

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA  
LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE UN PROYECTO  
INMOBILIARIO EN LA CIUDAD DE QUITO**

**DISEÑO PASIVO PARA OPTIMIZACIÓN EN EL CONSUMO  
ENERGÉTICO (BIM 6D)**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**LUIS FERNANDO JIMÉNEZ LASCANO**

**[luis.jimenez01@epn.edu.ec](mailto:luis.jimenez01@epn.edu.ec)**

**DIRECTOR: ING. PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR, MSc**

**[pablo.pinto@epn.edu.ec](mailto:pablo.pinto@epn.edu.ec)**

**DMQ, agosto 2024**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, LUIS FERNANDO JIMÉNEZ LASCANO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**LUIS FERNANDO JIMÉNEZ LASCANO**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por LUIS FERNANDO JIMÉNEZ LASCANO, bajo mi supervisión.

---

**ING. PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR, MSc**  
**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

LUIS FERNANDO JIMÉNEZ LASCANO

ING. PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR, MSc

## DEDICATORIA

A quienes han sido mi apoyo incondicional y una fuente constante de inspiración, este trabajo es un reflejo de su aliento inquebrantable.

En primer lugar, dedico este trabajo a mis padres, María y Ángel, por ser un ejemplo de esfuerzo y sacrificio. Gracias por enseñarme a ser una persona trabajadora, a enfrentar la vida con valentía y a seguir adelante.

A mi hermano Eduardo, por asumir responsabilidades que van más allá de las de un hermano mayor. Su dedicación marcó una diferencia en nuestra familia cuando nadie más podía. Cambió el rumbo de mi vida y mejoró mi situación, brindándome mejores oportunidades.

A mi hermano Freddy, por ser una guía en mi camino hacia la persona que aspiro a ser. Me enseñaste que cada situación en la vida tiene un propósito, aunque a veces no lo comprendamos. Gracias a ti, he aprendido a encontrar sentido en los desafíos y a seguir adelante sin rendirme.

A mi hermano Juan, por ser un ejemplo de perseverancia y de la importancia de perseguir nuestros sueños. Eres una persona que logra lo que se propone, sin importar las opiniones ajenas, y me inspiras a hacer lo mismo.

A mi hermana Viví, que, a pesar de los momentos difíciles, has encontrado la manera de fortalecerte. Tu esfuerzo y perseverancia no pasan desapercibidos. Espero que encuentres la inspiración para recordar que tu futuro es brillante. Te agradezco por ser quién eres y por seguir creyendo en ti misma.

A mi hermana Katy, por ser un modelo de superación. Eres el tipo de persona que sigue intentando y esforzándose cada día para alcanzar sus aspiraciones y las de los demás. Disfrutas de los momentos de la vida, dejando de lado las preocupaciones.

A mi hermano Sebas, que constantemente me enseña a reconocer mis errores. Eres una persona inolvidable que siempre trae alegría a mi vida. Gracias por ser una inspiración en los momentos más difíciles y por estar a mi lado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mí mismo por haber superado cada desafío y por no haber desistido ante las adversidades. Cada paso que he dado en mi crecimiento personal ha sido significativo.

Me reconozco por el esfuerzo y la dedicación que he puesto en mi etapa como estudiante universitario. Siempre he dado lo mejor de mí y nunca me he rendido. Cada momento en esta fase de mi vida ha traído recuerdos y experiencias inolvidables que me han hecho darme cuenta de que, al final, todo ha valido la pena.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional, quienes me han mostrado que ser un gran profesional va más allá de obtener un título. Su integridad y respeto me han enseñado a ser una persona con determinación y valores.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Pablo Pinto, por brindarme la oportunidad de participar en este Trabajo de Integración Curricular. Esta experiencia ha sido un motivo más para demostrarme a mí mismo que soy capaz de lograr cualquier cosa y de superarme constantemente.

Finalmente, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mis compañeros y amigos que han estado a mi lado a lo largo de esta carrera, llenando mi vida de un sinfín de recuerdos inolvidables. Esteban, Mary, Vale, Belén, Alex, Pamela y Kevin, su apoyo y compañía han sido fundamentales en este trayecto.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT .....	XVI
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO .....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	3
1.4.1 Metodología BIM.....	3
1.4.1.1 Conceptos sobre BIM.....	4
1.4.2 BIM 6D: Sostenibilidad energética .....	5
1.4.3 Eficiencia energética.....	5
1.4.4 Análisis Energético .....	6
1.4.5 Estrategias de diseño arquitectónico pasivo .....	6
1.4.5.1 Orientación .....	6
1.4.5.2 Aislamiento térmico.....	8
1.4.5.3 Inercia térmica .....	8
1.4.5.4 Puentes térmicos .....	9
1.4.6 Estrategias de Calentamiento Pasivo .....	9

1.4.6.1	Ganancias Solares Directas.....	9
1.4.6.2	Ganancias Solares Indirectas .....	9
1.4.6.3	Masa Térmica .....	9
1.4.7	Estrategias de Enfriamiento Pasivo .....	10
1.4.7.1	Ventilación cruzada.....	10
1.4.7.2	Ventilación debido a la masa térmica durante la noche.....	10
1.4.8	Estrategias de Iluminación Natural .....	11
1.4.8.1	Estrategias de captación.....	11
1.4.8.2	Métodos para maximizar la luz natural.....	12
1.4.8.3	Estrategias de protección solar .....	13
1.5	Descripción climática.....	14
1.5.1	Temperatura .....	14
1.5.2	Precipitación .....	16
1.5.3	Nubes .....	16
1.5.4	Vientos .....	17
1.5.5	Sol .....	18
1.5.6	Humedad Relativa .....	18
2	METODOLOGÍA .....	19
2.1	Descripción general del proyecto inmobiliario .....	19
2.1.1	Ubicación del proyecto.....	19
2.1.2	Descripción del terreno y arquitectura del proyecto .....	20
2.2	Estrategias Generales de diseño pasivo .....	22
2.2.1	Estrategias en invierno .....	22
2.2.2	Estrategias en verano.....	22
2.3	Características de los elementos constructivos del proyecto.....	23
2.3.1	Zonificación y requisitos de la envolvente según la NEC-HS-EE. ....	23
2.3.2	Resistencia y transmitancia térmicas.....	25
2.3.2.1	Resistencia térmica de una capa de material, R expresado en m <sup>2</sup> xK/W	

2.3.2.2	Resistencia térmica total de un elemento compuesto, RT expresado en $m^2 \times K/W$ .....	25
2.3.3	Resistencia térmica total y transmitancia térmica de elementos constructivos .....	26
2.3.3.1	Resistencias térmicas de superficie .....	26
2.3.3.2	Elementos simples y homogéneos.....	26
2.3.3.3	Elementos compuestos por varias capas homogéneas.....	27
2.3.4	Cálculo de la resistencia y transmitancia térmicas de los sistemas constructivos para el proyecto.....	27
2.3.4.1	Techo.....	28
2.3.5	Cielo Falso.....	28
2.3.6	Paredes .....	30
2.3.7	Piso .....	31
2.3.8	Puerta.....	31
2.3.9	Ventanas .....	32
2.4	Orientación óptima .....	33
2.4.1.1	Orientación según la trayectoria del sol.....	33
2.4.1.2	Orientación según a los vientos predominantes .....	34
2.4.1.3	Modelación Arquitectónica y Estructural del proyecto .....	37
2.4.1.4	Preparación del modelo para el análisis de cargas de calefacción y refrigeración en Revit.....	39
2.4.1.5	Orientación según la demanda de calefacción y refrigeración.....	42
2.5	Optimización energética con Insight.....	45
2.6	Análisis energético .....	53
2.6.1	Análisis de Iluminación .....	53
2.6.2	Análisis de Radiación Solar .....	59
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
3.1	Resultados .....	61
3.1.1	Orientación óptima para el proyecto .....	61

3.1.2	Comparación entre el modelo con materiales de alta resistencia térmica y otro modelo con materiales de baja resistencia térmica .....	62
3.1.3	Resultados del análisis de eficiencia energética y costo energético .....	63
3.1.4	Resultados del análisis de iluminación.....	67
3.2	Conclusiones .....	70
3.3	Recomendaciones .....	71
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
5	ANEXOS .....	75
	ANEXO I. Configuración de tipo de espacio para dormitorios.....	75
	ANEXO II. Configuración de tipo de espacio para baños .....	75
	ANEXO III. Configuración de tipo de espacio para cocina.....	76
	ANEXO IV. Configuración de tipo de espacio para pasillos.....	76
	ANEXO V. Configuración de tipo de espacio para comedor .....	77
	ANEXO VI. Configuración de tipo de espacio para sala .....	77
	ANEXO VII. Resultados de demanda de calefacción para cada orientación obtenidos con Revit.....	78
	ANEXO VIII. Resultados de demanda de refrigeración para cada orientación obtenidos con Revit.....	80
	ANEXO IX. Número de espacios interiores con demanda mínima de calefacción .....	82
	ANEXO X. Número de espacios interiores con demanda mínima de refrigeración .....	83
	ANEXO XI. Vidrio de ventana.....	84
	ANEXO XII. Construcción de muros.....	85
	ANEXO XIII. Construcción de techos .....	86
	ANEXO XIV. Optimización de la Torre de 4 pisos (USD/m <sup>2</sup> /año).....	87
	ANEXO XVI. Optimización de la Torre de 5 pisos (kWh/m <sup>2</sup> /año) .....	99
	ANEXO XVII. Iluminación interior del último piso de ambas torres en el solsticio de verano.....	105
	ANEXO XVIII. Iluminación interior del último piso de ambas torres en el solsticio de invierno .....	106

ANEXO XIX. Iluminación interior del último piso de ambas torres en el equinoccio de primavera .....	108
ANEXO XX. Iluminación interior del último piso de ambas torres en el equinoccio de primavera .....	110
ANEXO XXI. Iluminación interior media de espacios interiores del departamento 1 de la Torre de 5 pisos .....	112
ANEXO XXII. Iluminación interior media de espacios interiores del departamento 2 de la Torre de 5 pisos.....	114
ANEXO XXIII. Iluminación interior media de espacios interiores del departamento 1 de la Torre de 4 pisos.....	117
ANEXO XXIV. Iluminación interior media de espacios interiores del departamento 2 de la Torre de 4 pisos.....	119
ANEXO XXV. EIR del proyecto .....	121
ANEXO XXVI. BEP del proyecto .....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Niveles de detalle (LOD) .....	4
<b>Figura 1.2</b> Edificio con latitudes desde 0° (ecuador) hasta 60° con respecto al norte .....	7
<b>Figura 1.3</b> Orientación según el ángulo entre el norte y la recta perpendicular a la fachada de un edificio .....	8
<b>Figura 1.4</b> Puente térmico en tabique perimetral y estructura metálica .....	9
<b>Figura 1.5</b> Ventilación en aperturas dispuesta en diferentes posiciones.....	10
<b>Figura 1.6</b> Distancia recomendada para ventilación natural .....	10
<b>Figura 1.7</b> Comportamiento de la luz lateral y cenital en diferentes estaciones.....	11
<b>Figura 1.8</b> Efecto de diferentes diseños de ventanas en la distribución de luz .....	12
<b>Figura 1.9</b> Aleros horizontales exteriores fijos .....	13
<b>Figura 1.10</b> Cortasoles y celosías .....	13
<b>Figura 1.11</b> Tipos de dispositivos de protección solar exteriores.....	14
<b>Figura 1.12</b> Tipos de protecciones solares interiores .....	14
<b>Figura 1.13</b> Temperaturas promedio en Quito.....	15
<b>Figura 1.14.</b> Temperatura media por hora en Quito .....	15
<b>Figura 1.15.</b> Precipitación promedio mensual de lluvia en Quito .....	16
<b>Figura 1.16.</b> Categorías de nubosidad en Quito .....	17
<b>Figura 1.17</b> Velocidad promedio del viento en Quito .....	17
<b>Figura 1.18</b> Dirección del viento en Quito.....	18
<b>Figura 1.19</b> Horas de luz natural y crepúsculo en Quito .....	18
<b>Figura 1.20.</b> Humedad Relativa en Quito .....	19
<b>Figura 2.1.</b> Ubicación del proyecto inmobiliario .....	19
<b>Figura 2.2.</b> Implantación General del proyecto .....	20
<b>Figura 2.3</b> Fachada frontal del proyecto.....	20
<b>Figura 2.4</b> Planta general de un bloque.....	21
<b>Figura 2.5</b> Plata departamento tipo .....	21
<b>Figura 2.6.</b> Mapa de zonas climáticas del Ecuador .....	23
<b>Figura 2.7.</b> Sistema constructivo: techo y cielo falso .....	27
<b>Figura 2.8.</b> Sistema constructivo: pared exterior e interior.....	29
<b>Figura 2.9.</b> Elementos constructivos: vidrio doble y puerta de madera sólida.....	31
<b>Figura 2.10.</b> Gráfica solar con temperatura horaria, Quito.....	33
<b>Figura 2.11.</b> Rosa de los vientos anual y mensual, Quito .....	37
<b>Figura 2.12.</b> Modelo con elementos estructurales y arquitectónicos.....	38

<b>Figura 2.13.</b> Modelo únicamente con elementos delimitadores de espacio .....	39
<b>Figura 2.14.</b> Ubicación y estación meteorológica seleccionadas para el proyecto en Revit .....	39
<b>Figura 2.15.</b> Espacios analíticos para ambas torres .....	40
<b>Figura 2.16.</b> Configuración de tipo de espacio .....	40
<b>Figura 2.17.</b> Configuración de energía avanzada.....	41
<b>Figura 2.18.</b> Modelo energético.....	41
<b>Figura 2.19.</b> Etiquetas de espacios interiores de cada torre .....	42
<b>Figura 2.20.</b> Demanda de calefacción Total ( $W/m^2$ ) según la orientación.....	43
<b>Figura 2.21.</b> Demanda de refrigeración Total ( $W/m^2$ ) según la orientación.....	43
<b>Figura 2.22.</b> Demanda de calefacción ( $W/m^2$ ) según la orientación .....	44
<b>Figura 2.23.</b> Demanda de refrigeración Total ( $W/m^2$ ) según la orientación.....	44
<b>Figura 2.24.</b> Enumeración para torres de 5 pisos.....	45
<b>Figura 2.25.</b> Enumeración para torres de 4 pisos.....	46
<b>Figura 2.26.</b> Eficiencia energética ( $kWh/m^2/año$ ) – Comparación entre Torres de 5 pisos .....	46
<b>Figura 2.27.</b> Eficiencia energética ( $kWh/m^2/año$ ) – Comparación entre Torres de 4 pisos .....	46
<b>Figura 2.28.</b> Eficiencia energética inicial y costo energético inicial – Torre 4 pisos .....	47
<b>Figura 2.29.</b> Factores que condicionan la eficiencia energética de un edificio.....	49
<b>Figura 2.30.</b> Horario de funcionamiento .....	49
<b>Figura 2.31.</b> Eficiencia de iluminación y carga.....	50
<b>Figura 2.32.</b> Sistema de climatización.....	51
<b>Figura 2.33.</b> Sistema fotovoltaico .....	52
<b>Figura 2.34.</b> Eficiencia energética inicial y costo energético inicial – Torre 5 pisos .....	52
<b>Figura 2.35.</b> Etiqueta de rangos de iluminación (lx).....	54
<b>Figura 2.36.</b> Solsticio de verano sin uso de protectores solares, izquierda: Iluminación lx: 6/21 11 a.m.; derecha: Iluminación lx: 6/21 4 p.m.....	54
<b>Figura 2.37.</b> Izquierda: celosía, derecho: cortina enrollable tipo cebra .....	54
<b>Figura 2.38.</b> Solsticio de verano con uso de protectores solares (Cortina enrollable tipo cebra abierta y celosía exterior), izquierda: Iluminación lx: 6/21 11 a.m.; derecha: Iluminación lx: 6/21 4 p.m. ....	55
<b>Figura 2.39.</b> Vista interior de la sala con celosía como protector solar .....	55
<b>Figura 2.40.</b> Grafica solar con temperatura horaria y mascara transportador de sombras. Izquierda: 1er semestre, derecha: 2do semestre .....	56
<b>Figura 2.41.</b> Determinación de la longitud del volado .....	56

<b>Figura 2.42.</b> Iluminación en el solsticio de verano 9 a.m. Izquierda: torres con volados, derecha: torres sin volado.....	57
<b>Figura 2.43.</b> Iluminación en el solsticio de verano 3 p.m. Izquierda: torres con volados, derecha: torres sin volado.....	57
<b>Figura 2.44.</b> Proyección de sombras.....	58
<b>Figura 2.45.</b> Etiqueta de radiación para el solsticio de verano (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	59
<b>Figura 2.46.</b> Radiación solar en el solsticio de verano.....	60
<b>Figura 2.47.</b> Etiqueta de radiación para el solsticio de invierno (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	60
<b>Figura 2.48.</b> Radiación solar en el solsticio de invierno .....	60
<b>Figura 3.1.</b> Orientación optima de acuerdo a la trayectoria del sol y los vientos predominantes.....	61
<b>Figura 3.2.</b> Demanda de Calefacción Total (W/m <sup>2</sup> ) - Orientación optima.....	62
<b>Figura 3.3.</b> Demanda de Refrigeración Total (W/m <sup>2</sup> ) - Orientación optima .....	62
<b>Figura 3.4.</b> Demanda de Calefacción Total (W/m <sup>2</sup> ) - Comparación entre materiales según su resistencia térmica .....	63
<b>Figura 3.5.</b> Demanda de Refrigeración Total (W/m <sup>2</sup> ) - Comparación entre materiales según su resistencia térmica.....	63
<b>Figura 3.6.</b> Eficiencia energética y costo energético de la Torre de 4 pisos antes y después de la optimización.....	64
<b>Figura 3.7.</b> Eficiencia energética y costo energético de la Torre de 4 pisos antes y después de la optimización.....	64
<b>Figura 3.8.</b> Eficiencia energética (kWh/m <sup>2</sup> /año) –Torre de 4 pisos – 16.....	65
<b>Figura 3.9.</b> Costo energético (USD/m <sup>2</sup> /año) –Torre de 4 pisos – 16 .....	65
<b>Figura 3.10.</b> Eficiencia energética (kWh/m <sup>2</sup> /año) –Torre de 5 pisos – 9.....	66
<b>Figura 3.11.</b> Costo energético (USD/m <sup>2</sup> /año) –Torre de 5 pisos – 9 .....	66
<b>Figura 3.12.</b> Modelo sin protectores solares.....	69
<b>Figura 3.13.</b> Modelo con protectores solares .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Temperatura promedio diaria.....	15
<b>Tabla 1.2.</b> Precipitación promedio mensual en Quito.....	16
<b>Tabla 1.3.</b> Porcentaje de cielo cubierto por nubes en Quito.....	17
<b>Tabla 1.4.</b> El promedio de las velocidades medias horarias del viento .....	17
<b>Tabla 1.5.</b> Humedad relativa en Quito (%).....	19
<b>Tabla 2.1.</b> Zonificación climática.....	24
<b>Tabla 2.2.</b> Requisitos para la zona climática 3.....	24
<b>Tabla 2.3.</b> Materiales para los sistemas constructivos del proyecto.....	24
<b>Tabla 2.4.</b> Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$ .....	26
<b>Tabla 2.5.</b> Resistencia y transmitancia térmicas del techo.....	28
<b>Tabla 2.6.</b> Resistencia térmica y transmitancia térmica del cielo falso .....	29
<b>Tabla 2.7.</b> Resistencia y transmitancia térmicas de paredes exteriores .....	30
<b>Tabla 2.8.</b> Resistencia térmica y transmitancia térmica de paredes interiores .....	30
<b>Tabla 2.9.</b> Resistencia y transmitancia térmicas de paredes exteriores .....	31
<b>Tabla 2.10</b> Transmitancia térmica de puertas.....	31
<b>Tabla 2.11.</b> Transmitancia térmica de ventanas .....	32
<b>Tabla 2.12.</b> Resumen del comportamiento térmico de los elementos constructivos del proyecto.....	32
<b>Tabla 2.13</b> Características de elementos modelados en Revit .....	37
<b>Tabla 2.14.</b> Número de espacios interiores para cada orientación en la que la demanda de calefacción es mínima .....	44
<b>Tabla 2.15.</b> Número de espacios interiores para cada orientación en la que la demanda de Refrigeración es mínima .....	45
<b>Tabla 2.16.</b> VEEI máximo.....	50
<b>Tabla 2.17.</b> Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda.....	53
<b>Tabla 2.18.</b> Valores de iluminación de la habitación 1 del departamento 1 del último piso de la Torre de 5 pisos .....	58
<b>Tabla 3.1.</b> Eficiencia energética ( $kWh/m^2/año$ ) de factores con mayor incidencia –Torre de 4 pisos – 16 .....	65
<b>Tabla 3.2.</b> Costo energético ( $USD/m^2/año$ ) de factores con mayor incidencia –Torre de 4 pisos – 16 .....	65
<b>Tabla 3.3.</b> Eficiencia energética ( $kWh/m^2/año$ ) de factores con mayor incidencia –Torre de 5 pisos – 9 .....	66

<b>Tabla 3.4.</b> Costo energético (USD/m <sup>2</sup> /año) de factores con mayor incidencia –Torre de 5 pisos – 9 .....	67
<b>Tabla 3.5.</b> Niveles de iluminación al interior del departamento 1 del último piso de la torre de 4 pisos .....	67
<b>Tabla 3.6.</b> Niveles de iluminación al interior del departamento 2 del último piso de la torre de 4 pisos .....	67
<b>Tabla 3.7.</b> Niveles de iluminación al interior del departamento 1 del último piso de la torre de 5 pisos .....	68
<b>Tabla 3.8.</b> Niveles de iluminación al interior del departamento 2 del último piso de la torre de 5 pisos .....	68

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 2.1.</b> Resistencia térmica de una capa de material .....	25
<b>Ecuación 2.2.</b> Resistencia térmica total de un elemento compuesto.....	25
<b>Ecuación 2.3.</b> Resistencia total para elementos simples y homogéneos.....	26
<b>Ecuación 2.4.</b> Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas homogéneas.....	27

## RESUMEN

Este trabajo se orienta en la implementación de la metodología BIM (Modelado de Información de Construcción) para la planificación y ejecución de un proyecto inmobiliario en la ciudad de Quito. Se investiga cómo el diseño pasivo puede optimizar el consumo energético de edificaciones, contribuyendo a la sostenibilidad y al confort de los ocupantes. Mediante el uso de simulaciones energéticas y un análisis exhaustivo de la orientación del edificio, se identifican estrategias que permiten reducir significativamente la demanda de calefacción y refrigeración, lo que resulta en un uso más eficiente de los recursos energéticos disponibles.

La investigación destaca la importancia de integrar herramientas BIM 6D en el proceso de diseño, facilitando una mejor toma de decisiones al considerar el rendimiento energético desde las etapas iniciales del proyecto. Se concluye que la implementación de estas metodologías no solo mejora la eficiencia energética de los edificios, sino que también incrementa la calidad de vida de los residentes al proporcionar un entorno más saludable y confortable.

Asimismo, se evalúa la viabilidad de aplicar estas estrategias en futuros proyectos inmobiliarios en la región, promoviendo un desarrollo urbano responsable y sostenible. Este trabajo no solo aporta al campo del diseño arquitectónico, sino que también establece un precedente para la adopción de prácticas de construcción más eficientes en contextos similares, resaltando la necesidad de un enfoque integral que contemple tanto el diseño como la gestión energética, y fomentando un compromiso hacia la sostenibilidad en el sector de la construcción.

**PALABRAS CLAVE:** BIM 6D, diseño pasivo, consumo energético, eficiencia energética, confort, sostenibilidad.

## **ABSTRACT**

This work focuses on the implementation of BIM (Building Information Modeling) methodology for the planning and execution of a real estate project in the city of Quito. It investigates how passive design can optimize energy consumption in buildings, contributing to sustainability and occupant comfort. Using energy simulations and a thorough analysis of the building's orientation, strategies are identified that significantly reduce the demand for heating and cooling, resulting in a more efficient use of available energy resources.

The research highlights the importance of integrating 6D BIM tools into the design process, facilitating better decision-making by considering energy performance from the early stages of the project. It concludes that the implementation of these methodologies not only improves the energy efficiency of buildings but also enhances the quality of life for residents by providing a healthier and more comfortable environment.

Additionally, the feasibility of applying these strategies to future real estate projects in the region is evaluated, promoting responsible and sustainable urban development. This work not only contributes to the field of architectural design but also sets a precedent for adopting more efficient construction practices in similar contexts, emphasizing the need for a comprehensive approach that encompasses both design and energy management, and fostering a commitment to sustainability in the construction sector.

**KEYWORDS:** BIM 6D, passive design, energy consumption, energy efficiency, comfort, sustainability.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La metodología BIM (Building Information Modeling) ha transformado la forma en que se conciben, diseñan y gestionan los proyectos de construcción. Su capacidad para integrar diversas dimensiones de información en un solo modelo permite a los profesionales del sector inmobiliario optimizar procesos, mejorar la colaboración y, sobre todo, fomentar prácticas sostenibles. En este contexto, el componente "Diseño Pasivo para Optimización en el Consumo Energético" se presenta como un elemento crucial en el desarrollo de proyectos inmobiliarios en Quito.

Este componente se desarrolla dentro del marco de la metodología BIM en su dimensión 6D, que se centra en la sostenibilidad y el rendimiento energético de los edificios. Es fundamental para la planificación y ejecución de un proyecto inmobiliario en Quito, donde las condiciones climáticas y las necesidades urbanas requieren un enfoque innovador y eficiente en el uso de la energía.

Una de las principales características de este componente es la integración de simulaciones energéticas utilizando herramientas BIM. Estas simulaciones permiten modelar el comportamiento energético del edificio en diferentes condiciones climáticas y de ocupación. Al realizar estos análisis en la fase de diseño, se pueden hacer ajustes en tiempo real, optimizando elementos como la orientación del edificio, el tamaño y la ubicación de las ventanas, así como las estrategias de aislamiento térmico.

La propuesta de diseño pasivo implica una serie de estrategias que buscan maximizar la eficiencia energética del edificio, minimizando al mismo tiempo su impacto ambiental. A través de un análisis detallado del entorno, se identifican las oportunidades para aprovechar los recursos naturales, como la luz solar y la ventilación natural, contribuyendo a una reducción significativa en la demanda energética del proyecto.

Uno de los aspectos más destacados del diseño pasivo es su capacidad para reducir el consumo energético. Al maximizar la luz natural, se disminuye la necesidad de iluminación artificial durante el día, lo que no solo reduce los costos operativos, sino que también mejora el bienestar de los ocupantes. La incorporación de grandes ventanales y lucernarios permite que la luz solar penetre en los espacios interiores, creando ambientes luminosos y agradables. Además, la correcta ubicación de las aberturas puede facilitar la ventilación cruzada, lo que permite enfriar los espacios de manera natural, reduciendo así la necesidad de aire acondicionado.

La selección de materiales es otro aspecto esencial de este componente. Se priorizan aquellos que ofrecen un alto rendimiento térmico y que son sostenibles, alineándose con las normativas de construcción sostenible y asegurando que el proyecto cumpla con los estándares actuales.

En este sentido, el uso del BIM y su sexta dimensión permite a los profesionales involucrados en el desarrollo de proyectos no solo aplicar estrategias de diseño pasivo, sino también evaluar y mejorar continuamente el rendimiento energético de sus proyectos, enfatizando la relevancia de estas prácticas en el ámbito de la construcción sostenible.

## **1.1 Objetivo general**

Optimizar el consumo energético de un proyecto inmobiliario en la ciudad de Quito mediante estrategias de diseño pasivo y modelado de información de construcción (BIM 6D), garantizando un desempeño energético más eficiente y un mayor confort para los ocupantes.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Optimizar la envolvente del edificio para minimizar las pérdidas de energía, aplicando soluciones constructivas que disminuyan la dependencia de sistemas de climatización mecánicos.
2. Implementar estrategias de diseño pasivo, como una adecuada orientación del edificio, para maximizar el aprovechamiento de las condiciones climáticas locales y reducir la demanda de calefacción y refrigeración.
3. Realizar simulaciones energéticas detalladas que evalúen el impacto de la radiación solar y la iluminación natural en el rendimiento energético del edificio durante los solsticios y equinoccios.

## **1.3 Alcance**

El alcance de esta TIC se centra en el análisis y la aplicación de la metodología BIM (Modelado de Información de Construcción) en un proyecto inmobiliario específico en Quito. Se enfoca en el diseño pasivo como estrategia principal para optimizar el consumo energético, evaluando la eficiencia de diferentes soluciones constructivas y la orientación del edificio.

La investigación incluirá un análisis de las características climáticas de la región para identificar las mejores prácticas de diseño pasivo. Se llevarán a cabo simulaciones

energéticas y estudios de caso que medirán el impacto de las decisiones de diseño en el rendimiento energético, considerando factores como la radiación solar y la iluminación natural.

Además, se evaluará la viabilidad de implementar estas estrategias en futuros proyectos inmobiliarios, contribuyendo a la sostenibilidad y al desarrollo urbano responsable en Quito. Se espera que los hallazgos de esta TIC proporcionen un marco práctico para la aplicación del BIM y el diseño pasivo, sirviendo como guía para profesionales del sector en la construcción de proyectos más sostenibles.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Metodología BIM**

El modelado de información en la construcción, conocido como BIM (Building Information Modeling), constituye un enfoque integral que permite gestionar el desarrollo de proyectos arquitectónicos y de ingenierías, mediante una base de datos conectada a un modelo digital. Este sistema fomenta la colaboración entre todos los participantes y mejora la eficiencia en el uso de recursos y procesos. [1]

La adopción de BIM facilita un diseño parametrizado eficiente. Esto implica que cualquier cambio realizado se actualiza automáticamente en todas las representaciones y documentos asociados al proyecto, garantizando que todos los participantes tengan acceso inmediato a la información más actual. [1]

BIM va más allá de ser simplemente una herramienta de visualización; actúa como un sistema colaborativo. La organización de la información se divide en varias dimensiones:

- 3D Geometría
- 4D Tiempo
- 5D Coste
- 6D Sostenibilidad
- 7D Cierre de ciclos, demolición y reciclaje [1]

En la dimensión 3D, se integran los aspectos geométricos del proyecto. Posteriormente, se añade el componente temporal, que proporciona datos sobre la duración de las actividades constructivas y facilita su planificación. Al incorporar la dimensión del coste, se puede prever y gestionar la inversión necesaria, así como todos los elementos que la componen.

