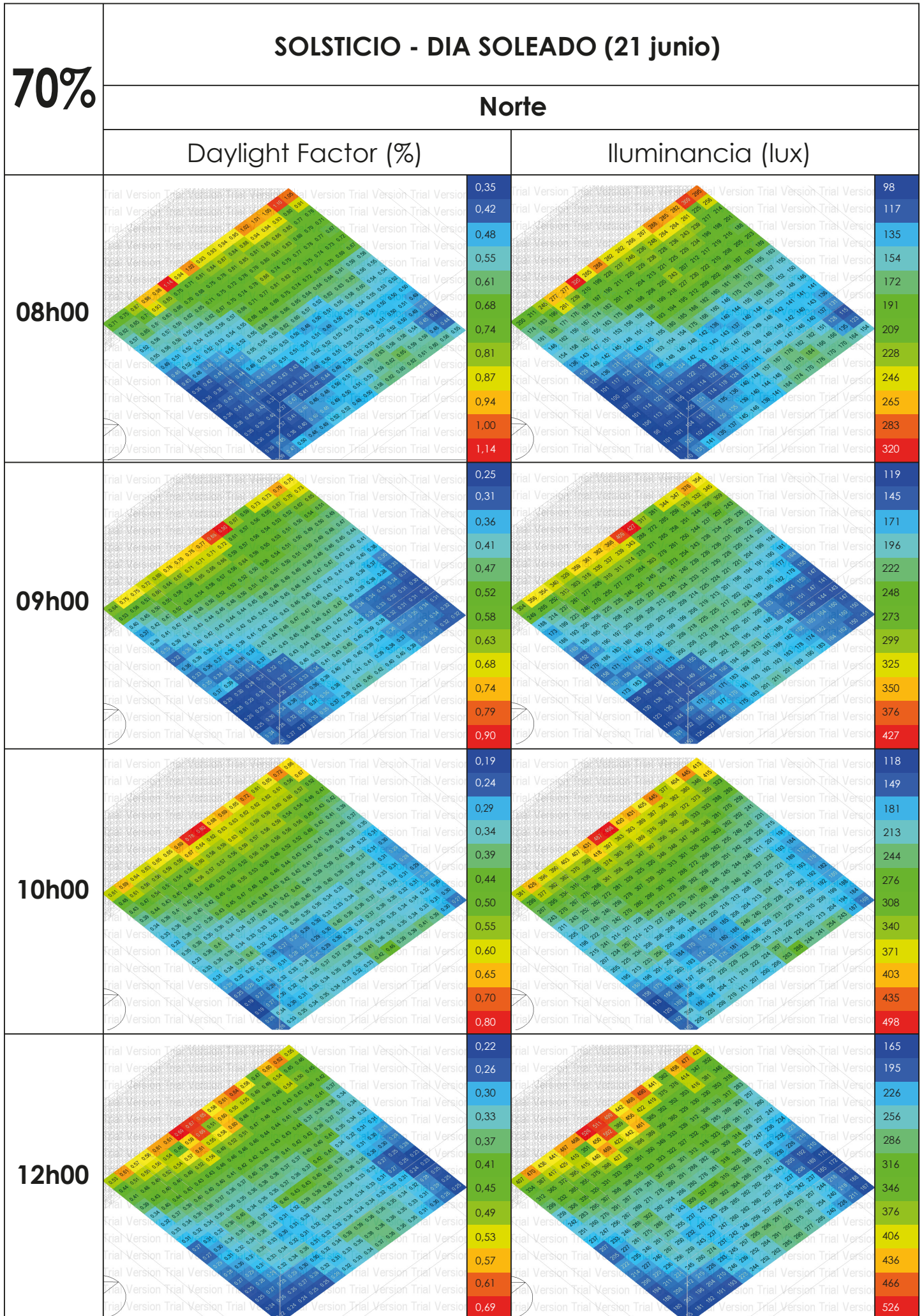


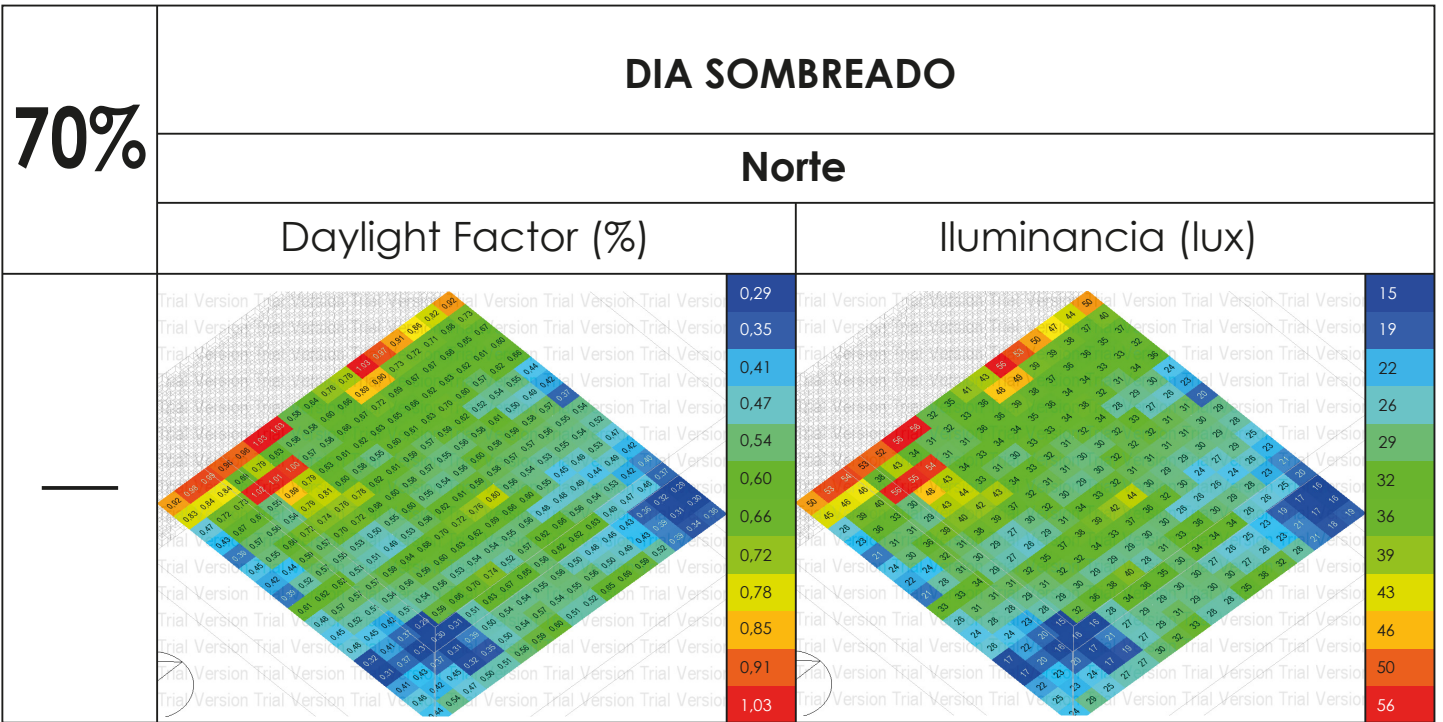
18. Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de diciembre), orientación Este

70%	SOLSTICIO - DIA SOLEADO (21 diciembre)			
	Este			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		0,72		224
		6,69		2231
		12,66		4238
		18,64		6245
		24,61		8252
		30,58		10259
		36,55		12266
		42,52		14273
		48,49		16279
		54,46		18286
60,44	20293			
72,38	24307			
09h00		0,38		200
		0,47		248
		0,56		295
		0,65		342
		0,74		389
		0,83		436
		0,92		483
		1,01		531
		1,10		578
		1,19		625
1,28	672			
1,47	766			
10h00		0,27		177
		0,31		208
		0,36		239
		0,41		270
		0,45		301
		0,50		332
		0,55		364
		0,59		395
		0,64		426
		0,69		457
0,73	488			
0,83	550			
12h00		0,12		98
		0,14		111
		0,15		124
		0,17		137
		0,619		151
		0,20		164
		0,22		177
		0,24		190
		0,25		203
		0,27		216
0,29	230			
0,32	256			

70%	<b>DIA SOMBREADO</b>	
	<b>Este</b>	
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)
—		