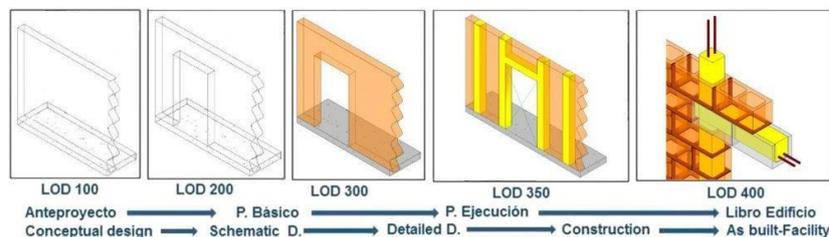
Además, se pueden incluir dimensiones adicionales que superan los enfoques tradicionales. En la sexta dimensión, se consideran las emisiones generadas por los materiales, los procesos y el transporte, así como el análisis del comportamiento del modelo en relación con la iluminación natural, la eficiencia térmica y el impacto del viento, que influyen en el consumo energético del edificio. Finalmente, la séptima dimensión abarca información esencial para el análisis del ciclo de vida del edificio, incluyendo el mantenimiento, el desgaste de los materiales y las opciones de reciclaje y demolición. [1]

Toda esta información se centraliza en una base de datos única, conectada al modelo tridimensional. La profundidad del análisis de estas dimensiones depende de los objetivos establecidos y del nivel de detalle deseado en el modelo. [1]

### 1.4.1.1 Conceptos sobre BIM

#### 1.4.1.1.1 LOD (Level of Detail)

Este concepto se refiere al grado de información que se asigna a un proyecto. Dentro del modelo, el LOD indica la cantidad de datos disponibles para cada elemento, donde cada nivel es más detallado que el anterior y puede ser necesario en diferentes etapas del desarrollo. [1]



**Figura 1.1.** Niveles de detalle (LOD) [1]

#### 1.4.1.1.2 ISO 19650

La norma internacional ISO 19650 se centra en la gestión eficiente de la información durante todas las etapas del ciclo de vida de un activo construido. Esta norma proporciona definiciones precisas sobre la información requerida por los clientes o propietarios de los proyectos, así como los métodos, procesos y plazos que deben seguirse para garantizar una transferencia efectiva de datos entre los distintos integrantes del equipo de trabajo. Su implementación busca mejorar la colaboración y la claridad en la comunicación, lo que resulta fundamental para el éxito de los proyectos de construcción. [2]

#### **1.4.1.1.3 BEP (BIM Execution Plan)**

Este es un conjunto de documentos que orientan el desarrollo de un proyecto BIM específico. Define los objetivos iniciales, establece los niveles de detalle requeridos y determina el flujo de trabajo que cada miembro del equipo debe seguir. [1]

#### **1.4.1.1.4 EIR (Exchange Information Requirements)**

El EIR, conocido como Solicitud de Información, constituye un documento fundamental creado por la parte contratante. Este documento establece de manera clara y precisa todos los requisitos necesarios para el intercambio de información dentro del marco de un proceso BIM. [3]

#### **1.4.1.1.5 Modelo BIM**

Es el resultado de generar, a medida que avanza el proyecto, una base de datos vinculada a un modelo tridimensional. Contiene toda la información proporcionada y actúa como un documento único accesible para todos los integrantes del proyecto. Acompaña al activo desde su diseño hasta las fases finales de mantenimiento y demolición. [1]

### **1.4.2 BIM 6D: Sostenibilidad energética**

La dimensión 6D del BIM se centra en la sostenibilidad mediante simulaciones que permiten realizar análisis del comportamiento energético de un proyecto antes de su construcción. Esta herramienta es fundamental para evaluar si un edificio cumplirá con los estándares de eficiencia necesarios para obtener certificaciones específicas. Al anticipar el rendimiento energético, se optimizan procesos clave, como futuras inspecciones y reparaciones, lo que contribuye a una gestión más eficiente. [4]

El diseño sostenible en esta dimensión busca mejorar los sistemas constructivos y las instalaciones. A través de ajustes estratégicos en los equipos y sistemas empleados, es posible lograr reducciones significativas en los costos tanto durante la construcción como en la fase de operación, sin comprometer la esencia del proyecto. Además, las tecnologías implementadas a través de esta dimensión ayudan a minimizar el impacto ambiental, promoviendo prácticas más sostenibles y responsables en el sector de la construcción. [4]

### **1.4.3 Eficiencia energética**

Este aspecto se centra en evaluar y optimizar la energía utilizada en un modelo de edificio. Este enfoque incluye el uso adecuado de la energía para satisfacer necesidades como la calefacción, la refrigeración, la iluminación y el suministro de agua potable. Para alcanzar

un rendimiento energético óptimo, es vital contar con sistemas que minimicen el consumo, garantizando al mismo tiempo un ambiente confortable para los usuarios. [4]

Asimismo, la reducción de las pérdidas energéticas es fundamental. Esto se puede lograr mediante el uso de técnicas como el aislamiento térmico en las superficies y la implementación de envolventes que aseguren una correcta estanqueidad al aire y al vapor, sin afectar la ventilación necesaria. [4]

#### **1.4.4 Análisis Energético**

El análisis energético es fundamental para establecer la eficiencia energética en los edificios. Este proceso implica diagnosticar la situación del edificio y definir los diversos elementos que contribuyen al consumo de energía, así como su importancia en el contexto general. Es esencial adoptar una perspectiva continua y utilizar la metodología de Modelado de Información de Construcción (BIM) para llevar a cabo este análisis, dado que todas las acciones en los edificios ya sean directas o indirectas, implican un uso de energía en diferentes grados. Un análisis adecuado debe seguir ciertas pautas para garantizar y mantener un nivel de confort con el menor consumo energético posible. Asimismo, el estudio de las instalaciones debe abordar la demanda energética total de la manera más eficiente, incorporando la mayor cantidad posible de fuentes renovables. [4]

#### **1.4.5 Estrategias de diseño arquitectónico pasivo**

##### **1.4.5.1 Orientación**

La orientación de un edificio influye significativamente en su demanda energética, dado que determina cómo la radiación solar y el viento interactúan con la envolvente de este. Una orientación adecuada permite aprovechar la energía proveniente del sol, facilitando la calefacción pasiva durante los meses de invierno. Es fundamental considerar que el impacto de estos factores también depende del entorno circundante, incluyendo la forma y disposición de las edificaciones adyacentes. [5]

En relación con la radiación solar, su efecto sobre las diferentes fachadas del edificio varía según la trayectoria solar, la cual se modifica en función de la orientación del edificio. Para comprender plenamente cómo la orientación afecta la radiación solar, es esencial considerar la ubicación geográfica, especialmente la latitud, ya que los ángulos de incidencia solar varían significativamente a la línea del ecuador. [5]

### 1.4.5.1.1 Impacto combinado de la orientación y la latitud en la radiación solar

- En las áreas cercanas al ecuador, entre  $-10^\circ$  y  $10^\circ$ , la luz solar se distribuye de forma casi uniforme en las fachadas norte y sur, alcanzando ángulos perpendiculares en torno al mediodía. Sin embargo, la fachada que recibe la mayor cantidad de radiación varía a lo largo del año. En cambio, las fachadas este y oeste experimentan variaciones de radiación a diferentes horas del día, desde la mañana hasta la tarde. [5]
- A medida que se avanza hacia latitudes más alejadas del ecuador, los ángulos de incidencia solar se vuelven más inclinados. Las fachadas orientadas hacia la línea ecuatorial captan más radiación, especialmente durante los meses fríos, mientras que la cara en dirección hacia los polos recibe menos luz, concentrándose en las mañanas y tardes durante el verano. [5]
- En todas las latitudes, los techos planos son los que más tiempo reciben el sol. Este efecto es especialmente notable en lugares cercanos a la línea del ecuador, donde la incidencia del sol es crucial debido a las condiciones climáticas cálido-húmedas. [5]

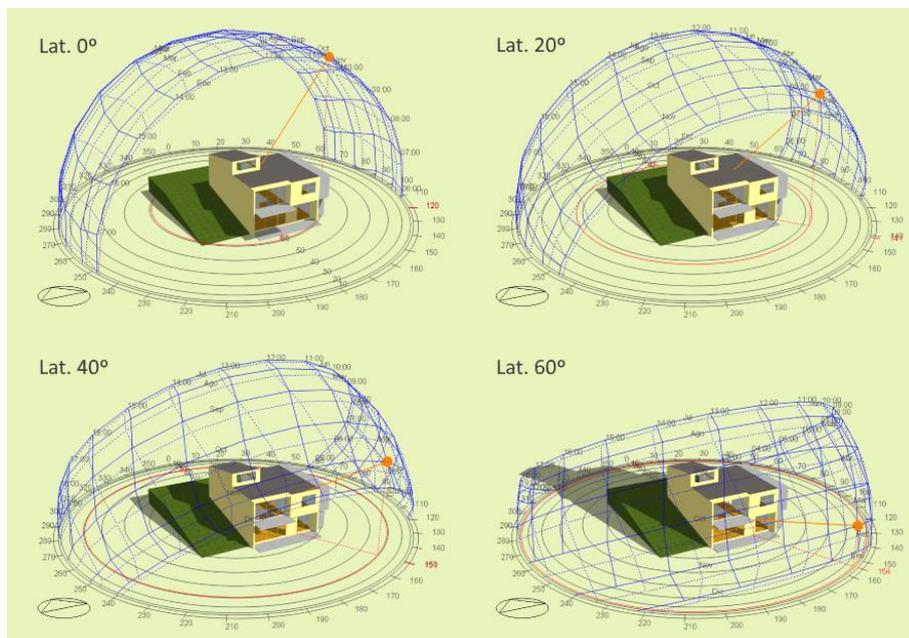
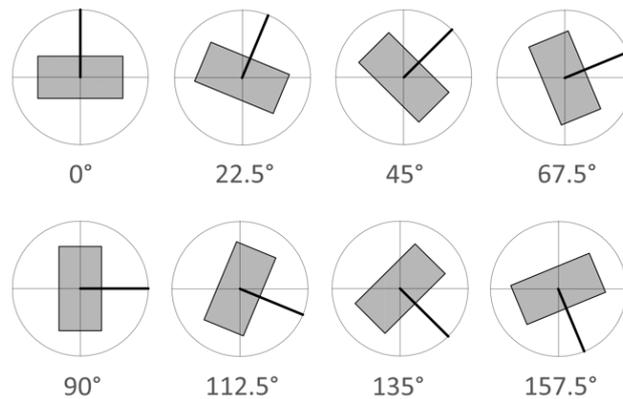


Figura 1.2 Edificio con latitudes desde  $0^\circ$  (ecuador) hasta  $60^\circ$  con respecto al norte [5]

#### 1.4.5.1.2 Definición de ángulos de orientación

La orientación de un edificio se define comúnmente como el ángulo formado horizontalmente entre el norte y la recta perpendicular a una de sus fachadas, como se indica en **Figura 1.3**. [5]



**Figura 1.3** Orientación según el ángulo entre el norte y la recta perpendicular a la fachada de un edificio [5]

#### 1.4.5.1.3 Envoltente

La envoltente de un edificio está compuesta por elementos como techos, paredes, pisos y elementos sobre el terreno. [6]

#### 1.4.5.2 Aislamiento térmico

Se refiere a la capacidad de los materiales para restringir el flujo de calor de un espacio a otro. Estos materiales pueden clasificarse según su función: conductiva, convectiva o radiante, así como por su origen: orgánica, sintética o mineral. [7]

Los aislamientos conductivos son aquellos materiales que no permiten el flujo de calor fácilmente. Por otro lado, los aislamientos convectivos incluyen cámaras de aire ventiladas, que actúan como contenedores de aire caliente. Finalmente, los aislamientos radiantes reflejan la radiación, evitando que las superficies reciban mucha radiación. [7]

#### 1.4.5.3 Inercia térmica

Es la capacidad para acumular y soltar energía térmica de manera gradual. Los materiales en contacto con el aire pueden absorber energía dependiendo de su densidad y conductividad, lo que permite un control eficiente de la temperatura interna. Además, estos elementos poseen una masa térmica que puede almacenar cierta cantidad de energía

hasta alcanzar un punto de saturación. Cuando el elemento posee una temperatura superior al del aire, la energía comienza a fluir desde el elemento hacia el aire. [8]

#### 1.4.5.4 Puentes térmicos

Son secciones entre elementos donde se tiene una diferencia significativa en la resistencia térmica, debido a cambios en la geometría, en los materiales utilizados o en el grosor del revestimiento. [6]

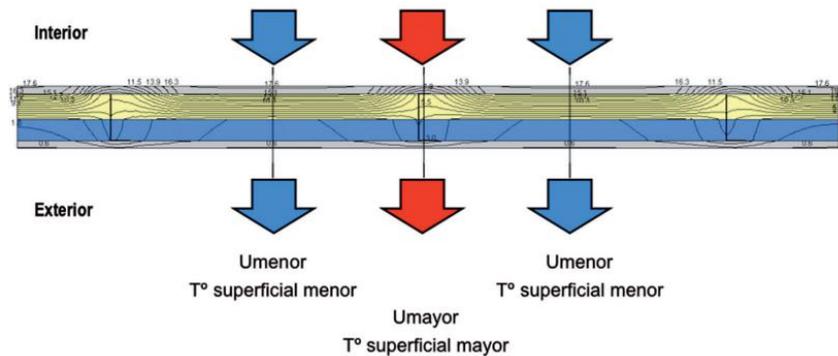


Figura 1.4 Puente térmico en tabique perimetral y estructura metálica [6]

#### 1.4.6 Estrategias de Calentamiento Pasivo

##### 1.4.6.1 Ganancias Solares Directas

Esta técnica es considerada una de las más simples y económicas para aprovechar la energía solar, permitiendo que la luz solar caliente los espacios interiores a través de superficies de vidrio, sin dejar de lado la ventilación de los vientos y sistemas de calentamiento para asegurar un ambiente confortable. [6]

##### 1.4.6.2 Ganancias Solares Indirectas

Se refieren a sistemas donde se capta el sol de manera separada de las habitaciones. En este caso, la energía del sol es captada por un elemento que gradúa su ingreso, según las necesidades del espacio. [6]

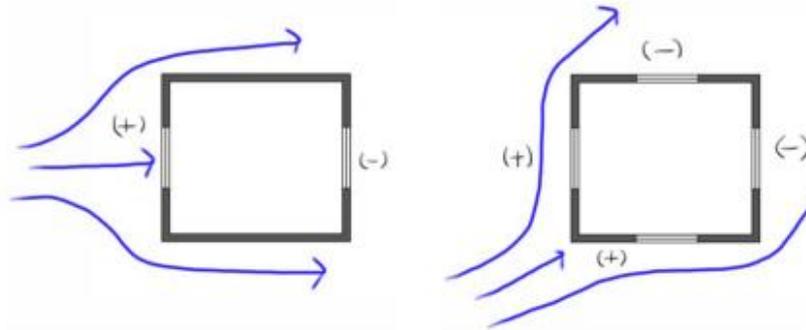
##### 1.4.6.3 Masa Térmica

La masa térmica se caracteriza por materiales capaces de almacenar calor, generalmente de considerable espesor, lo que ayuda a moderar las variaciones de temperatura a través del fenómeno de inercia térmica. [6]

## 1.4.7 Estrategias de Enfriamiento Pasivo

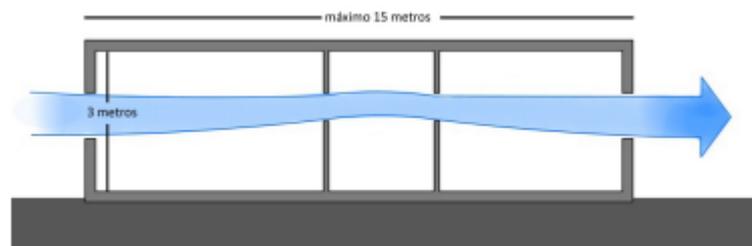
### 1.4.7.1 Ventilación cruzada

La ventilación cruzada se basa en la utilización de dos ventanas en fachadas opuestas entre sí para generar corrientes de aire que enfrían el interior. Esta estrategia resulta efectiva cuando la temperatura exterior es menor que el interior, por lo menos en 2°C. [6]



**Figura 1.5** Ventilación en aperturas dispuesta en diferentes posiciones [6]

Esta técnica de ventilación opera gracias a la diferencia de presiones presente en la fachada, siendo una positiva y la otra negativa. Dependiendo de la dirección de los vientos predominantes, una fachada tendrá presión positiva y la otra negativa. [6]



**Figura 1.6** Distancia recomendada para ventilación natural [6]

### 1.4.7.2 Ventilación debido a la masa térmica durante la noche

Se refiere al efecto convectivo que aprovecha la estratificación del aire caliente, permitiendo que este ascienda y tener una mejor ventilación. La masa térmica puede estar presente en paredes o losas de alta densidad. Es fundamental que la masa esté ventilada, evitando recubrimientos aislantes que impidan su efectividad. [6]

## 1.4.8 Estrategias de Iluminación Natural

### 1.4.8.1 Estrategias de captación

Algunos aspectos que determinan la cantidad de luz natural según la ubicación son los siguientes:

#### 1.4.8.1.1 Época del año y latitud

La época del año conjunto con la ubicación y latitud son factores determinantes en la captación de luz, ya que la Tierra varía su posición con respecto al sol durante el año. Por lo tanto, es importante considerar los siguientes momentos clave para un análisis simplificado: el solsticio de junio y diciembre, así como el equinoccio de marzo y septiembre. [6]

#### 1.4.8.1.2 Contexto y ambiente del edificio

La iluminación natural en un edificio está íntimamente relacionada con su contexto inmediato. Elementos como la topografía, la altura y el diseño de las construcciones adyacentes, así como el tipo de suelo y la vegetación circundante, juegan un papel crucial en la cantidad de luz que penetra en el interior y su distribución. Al planificar el diseño del espacio, es esencial tener en cuenta cómo estos factores pueden influir en la calidad de la luz interna. [6]

#### 1.4.8.1.3 Orientación de los elementos de captación

Para optimizar la recepción de luz solar directa, es fundamental que las aberturas estén orientadas de manera que reciban los rayos solares en un ángulo recto. Las aberturas laterales y cenitales presentan comportamientos distintos en cuanto a la cantidad de luz que logran captar a lo largo del año, como se detalla en la **Figura 1.7**. [6]



**Figura 1.7** Comportamiento de la luz lateral y cenital en diferentes estaciones [6]

### 1.4.8.2 Métodos para maximizar la luz natural

La eficacia de la transmisión de luz natural se ve afectada por las propiedades de las aberturas, incluyendo su ubicación, dimensiones, forma y el material del que están hechas. [6]

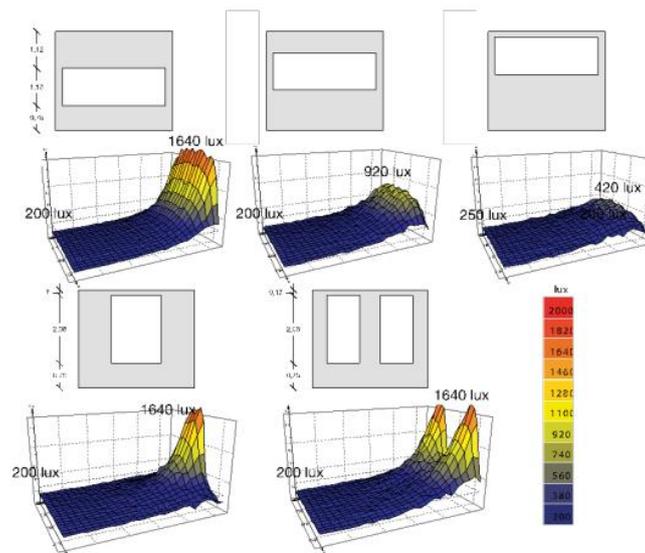
#### Propiedades del vidrio

Cuando la luz solar impacta un vidrio, se producen tres efectos: parte de la luz se refleja, otra se transmite al interior y una tercera parte se absorbe. Para elegir el tipo de vidrio más adecuado, se deben analizar dos aspectos clave [6]:

- Transmisión luminosa (TL): Representa el porcentaje de luz que el vidrio permite entrar. Un valor más alto indica una mayor cantidad de luz que se transmite. [6]
- Factor solar (FS): Este valor representa la energía térmica total que atraviesa el cristal debido a la radiación solar, en relación con la radiación incidente. Un valor menor implica menos ganancias solares. [6]

#### Diseño de las ventanas

La configuración de las ventanas también influye en la forma en que la luz se distribuye en el espacio. Por ejemplo, una ventana continua proporciona una iluminación uniforme, mientras que ventanas más pequeñas o múltiples aberturas pueden generar variaciones en la luz, creando zonas de contraste, como se muestra en la **Figura 1.8**. [6]

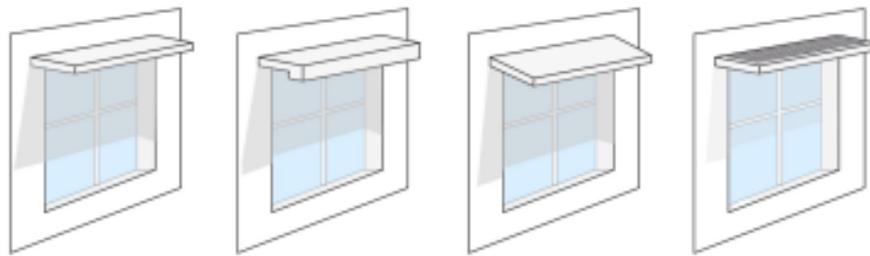


**Figura 1.8** Efecto de diferentes diseños de ventanas en la distribución de luz [6]

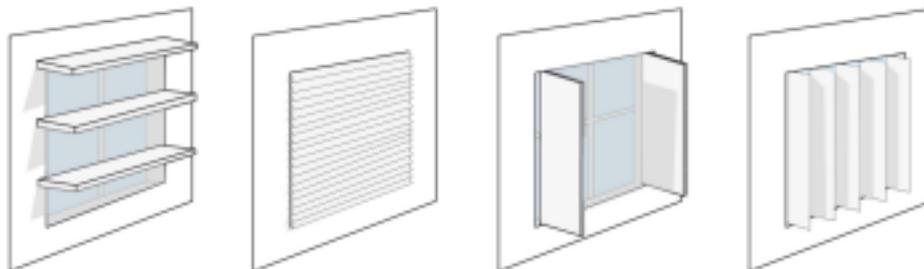
### 1.4.8.3 Estrategias de protección solar

#### 1.4.8.3.1 Protecciones solares exteriores fijas

Al diseñar dispositivos de protección solar en el exterior, es importante tener en cuenta que la efectividad de la protección de la ventana dependerá de la altura del sol, la ubicación del dispositivo en relación con la ventana y la proporción entre su longitud y la altura de la ventana. También es vital evitar puentes térmicos en su construcción. Los dispositivos exteriores más comunes incluyen aleros horizontales y cortasoles, como se ilustra en la **Figura 1.9** y **Figura 1.10**. [6]



**Figura 1.9** Aleros horizontales exteriores fijos [6]



**Figura 1.10** Cortasoles y celosías [6]

#### 1.4.8.3.2 Dispositivos de protección solar interiores

Los dispositivos de protección solar en el interior actúan como difusores, mejorando la distribución de la luz y filtrando el calor no deseado que no es controlado por las protecciones exteriores, garantizando así el confort visual y térmico. [6]

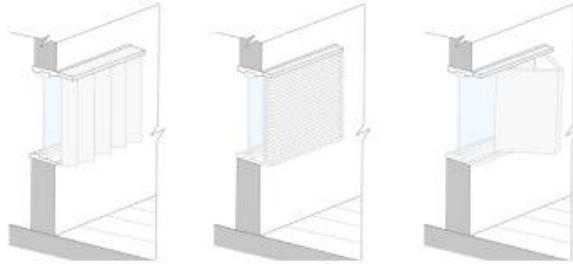
#### 1.4.8.3.3 Dispositivos de protección solar móviles

Estos dispositivos pueden ajustarse según la posición del sol y las preferencias de los ocupantes. Sin embargo, su principal desventaja es la necesidad de manipulación por parte de los usuarios. [6]



**Figura 1.11** Tipos de dispositivos de protección solar exteriores [6]

Los dispositivos móviles instalados en el interior ofrecen una protección limitada contra el sobrecalentamiento, lo que puede afectar negativamente el confort térmico. No obstante, son útiles para mejorar el confort visual y la estética del espacio, como se muestra en la **Figura 1.12**. [6]

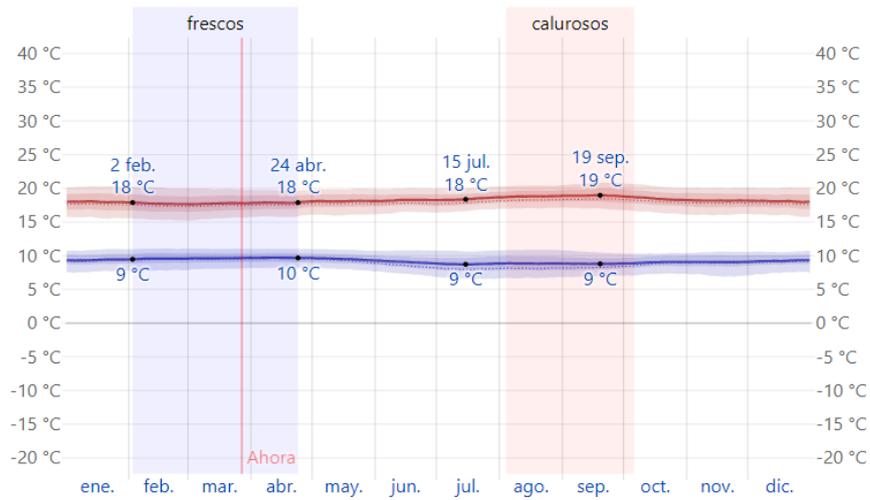


**Figura 1.12** Tipos de protecciones solares interiores [6]

## 1.5 Descripción climática

### 1.5.1 Temperatura

Según la **Figura 1.13**., los meses de agosto y septiembre son los más cálidos, alcanzando una temperatura máxima promedio diaria de aproximadamente 19 °C. En cambio, la temporada más fresca se extiende de febrero a abril, durante la cual la temperatura máxima promedio diaria se mantiene por debajo de 18 °C. Noviembre es el mes más frío del año en Quito, con una temperatura mínima promedio de 9 °C y una máxima de 18 °C. [9]

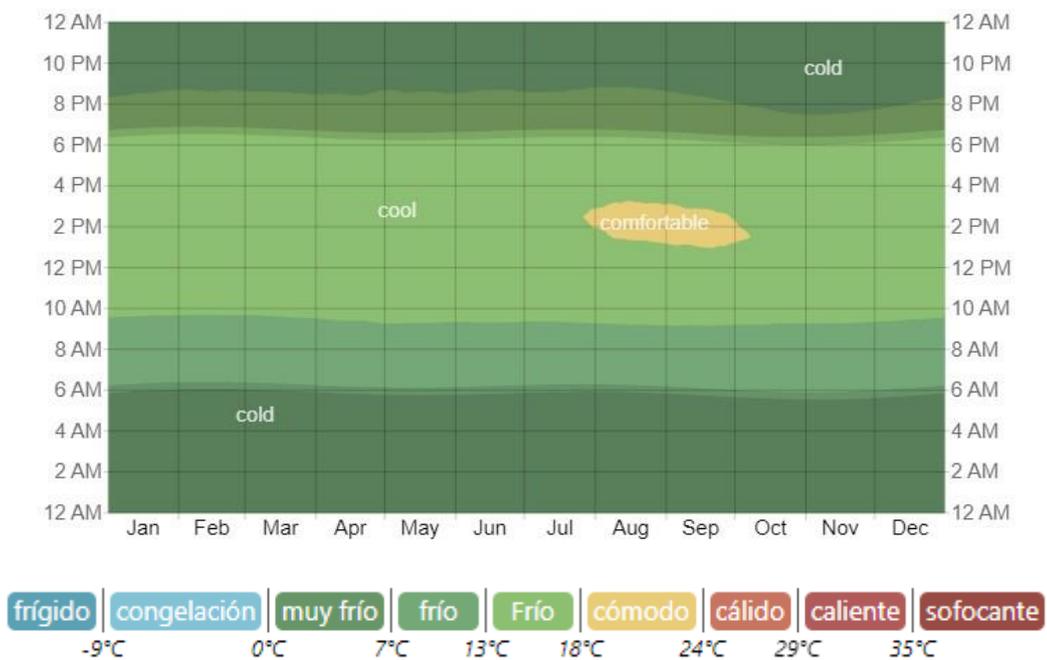


**Figura 1.13** Temperaturas promedio en Quito [9]

**Tabla 1.1.** Temperatura promedio diaria [9]

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Máxima	18 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	18 °C						
Media.	13 °C											
Mínima	9 °C	10 °C	10 °C	10 °C	10 °C	9 °C	9 °C	9 °C	9 °C	9 °C	9 °C	9 °C