19. Resultados modelo base con 70% de obstrucción, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

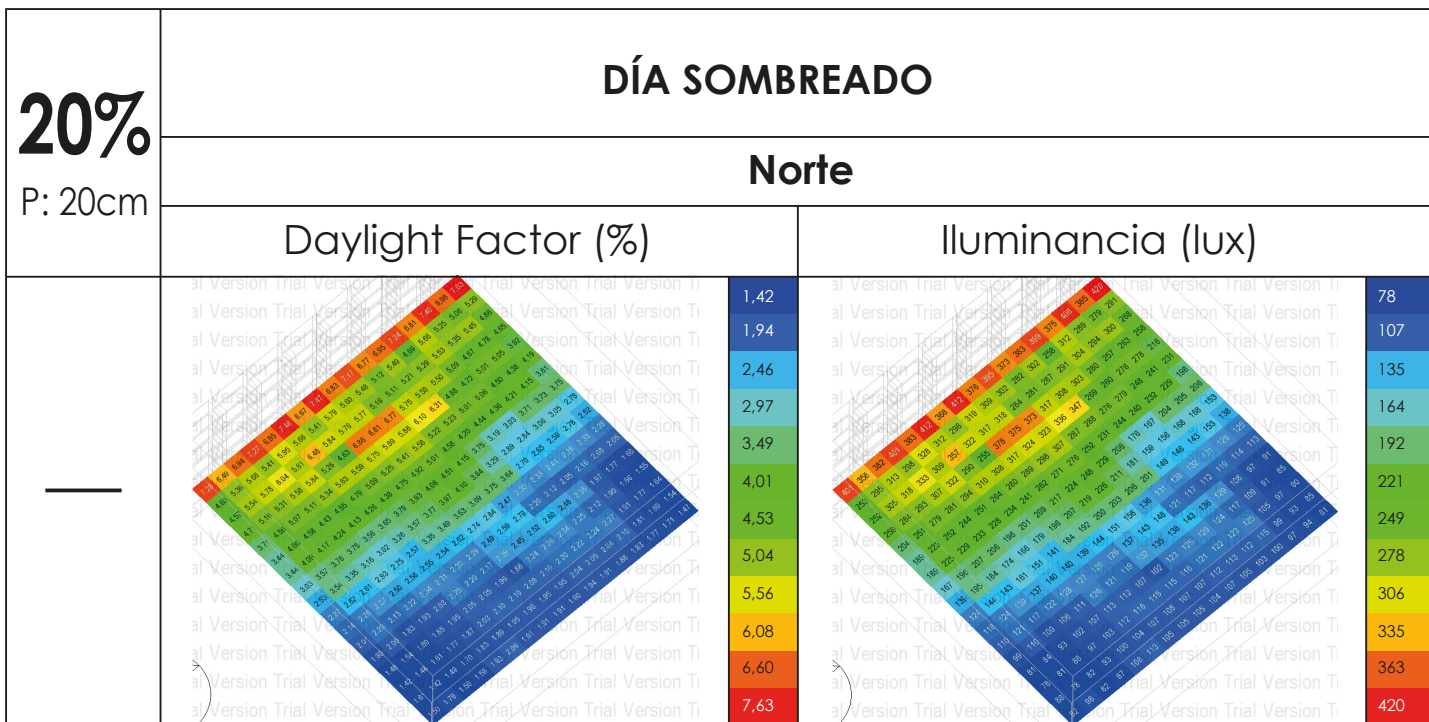




20. Resultados modelo base con 20% de obstrucción de 20cm de profundidad, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

20% P: 20cm	SOLSTICIO - DÍA SOLEADO (21 Junio)			
	Norte			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
08h00		1.42		401
		1.93		545
		2.44		690
		2.96		834
		3.47		978
		3.98		1123
		4.49		1267
		5.00		1411
		5.51		1556
		6.02		1700
6.54	1845			
7.56	2133			
09h00		1.08		510
		6.62		3139
		12.16		5768
		17.70		8396
		23.24		11025
		28.79		13653
		34.33		16282
		39.87		18911
		45.41		21539
		50.95		24168
56.49	26796			
67.58	32054			
10h00		0.95		588
		1.19		739
		1.43		890
		1.67		1041
		1.92		1192
		2.16		1342
		2.40		1493
		2.64		1644
		2.89		1795
		3.13		1946
3.37	2097			
3.86	2399			
12h00		0.80		608
		1.03		787
		1.26		965
		1.49		1144
		1.73		1322
		1.96		1501
		2.19		1679
		2.43		1858
		2.66		2036
		2.89		2215
3.13	2393			
3.59	2750			

20% P: 20cm	SOLSTICIO - DÍA SOLEADO (21 Junio)			
	Norte			
	Daylight Factor (%)		Iluminancia (lux)	
14h00		0,81		552
		1,05		719
		1,29		885
		1,54		1052
		1,78		1219
		2,02		1386
		2,27		1553
		2,51		1719
		2,75		1886
		3,00		2053
3,24	2220			
3,73	2553			
15h00		1,00		564
		1,27		720
		1,55		876
		1,82		1032
		2,10		1188
		2,38		1343
		2,65		1499
		2,93		1655
		3,20		1811
		3,48		1967
3,75	2123			
4,30	2434			
16h00		1,18		468
		6,62		2632
		12,06		4796
		17,50		6961
		22,94		9125
		28,38		11290
		33,83		13454
		39,27		15618
		44,71		17783
		50,15		19947
55,59	22111			
66,47	26440			
17h00		1,69		322
		2,34		445
		2,99		568
		3,64		691
		4,28		814
		4,93		937
		5,58		1060
		6,23		1183
		6,87		1306
		7,52		1429
8,17	1553			
9,46	1799			



21. Resultados modelo base con 30% de obstrucción de 20cm de profundidad, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.

30% P: 20cm	SOLSTICIO - DÍA SOLEADO (21 Junio)		
	Norte		
	Daylight Factor (%)	Iluminancia (lux)	
08h00		0.88	247
		1.10	309
		1.32	372
		1.54	435
		1.77	498
		1.99	561
		2.21	623
		2.43	686
		2.66	749
		2.88	812
3.10	874		
3.55	1000		
09h00		0.77	365
		0.93	442
		1.09	519
		1.26	596
		1.42	673
		1.58	750
		1.74	827
		1.91	904
		2.07	981
		2.23	1058
2.39	1135		
2.72	1289		
10h00		0.68	424
		0.82	508
		0.95	592
		1.09	676
		1.22	760
		1.36	844
		1.49	928
		1.63	1012
		1.76	1097
		1.90	1181
2.03	1265		
2.30	1433		
12h00		0.57	439
		0.69	532
		0.82	624
		0.94	716
		1.06	808
		1.18	900
		1.30	992
		1.42	1085
		1.54	1177
		1.66	1269
1.78	1361		
2.02	1545		