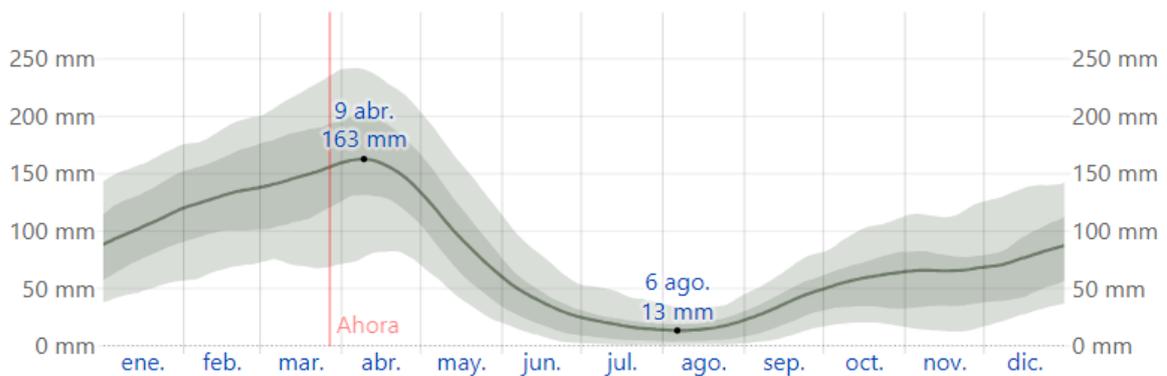
Por otra parte, en la **Figura 1.14.** muestra una caracterización de las temperaturas medias horarias de todo el año. Donde se indica que la temperatura de confort se encuentra entre los 18°C y los 24°C. [9]



**Figura 1.14.** Temperatura media por hora en Quito [9]

## 1.5.2 Precipitación

La ciudad de Quito experimenta una notable temporada de lluvias entre febrero y abril, siendo abril el mes con mayor precipitación, con un promedio de 160 milímetros de lluvia. Por otro lado, agosto es el mes menos lluvioso, con un promedio de 15 milímetros de lluvia, como se aprecia en la **Figura 1.15**. [9]



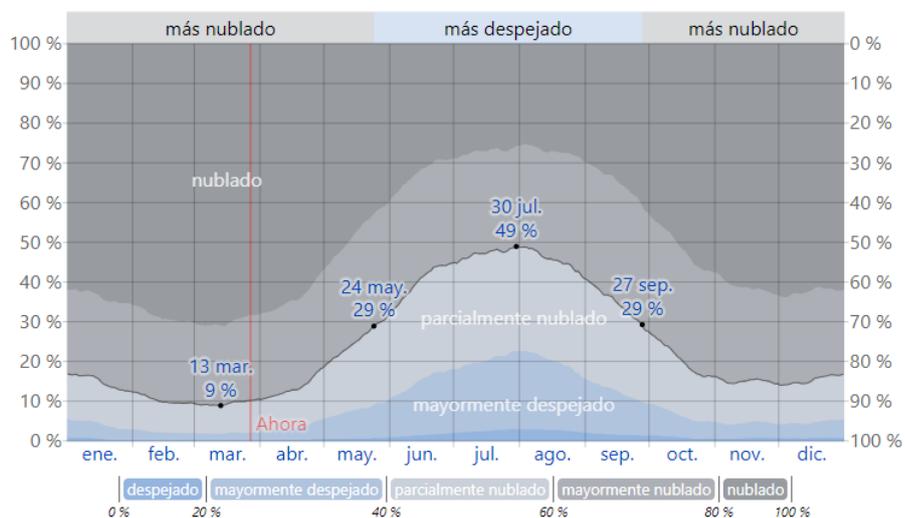
**Figura 1.15.** Precipitación promedio mensual de lluvia en Quito [9]

**Tabla 1.2.** Precipitación promedio mensual en Quito [9]

Lluvia (mm)	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	104,0	130,8	147,8	159,6	93,3	39,0	17,8	14,6	35,9	59,3	65,4	76,8

## 1.5.3 Nubes

En Quito, los meses con un mayor porcentaje del cielo cubierto por nubes se extiende de mayo a septiembre, siendo julio el mes más despejado, con un 47 % del tiempo. Por otro lado, desde finales de septiembre hasta principios de mayo se presenta la parte más nublada del año, siendo marzo el mes más nublado, con un 90 % del tiempo, como se aprecia en la **Figura 1.16**. [9]



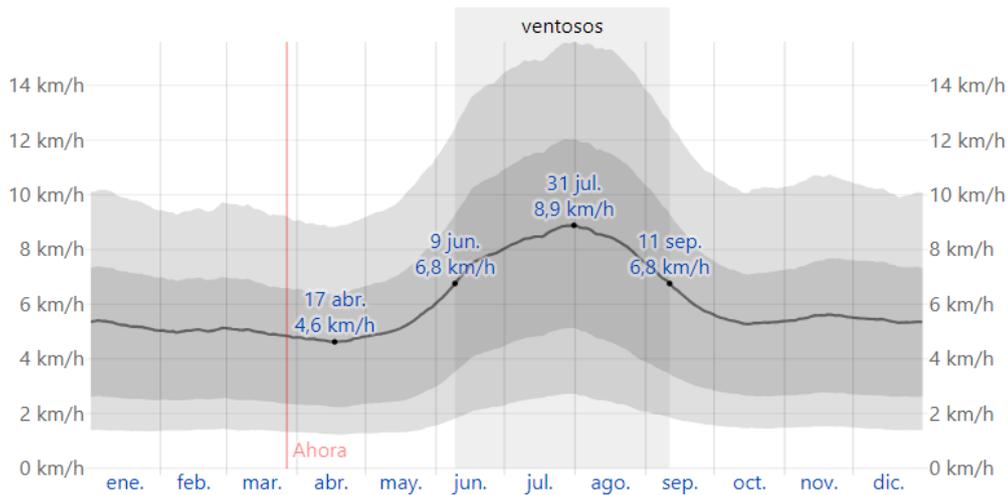
**Figura 1.16.** Categorías de nubosidad en Quito [9]

**Tabla 1.3.** Porcentaje de cielo cubierto por nubes en Quito [9]

Fracción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Más nublado	85 %	90 %	90 %	87 %	75 %	60 %	53 %	54 %	66 %	79 %	85 %	85 %
Más despejado	15 %	10 %	10 %	13 %	25 %	40 %	47 %	46 %	34 %	21 %	15 %	15 %

### 1.5.4 Vientos

En Quito, el intervalo con las velocidades de viento más altas abarca de junio a septiembre, siendo julio el mes con mayor actividad eólica, registrando una velocidad promedio de 8.5 km/h. Por otro lado, abril se caracteriza por ser el mes más tranquilo, con vientos que alcanzan una velocidad promedio de 4.7 km/h, según lo mostrado en la **Figura 1.17.** [9]



**Figura 1.17** Velocidad promedio del viento en Quito [9]

**Tabla 1.4.** El promedio de las velocidades medias horarias del viento [9]

Velocidad del viento (km/h)	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	5.2	5	5	4.7	5.2	7.2	8.5	8.3	6.5	5.4	5.5	5.4

Además, según la **Figura 1.18**, la dirección predominante del viento en Quito proviene principalmente del este, con menor frecuencia del oeste. [9]

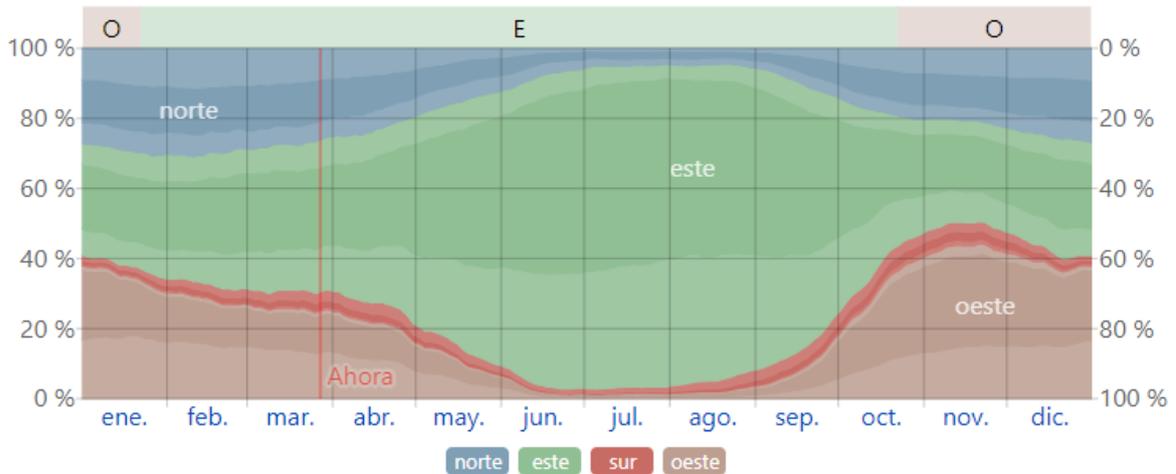


Figura 1.18 Dirección del viento en Quito [9]

### 1.5.5 Sol

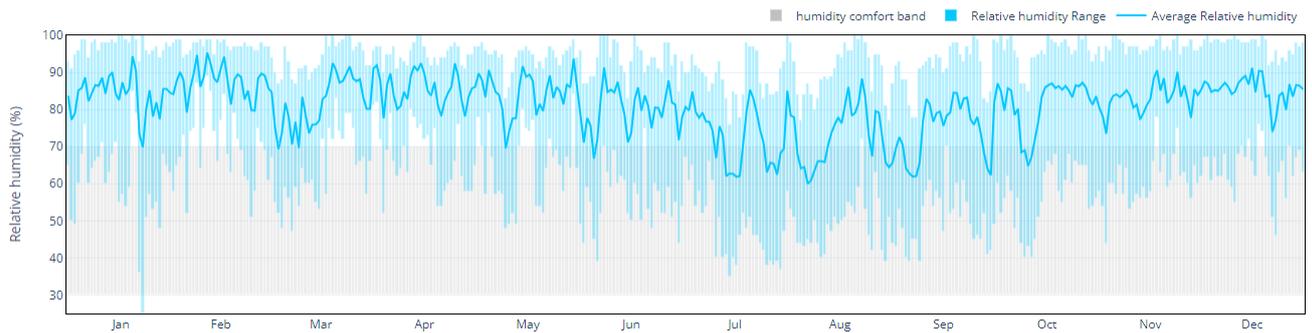
La duración del día en Quito no presenta variaciones significativas a lo largo del año, con una diferencia de solo 8 minutos en las 12 horas anuales, como se indica en la **Figura 1.19**. En 2024, el día más corto será el 20 de junio, con 12 horas y 7 minutos de luz natural, mientras que el día más largo será el 21 de diciembre, con 12 horas y 8 minutos de luz natural. [9]



Figura 1.19 Horas de luz natural y crepúsculo en Quito [9]

### 1.5.6 Humedad Relativa

La humedad relativa media anual en Quito es de 81.05 %, siendo julio el mes con la más baja humedad relativa, con un 72.65 %, mientras que enero es el mes con la mayor humedad relativa, alcanzando un valor del 87.61 %, como se indica en la **Tabla 1.5**.



**Figura 1.20.** Humedad Relativa en Quito [10]

**Tabla 1.5.** Humedad relativa en Quito (%) [10]

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
máx (%)	100	99	100	100	99	100	98	100	100	100	100	100	100
media (%)	83,92	87,61	81,61	85,67	84,48	79,84	72,65	73,34	73,97	81,62	83,09	85,39	81,05
mín (%)	25	51	47	52	48	39	35	39	39	40	44	46	25

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Descripción general del proyecto inmobiliario

#### 2.1.1 Ubicación del proyecto

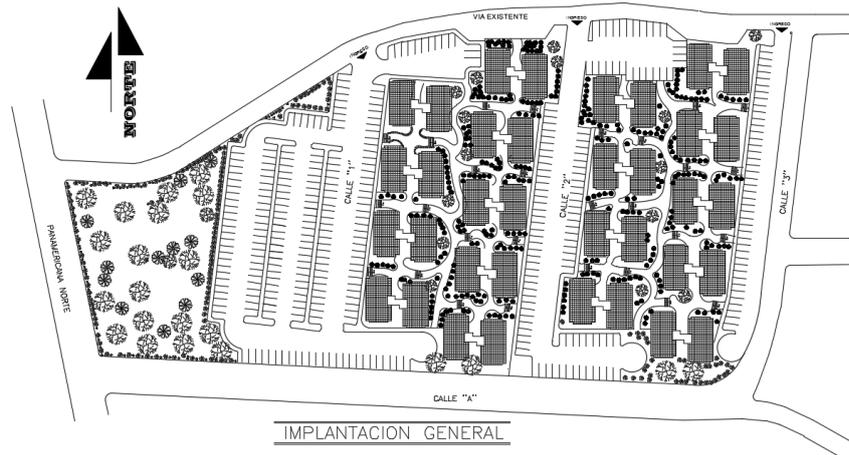
El presente trabajo se centrará en la optimización del consumo energético del conjunto habitacional “San Francisco del Norte”, situado en Carcelén, al norte de la ciudad de Quito. Este proyecto está ubicado entre la vía Panamericana Norte 28B, delimitado por las calles Los Cóndores y Calle del Hierro, tal como se muestra en la **Figura 2.1**. Las coordenadas geográficas del sitio son latitud: -0.1042256 m y longitud: -78.4614369 m, estos datos se obtuvieron por medio de Google Earth.



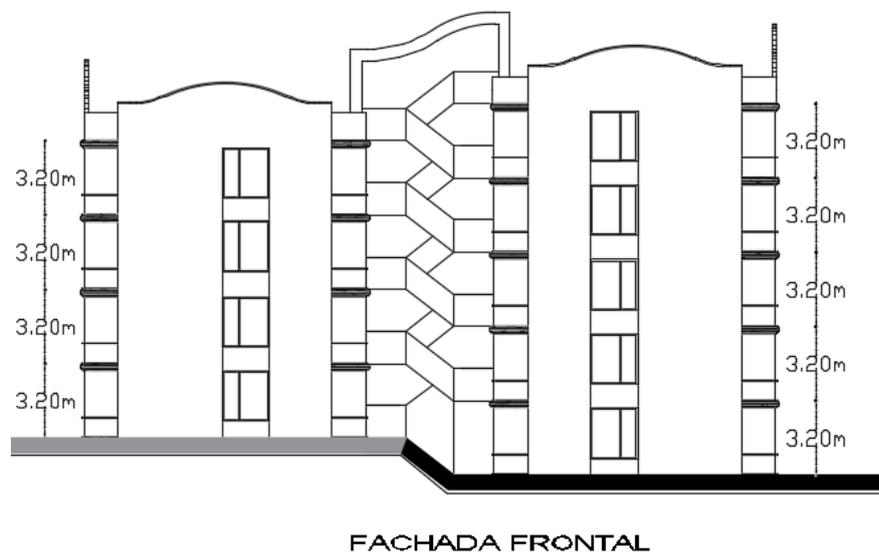
**Figura 2.1.** Ubicación del proyecto inmobiliario [11]

## 2.1.2 Descripción del terreno y arquitectura del proyecto

El terreno abarca un área de aproximadamente 28,538.62 m<sup>2</sup> y presenta un perímetro de alrededor de 714.78 m. El proyecto está compuesto por 18 bloques, como se ve reflejado en la **Figura 2.2.**, cada uno de los cuales incluye una torre de 4 pisos y otra de 5 pisos, conectadas entre sí por gradas exteriores, y la altura de entrepiso es de 3.20 m, como se ilustra en la **Figura 2.3.**

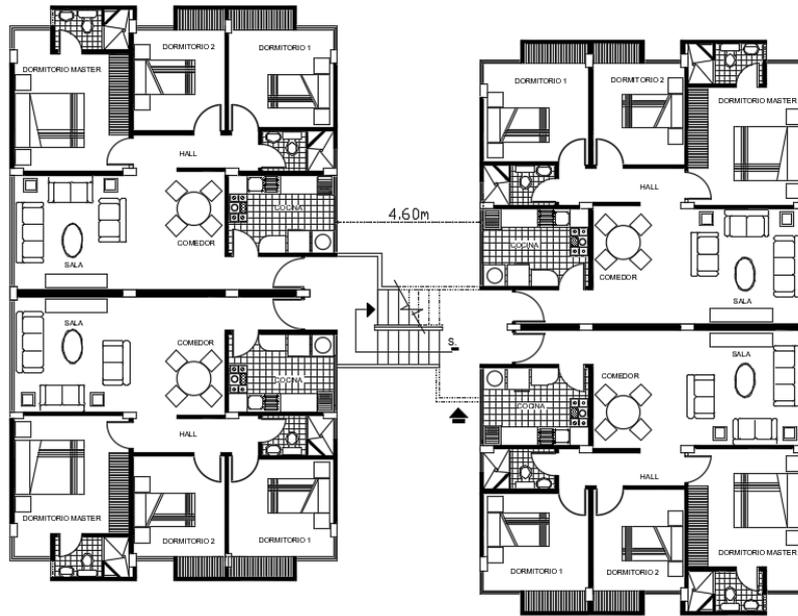


**Figura 2.2.** Implantación General del proyecto



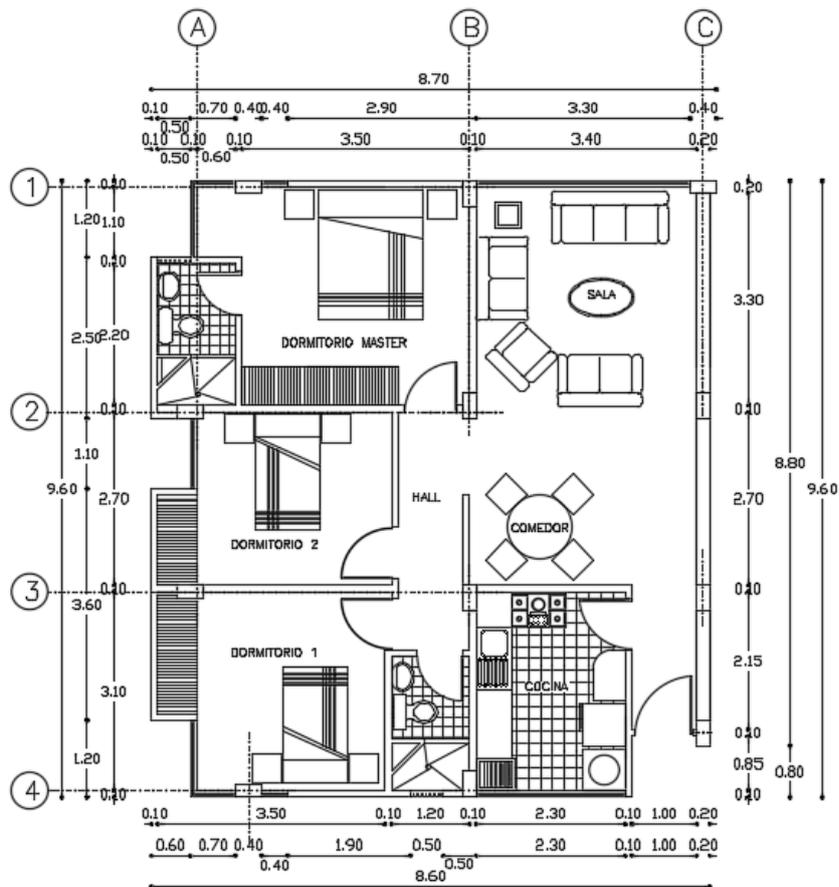
**Figura 2.3** Fachada frontal del proyecto

La distribución de espacios interiores para cada uno de los departamentos de cada una de las torres está conformada por una sala, un comedor, una cocina, un baño social, dos dormitorios y un dormitorio master que cuenta con un baño personal y un recibidor, como se indica en las **Figura 2.4** y **Figura 2.5.**



PLANTA GENERAL DE UN BLOQUE

Figura 2.4 Planta general de un bloque



PLANTA DEPARTAMENTO TIPO  
Unidades: metros

Figura 2.5 Plata departamento tipo

## **2.2 Estrategias Generales de diseño pasivo**

El clima de Quito se caracteriza por temperaturas que oscilan entre 9 °C y 21 °C y una alta humedad relativa promedio del 81.05 %. La humedad relativa alta puede provocar una sensación de incomodidad térmica, ya que afecta la capacidad del cuerpo para regular su temperatura. Por lo tanto, es fundamental considerar estas condiciones al seleccionar materiales y estrategias de diseño.

### **2.2.1 Estrategias en invierno**

Durante los meses de invierno, desde diciembre hasta marzo, las temperaturas mínimas pueden descender a 9 °C. En este periodo, febrero y marzo presentan mayor nubosidad, lo que limita captación solar. Para mantener un ambiente interior cálido, se priorizará el uso de materiales de alto aislamiento térmico, como lana de vidrio y poliestireno expandido. Estos materiales son más adecuados que aquellos con masa térmica, ya que se busca minimizar las pérdidas de calor en lugar de estabilizar la temperatura interior del edificio. Además, los materiales de alto aislamiento térmico permiten mantener temperaturas agradables sin depender excesivamente de sistemas de calefacción.

### **2.2.2 Estrategias en verano**

En los meses de verano, desde junio hasta septiembre, las temperaturas pueden alcanzar hasta 21 °C. Aunque no son extremas, en este periodo, los meses de julio y agosto presentan menor nubosidad, lo que permite una mayor captación solar. Sin embargo, la radiación solar directa puede causar deslumbramiento y sobrecalentamiento en los espacios interiores. En este contexto, el uso de materiales con alto aislamiento térmico sigue siendo esencial, ya que limitan la transferencia de calor hacia el interior, ayudando a mantener temperaturas agradables.

Por otra parte, se buscará una orientación que favorezca la ventilación cruzada, permitiendo el flujo de aire fresco a través de los espacios interiores. Esto es vital para mejorar el confort térmico, especialmente en los días más cálidos. En cuanto a las ventanas, se ubicarán de manera que se controle la entrada de calor, dando preferencia a los dormitorios en caso de que las opciones sean limitadas.

Asimismo, se implementarán protecciones solares exteriores, como aleros, cortasoles o celosías, dependiendo de la orientación del edificio. Estas medidas son esenciales para regular la radiación solar directa en las fachadas, previniendo el sobrecalentamiento y mejorando el confort térmico.

## 2.3 Características de los elementos constructivos del proyecto

Los sistemas constructivos que conforman la envolvente de un edificio tienen un papel esencial en el desempeño energético y aún más importante trasciende en el confort y bienestar de aquellas personas que habitan un espacio.

Para determinar los requisitos específicos que debe cumplir la envolvente del edificio, la Norma Ecuatoriana de la Construcción de Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (NEC-HS-EE) establece los requerimientos mínimos de los materiales, de acuerdo con su comportamiento y propiedades térmicas.

### 2.3.1 Zonificación y requisitos de la envolvente según la NEC-HS-EE.

Para determinar las características térmicas que deben cumplir los sistemas constructivos para la ciudad de Quito, se define la zona climática de acuerdo con la ubicación geográfica del proyecto. Para ello, se emplea el mapa de la **Figura 2.6.**, con el cual se determina que la zona climática correspondiente para el proyecto es Continental lluviosa.

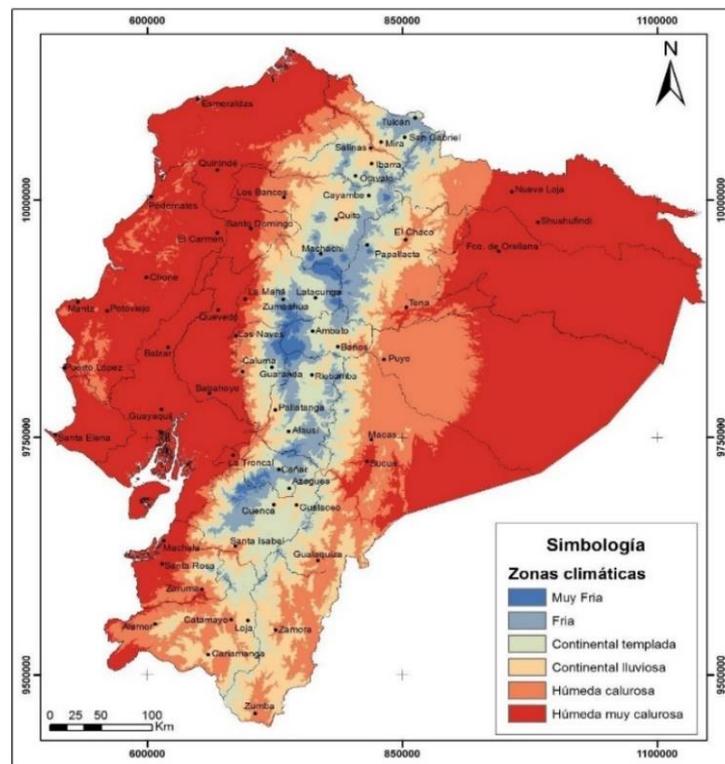


Figura 2.6. Mapa de zonas climáticas del Ecuador [12]

De acuerdo con lo establecido en la **Tabla 2.1.** y la zona climática previamente definida, los requisitos que deben satisfacer los elementos de la envolvente exterior son los que se indican en la **Tabla 2.2.**

**Tabla 2.1.** Zonificación climática [12]

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	5000 < CDD10°C
2	2A	HÚMEDA CALUROSA	3500 < CDD10°C ≤ 5000
3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	CDD10°C ≤ 2500 y HDD18°C ≤ 2000
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	2000 < HDD18°C ≤ 3000
5	5C	FRÍA	CDD10°C ≤ 2500 y HDD18°C ≤ 2000 2000 < HDD18°C ≤ 3000 3000 m < Altura (m) ≤ 5000 m
6	6B	MUY FRÍA	CDD10°C ≤ 2500 y HDD18°C ≤ 2000 2000 < HDD18°C ≤ 3000 5000 m < Altura (m)

**Tabla 2.2.** Requisitos para la zona climática 3 [12]

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
<i>Paredes, sobre nivel del terreno</i>	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
<i>Paredes, bajo nivel de terreno</i>	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
<i>Pisos</i>	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
<i>Puertas opacas</i>	U-2.839	NA	U-2.6			
<i>Ventanas</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
<i>Área translúcida vertical ≥45°</i>	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
<i>Área translúcida horizontal &lt;45°</i>	U-6.64	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Tomando en cuenta que se trata de una edificación de uso residencial y se busca disminuir la demanda de calefacción y refrigeración, con el fin de lograr una mayor eficiencia energética, los elementos externos de la envolvente deben ajustarse a los valores límite establecidos para espacios habitables climatizados.

A continuación, se establecen los materiales considerados para la envolvente del proyecto, así como algunas de sus propiedades térmicas relevantes, **Tabla 2.3.** La conductividad térmica de estos materiales será utilizada para calcular la resistencia y la transmitancia térmicas de los sistemas constructivos. Por otra parte, el calor específico de los materiales se incluirán en las propiedades de los elementos modelados en Revit.

**Tabla 2.3.** Materiales para los sistemas constructivos del proyecto

N°	Normativa	Material	Propiedades térmicas		
			Densidad	Conductividad térmica	Calor específico
			$\rho$	$\lambda$	Cp
			(kg/m <sup>3</sup> )	(W/mK)	(J/kg K)
1	MINVU-Chile [13]	Yeso	1200	0.5600	837
2	NEC-HS-EE [12]	Ladrillo hueco	1200	0.4900	-
3	MINVU-Chile [13]	Lana de vidrio	12.5	0.0420	840
4	MINVU-Chile [13]	Placa de yeso	700	0.2600	840
5	MINVU-Chile [13]	Poliestireno expandido EPS de baja densidad	10	0.0430	1200
6	NEC-HS-EE [12]	Hormigón Armado	2400	1.6300	1050
7	MINVU-Chile [13]	Poliestireno expandido EPS de alta densidad	30	0.0361	1200
8	Norma Peruana [14]	Baldosa cerámica	2000	1.0000	800
9	Norma Peruana [14]	Lamina Polietileno de alta densidad (HDPE)	980	0.5000	1800
10	MINVU-Chile [13]	Mortero cemento	2000	1.4000	920

### 2.3.2 Resistencia y transmitancia térmicas

Para el cálculo de la resistencia y transmitancia térmicas se consideran las siguientes conceptos y expresiones:

#### 2.3.2.1 Resistencia térmica de una capa de material, R expresado en m<sup>2</sup>xK/W

Para una capa de caras planas y paralelas, de espesor e, conformada por un material homogéneo de conductividad térmica  $\lambda$ , la resistencia térmica, R, queda dada por [13]:

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

**Ecuación 2.1.** Resistencia térmica de una capa de material [13]

e = Espesor en metros;

$\lambda$  = Conductividad térmica expresado en W/mK.

#### 2.3.2.2 Resistencia térmica total de un elemento compuesto, RT expresado en m<sup>2</sup>xK/W

Es el inverso de la transmitancia térmica del elemento y la suma de las resistencias de cada capa del elemento. [13]

$$R_T = \frac{1}{U}$$

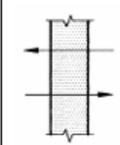
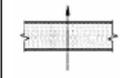
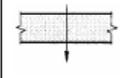
**Ecuación 2.2.** Resistencia térmica total de un elemento compuesto [13]

## 2.3.3 Resistencia térmica total y transmitancia térmica de elementos constructivos

### 2.3.3.1 Resistencias térmicas de superficie

En la **Tabla 2.4.** se dan los valores  $R_{si}$ ,  $R_{se}$  y  $(R_{si} + R_{se})$  que se deben considerar para los cálculos señalados anteriormente, según el sentido del flujo de calor, la posición y situación del elemento separador y la velocidad del viento. [13]

**Tabla 2.4.** Resistencias térmicas de superficie en  $m^2 \times K/W$  [13]

Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$					
		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$	$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

NOTAS
1) Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851.
2) Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar $R_{se} = 0$ .
3) Bajo condiciones de pérdidas térmicas por parte del local (invierno), en general, el flujo de calor es ascendente a través de techumbres y descendente a través de los pisos.
4) Bajo condiciones de ganancias térmicas por parte del local (verano), en general, el flujo de calor es ascendente a través de los pisos y descendente a través de las techumbres.

### 2.3.3.2 Elementos simples y homogéneos

Para un elemento de caras planas y paralelas, de espesor  $e$ , conformado por un solo material de conductividad térmica  $\lambda$ , la resistencia térmica total queda dada por [13]:

$$R_T = \frac{1}{U} = R_{si} + \frac{e}{\lambda} + R_{se}$$

**Ecuación 2.3.** Resistencia total para elementos simples y homogéneos [13]

$e/\lambda$  = resistencia térmica del material;

$R_{si}$  = resistencia térmica de superficie al interior;

R<sub>se</sub> = resistencia térmica de superficie al exterior.

### 2.3.3.3 Elementos compuestos por varias capas homogéneas

Para un elemento formado por una serie de capas o placas planas y paralelas y materiales distintos en contacto entre sí, la resistencia térmica total, queda dada por [13]:

$$R_T = \frac{1}{U} = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}$$

**Ecuación 2.4.** Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas homogéneas [13]

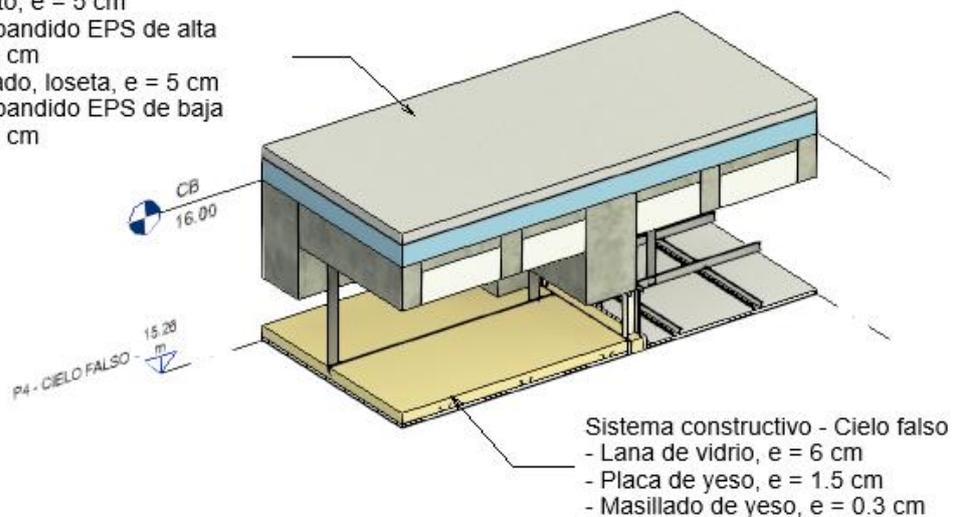
$\Sigma e/\lambda$  = sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento.

### 2.3.4 Cálculo de la resistencia y transmitancia térmicas de los sistemas constructivos para el proyecto

La NEC-HS-EE no establece los valores de resistencias térmicas de superficie exterior e interior, por lo que se toma como referencia los valores que brinda la NCH 853, reflejados en la **Tabla 2.4.**, en la que se consideran varios casos del sentido en que se realiza la transferencia de calor y para los cuales se establece un valor de resistencia superficial.

Para simplificar los cálculos se considera que la transferencia de calor se realiza solo por conducción, y no por convección, por lo que se desprecia la resistencia térmica de las cámaras de aire formadas entre el cielo falso y el techo.

Sistema constructivo - Techo  
- Mortero cemento, e = 5 cm  
- Poliestireno expandido EPS de alta densidad, e = 10 cm  
- Hormigón Armado, loseta, e = 5 cm  
- Poliestireno expandido EPS de baja densidad, e = 15 cm



**Figura 2.7.** Sistema constructivo: techo y cielo falso

### 2.3.4.1 Techo

Para el techo se colocó una plancha de poliestireno expandido de alta densidad, ya que posee una alta capacidad de aislamiento térmico, es resistente a la humedad y es muy ligero, lo cual ayuda a evitar una sobrecarga excesiva en la losa alivianada. Además, su estructura brinda una mayor durabilidad y es muy resistente a la compresión. Para este caso, se consideró el sentido del flujo ascendente.

**Tabla 2.5.** Resistencia y transmitancia térmicas del techo

Sistema Constructivo	$e_{Total}$	$R_T$	$U$
	(m)	( $m^2 \cdot K/W$ )	( $W/m^2 \cdot K$ )
Techo	0.26	3.9718	0.25

N° Capa	Material	$e$	$\lambda$	$R$
		(m)	( $W/m \cdot K$ )	( $m^2 \cdot K/W$ )
1	Superficie Exterior ( $R_{se}$ - Flujo ascendente)			0.05
2	Mortero cemento	0.050	1.4000	0.04
3	Poliestireno expandido EPS de alta densidad	0.010	0.0361	0.28
4	Hormigón Armado	0.050	1.6300	0.03
5	Poliestireno expandido EPS de baja densidad	0.150	0.0430	3.49
6	Superficie Interior ( $R_{si}$ - Flujo ascendente)			0.09

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se} = 0.05 + \frac{0.05}{1.4} + \frac{0.01}{0.0361} + \frac{0.05}{1.63} + \frac{0.15}{0.043} + 0.09 = 3.9718$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0.25$$

### 2.3.5 Cielo Falso

Para el cielo falso, se decidió colocar una estructura con perfiles de acero, lana de vidrio y placas de yeso. Se optó como aislante la lana de vidrio ya que es más económico en comparación con otros aislantes como la lana de roca. Además, es incombustible, flexible y fácil de instalar. Asimismo, se considera el flujo ascendente.

**Tabla 2.6.** Resistencia térmica y transmitancia térmica del cielo falso

Sistema Constructivo	$e_{Total}$	$R_T$	$U$
	(m)	(m <sup>2</sup> *K/W)	(W/m <sup>2</sup> *K)
Cielo Falso	0.078	1.6916	0.59

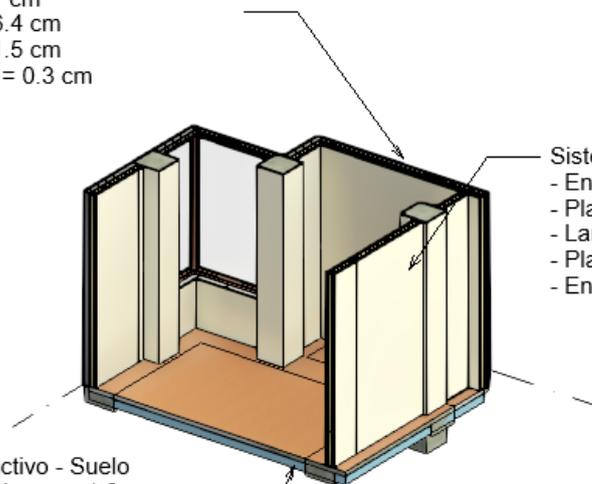
N° Capa	Material	$e$	$\lambda$	$R$
		(m)	(W/m*K)	(m <sup>2</sup> *K/W)
1	Superficie Interior ( $R_{si}$ - Flujo ascendente)			0.10
2	Lana de vidrio	0.060	0.0420	1.43
3	Placa de yeso	0.015	0.2600	0.06
4	Enlucido de yeso	0.003	0.5600	0.01
5	Superficie Interior ( $R_{si}$ - Flujo ascendente)			0.10

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se} = 0.10 + \frac{0.06}{0.042} + \frac{0.015}{0.26} + \frac{0.003}{0.056} + 0.10 = 1.6916$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0.59$$

Sistema constructivo - Pared exterior

- Enlucido de mortero cemento, e = 1.5 cm
- Ladrillo hueco, e = 7 cm
- Lana de vidrio, e = 6.4 cm
- Placa de yeso, e = 1.5 cm
- Enlucido de yeso, e = 0.3 cm



Sistema constructivo - Pared Interior

- Enlucido de yeso, e = 0.3 cm
- Placa de yeso, e = 1.5 cm
- Lana de vidrio, e = 6.4 cm
- Placa de yeso, e = 1.5 cm
- Enlucido de yeso, e = 0.3 cm

Sistema constructivo - Suelo

- Baldosa cerámica, e = 1.9 cm
- Hormigón Armado, e = 5 cm
- Poliestireno expandido EPS de alta densidad, e = 10 cm
- Lamina de Polietileno de alta densidad (HDPE), e = 0.3 cm

**Figura 2.8.** Sistema constructivo: pared exterior e interior

Para las paredes exteriores, se optó por un muro de ladrillo y un trasdosado con perfiles de acero, y como aislante térmico se utilizó lana de vidrio revestida de una placa de yeso. Para las paredes interiores, se utilizaron igualmente los perfiles de acero con lana de vidrio y revestido por placas de yeso en ambos lados. Este sistema constructivo reduce los

tiempos de trabajo y minimiza el peso de la estructura, lo cual ayuda a aumentar la rigidez del edificio. En ambos casos, se considera un flujo horizontal.

### 2.3.6 Paredes

**Tabla 2.7.** Resistencia y transmitancia térmicas de paredes exteriores

Sistema Constructivo	$e_{Total}$	$R_T$	$U_T$
	(m)	( $m^2 \cdot K/W$ )	( $W/m^2 \cdot K$ )
Paredes Exteriores	0.167	1.9104	0.52

N° Capa	Material	$e$	$\lambda$	$R$
		(m)	( $W/m \cdot K$ )	( $m^2 \cdot K/W$ )
1	Superficie Exterior ( $R_{se}$ - Flujo horizontal)			0.05
2	Enlucido de mortero cemento	0.015	1.4000	0.01
3	Ladrillo hueco	0.070	0.4900	0.14
4	Lana de vidrio	0.064	0.0420	1.52
5	Placa de yeso	0.015	0.2600	0.06
6	Enlucido de yeso	0.003	0.5600	0.01
7	Superficie Interior ( $R_{si}$ - Flujo horizontal)			0.12

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se} = 0.05 + \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.07}{0.49} + \frac{0.064}{0.042} + \frac{0.015}{0.26} + \frac{0.003}{0.056} + 0.12 = 1.9104$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0.52$$

**Tabla 2.8.** Resistencia térmica y transmitancia térmica de paredes interiores

Sistema Constructivo	$e_{Total}$	$R_T$	$U$
	(m)	( $m^2 \cdot K/W$ )	( $W/m^2 \cdot K$ )
Paredes Interiores	0.1	1.8899	0.53

N° Capa	Material	$e$	$\lambda$	$R$
		(m)	( $W/m \cdot K$ )	( $m^2 \cdot K/W$ )
1	Superficie Interior ( $R_{si}$ - Flujo horizontal)			0.12
2	Enlucido de yeso	0.003	0.5600	0.01
3	Placa de yeso	0.015	0.2600	0.06
4	Lana de vidrio	0.064	0.0420	1.52
5	Placa de yeso	0.015	0.2600	0.06
6	Enlucido de yeso	0.003	0.5600	0.01
7	Superficie Interior ( $R_{si}$ - Flujo horizontal)			0.12

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se} = 0.12 + \frac{0.003}{0.56} + \frac{0.015}{0.26} + \frac{0.064}{0.042} + \frac{0.015}{0.26} + \frac{0.003}{0.056} + 0.12 = 1.8899$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0.53$$

### 2.3.7 Piso

Para el piso, se colocó una lámina de polietileno de alta densidad (HDPE), con una plancha de poliestireno de alta densidad por encima. Y sobre esto se tiene el piso con baldosa cerámica. En este caso, se considera un flujo descendente.

**Tabla 2.9.** Resistencia y transmitancia térmicas de paredes exteriores

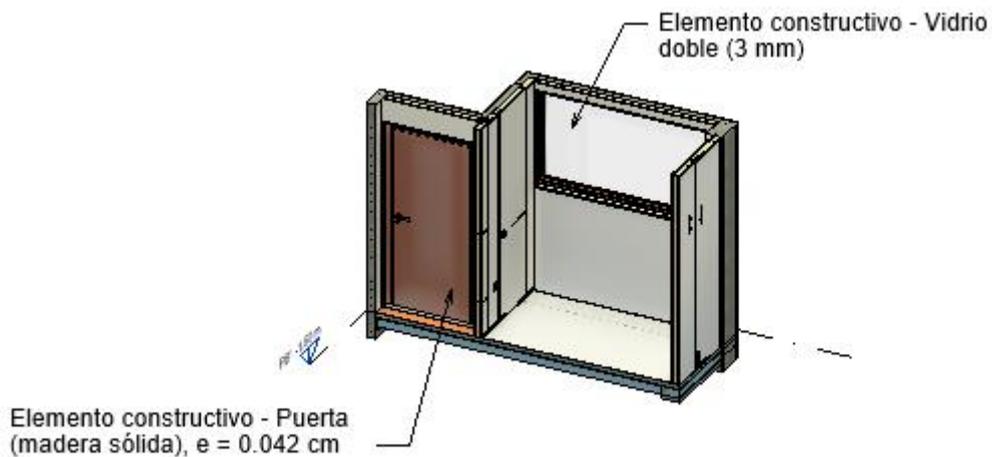
Sistema Constructivo		$e_{Total}$ (m)	$R_T$ (m <sup>2</sup> *K/W)	$U$ (W/m <sup>2</sup> *K)
Suelo		0.172	2.9958	0.33

N° Capa	Material	e (m)	$\lambda$ (W/m*K)	R (m <sup>2</sup> *K/W)
1	Superficie Interior ( $R_{si}$ - Flujo descendente)			0.17
2	Baldosa cerámica	0.019	1.0000	0.02
3	Hormigón Armado	0.050	1.6300	0.03
4	Poliestireno expandido EPS de alta densidad	0.100	0.0361	2.77
5	Lamina Polietileno de alta densidad (HDPE)	0.003	0.5000	0.01

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se} = 0.17 + \frac{0.019}{1} + \frac{0.05}{1.63} + \frac{0.1}{0.0361} + \frac{0.003}{0.5} = 2.9958$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0.33$$



**Figura 2.9.** Elementos constructivos: vidrio doble y puerta de madera sólida

Para puertas y ventanas, se obtuvieron los valores de las propiedades de la NEC-HS-EE.

### 2.3.8 Puerta

**Tabla 2.10** Transmitancia térmica de puertas [12]

Elemento Constructivo	Componente	e	$\rho$	$\lambda$	U
		(cm)	(kg/m <sup>3</sup> )	(W/mK)	(W/m <sup>2</sup> *K)
Puerta (Madera sólida)	Roble pintado	0.042	700	0.19	2.56

### 2.3.9 Ventanas

**Tabla 2.11.** Transmitancia térmica de ventanas [12]

Elemento Constructivo	Componente	e	$\lambda$	U
		(cm)	(W/mK)	(W/m <sup>2</sup> *K)
Vidrio doble (3 mm)	Vidrio transparente	0.3	0.90	3.16
	Aire (R0.15 m <sup>2</sup> *K/W)	0.6	-	
	Vidrio transparente	0.3	0.90	

**Tabla 2.12.** Resumen del comportamiento térmico de los elementos constructivos del proyecto

Elementos opacos	U sistema Constructivo	U max de aislamiento	R sistema constructivo	R min de aislamiento	Cumplimiento
Techo	0.252	0.273	3.97	3.5	OK
Paredes Externas	0.523	0.592	1.91	1.7	OK
Pisos	0.334	0.496	3.00	1.5	OK
Puertas opacas	2.560	2.839	-	-	OK
<b>Ventanas</b>	<b>Transmitancia del elemento constructivo U</b>	<b>Transmitancia máxima U</b>	<b>Montaje del elemento constructivo SHGC</b>	<b>Montaje máximo SHGC</b>	
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	3.16	3.69	-	0.25	OK

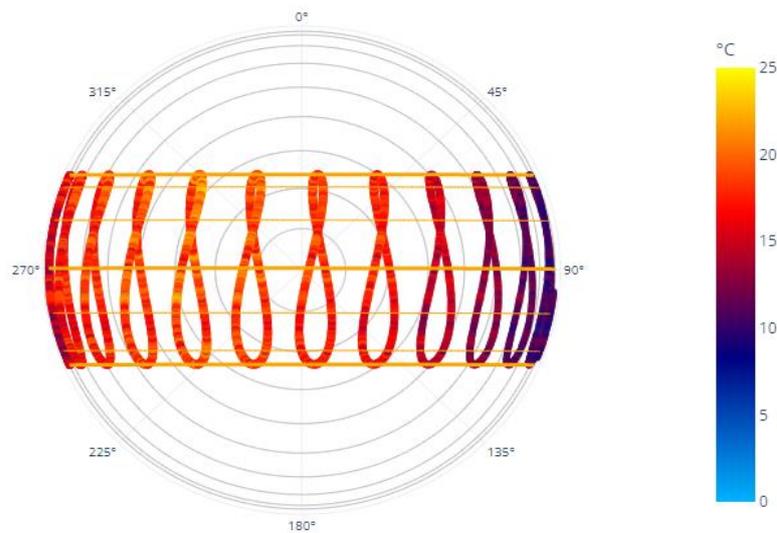
Luego de comparar los valores calculados de resistencia y transmitancia térmicas con los que establece la NEC-HS-EE, se verifica que satisfacen con los valores de U máx. y R min, respectivamente, como se indica en la **Tabla 2.12**. Por lo tanto, los sistemas y elementos constructivos propuestos para el proyecto son adecuados para un buen aislamiento térmico. Por otra parte, los sistemas constructivos de paredes interiores, entrepisos y cielo falso, no se incluyen en la verificación puesto que la normativa no establece valores límite para elementos interiores de la envolvente del edificio. Finalmente, estos elementos se modelarán en Revit y se les asignará cada una de las propiedades térmicas para su posterior análisis.

## 2.4 Orientación óptima

### 2.4.1.1 Orientación según la trayectoria del sol

Para determinar la orientación más adecuada para el proyecto ubicado en la ciudad de Quito, se ha realizado un análisis utilizando la gráfica solar con información de temperatura horaria, **Figura 2.10**. La gráfica solar estereográfica muestra que, en Quito, la trayectoria del sol dibuja un patrón casi simétrico a lo largo del año, con una altura solar relativamente alta durante todo el día.

Al analizar las analemas presentes en la gráfica solar, se observa que la temperatura ambiente en las mañanas suele rondar los 10°C y 15°C, mientras que en las tardes pueden alcanzar valores cercanos a los 22°C. Tomando esto en cuenta, la orientación óptima para el proyecto sería de 0° con respecto al norte. De esta manera, se logra aprovechar eficientemente la radiación solar durante todo el año, con las fachadas norte y sur recibiendo una cantidad de luz y calor equilibrada a lo largo de los diferentes periodos.



**Figura 2.10.** Gráfica solar con temperatura horaria, Quito [10]

Adicionalmente, se han considerado otras orientaciones como -15° y 15° con respecto al norte para su posterior análisis. Estas variaciones en la orientación permiten una ligera diferenciación en la distribución de la radiación solar a lo largo del año, con las fachadas este y oeste recibiendo una mayor o menor cantidad de luz y calor dependiendo del ángulo seleccionado. La orientación de 0° con respecto al norte se presenta como una opción inicial favorable, ya que ofrece un balance aparentemente óptimo entre la captación solar y la minimización de las cargas térmicas.

De manera general, para la distribución interior de espacios, se busca orientar los dormitorios hacia el norte y sur, ya que son ambientes que necesitan mayor confort y la radiación solar es más equilibrada a lo largo del día y las estaciones. Los espacios de servicio, como baños y pasillos, se sitúan en las orientaciones este y oeste, al igual que la sala y la cocina. Sin embargo, es necesario realizar un análisis de la demanda de calefacción y refrigeración para cada una de estas orientaciones, incluyendo las de  $-15^\circ$  y  $15^\circ$ , a fin de determinar cuál sería la más adecuada para el proyecto. De esta manera, se podrá tomar una decisión en cuanto a la orientación del proyecto que considere tanto el aprovechamiento de la energía solar como la eficiencia energética del edificio en conjunto.

#### **2.4.1.2 Orientación según a los vientos predominantes**

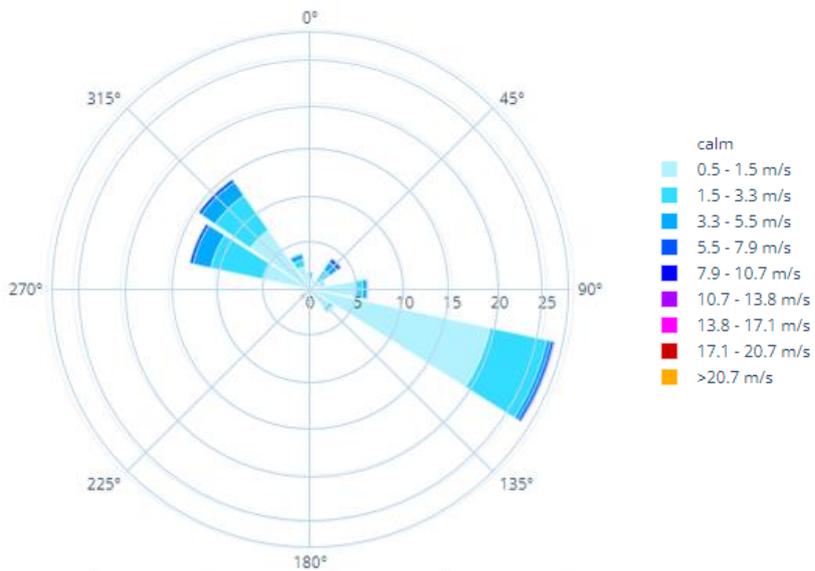
Además del análisis realizado en base a la gráfica solar y la temperatura horaria, es fundamental considerar la dirección y velocidad de los vientos predominantes en la ciudad de Quito para determinar la orientación más adecuada del proyecto.

Anteriormente, se había analizado la frecuencia y velocidad de los vientos. Sin embargo, la **Figura 2.11.**, proporciona una mayor idea de la dirección de los vientos en el lugar y que orientación podría ser la más óptima, con ángulos más precisos.

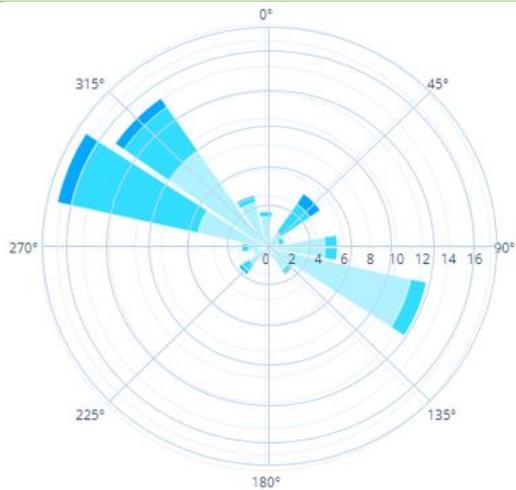
Analizando la gráfica, se tiene que los vientos predominantes en Quito provienen principalmente del este sureste y del noroeste, con velocidades que oscilan entre los 0.5 y 7.9 m/s, siendo catalogadas como vientos en calma y vientos regulares, respectivamente.

Teniendo en cuenta esta información, la orientación más favorable acorde a los vientos predominantes es  $15^\circ$  con respecto al norte, ya que permite una adecuada ventilación natural de los espacios interiores como es el caso de la cocina, sala, que tienen mayor incidencia solar, y espacios de servicio, como los baños, que requieren una mayor ventilación. De esta manera, se lograría una mejor distribución del flujo de aire, favoreciendo la ventilación cruzada en los ambientes, y una mayor eficiencia en la refrigeración pasiva del edificio.

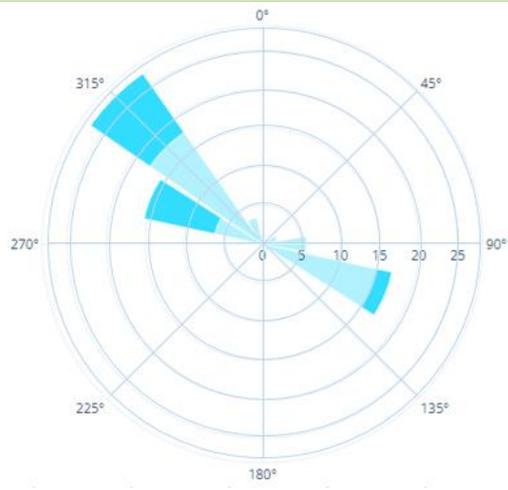
### Rosa de los vientos - Anual



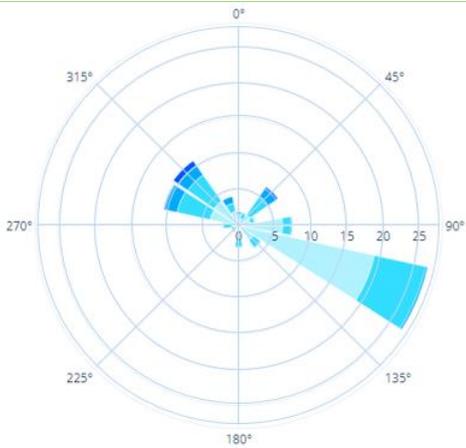
### Enero



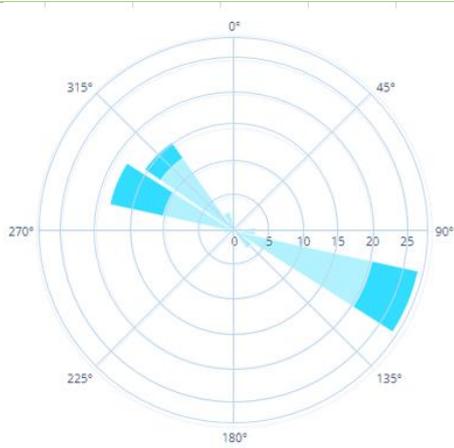
### Febrero



### Marzo

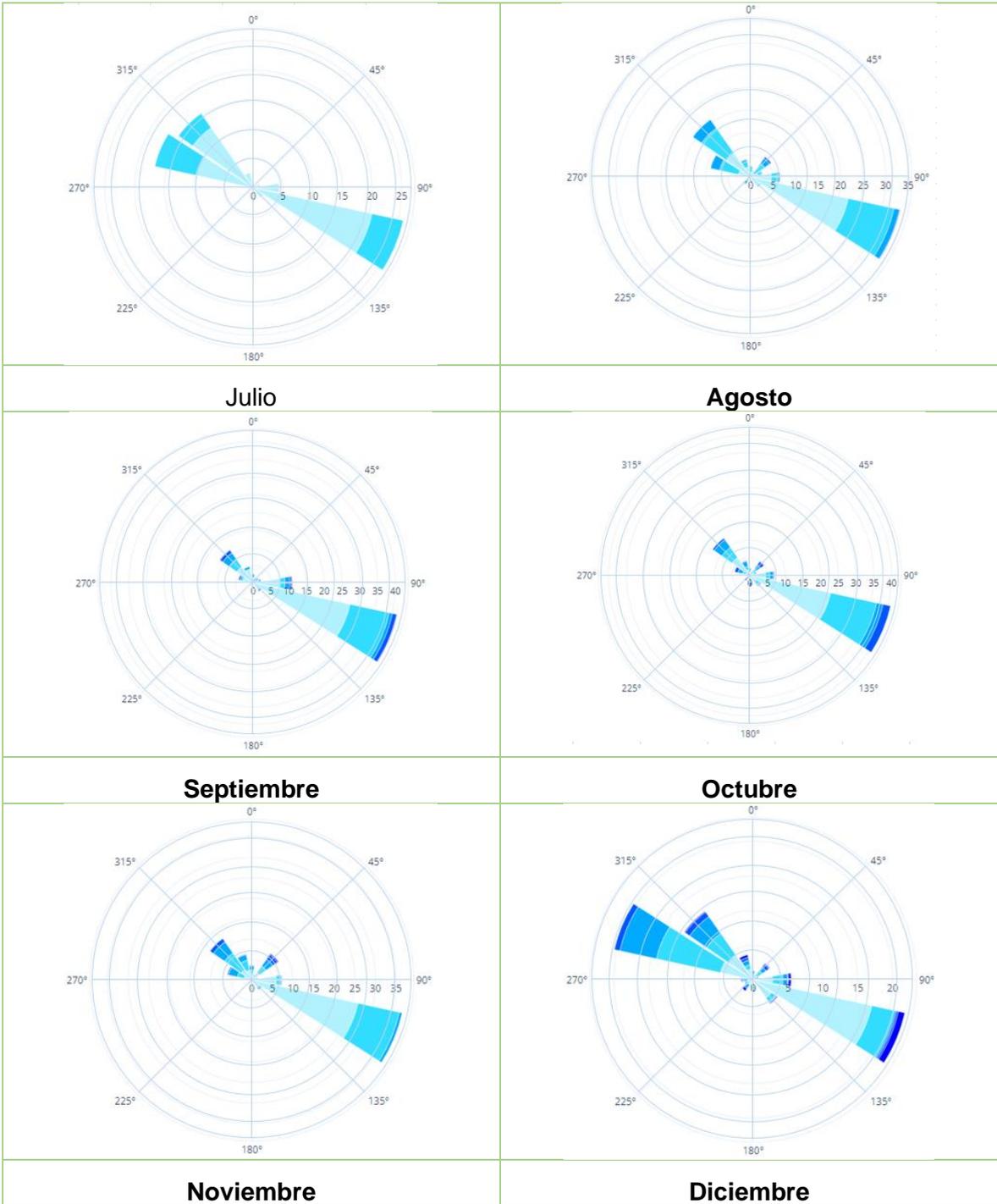


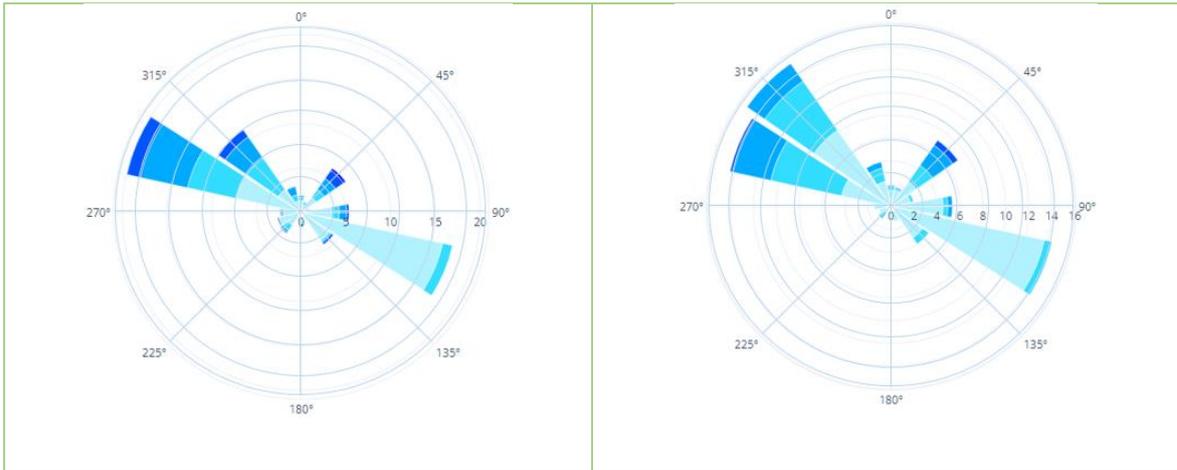
### Abril



### Mayo

### Junio





**Figura 2.11.** Rosa de los vientos anual y mensual, Quito [10]

Antes de realizar el análisis de la orientación según la demanda de calefacción y refrigeración se detallará el modelo utilizado y la preparación de este para crear el modelo energético.