# 30%

P: 20cm

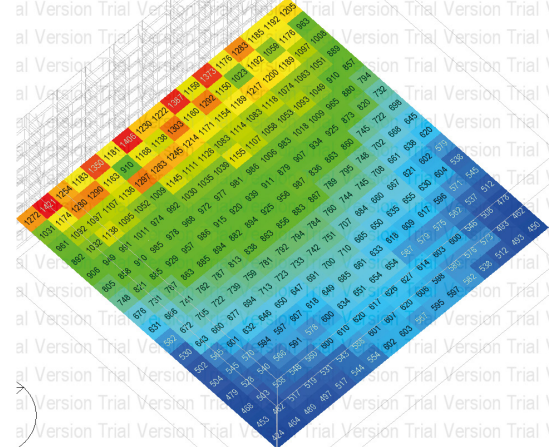
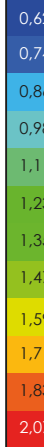
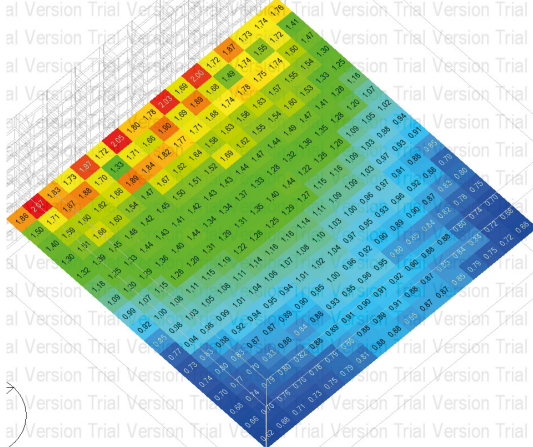
## SOLSTICIO - DÍA SOLEADO (21 Junio)

### Norte

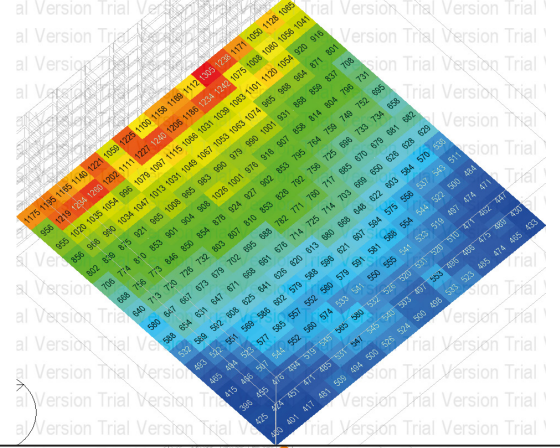
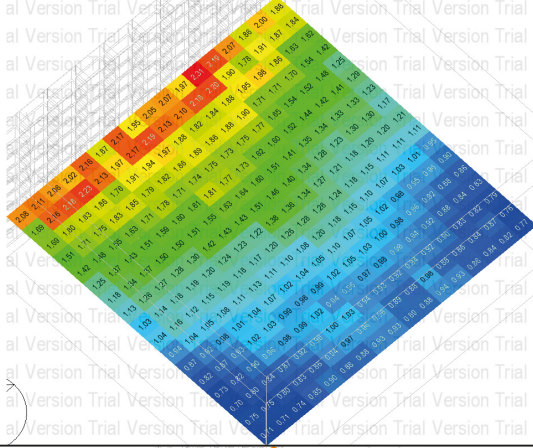
#### Daylight Factor (%)

#### Iluminancia (lux)

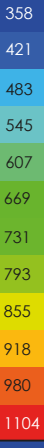
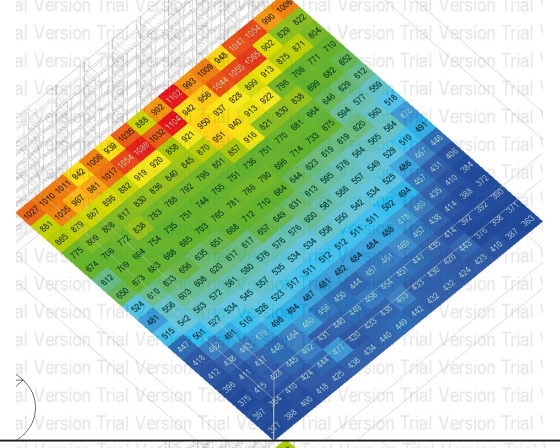
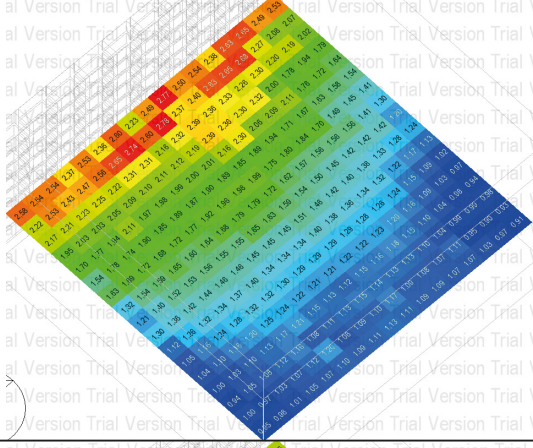
### 14h00



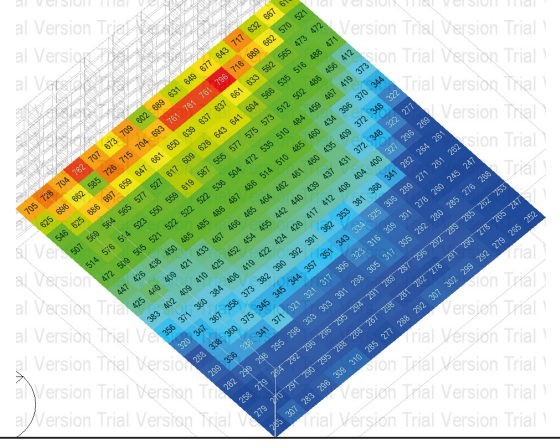
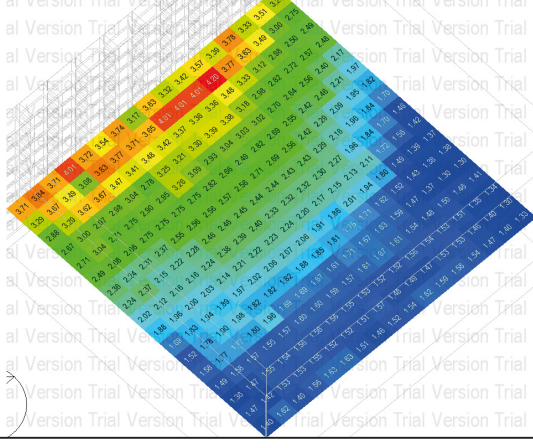
### 15h00