### 2.4.1.3 Modelación Arquitectónica y Estructural del proyecto

Para el modelado de las torres se consideró elementos estructurales y elementos arquitectónicos con sus características y propiedades, las cuales se detallan en la **Tabla 2.13.**

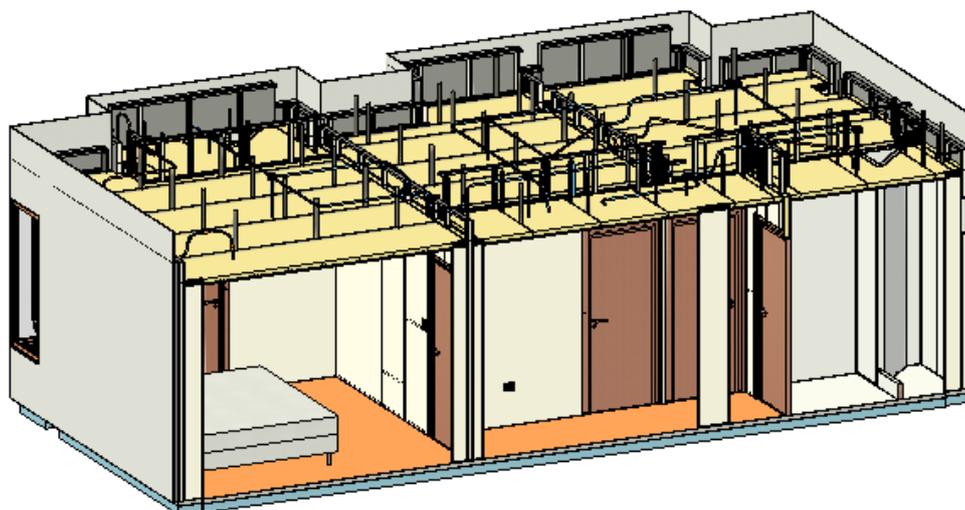
**Tabla 2.13** Características de elementos modelados en Revit

N°	DISIPLINA	
01.	ARQ - Arquitectura	
ÁREA	FAMILIA	TIPO
ALB	Ladrillo de 6 huecos	7x20x38 cm
TAB	Placa de yeso resistente a la humedad	1.5 cm
TAB	Correa (Stud)	63x0.45 mm
TAB	Canal (Track)	64x0.45 mm
TAB	Lana de vidrio	6 cm
ACB	Enlucido para exteriores	1.5 cm
ACB	Baldosa	10 mm
ACB	Baldosa	1.5cm
CFL	Omega (Furring)	40x0.45 mm

N°	DISIPLINA	
02.	EST - Estructura	
ÁREA	FAMILIA	TIPO
Hormigón Armado		
COL	Columna H.A.	35x35cm
VIG	Viga Cimentación	40x20cm
VIG	Viga H.A.	45x25cm
LOS	Losa Alivianada	20cm
Perfiles Metálicos		
COL	Perfil A36 Rectangular	150x150x5
VIG	IPE W6X12	100X6X150X3
Zapatas		
ZC	Zapata Z1	1.2X1.2X0.4
ZC	Zapata Z2	1.0X1.0X0.4
ZC	Zapata Z3	0.5X0.5X0.3

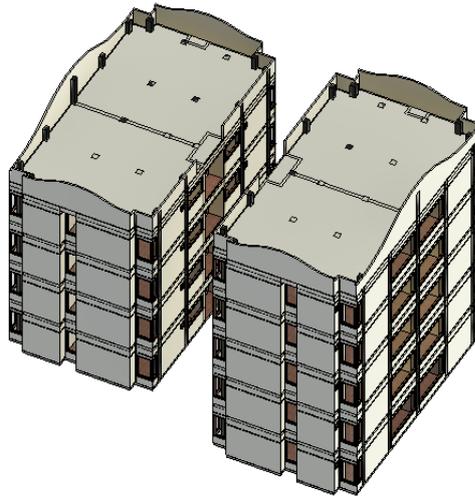
CFL	Lana de vidrio	5 cm
CFL	Placa de yeso resistente a la humedad	1.5 cm
CFL	Masillado para techo	3 mm
PSO	Baldosa	3 mm
PSO	Masillado para piso	5 cm
PSO	Placa de poliestireno expandido	10 cm
CRP	Puerta	70x195 cm
CRP	Puerta	80x195 cm
CRP	Puerta	90x205 cm
CRP	Puerta Abatible	0.70x2.10m
CRP	Puerta Entrada	0.90x2.10m
CRP	Ventana	1.70 m
CRP	Ventana	0.40 m
CRP	Ventana	0.56x1.72m
CRP	Ventana	1.80x0.48m

Hormigon		
HA	Hormigon fc=240	f'c = 240
HA	Hormigon fc=210	f'c = 210
AC	Acero Adelca	A992
AC	Acero Estructural	A36
VIGT	Vigueta L	20X10
COL	Columna H.A.	20X20cm
VIG	Viga Cim	20x20cm
LOS	Losa Maciza cotrapiso	6cm
LOS	Losa Cero	10 cm
ESC	Escalon Grada Metalica	5cm
TUB	Perfil Acero Rectangular	200x100x3



**Figura 2.12.** Modelo con elementos estructurales y arquitectónicos

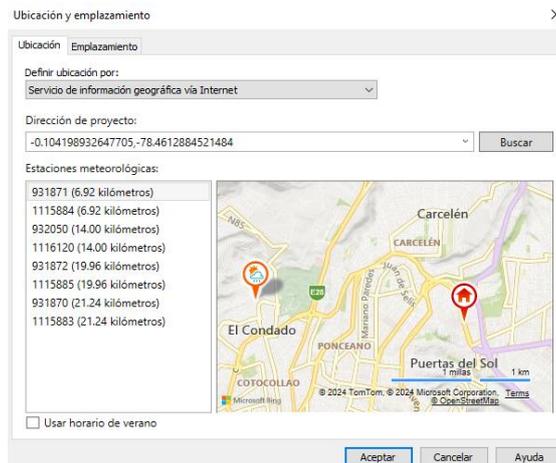
Por otra parte, debido a la cantidad de elementos y la escasa cantidad de recursos tecnológicos, se decidió realizar otro modelo que cuente únicamente con elementos delimitadores de espacios y materiales térmicos, retirando los perfiles de acero de paredes y del cielo falso, para optimizar el tiempo de obtención de resultados al realizar el análisis de energía, la optimización energética y el análisis de cargas de calefacción y refrigeración, el cual se muestra en la **Figura 2.13**.



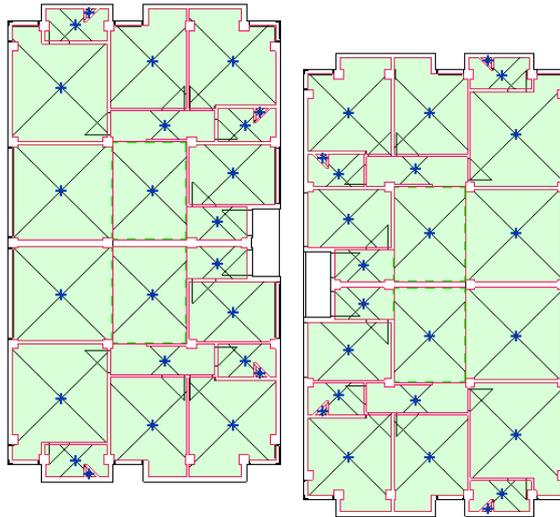
**Figura 2.13.** Modelo únicamente con elementos delimitadores de espacio

#### 2.4.1.4 Preparación del modelo para el análisis de cargas de calefacción y refrigeración en Revit

Para la configuración del modelo para el análisis, primero, se especificó la ubicación y la estación meteorológica a utilizar, como se indica en la **Figura 2.14**. Luego, se definió los espacios analíticos en ambas torres, como se ilustra en la **Figura 2.15**, donde se asignó una configuración de tipo de espacio a cada una de las habitaciones. Para ello se utilizó las configuraciones preestablecidas que ofrece Revit, como se ve reflejado en la **Figura 2.16**. Las configuraciones para todos los tipos de espacio se encuentran en el **ANEXO I**, **ANEXO II**, **ANEXO III**, **ANEXO IV**, **ANEXO V** y **ANEXO VI**.



**Figura 2.14.** Ubicación y estación meteorológica seleccionadas para el proyecto en Revit



**Figura 2.15.** Espacios analíticos para ambas torres

Configuración de tipo de espacio ? X

Filtro:

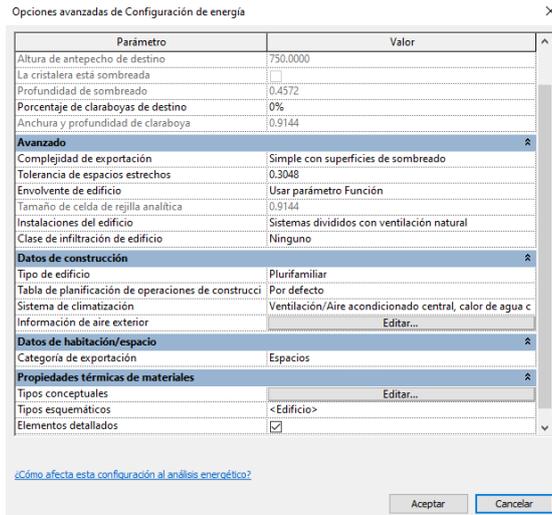
- Aeropuerto - Sala principal
- Almacén activo
- Almacén activo - Hospital/Centro médico
- Almacén inactivo
- Atención al cliente en zona de ventas - Comercio
- Atrio - Plantas adicionales
- Atrio - Tres primeras plantas
- Aula/Sala de conferencias/Taller
- Aula/Sala de conferencias/Taller - Prisión
- Avión/Tren/Autobús - Equipajes
- Banco - Oficinas
- Banco - Zona de clientes
- Baño
- Biblioteca-Audiovisual - Biblioteca-Audiovisual
- Catalogación e indización - Biblioteca
- Céldas - Juzgado
- Céldas - Prisión
- Cocina
- Corredor/Transición
- Corredor/Transición - Instalación de manufactura
- Corredores con zonas de espera para reconocimiento
- Deportes de cuadrilátero - Estado
- Despachos de jueces - Juzgado
- Detalle - Instalación de manufactura
- Computador/Oficinas**
- Eléctrico/Mecánico
- Entrada a ascensores

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	10.000 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	45.43 W
Densidad de carga de iluminación	11.95 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	5.81 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plenum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de vivienda - 24 horas
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Aire exterior por persona	2.36 L/s
Aire exterior por área	0.30 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Posición de ajuste de calefacción	21.11 °C
Posición de ajuste de refrigeración	23.89 °C
Posición de ajuste de humidificación	0.00000%
Posición de ajuste de deshumidificación	70.0000%

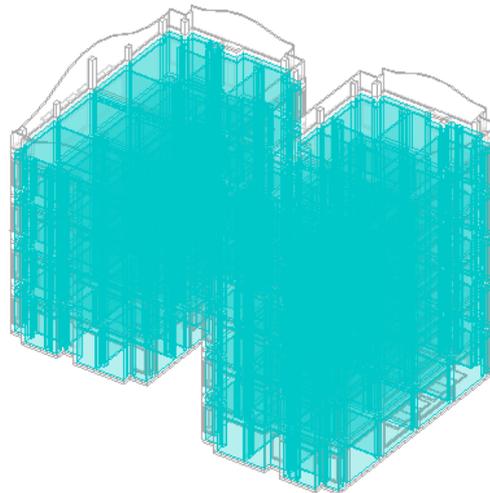
Aceptar Cancelar

**Figura 2.16.** Configuración de tipo de espacio

Después, en la configuración de energía avanzada se especificó el tipo de edificio como plurifamiliar y en las propiedades térmicas de materiales se indicó las propiedades de los elementos detallados, es decir, los elementos que se modelaron y no los que Revit establece como predeterminado, como se ilustra en la **Figura 2.17**. Finalmente, se crean los espacios analíticos y se realiza el análisis de sistemas para obtener la demanda de calefacción y refrigeración, como se visualiza en la **Figura 2.18**.



**Figura 2.17.** Configuración de energía avanzada



**Figura 2.18.** Modelo energético

Para este análisis y los siguientes, se utilizará la siguiente etiqueta de espacios interiores:

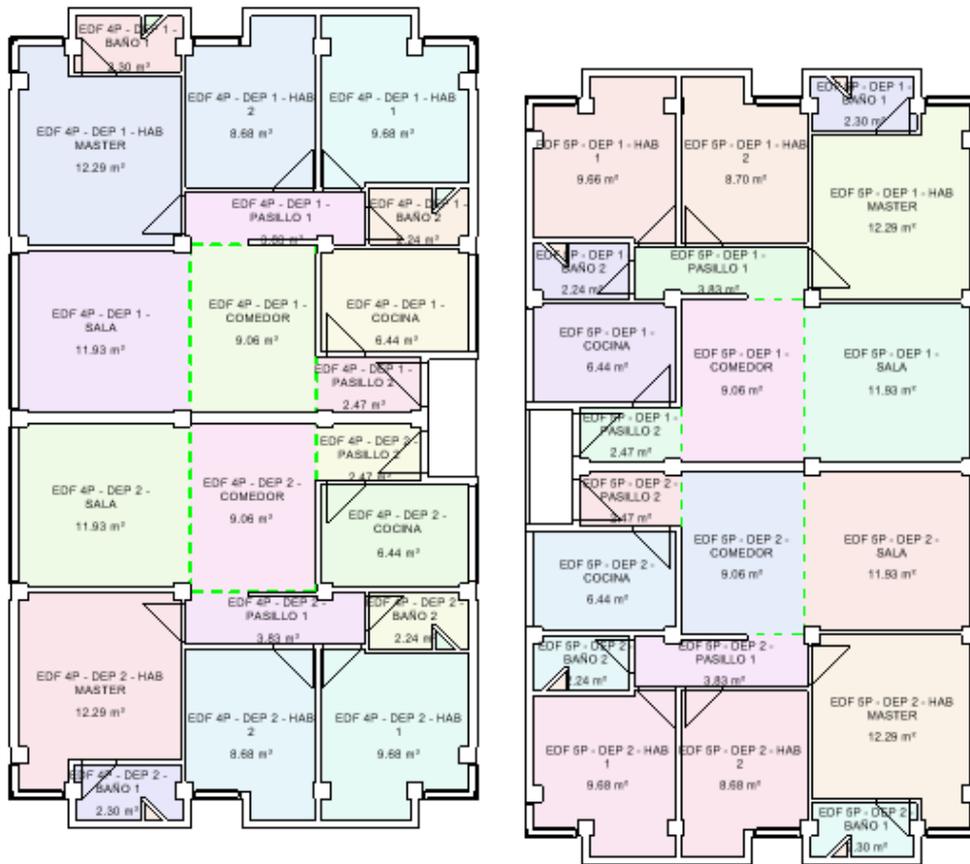
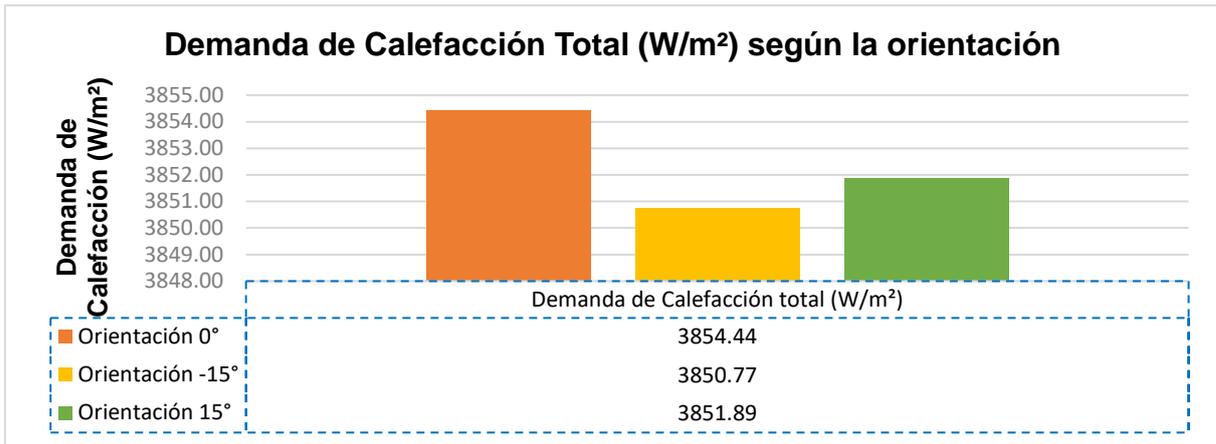


Figura 2.19. Etiquetas de espacios interiores de cada torre

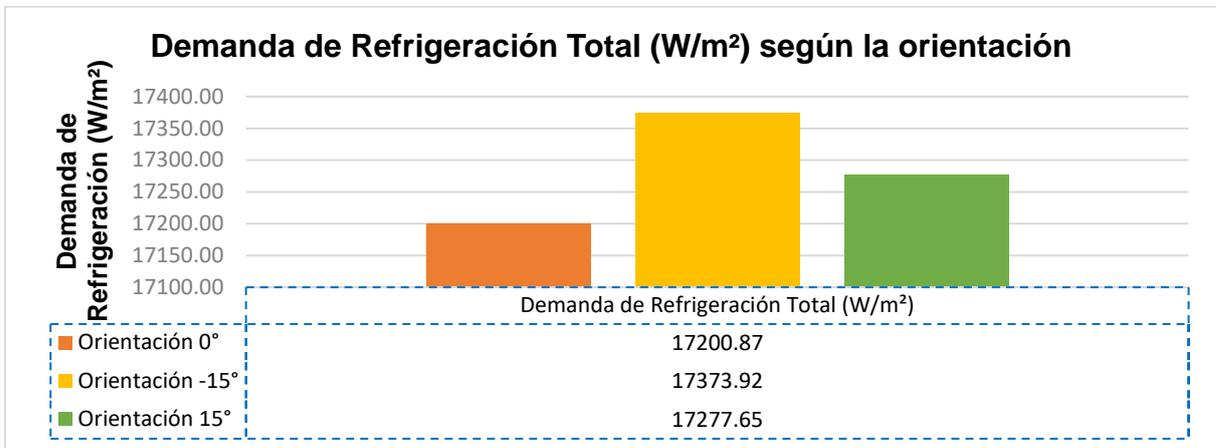
#### 2.4.1.5 Orientación según la demanda de calefacción y refrigeración

La orientación en función de la demanda de calefacción y refrigeración puede relevar importantes oportunidades de ahorro y mejoras en el diseño. Para comprender de mejor manera como la orientación afecta dichas demandas, se realizaron dos análisis.

En el primer análisis, se consideró la demanda de calefacción y refrigeración de todos los espacios interiores de las dos torres. Los resultados, reflejados en la **Figura 2.20.**, indican que la orientación óptima del edificio en relación con la demanda de calefacción es  $-15^\circ$  con respecto al norte, ya que es la orientación con menor demanda, cuyo valor es de  $3854.44 \text{ W/m}^2$ . Por otra parte, la **Figura 2.21.** indica que la orientación óptima en relación con la demanda de refrigeración es  $0^\circ$  con respecto al norte, con  $17200.87 \text{ W/m}^2$ .



**Figura 2.20.** Demanda de calefacción Total (W/m<sup>2</sup>) según la orientación



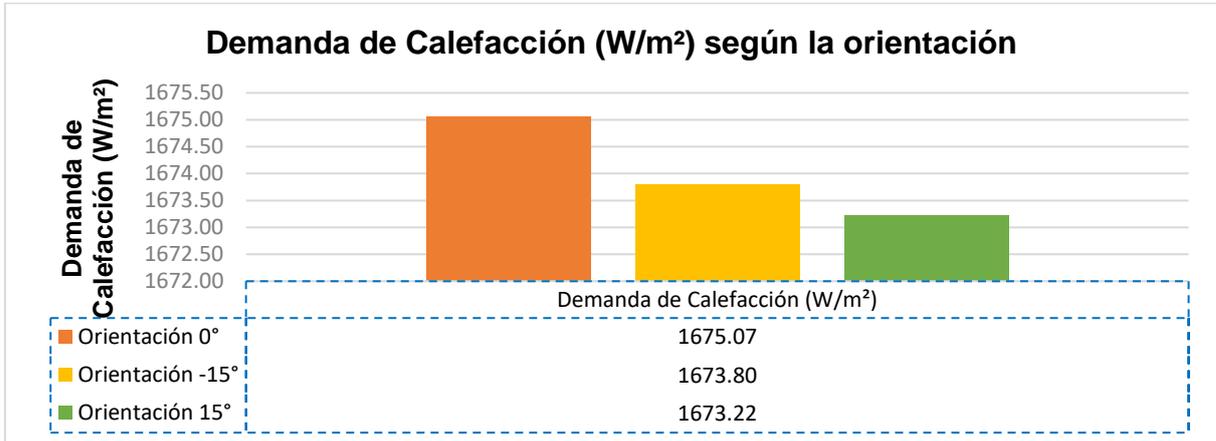
**Figura 2.21.** Demanda de refrigeración Total (W/m<sup>2</sup>) según la orientación

Sin embargo, dado que no se tiene una idea clara de la orientación óptima para el proyecto según estos resultados iniciales, se procede a realizar un segundo análisis más detallado. Este consiste en descartar la demanda de calefacción y refrigeración de todos los espacios de servicio y pasillos, priorizando los dormitorios, sala y cocina del edificio, siendo estos los espacios que requieren un mayor confort y que, en caso de contar con sistemas de climatización mecánica, pueden incidir en gran medida en el consumo energético.

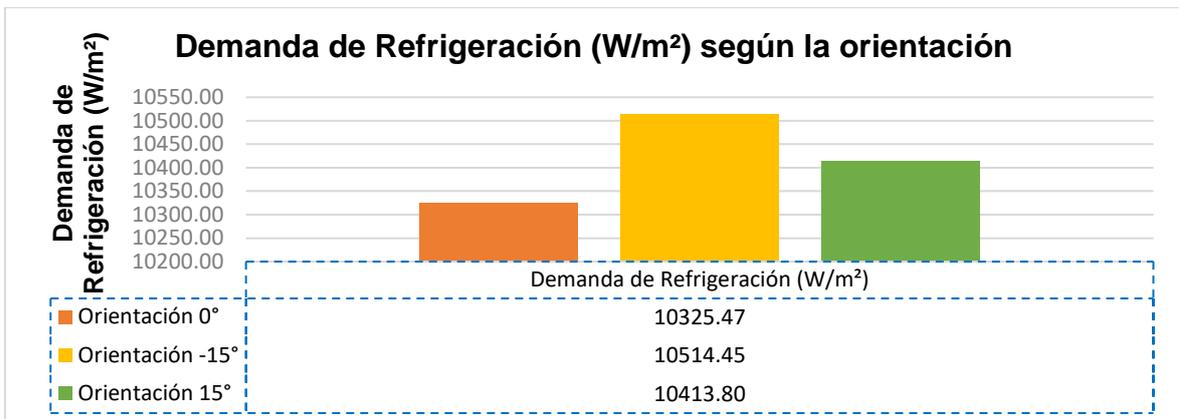
Los resultados de este segundo análisis, reflejados en la **Figura 2.22.**, muestran que la orientación óptima del edificio en relación con la demanda de calefacción es 15° con respecto al Norte, ya que es la orientación con menor demanda, cuyo valor es de 1673.22 W/m<sup>2</sup>. Por otra parte, la **Figura 2.23.** indica que la orientación óptima en relación con la demanda de refrigeración es 0° con respecto al norte, con una demanda de 10325.47 W/m<sup>2</sup>, siendo menor que las orientaciones de -15° y 15°.

Para determinar la mejor orientación de manera más precisa, se realiza un análisis adicional sin considerar la demanda de calefacción y refrigeración de los cuartos de servicio

y pasillos, tal como se muestra en la **Tabla 2.14** y en la **Tabla 2.15**. Al contabilizar el número de espacios interiores, se concluye que la orientación óptima tanto para la demanda de calefacción como de refrigeración es 0° con respecto al norte, ya que es la que presenta el mayor número de espacios con la menor demanda en ambos casos. Esta orientación será utilizada posteriormente para el análisis de asoleamiento y eficiencia energética del edificio.



**Figura 2.22.** Demanda de calefacción (W/m²) según la orientación



**Figura 2.23.** Demanda de refrigeración Total (W/m²) según la orientación

**Tabla 2.14.** Número de espacios interiores para cada orientación en la que la demanda de calefacción es mínima

Orientación según la demanda mínima de calefacción	
	N° de espacios interiores
Orientación 0°	57
Orientación 15°	0
Orientación -15°	33

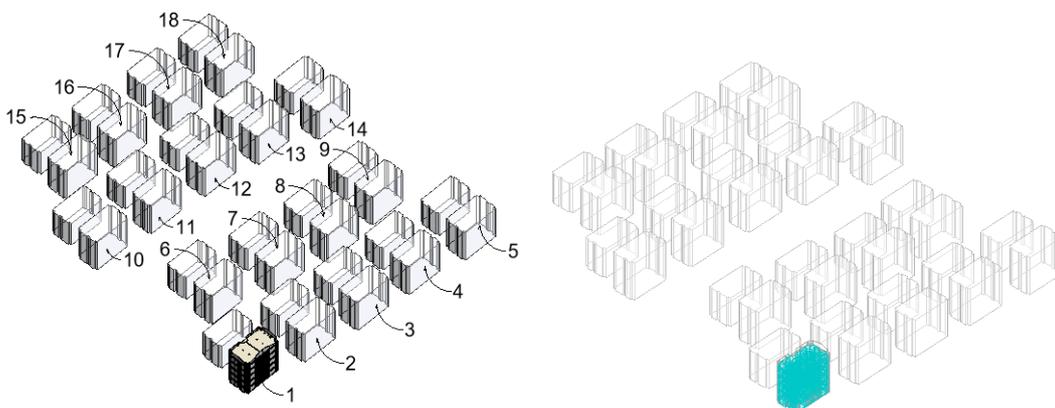
**Tabla 2.15.** Número de espacios interiores para cada orientación en la que la demanda de Refrigeración es mínima

Orientación según la demanda mínima de refrigeración	
	N° de espacios interiores
Orientación 15°	27
Orientación 0°	33
Orientación -15°	30

## 2.5 Optimización energética con Insight

Dado que se trata de un conjunto plurifamiliar, en la que se tienen torres idénticas de 4 y 5 pisos, se determina la torre menos eficiente para cada uno de los dos tipos, las cuales serán el modelo central de las estrategias de optimización para mejorar el desempeño energético del conjunto en su totalidad. Para ello, se enumeró las Torres de 4 y 5 pisos, como se ve reflejado en la **Figura 2.24.** y **Figura 2.25.**, respectivamente. Esta numeración se utilizará para posteriores análisis.

De manera general, el proceso que se realizó es ubicar el modelo en una de las posiciones y el resto de las torres modelarlas como masas para que, al momento de crear el modelo energético, estos sean considerados como objetos de sombras y determinar de esta manera la eficiencia de cada una de ellas. Además, se ocultó la topografía y solo se quedó con las torres para no tener inconveniente al subir el modelo a Autodesk Insight.