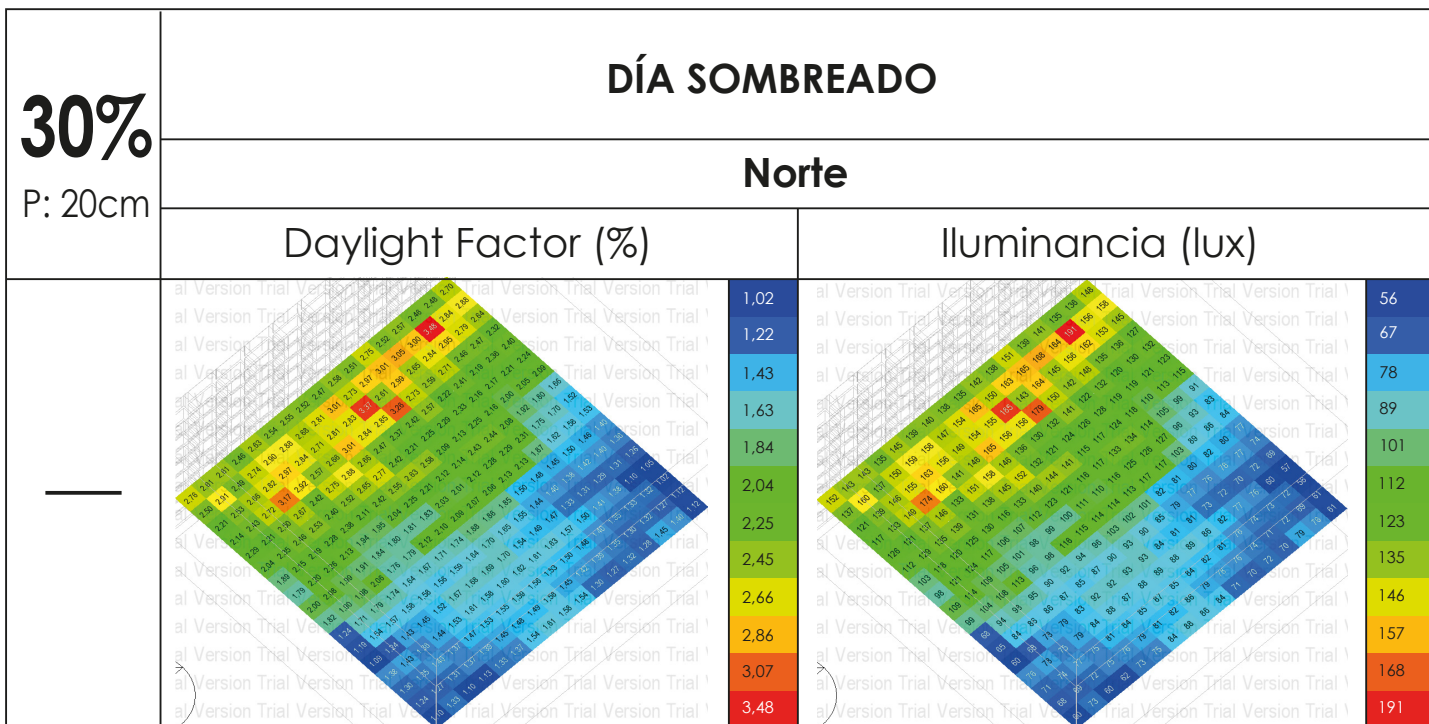


### 16h00

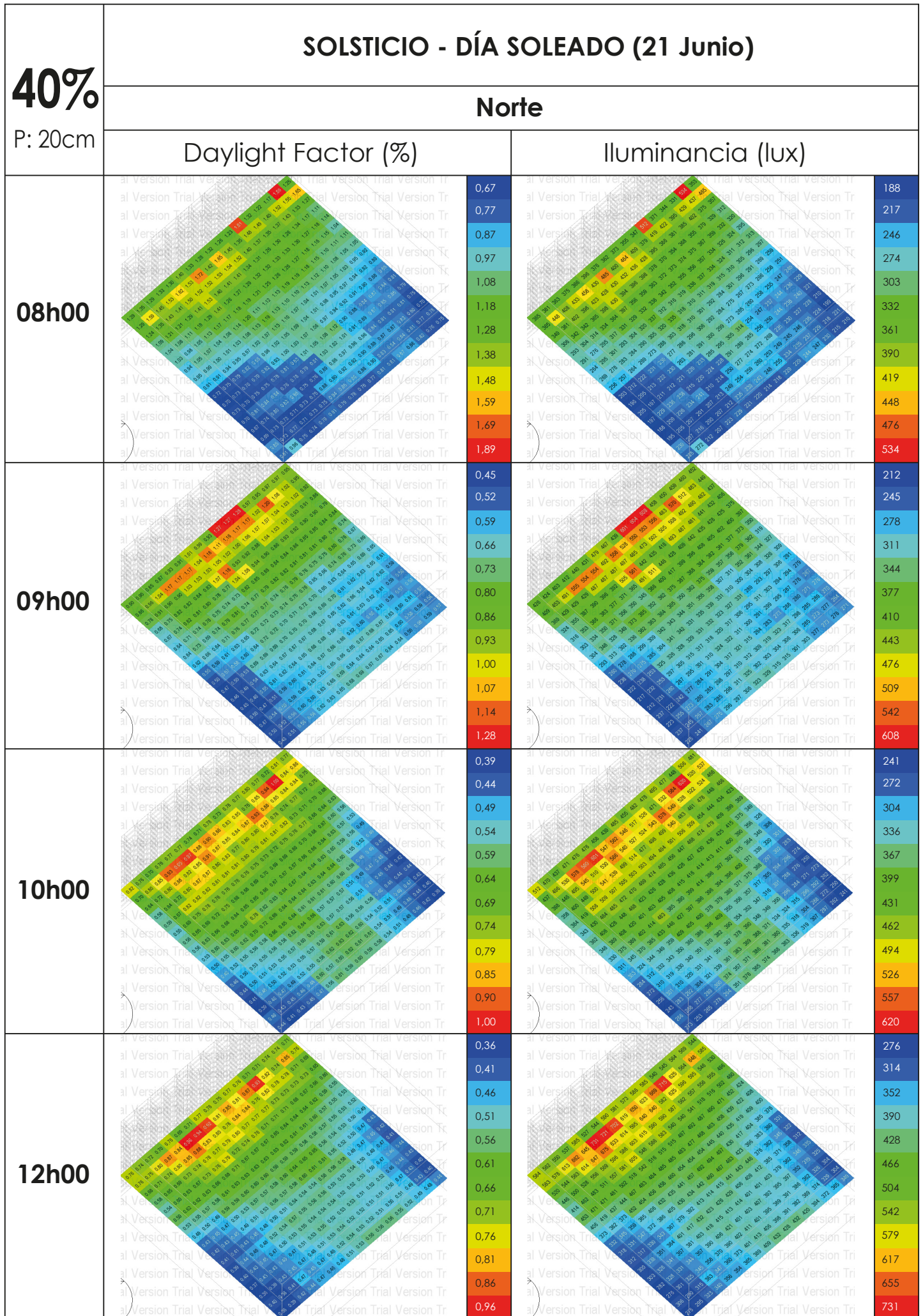


### 17h00





22. Resultados modelo base con 40% de obstrucción de 20cm de profundidad, día soleado y sombreado (21 de junio), orientación Norte.