**Figura 2.24.** Enumeración para torres de 5 pisos

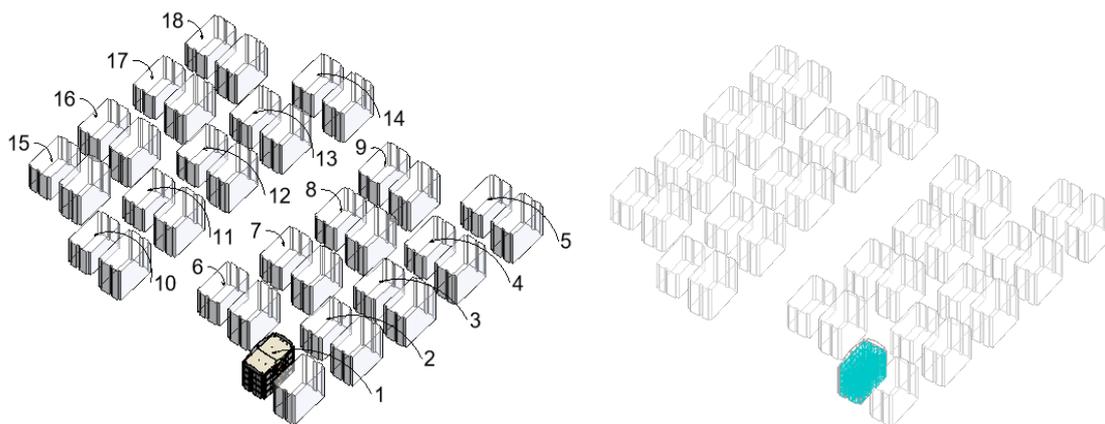


Figura 2.25. Enumeración para torres de 4 pisos

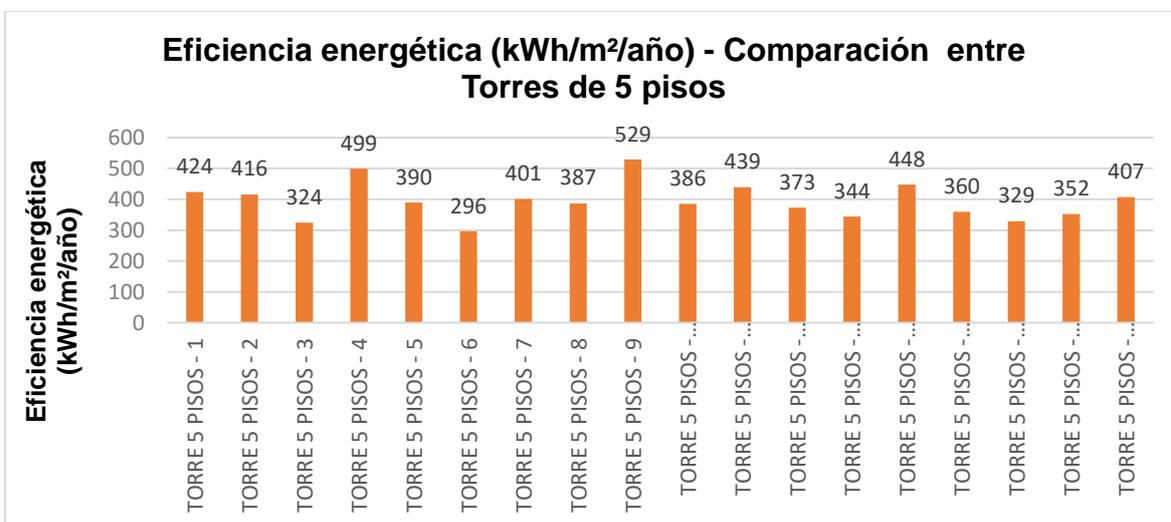


Figura 2.26. Eficiencia energética (kWh/m<sup>2</sup>/año) – Comparación entre Torres de 5 pisos

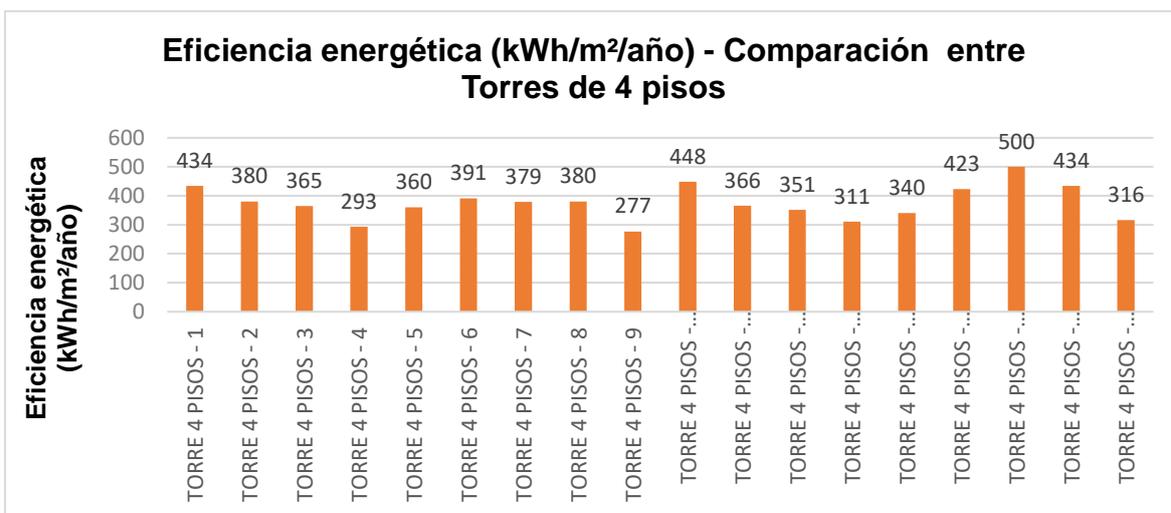
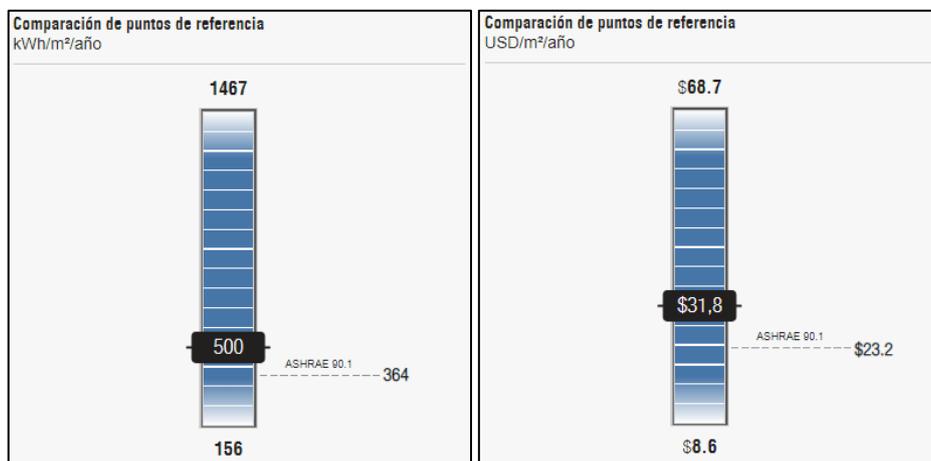


Figura 2.27. Eficiencia energética (kWh/m<sup>2</sup>/año) – Comparación entre Torres de 4 pisos

Los resultados, reflejados en la **Figura 2.26**, muestran que, para la torre de 5 pisos, la torre con la numeración 9 es la menos eficiente, mientras que, para la torre de 4 pisos, la torre etiquetada con el numero 16 no es tan eficiente con respecto a las demás, como se aprecia en la **Figura 2.27**. Estas dos torres se optimizarán a continuación.

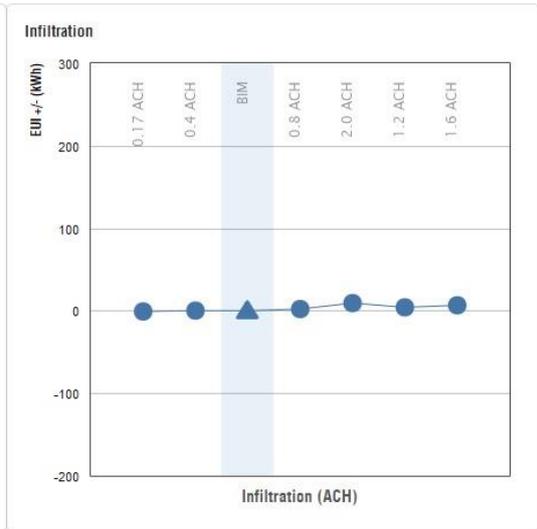
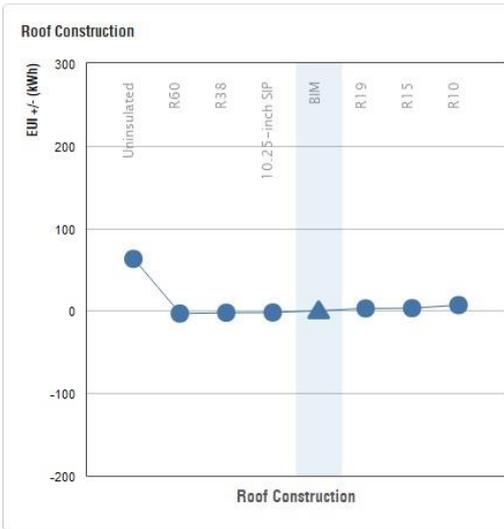
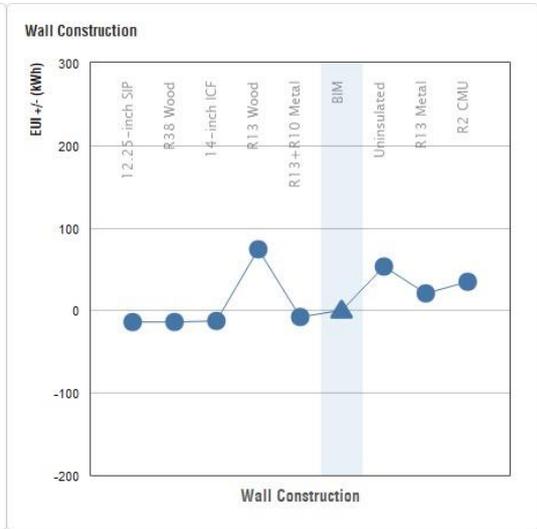
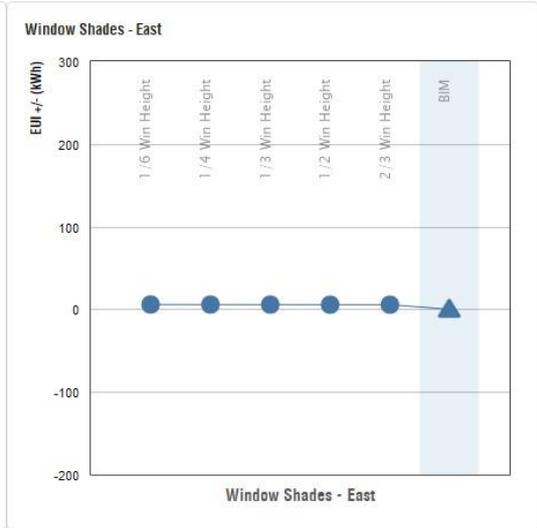
Inicialmente la eficiencia de la torre de 4 pisos en la nube de Insight es de 500 kWh/m<sup>2</sup>/año, que corresponde a 31.8 USD/m<sup>2</sup>/año, como se indica en la **Figura 2.28**. Además, nos muestra que el modelo se encuentra por encima del valor que establece la ASHRAE 90.1 para edificaciones de alto rendimiento, cuyo valor es de 23.2 USD/m<sup>2</sup>/año. Por otra parte, dependiendo de los cambios que se realicen o las opciones que se escoja para optimizar la torre, se podría alcanzar un valor de 8.6 USD/m<sup>2</sup>/año.

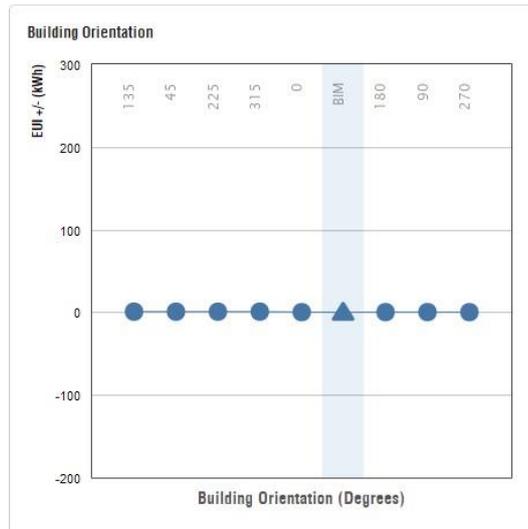


**Figura 2.28.** Eficiencia energética inicial y costo energético inicial – Torre 4 pisos

Luego de realizar la optimización, se obtiene graficas lineales y otras con varias pendientes, lo cual indica qué factores tienen una mayor incidencia en la optimización de la torre.

Al elegir alguna de las otras opciones proporcionadas por Insight, como en el tipo de vidrio, teniendo opciones como un vidrio simple (Sgl Clr), vidrios dobles (Dbl Clr o Dbr LoE), o vidrio triple (Trp LoE), con mejores características, no implica con cambio significativo en la eficiencia de la edificación, lo cual también sucede con el porcentaje de superficie acristalada vertical de la edificación, cuyo valor la norma establece que debe ser menor al 40% de la superficie neta de la pared, cortinas para ventanas, la construcción de muros y techos, infiltración de aire y orientación de la edificación, como se muestra en la **Figura 2.29**. Esto indica que los elementos modelados y la orientación que se escogió son lo bastante eficientes y adecuados para el proyecto y su optimización no es tan requerida como con otros factores.





**Figura 2.29.** Factores que condicionan la eficiencia energética de un edificio

Las características de vidrios, construcción de muros y techos que Insight ofrece se encuentran en el **ANEXO XI**, **ANEXO XII** y **ANEXO XIII**, en el caso que se necesite revisar esta información, sin embargo, las propiedades establecidas para los elementos del proyecto son muy óptimas y no se requiere optar por las de Insight.

En cuanto, al horario de funcionamiento se escogió el rango de 12/6 a 12/7 como horas típicas de uso por parte de los ocupantes de edificio, **Figura 2.30**.



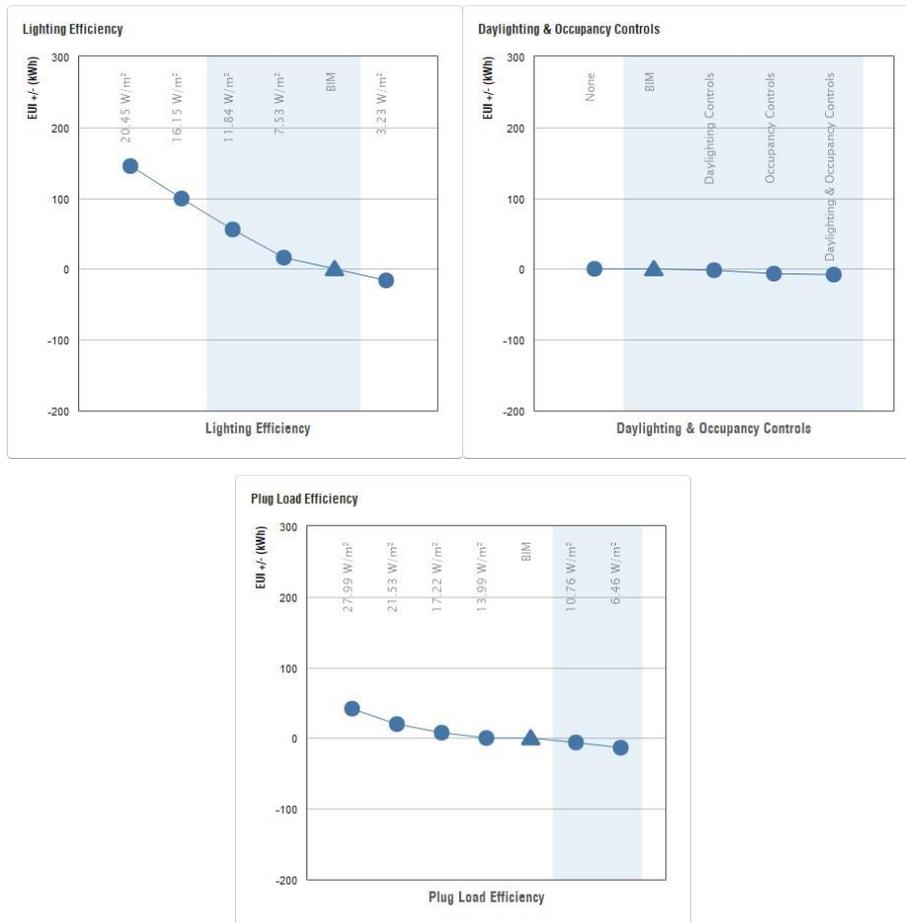
**Figura 2.30.** Horario de funcionamiento

Para la optimización de iluminación, se incluyó en un solo escenario los siguientes factores: la eficiencia de la iluminación, considerando un rango de 7.53 a 11.84 W/m<sup>2</sup>, tomando como referencia los valores de VEEI máximo que establece la norma, **Tabla 2.16.**; los controles de ocupación e iluminación natural, con opción de solo controles de iluminación,

solo controles de ocupación y, controles de ocupación e iluminación; y eficiencia de carga del enchufe, con un rango de 6.46 a 10.76 W/m<sup>2</sup>, todos los factores se muestran en la **Figura 2.31**.

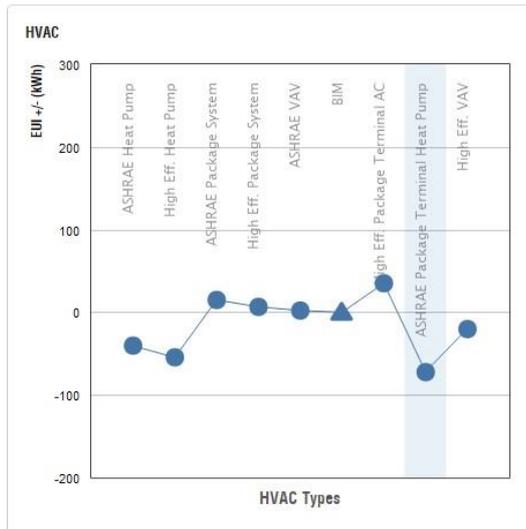
**Tabla 2.16.** VEEI máximo [12]

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m <sup>2</sup> )
Dormitorios	12,0
Salas	7,5
Cocina/comedor	10
Cuarto de estudio	10
Baños	12,0
Bodega	6,0



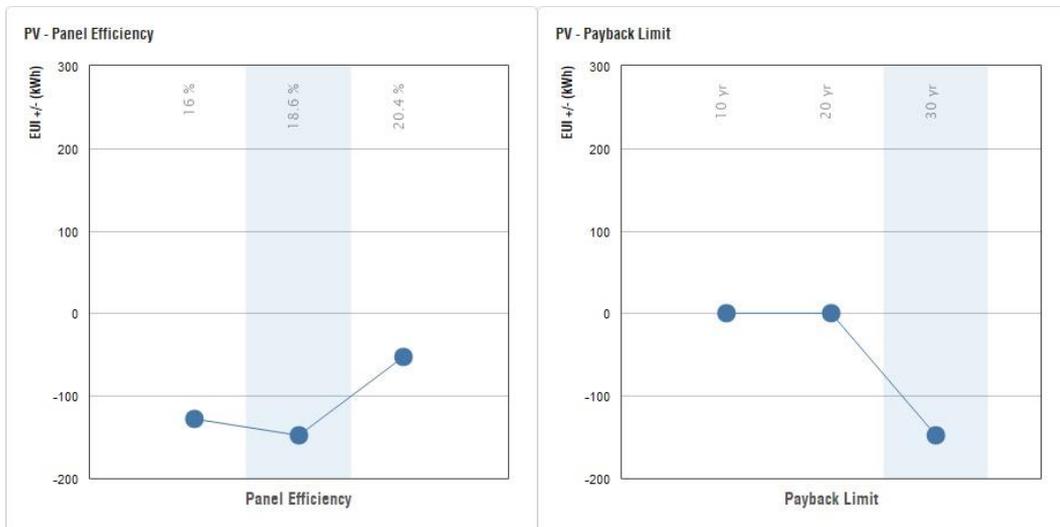
**Figura 2.31.** Eficiencia de iluminación y carga

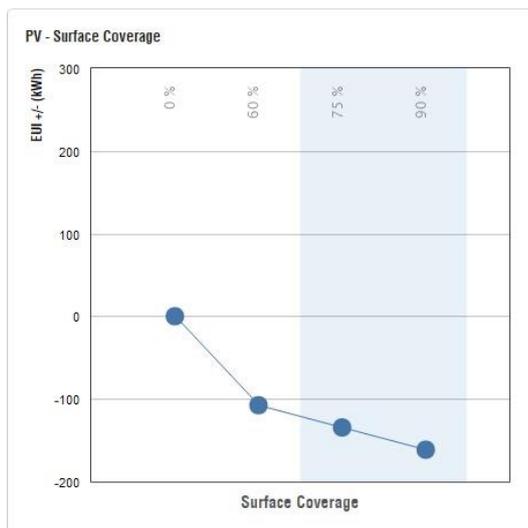
Para el sistema de climatización se optó por la opción de bomba de calor terminal ASHRAE (ASHRAE Package Terminal Heat Pump), como se muestra en la **Figura 2.32**.



**Figura 2.32.** Sistema de climatización

Para la optimización del sistema fotovoltaico, se incluyó en un solo escenario los siguientes factores: la eficiencia del panel, considerando un porcentaje de 18.6% de energía solar que se convertirá en energía de corriente alterna; el límite de recuperación de la inversión, con un tiempo de recuperación de 30 años; y la cobertura de superficie, con un rango de 75 al 90% de la superficie del techo, todos los factores se indican en la **Figura 2.33**.

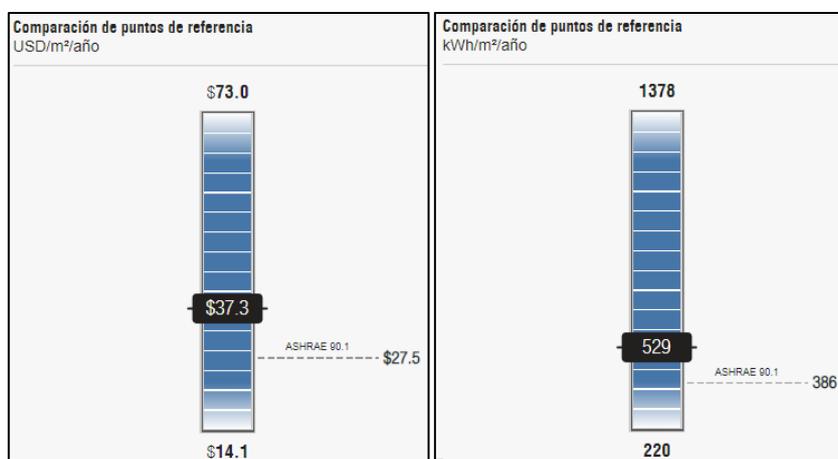




**Figura 2.33.** Sistema fotovoltaico

Los gráficos restantes de optimización de la Torre 4 se encuentran en el **ANEXO XIV**.

Para la torre de 5 pisos se tiene un valor inicial de eficiencia de 529 kWh/m<sup>2</sup>/año, que corresponde a un costo de 37.3 USD/m<sup>2</sup>/año, como se indica en la **Figura 2.34** Este valor excede el límite que establece la ASHRAE 90.1 siendo de 386 kWh/m<sup>2</sup>/año y 27.5 USD/m<sup>2</sup>/año, respectivamente.



**Figura 2.34.** Eficiencia energética inicial y costo energético inicial – Torre 5 pisos

Los gráficos de optimización de la Torre de 5 pisos con respecto a otras opciones que presenta Insight se encuentran en el **ANEXO XV** y **ANEXO XVI**. Para este caso, solo se analizará los resultados finales puesto que se asignaron los mismos factores que son efectivos en la optimización de energía de la Torre de 4 pisos.

## 2.6 Análisis energético

### 2.6.1 Análisis de Iluminación

Para el análisis de iluminación, se simulará la posición del sol en los solsticios y equinoccios, ya que son momentos clave en los que la inclinación del eje de la Tierra genera cambios significativos en la cantidad y ángulo de la radiación solar. Por otro lado, para este y posteriores análisis, solo se estudiará el caso de los espacios de los últimos pisos de cada torre.

Los solsticios ocurren el 21 de junio (solsticio de verano) y el 21 de diciembre (solsticio de invierno), el sol alcanza su punto más alto y más bajo en el cielo, respectivamente. Además, suelen marcar los días más largos y más cortos del año, lo que tiene un impacto directo en la cantidad de luz natural disponible en los espacios interiores.

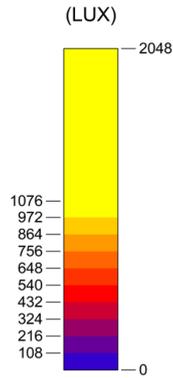
Los equinoccios, que tienen lugar el 21 de marzo (equinoccio de primavera) y el 23 de septiembre (equinoccio de otoño), son los momentos en los que el sol cruza el ecuador, generando días y noches de igual duración. Estos puntos intermedios entre los solsticios son cruciales para analizar cómo la luz natural se distribuye a lo largo del día.

Luego de realizar el análisis, se tiene lo siguiente: de acuerdo con la **Figura 2.36.**, se observa que, en la mañana y en la tarde, la mayoría de los dormitorios presentan valores de iluminación, en el centro del área, alrededor de los 324 luxes, el cual sería un valor adecuado según la **Tabla 2.17.** de la normativa ecuatoriana ya que se especifica como valor óptimo 200 luxes. En el caso de las salas, tanto de la torre de la derecha como de la izquierda, se muestra que exceden los 972 luxes, lo que puede llevar a problemas de deslumbramiento en estos espacios. De igual manera, se tiene que las salas de ambas torres presentan valores altos de iluminación con una gran incidencia solar, como se ve reflejado en la **Figura 2.36.**

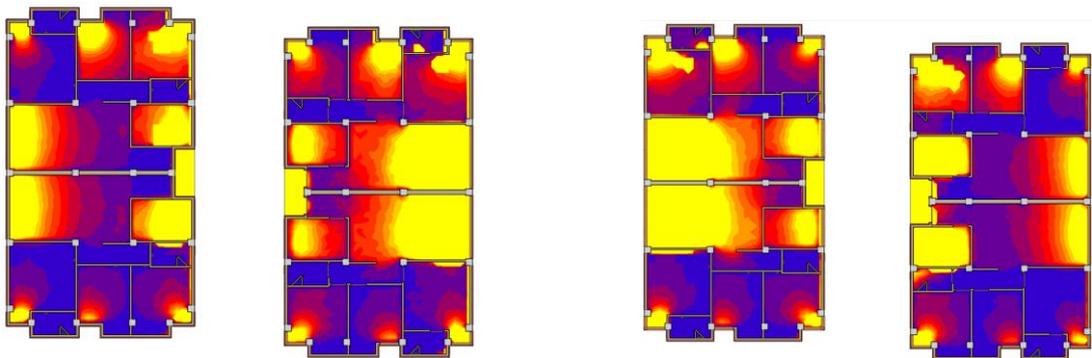
**Tabla 2.17.** Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda [12]

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>			

Los valores estipulados en la **Tabla 2.17.** deben ser medidos en el centro de cada área, en plano horizontal a una altura de 60cm.

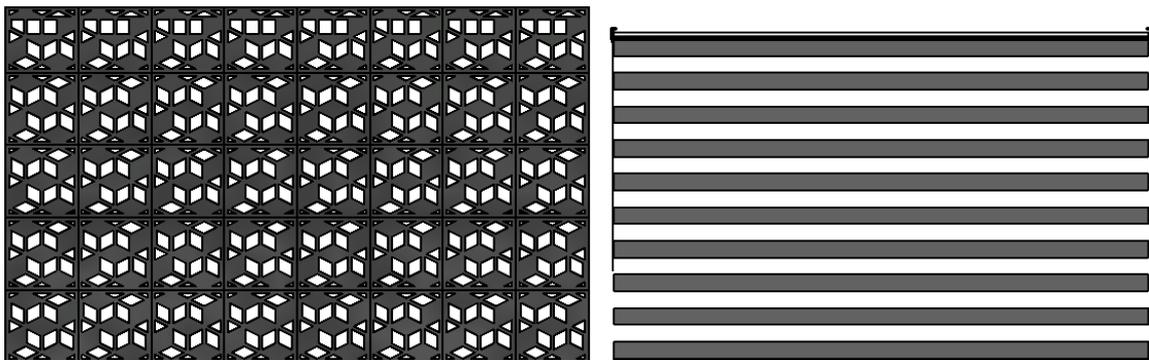


**Figura 2.35.** Etiqueta de rangos de iluminación (lx)

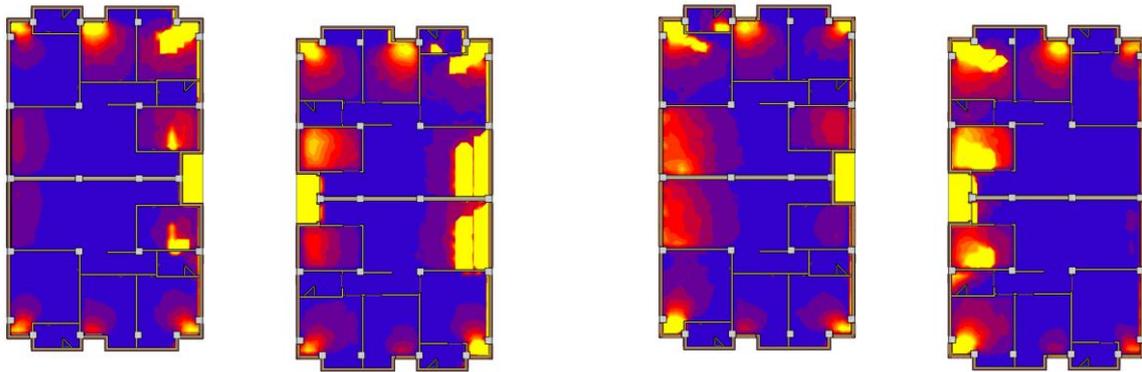


**Figura 2.36.** Solsticio de verano sin uso de protectores solares, izquierda: Iluminación lx: 6/21 11 a.m.; derecha: Iluminación lx: 6/21 4 p.m.

En un inicio, se optó por colocar los siguientes protectores solares: una celosía al exterior de las ventanas de las salas y un protector solar móvil interior, estos se visualizan en la **Figura 2.37.**, que consiste en una cortina enrollable cebra que simula muy bien el efecto de varios parasoles horizontales, este último se utilizó en todas estancias para su análisis.