# SOLSTICIO - DÍA SOLEADO (21 Junio)

**40%**

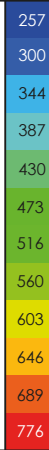
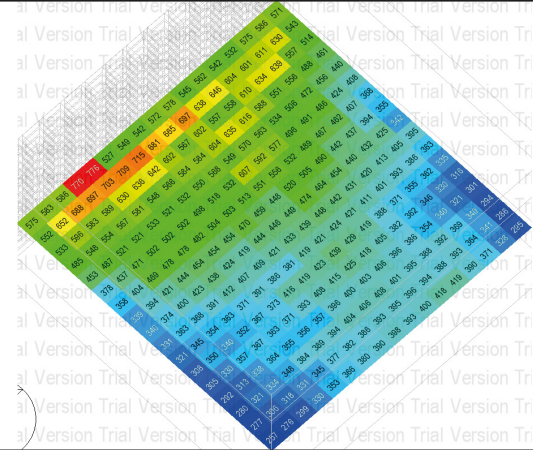
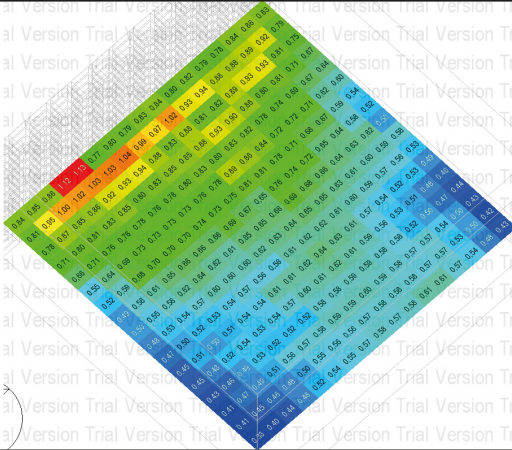
P: 20cm

**Norte**

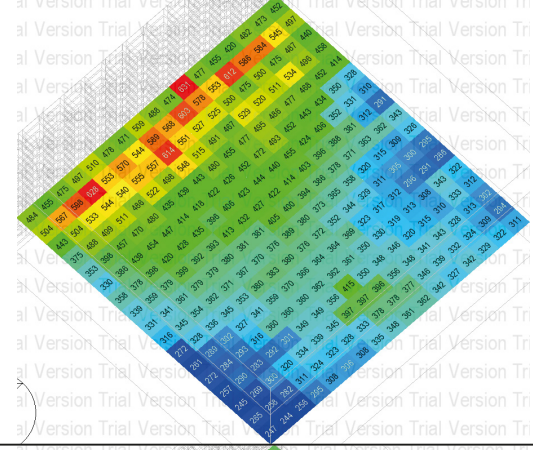
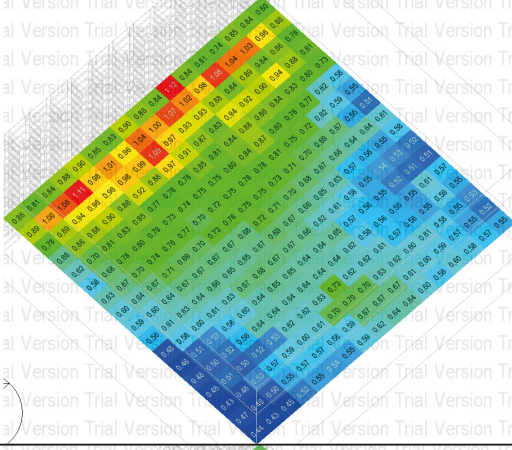
**Daylight Factor (%)**

**Iluminancia (lux)**

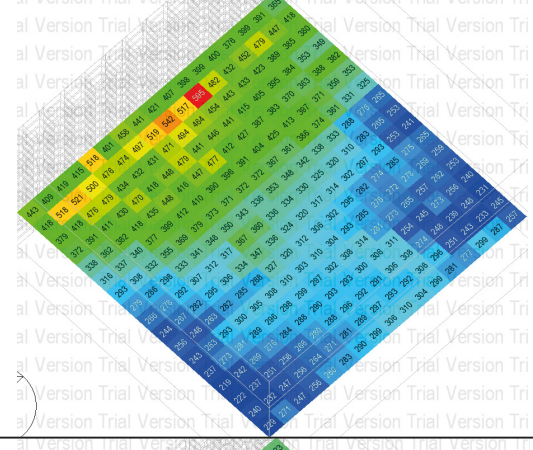
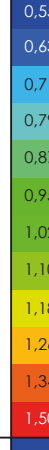
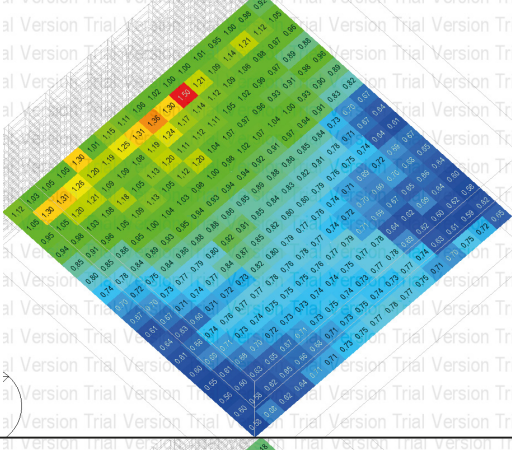
**14h00**