**Figura 2.37.** Izquierda: celosía, derecha: cortina enrollable tipo cebra



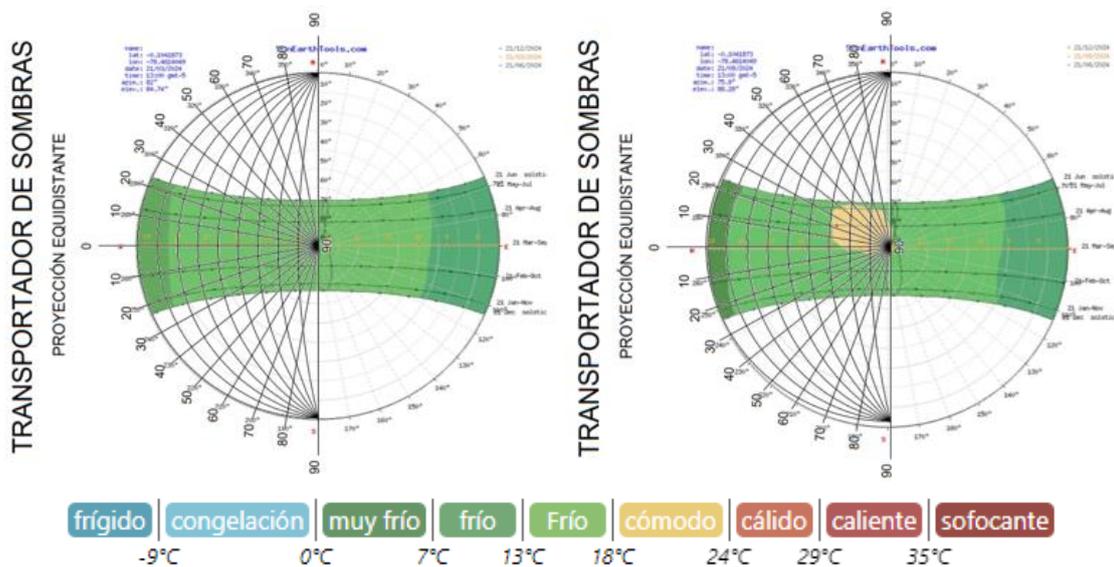
**Figura 2.38.** Solsticio de verano con uso de protectores solares (Cortina enrollable tipo cebra abierta y celosía exterior), izquierda: Iluminación lx: 6/21 11 a.m.; derecha: Iluminación lx: 6/21 4 p.m.

Luego, de colocar los protectores solares, se puede notar que los valores de iluminación de las salas disminuyeron considerablemente, **Figura 2.38**. Sin embargo, el uso de la celosía para el espacio de la sala, resta gran parte del confort visual al espacio, **Figura 2.39**.



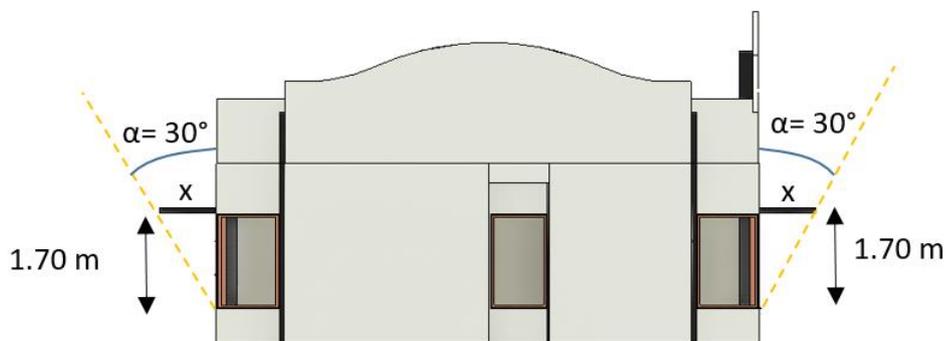
**Figura 2.39.** Vista interior de la sala con celosía como protector solar

Por esta razón, se optó por reemplazar las celosías por volados de 1 m, el cual se calculó a partir de la gráfica solar y la máscara de sobras, ambos de proyecciones equidistantes, **Figura 2.40**. Este volado se colocó en las salas y cocinas, ya que presentan valores excesivos de iluminación, para los demás espacios, dado que se trata de dormitorios que encuentran en las fachas norte y sur, y se busca que estos espacios sean más confortables, tanto en invierno como en verano, no se colocara volados para que capten más radiación solar y estén iluminados adecuadamente.



**Figura 2.40.** Gráfica solar con temperatura horaria y máscara transportador de sombras. Izquierda: 1er semestre, derecha: 2do semestre

Según la gráfica solar del segundo semestre, se tiene que en la tarde se puede alcanzar una temperatura de 24°C y el ángulo de incidencia solar correspondiente es 30° con respecto a la vertical. Dado este valor y conociendo la altura de la ventana que es 1.70 m, se calcula la distancia del volado, como se indica a continuación:



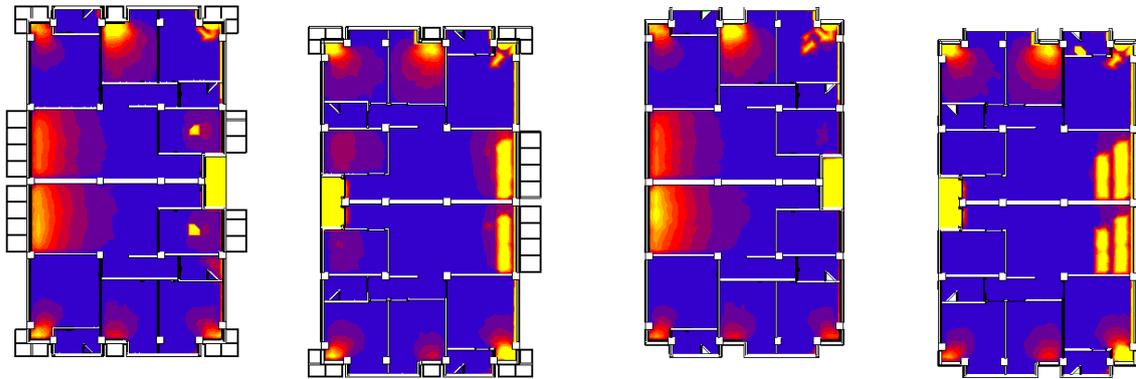
**Figura 2.41.** Determinación de la longitud del volado

$$x = \tan(30^\circ) \times 1.70 = 0.98 \text{ m}$$

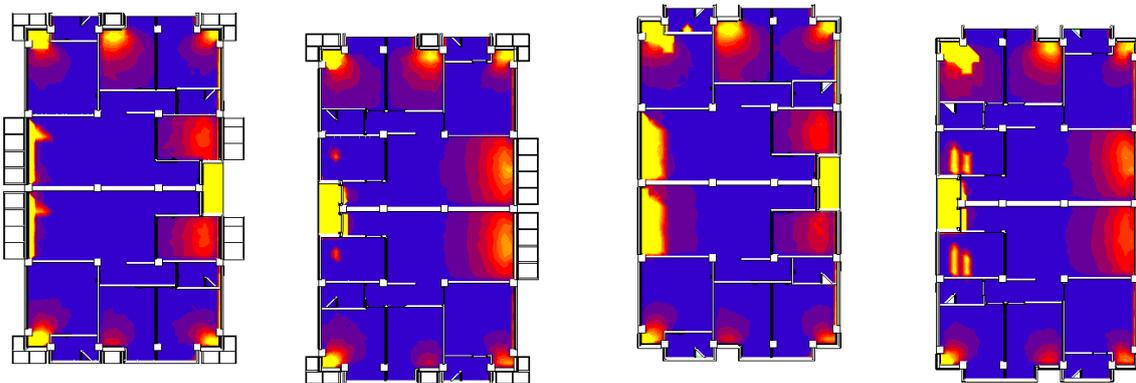
$$\therefore x = 1.00 \text{ m}$$

Además, se realizó una comparación de la efectividad de los volados en las habitaciones y se tiene que no inciden de manera significativa en la iluminación del espacio, **Figura 2.42.**, es así como emplear los volados en los dormitorios es innecesario. Por otra parte, se puede notar que en las mañanas los volados reducen muy bien la incidencia solar, ya que se pasa de tener dos franjas de luz deslumbrantes a solo una, **Figura 2.42.** Mientras

que, en las tardes, la franja de luz deslumbrante se acorta hasta el borde de la ventana, **Figura 2.43.**

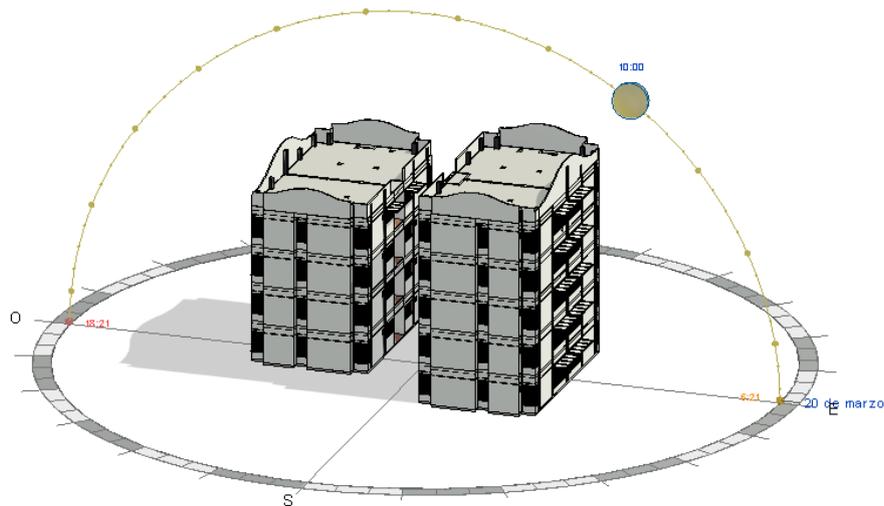


**Figura 2.42.** Iluminación en el solsticio de verano 9 a.m. Izquierda: torres con volados, derecha: torres sin volado



**Figura 2.43.** Iluminación en el solsticio de verano 3 p.m. Izquierda: torres con volados, derecha: torres sin volado

Por lo tanto, solo se colocarán volados en salas y cocinas de cada torre, las cocinas de los últimos pisos llevarán un volado, el resto no requiere ya que los edificios proyectan sombras entre sí en dichos espacios, excepto en los últimos pisos, como se ilustra en la **Figura 2.44.**



**Figura 2.44.** Proyección de sombras

De esta forma, se continuará con el análisis de iluminación con el uso de protectores solares, que se realizará desde las 9 a.m. hasta las 3 p.m. para los solsticios y equinoccios.

Luego de simular la trayectoria aparente del sol en el modelo, se tiene los siguientes resultados. Para cada espacio, se estimó de manera visual el valor de iluminación media interior en el centro del área, para cada hora desde las 9 am hasta las 3 pm tanto en los solsticios como en los equinoccios. Como ejemplo se presentan los valores para la habitación 1 del departamento 1 de la torre de 5 pisos, **Tabla 2.18.**, el resto de los resultados, para cada espacio interior del último piso de cada torre, se encuentran desde el **ANEXO XXI.** hasta el **ANEXO XXIV.** Las gráficas de análisis de iluminación con protectores solares, de donde se obtuvieron los valores se encuentra desde el **ANEXO XVII.** hasta el **ANEXO XX.**

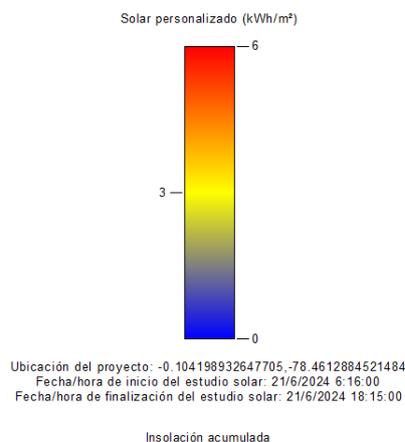
**Tabla 2.18.** Valores de iluminación de la habitación 1 del departamento 1 del último piso de la Torre de 5 pisos

<b>HABITACIÓN 1 - DEP 1 - PISO 5</b>		
<b>Solsticio de verano</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	216	lx
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	324	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	324	
<b>Solsticio de invierno</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	200	lx
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	200	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	108	

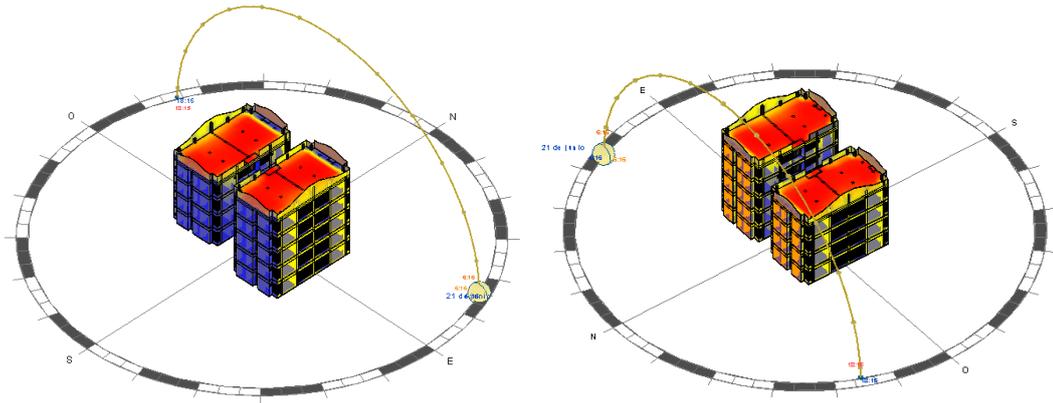
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108	
<b>Equinoccio de primavera</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	216	lx
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108	
<b>Equinoccio de otoño</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	216	lx
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108	
<b>Iluminancia interior media (Ix)</b>		
<b>172.43</b>		

## 2.6.2 Análisis de Radiación Solar

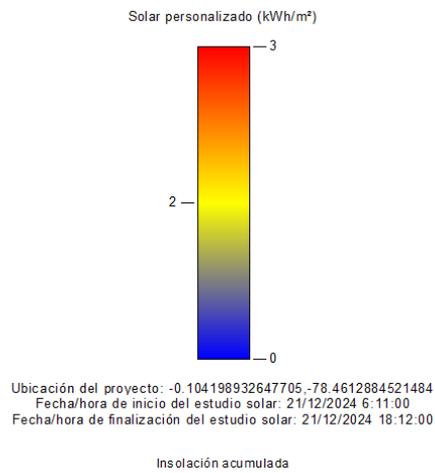
Según la **Figura 2.46.** y **Figura 2.48.**, la fachada con mayor incidencia solar a lo largo del año, considerando el solsticio de invierno y verano, es la fachada orientada hacia el norte, por lo que los espacios interiores del departamento 1, de ambas torres, van a tener un mayor confort térmico que las del sur, pero con ligera diferencia.



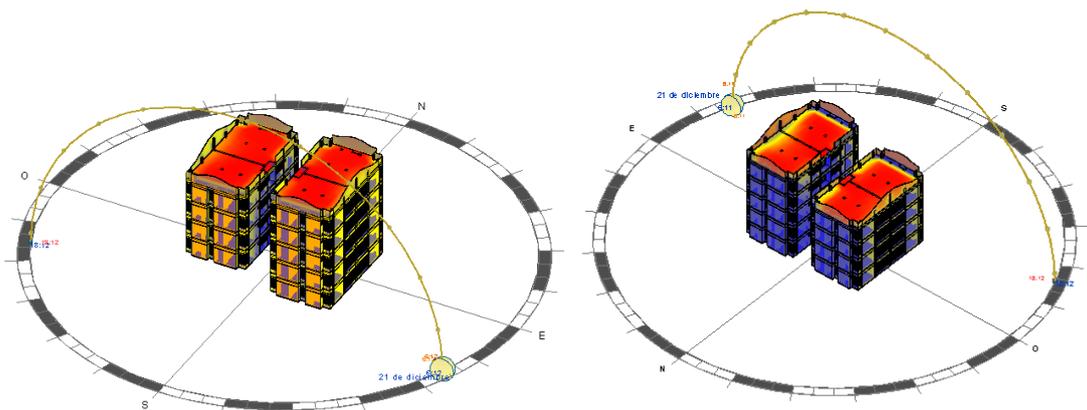
**Figura 2.45.** Etiqueta de radiación para el solsticio de verano (kWh/m<sup>2</sup>)



**Figura 2.46.** Radiación solar en el solsticio de verano



**Figura 2.47.** Etiqueta de radiación para el solsticio de invierno (kWh/m<sup>2</sup>)



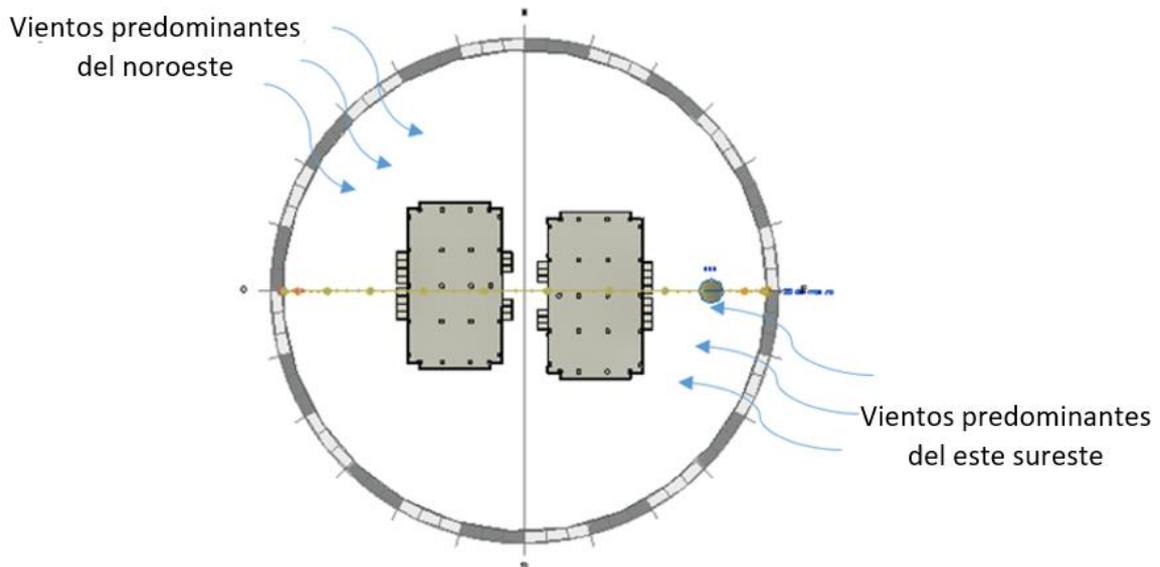
**Figura 2.48.** Radiación solar en el solsticio de invierno

### 3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Resultados

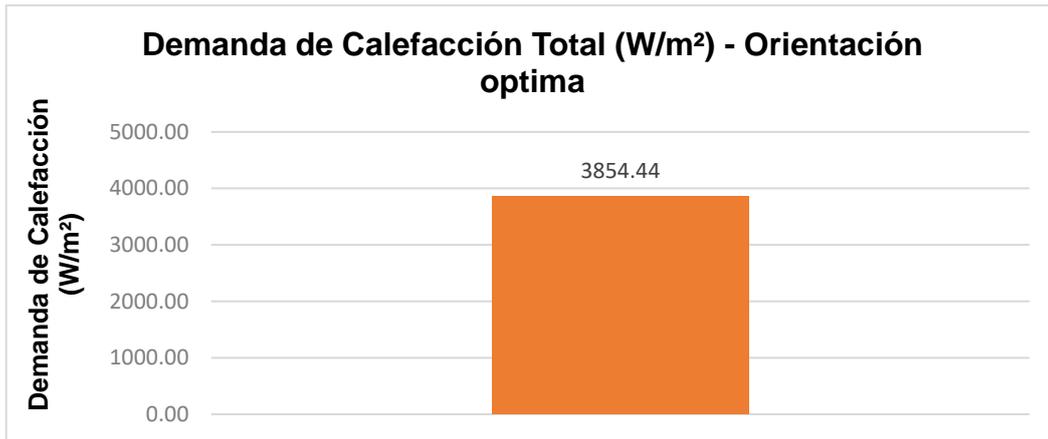
##### 3.1.1 Orientación óptima para el proyecto

La orientación de 0° con respecto al Norte, es la más adecuada y óptima para el proyecto. Según la trayectoria del sol, **Figura 3.1.**, esta orientación permite que los dormitorios hacia el norte y sur tengan similar incidencia solar, iluminación y radiación solar a lo largo del año, por lo que se consigue que estos espacios tengan condiciones similares de estancia y confort. Por otra parte, esta orientación ayuda a tener una ventilación adecuada para las habitaciones y en especial ayuda a la refrigeración de las salas de la Torre de 5 pisos, las cuales están orientadas hacia el este, que tienen una incidencia del sol mucho más directa desde la mañana, en que la inclinación del sol empieza con un ángulo muy bajo hasta el mediodía donde se encuentra en su punto más alto y vuelve a bajar, incidiendo directamente en las salas de la Torre de 4 pisos toda la tarde. Por lo que, al estar estos espacios orientados al oeste y este, y tener los vientos predominantes viniendo del noroeste y del sur-sureste, ayudan a mantener los espacios frescos, sobre todo en verano.

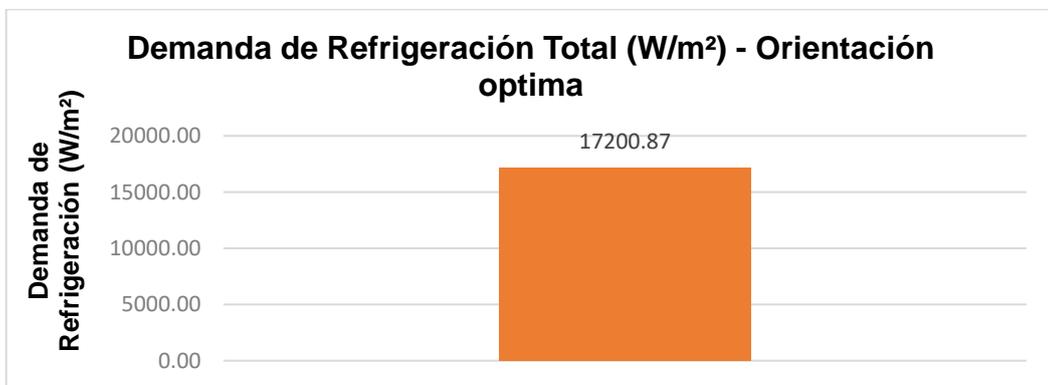


**Figura 3.1.** Orientación óptima de acuerdo a la trayectoria del sol y los vientos predominantes

Esta orientación presenta una demanda de calefacción de 3854.44 W/m<sup>2</sup> y una demanda de refrigeración de 17200.87 W/m<sup>2</sup>, como se logra visualizar en la **Figura 3.2.** y **Figura 3.3.**



**Figura 3.2.** Demanda de Calefacción Total (W/m²) - Orientación optima



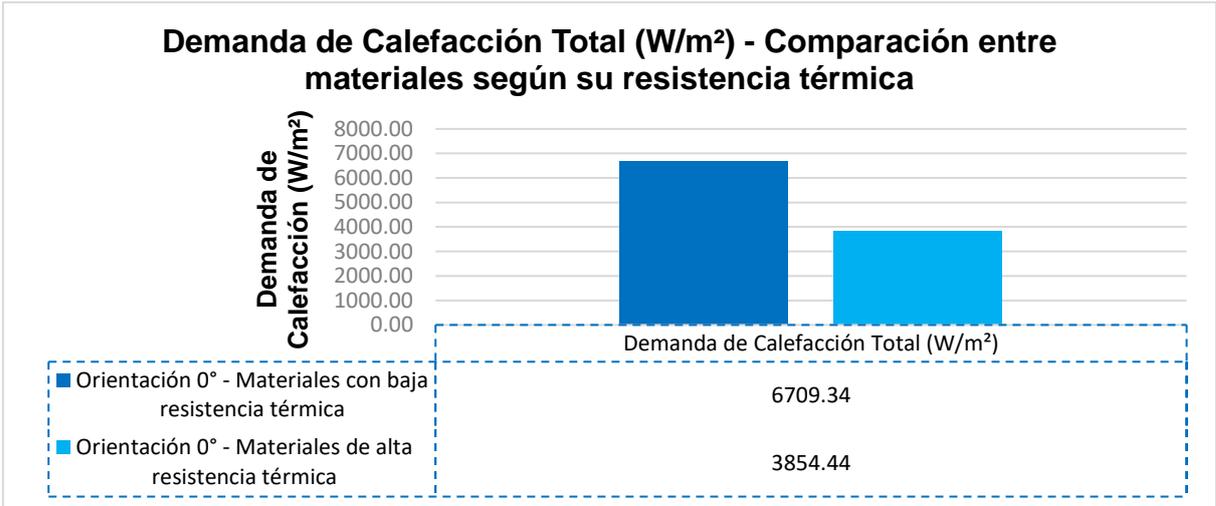
**Figura 3.3.** Demanda de Refrigeración Total (W/m²) - Orientación optima

### 3.1.2 Comparación entre el modelo con materiales de alta resistencia térmica y otro modelo con materiales de baja resistencia térmica

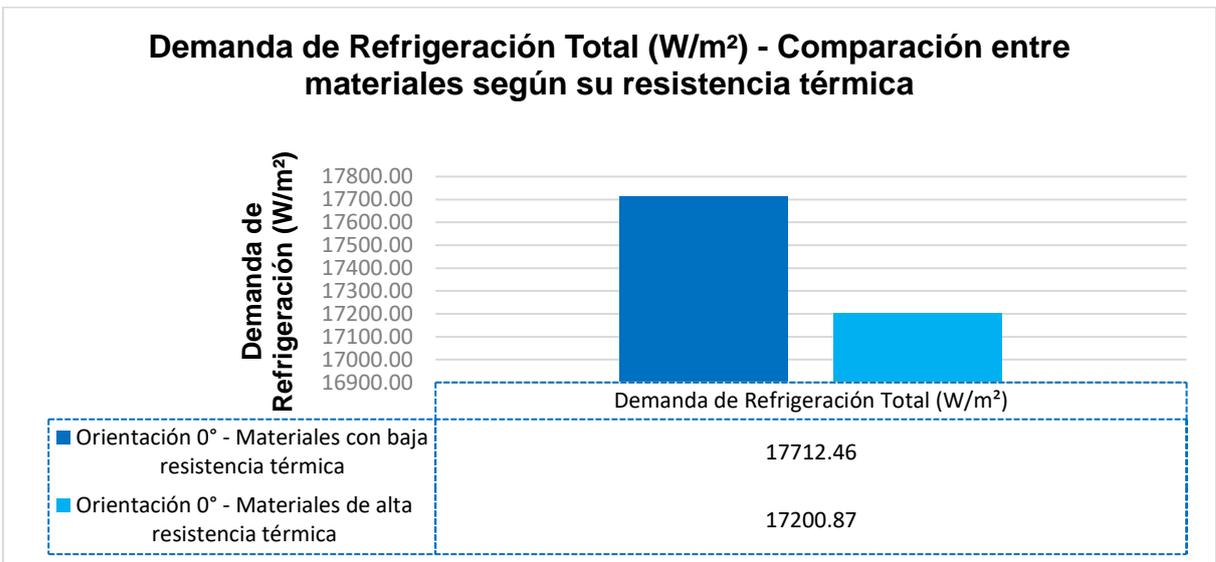
Adicionalmente, se comparó la demanda de calefacción y refrigeración del modelo de las dos Torres con los materiales que se escogieron y otro modelo con los mismos materiales, pero sin la lana de vidrio y las planchas de poliestireno expandido de alta densidad (EPS), es decir sin los materiales aislantes, considerado, así como un sistema constructivo usual en el Ecuador.

La demanda de calefacción del modelo con el sistema constructivo usual es de 6709.34 W/m<sup>2</sup>, mientras que la del modelo con los materiales aislantes es de 3854.44 W/m<sup>2</sup>, como se indica en **Figura 3.4**.

Por otra parte, la demanda de Refrigeración del modelo con el sistema constructivo usual es de 17712.46 W/m<sup>2</sup>, mientras que la del modelo con los materiales aislantes es de 17200.87 W/m<sup>2</sup>, como se indica en **Figura 3.5**.