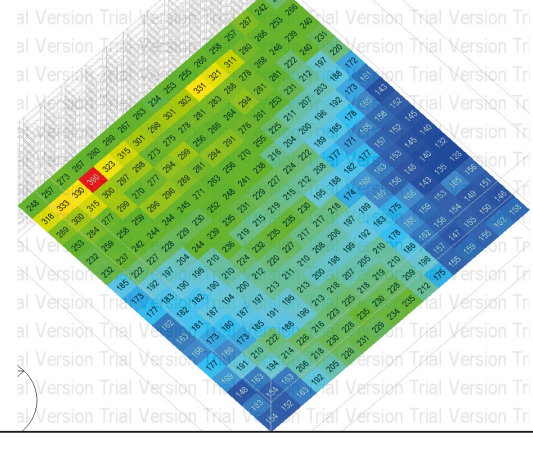
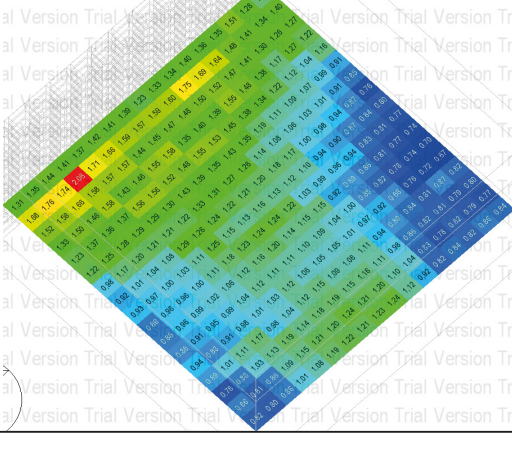
**15h00**

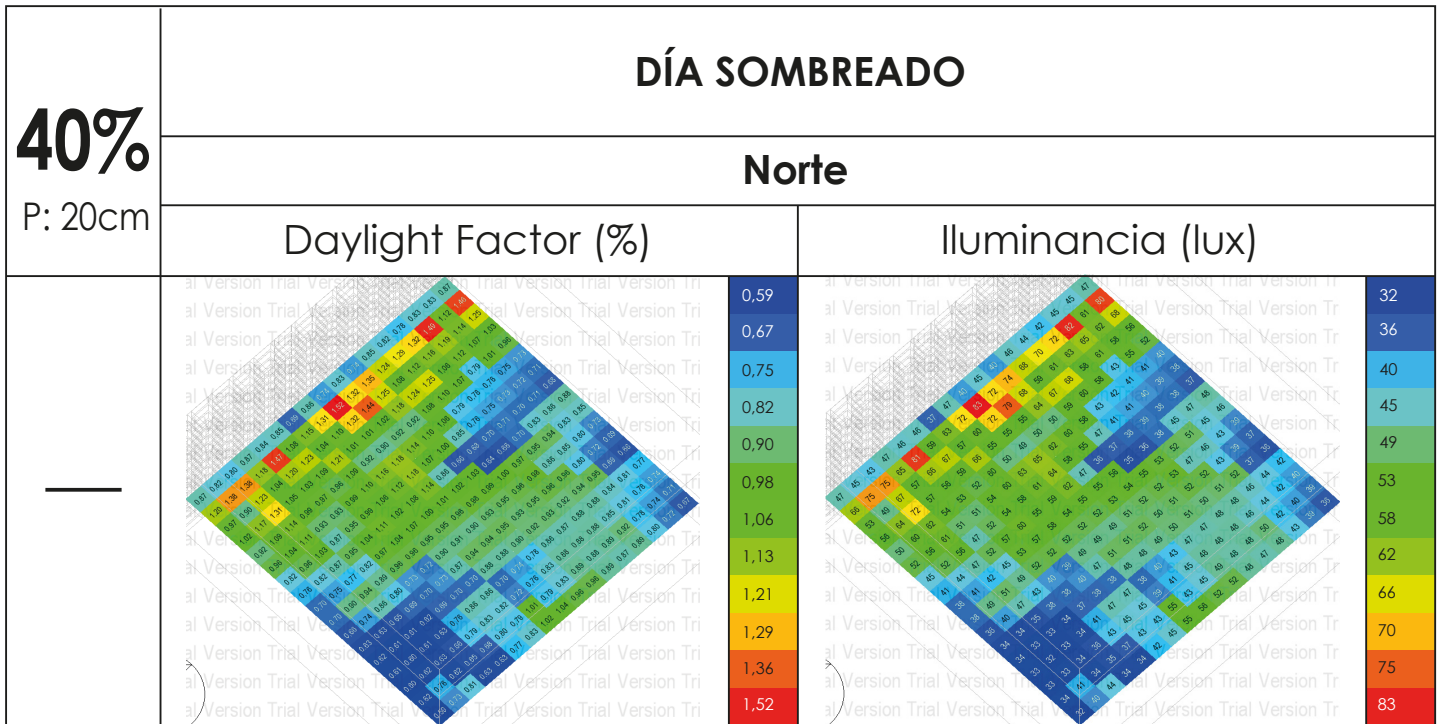


**16h00**



**17h00**

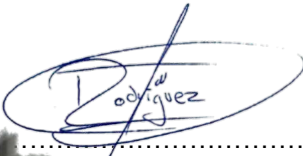




## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL


Nosotros, **Diego Mateo Rodríguez Peralta** y **Leonardo Joel Falconí España** portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0106020399 y 0605118165. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“La capacidad de iluminación de filtros solares verticales”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **25 de septiembre de 2024**

F:  .....

Diego Mateo Rodríguez Peralta

0106020399

F:  .....

Leonardo Joel Falconi España

0605118165