**Figura 3.4.** Demanda de Calefacción Total (W/m<sup>2</sup>) - Comparación entre materiales según su resistencia térmica



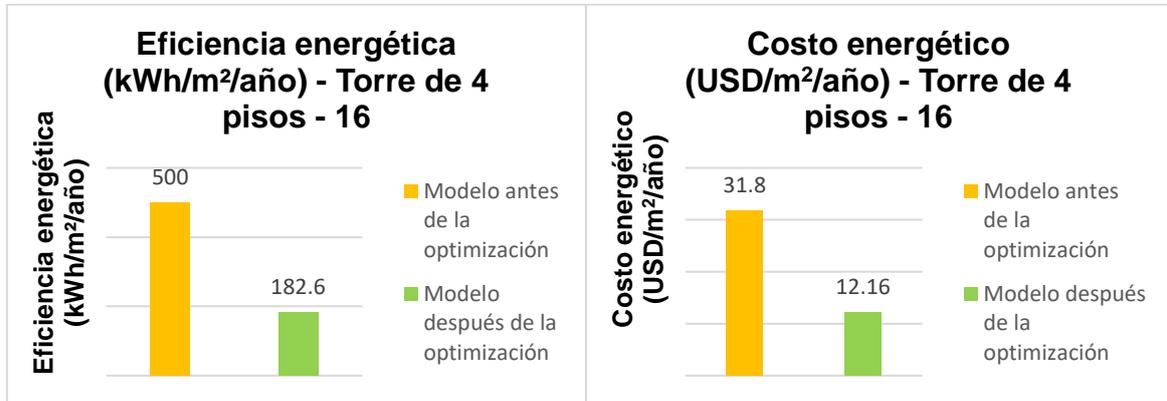
**Figura 3.5.** Demanda de Refrigeración Total (W/m<sup>2</sup>) - Comparación entre materiales según su resistencia térmica

### 3.1.3 Resultados del análisis de eficiencia energética y costo energético

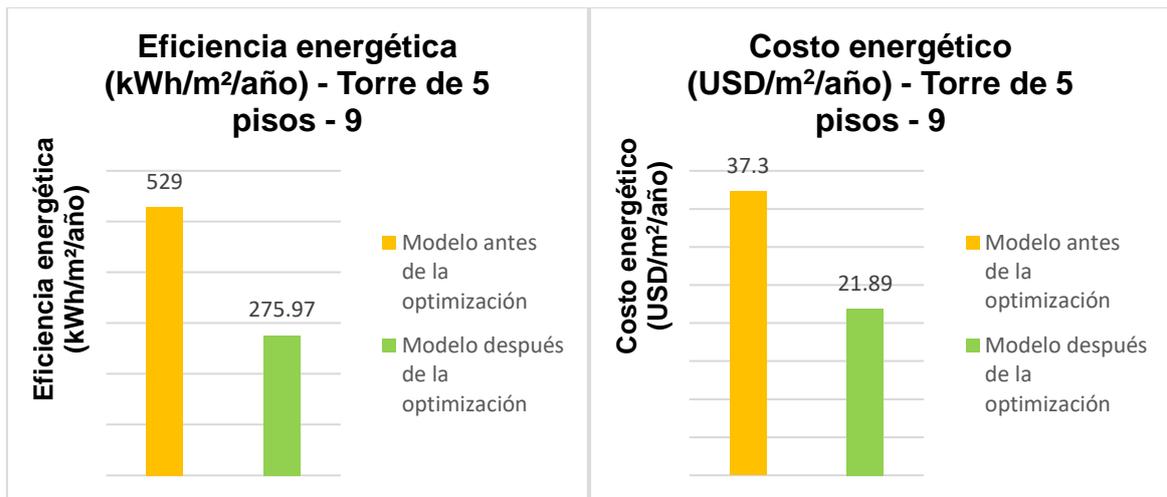
La Torre de 4 pisos de la posición 16 antes de la optimización tenía una eficiencia energética de 500.0 kWh/m<sup>2</sup>/año y un costo energético de 31.8 USD/m<sup>2</sup>/año. Luego, de la optimización se alcanzó una eficiencia energética de 182.6 kWh/m<sup>2</sup>/año y un costo energético de 12.16 USD/m<sup>2</sup>/año, como se ilustra en la **Figura 3.6**. Cumpliendo así con los valores que presentaba la ASHRAE 90.1 para esta torre, siendo de 364.0 kWh/m<sup>2</sup>/año y 23.2 USD/m<sup>2</sup>/año, los cuales se indican en la **Figura 2.28**.

Para la Torre de 5 pisos de la posición 9, la eficiencia energética inicial era de 529.0 kWh/m<sup>2</sup>/año con un costo energético de 37.3 USD/m<sup>2</sup>/año. Después, de la optimización se

alcanzó una eficiencia energética de 275.97 kWh/m<sup>2</sup>/año y un costo energético de 21.89 USD/m<sup>2</sup>/año, como se ilustra en la **Figura 3.7**. Cumpliendo así con los valores que presentaba la ASHRAE 90.1 para esta torre, siendo de 386.0 kWh/m<sup>2</sup>/año y 27.5 USD/m<sup>2</sup>/año, los cuales se indican en la **Figura 2.34**.



**Figura 3.6.** Eficiencia energética y costo energético de la Torre de 4 pisos antes y después de la optimización



**Figura 3.7.** Eficiencia energética y costo energético de la Torre de 5 pisos antes y después de la optimización

Para la Torre de 5 pisos, se obtuvieron los valores acumulados del costo energético y la eficiencia energética dependiendo de los factores que Autodesk Insight proporciona, como se muestra en la **Figura 3.8**. y **Figura 3.9**. Además, se obtuvo los valores parciales del sistema de eficiencia de iluminación y carga, el sistema de climatización y el sistema fotovoltaico, como se indica en la **Tabla 3.1**. y la **Tabla 3.2**. De donde se tiene que el sistema con mayor efecto sobre el costo y la eficiencia energética de la torre es el sistema fotovoltaico ya que permite optimizar el consumo energético 173.8 kWh/m<sup>2</sup>/año, y reduce el costo energético 11.3 USD/m<sup>2</sup>/año. El segundo sistema más eficiente es el sistema de iluminación y carga con un valor de 48.22 kWh/m<sup>2</sup>/año y 5.10 USD/m<sup>2</sup>/año y, por último, se

tiene el sistema de climatización que, si bien permite optimizar más que el sistema de iluminación, con un valor de 66.74 kWh/m<sup>2</sup>/año, su costo es menor cuyo valor es de 1.57 USD/m<sup>2</sup>/año.

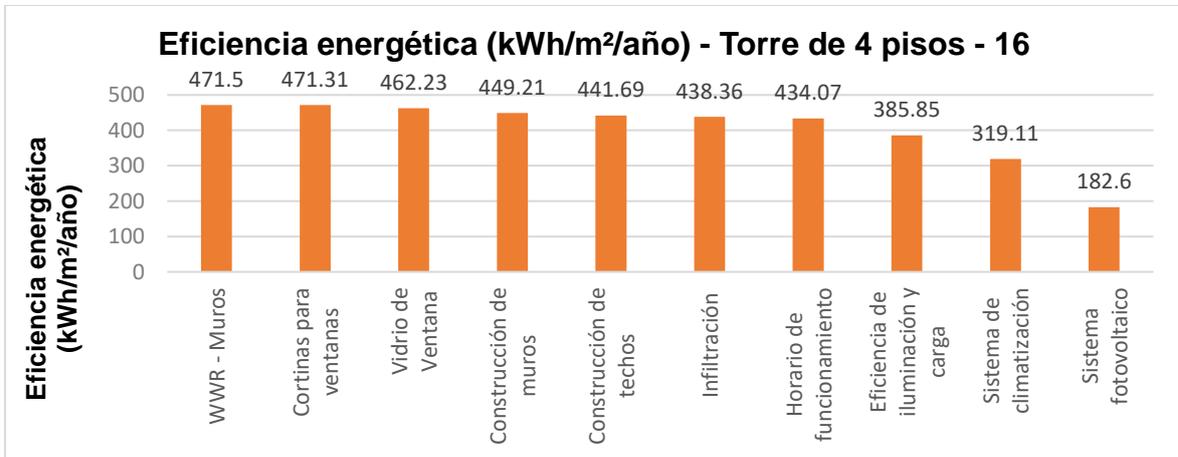


Figura 3.8. Eficiencia energética (kWh/m<sup>2</sup>/año) –Torre de 4 pisos – 16

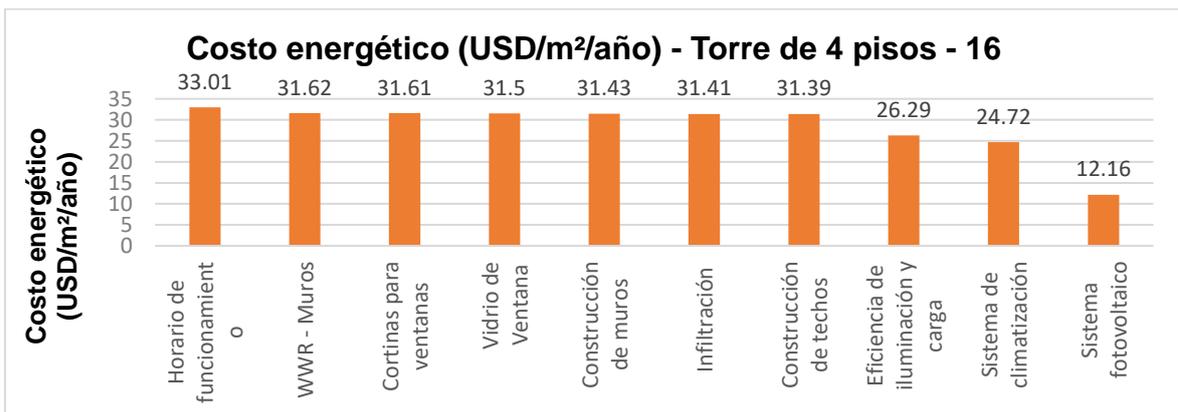


Figura 3.9. Costo energético (USD/m<sup>2</sup>/año) –Torre de 4 pisos – 16

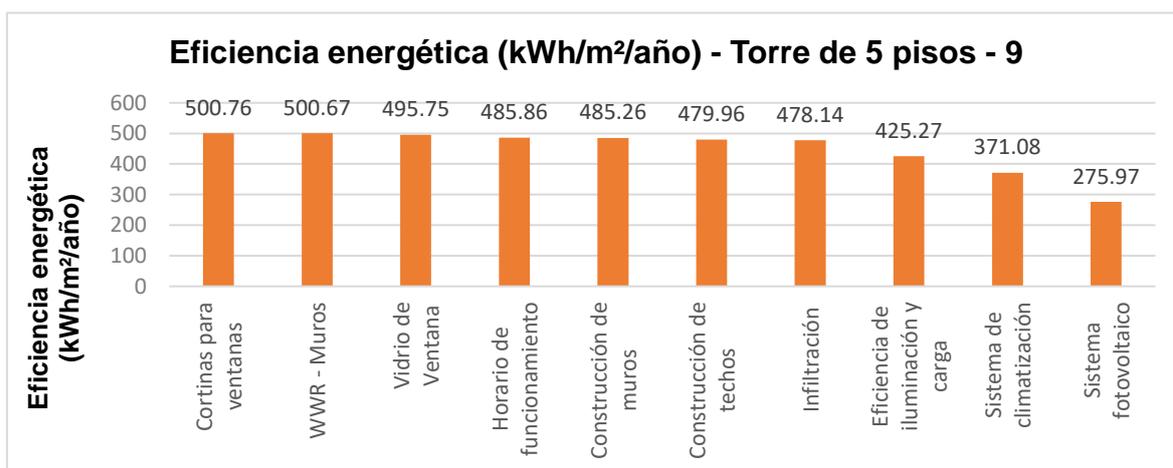
Tabla 3.1. Eficiencia energética (kWh/m<sup>2</sup>/año) de factores con mayor incidencia –Torre de 4 pisos – 16

Eficiencia energética (kWh/m <sup>2</sup> /año)	
Eficiencia de iluminación y carga	48.22
Sistema de climatización	66.74
Sistema fotovoltaico	136.51

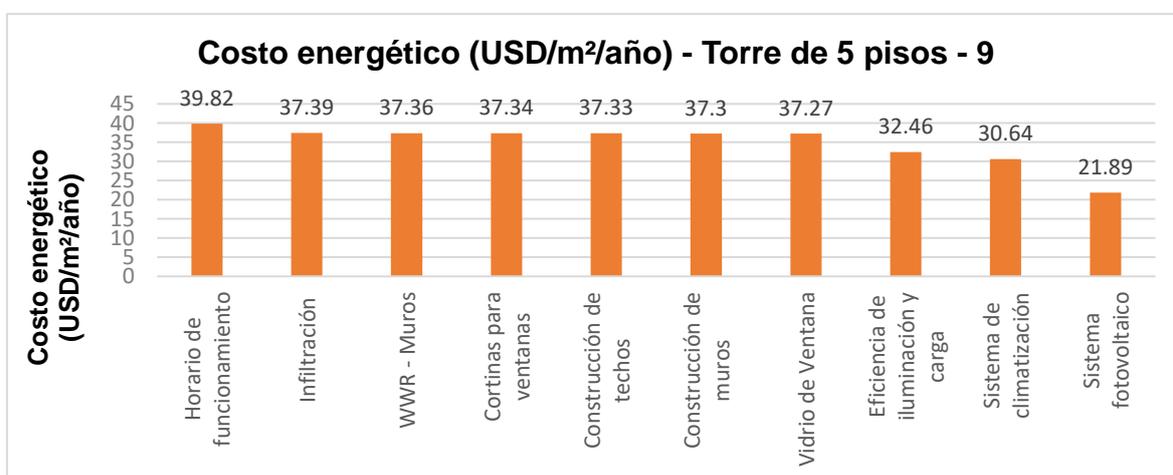
Tabla 3.2. Costo energético (USD/m<sup>2</sup>/año) de factores con mayor incidencia –Torre de 4 pisos – 16

Costo energético (USD/m <sup>2</sup> /año)	
Eficiencia de iluminación y carga	5.1
Sistema de climatización	1.57
Sistema fotovoltaico	12.56

De igual manera, se obtuvieron los valores acumulados del costo energético y la eficiencia energética para la Torre de 5 pisos, como se muestra en la **Figura 3.10.** y **Figura 3.11.** Además, los valores parciales del sistema de eficiencia de iluminación y carga, el sistema de climatización y el sistema fotovoltaico, los cuales se indican en la **Tabla 3.3** y la **Tabla 3.4.**, indican que el factor que mayor efecto tienen sobre el costo y la eficiencia energética de la torre, es el sistema fotovoltaico con un consumo energético 95.11 kWh/m<sup>2</sup>/año y un costo energético 8.75 USD/m<sup>2</sup>/año.



**Figura 3.10.** Eficiencia energética (kWh/m<sup>2</sup>/año) –Torre de 5 pisos – 9



**Figura 3.11.** Costo energético (USD/m<sup>2</sup>/año) –Torre de 5 pisos – 9

**Tabla 3.3.** Eficiencia energética (kWh/m<sup>2</sup>/año) de factores con mayor incidencia –Torre de 5 pisos – 9

Eficiencia energética (kWh/m <sup>2</sup> /año)	
Eficiencia de iluminación y carga	52.87
Sistema de climatización	54.19

Sistema fotovoltaico	95.11
----------------------	-------

**Tabla 3.4.** Costo energético (USD/m<sup>2</sup>/año) de factores con mayor incidencia –Torre de 5 pisos – 9

Costo energético (USD/m <sup>2</sup> /año)	
Eficiencia de iluminación y carga	4.81
Sistema de climatización	1.82
Sistema fotovoltaico	8.75

### 3.1.4 Resultados del análisis de iluminación

A continuación, se presenta los valores de iluminación interior media de cada espacio, siendo estos un promedio de todos los valores de iluminación, desde las 9 am hasta las 3pm, para cada uno de los solsticios y equinoccios, los cuales se indican en la **Tabla 3.5.**, **Tabla 3.6.**, **Tabla 3.7.** y **Tabla 3.8.** Los cuales cumple con los que establece la NEC-HS-EE.

**Tabla 3.5.** Niveles de iluminación al interior del departamento 1 del último piso de la torre de 4 pisos

DEP 1 - PISO 4		
Niveles de iluminación al interior de la vivienda (lx)		
HABITACIÓN 1 - DEP 1 - PISO 4	157.571429	Recomendado
HABITACIÓN 2 - DEP 1 - PISO 4	181.285714	Recomendado
HABITACIÓN MASTER - DEP 1 - PISO 4	122.285714	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 1 - DEP 1 - PISO 4	115.714286	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 2 - DEP 1 - PISO 4	108	Cumple con el valor mínimo
COCINA - DEP 1 - PISO 4	177.428571	Recomendado
COMEDOR - DEP 1 - PISO 4	109.928571	Cumple con el valor mínimo
SALA - DEP 1 - PISO 4	336.357143	Recomendado

**Tabla 3.6.** Niveles de iluminación al interior del departamento 2 del último piso de la torre de 4 pisos

DEP 2 - PISO 4		
Niveles de iluminación al interior de la vivienda (lx)		
HABITACIÓN 1 - DEP 1 - PISO 4	180.071429	Recomendado
HABITACIÓN 2 - DEP 1 - PISO 4	165.357143	Recomendado
HABITACIÓN MASTER - DEP 1 - PISO 4	117.071429	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 1 - DEP 1 - PISO 4	113.785714	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 2 - DEP 1 - PISO 4	119.571429	Cumple con el valor mínimo

COCINA - DEP 1 - PISO 4	185.142857	Recomendado
COMEDOR - DEP 1 - PISO 4	108	Cumple con el valor mínimo
SALA - DEP 1 - PISO 4	307.5	Recomendado

**Tabla 3.7.** Niveles de iluminación al interior del departamento 1 del último piso de la torre de 5 pisos

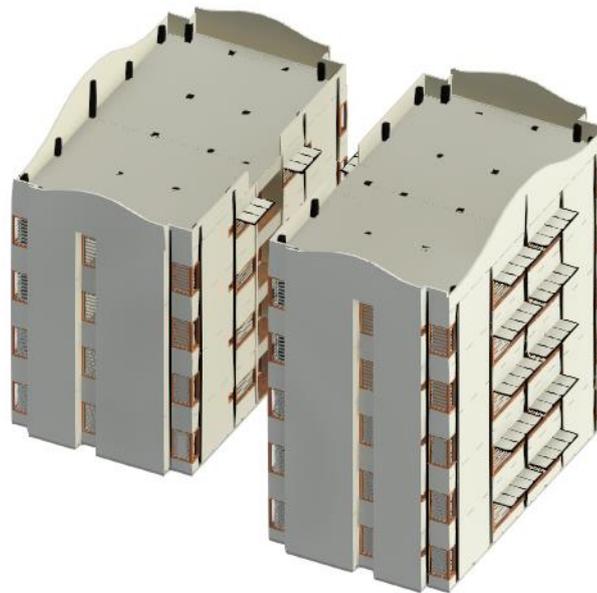
<b>DEP 1 - PISO 5</b>		
<b>Niveles de iluminación al interior de la vivienda (lx)</b>		
HABITACIÓN 1 - DEP 1 - PISO 4	172.428571	Recomendado
HABITACIÓN 2 - DEP 1 - PISO 4	175.285714	Recomendado
HABITACIÓN MASTER - DEP 1 - PISO 4	117.642857	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 1 - DEP 1 - PISO 4	119.571429	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 2 - DEP 1 - PISO 4	115.714286	Cumple con el valor mínimo
COCINA - DEP 1 - PISO 4	189	Recomendado
COMEDOR - DEP 1 - PISO 4	108	Cumple con el valor mínimo
SALA - DEP 1 - PISO 4	325.714286	Recomendado

**Tabla 3.8.** Niveles de iluminación al interior del departamento 2 del último piso de la torre de 5 pisos

<b>DEP 2 - PISO 5</b>		
<b>Niveles de iluminación al interior de la vivienda (lx)</b>		
HABITACIÓN 1 - DEP 1 - PISO 4	176.571429	Recomendado
HABITACIÓN 2 - DEP 1 - PISO 4	138.857143	Cumple con el valor mínimo
HABITACIÓN MASTER - DEP 1 - PISO 4	115.714286	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 1 - DEP 1 - PISO 4	135	Cumple con el valor mínimo
BAÑO 2 - DEP 1 - PISO 4	115.714286	Cumple con el valor mínimo
COCINA - DEP 1 - PISO 4	140.714286	Cumple con el valor mínimo
COMEDOR - DEP 1 - PISO 4	108	Cumple con el valor mínimo
SALA - DEP 1 - PISO 4	315.5	Recomendado



**Figura 3.12.** Modelo sin protectores solares



**Figura 3.13.** Modelo con protectores solares

## 3.2 Conclusiones

- Las soluciones constructivas seleccionadas para el suelo, techo y paredes demuestran un elevado grado de aislamiento térmico, dado que poseen un alto valor de resistencia térmica en comparación con sistemas de construcción usuales en el Ecuador. Esto permite una mayor resistencia a la transferencia de calor, lo cual es beneficioso durante el invierno, y evita que el calor ingrese de manera excesiva a las habitaciones en verano. Además, la adopción de esta solución constructiva contribuye a reducir la dependencia de los sistemas de climatización. Esto se ve reflejado en la **Figura 3.4.** y **Figura 3.5.**, donde el modelo con materiales de alta resistencia térmica presenta un ahorro en la demanda de calefacción del 42.55% en comparación con el modelo que utiliza materiales de baja resistencia térmica, así como un ahorro del 2.89% en la demanda de refrigeración.
- En el caso de la optimización, la torre de 4 pisos alcanzó una eficiencia energética del 63.48% en comparación con su estado inicial, logrando ahorro del 61.76% en el costo energético en relación con el costo sin optimización. Por otra parte, la torre de 5 pisos obtuvo una eficiencia energética del 47.83% respecto a su estado inicial, con un ahorro del 41.31% en el costo energético en comparación con el costo sin optimización. Estos resultados demuestran la efectividad del uso de Revit como herramienta para la optimización energética. Gracias a su capacidad para modelar y simular el comportamiento energético de los edificios, Revit permite realizar análisis rápidos y precisos, facilitando la identificación de áreas de mejora y la implementación de estrategias de optimización. Esta agilidad en el proceso de diseño y evaluación no solo mejora la eficiencia energética, sino que también contribuye a la reducción de costos operativos a largo plazo, evidenciando así su valor en proyectos de sostenibilidad y eficiencia energética.
- En cuanto a los factores que más influyen en la optimización, se determinó que el sistema que menos impacto tiene en la eficiencia energética es el sistema de climatización. Por lo tanto, si se tuviera un límite en el presupuesto, la opción más recomendable es no considerar este sistema y priorizar otros aspectos, especialmente si se busca reducir el costo total del proyecto. Esto se debe a que la envolvente del edificio está compuesta por materiales de alta resistencia térmica, lo que disminuye la necesidad de un sistema de calefacción o refrigeración. Caso contrario, si las paredes, suelos y techos no cuentan con un adecuado aislamiento térmico, se requerirá una mayor demanda de calefacción y refrigeración. En ese

caso, el sistema de climatización afectará en mayor grado a la eficiencia del edificio, y al cual se debería otorgar mayor prioridad. Sin embargo, esto también implicará un aumento en el costo energético.

- En lo que respecta a la iluminación, se ha verificado que, tanto para el solsticio de verano e invierno como para los equinoccios de primavera y otoño, los dormitorios, cocinas, salas de estar y baños cumplen con los niveles mínimos de iluminación interior establecidos por la norma NEC-HS-EE. En ciertos casos, se logra alcanzar los valores recomendados, lo que garantiza un adecuado confort lumínico para los espacios interiores.

### **3.3 Recomendaciones**

- Se sugiere utilizar las páginas web de Weather Spark y CBE Clima Tool para obtener descripciones climáticas detalladas de lugares específicos. Estas plataformas ofrecen información exhaustiva sobre variables climáticas, como la humedad relativa, que son difíciles de encontrar en otras fuentes. Además, presentan numerosos gráficos para un análisis más profundo del clima y permiten descargar los datos en varios formatos, incluyendo EPW, lo que facilita su importación a otros softwares.
- Al crear un modelo detallado en Revit con una gran cantidad de elementos, es fundamental considerar que este proceso puede ser muy laborioso, especialmente si no se dispone de extensiones que agilicen el modelado de familias o de una biblioteca que incluya las características necesarias para simulaciones energéticas. Además, al realizar análisis de optimización energética o de iluminación, una computadora de especificaciones reducidas puede prolongar significativamente el tiempo requerido para obtener resultados. Se recomienda modelar elementos compuestos, es decir, aquellos que integren múltiples componentes en su estructura.
- En proyectos en que se modeló la topografía y las edificaciones muy alejadas del punto base, se sugiere ubicarlas cerca de dicho punto. Esto es crucial, ya que al crear un modelo energético y subirlo a Autodesk Insight, puede generarse un error indicando que el modelo no existe. Por ejemplo, si se considera la elevación real del proyecto de manera incorrecta, Insight no reconocerá el modelo, impidiendo su optimización.

- Para el análisis de iluminación, se recomienda mantener un registro fotográfico y descriptivo de los análisis realizados. Revit solo proporciona la fecha y hora de cada análisis, pero no permite añadir descripciones. Contar con esta documentación facilita la comparación de cambios en el modelo con análisis previos o nuevos. Sería aún más eficiente si Revit generara automáticamente un documento que recopilara todos los resultados obtenidos.
- Al interpretar los resultados del análisis de demanda de calefacción y refrigeración para definir la mejor orientación del edificio, es esencial verificar que las áreas con menor demanda correspondan a espacios como dormitorios y salas. De lo contrario, se podría priorizar una orientación que favorezca espacios de servicio, lo cual no sería adecuado y podría comprometer el confort de las zonas de estancia y relajación.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Pinto Flores, «BIM como herramienta para la sostenibilidad en certificaciones BREEAM,» Junio 2023. [En línea]. Available: [https://oa.upm.es/74823/1/TFG\\_Jun23\\_Pinto\\_Flores\\_Alicia.pdf](https://oa.upm.es/74823/1/TFG_Jun23_Pinto_Flores_Alicia.pdf).
- [2] Autodesk, «Norma ISO 19650, el entorno común de datos y Autodesk Construction Cloud,» [En línea]. Available: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/es/article/ISO-19650-Common-Data-Environment-and-Autodesk-Construction-Cloud-2021>.
- [3] Estudio ESE, «¿Cómo crear un EIR según la ISO 19650?,» 1 diciembre 2022. [En línea]. Available: [https://estudioese.com.uy/como-crear-un-eir-segun-la-iso-19650-7?nid=47#:~:text=El%20EIR%20\(Exchange%20Information%20Requirements,de%20la%20norma%20ISO%2019650..](https://estudioese.com.uy/como-crear-un-eir-segun-la-iso-19650-7?nid=47#:~:text=El%20EIR%20(Exchange%20Information%20Requirements,de%20la%20norma%20ISO%2019650..)
- [4] J. D. Barreto Requejo, «Uso de la metodología Building Information Modeling para el análisis energético de edificios,» 2023. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33694/Barreto%20Requejo%20Jhonatan%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] A. Ordóñez García, «Orientación,» Seiscubos, 2 enero 2021. [En línea]. Available: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/orientacion>.
- [6] Instituto de la Construcción, «Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos,» Studenta, 2012. [En línea]. Available: <https://es.studenta.com/content/47713641/instituto-de-la-construcion-2012-manual-de-disenno-pasivo-y-eficiencia-energetic>.
- [7] M. Herrero Domínguez, «Optimización de un proyecto con estrategias de diseño pasivo mediante la aplicación de la metodología BIM,» Depósito de Investigación Universidad de Sevilla, Junio 2020. [En línea]. Available: <https://idus.us.es/handle/11441/103838>.
- [8] FACTICA, «Passive House V: La envolvente térmica opaca de los edificios de bajo consumo,» Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.factica.es/arquitectura/es/actualidad/passive-house-v-la-envolvente-termica-opaca-de-los-edificios-de-bajo-consumo>.

- [9] W. Spark, «Clima y tiempo promedio durante todo el año en Quito Ecuador,» [En línea]. Available: <https://weatherspark.com/y/20030/Average-Weather-in-Quito-Ecuador-Year-Round>.
- [10] Betti, G., Tartarini, F., Schiavon, S., Nguyen, C., «CBE Clima Tool,» 2023. [En línea]. Available: <https://clima.cbe.berkeley.edu/>.
- [11] «Google Earth,» [En línea]. Available: <https://earth.google.com/web/@0.00000019,-4.22999547,-7178.18417894a,22258929.45048809d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA>.
- [12] M. d. D. U. y. V. (MIDUVI), «Norma Ecuatoriana de la construcción - Eficiencia energética en Edificaciones Residenciales (NEC-HS-EE),» Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf>.
- [13] I. N. d. N. Chile, «Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas,» TipBook, 2007. [En línea]. Available: <https://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch853#page/1>.
- [14] M. d. V. y. Urbanismo, «Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas de Chile Tomo II - Energía,» Estándares de Construcción | Construcción Sustentable, Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/>.
- [15] Gob.pe, «Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética,» 27 julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619729-em-110-confort-termico-y-luminico-con-eficiencia-energetica>.

## 5 ANEXOS

### ANEXO I. Configuración de tipo de espacio para dormitorios

Configuración de tipo de espacio ? X

Filtro:

- Aeropuerto - Sala principal
- Almacén activo
- Almacén activo - Hospital/Centro médico
- Almacén inactivo
- Atención al cliente en zona de ventas - Comercio
- Atrio - Plantas adicionales
- Atrio - Tres primeras plantas
- Aula/Sala de conferencias/Taller
- Aula/Sala de conferencias/Taller - Prisión
- Avión/Tren/Autobús - Equipajes
- Banco - Oficinas
- Banco - Zona de dientes
- Baño
- Biblioteca-Audiovisual - Biblioteca-Audiovisual
- Catalogación e indización - Biblioteca
- Celdas - Juzgado
- Celdas - Prisión
- Cocina
- Corredor/Transición
- Corredor/Transición - Instalación de manufactura
- Corredores con zonas de espera para reconocimient
- Deportes de cuadrilátero - Estadio
- Despachos de jueces - Juzgado
- Detalle - Instalación de manufactura
- Dormitorio de residencia**
- Eléctrico/Mecánico
- Entrada a ascensores

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	10.000 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	45.43 W
Densidad de carga de iluminación	11.95 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	5.81 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plénum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de vivienda - 24 horas
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Aire exterior por persona	2.36 L/s
Aire exterior por área	0.30 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Posición de ajuste de calefacción	21.11 °C
Posición de ajuste de refrigeración	23.89 °C
Posición de ajuste de humidificación	0.0000%
Posición de ajuste de deshumidificación	70.0000%

Aceptar Cancelar

### ANEXO II. Configuración de tipo de espacio para baños

Configuración de tipo de espacio ? X

Filtro:

- Museo y galería - Almacén - Museo y galería - Almacé
- Oficina - Planta abierta
- Oficina - Recintos cerrados
- Oración - Púlpito - Coro - Religioso
- Otras zonas de retransmisión deportiva - Estadio
- Pacientes - Hospital/Centro médico
- Peluquería y salón de belleza
- Pistas deportivas - Estadio
- Plénum
- Preparación de alimentos
- Puesto de personal de enfermería - Hospital/Centro
- Quirófano - Hospital/Centro médico
- Recepción/Espera - Hotel
- Recepción/Espera - Motel
- Recepción/Espera - Transporte público
- Reconocimiento/Tratamiento - Hospital/Centro médic
- Recuperación - Hospital/Centro médico
- Residencia de estudiantes
- Restauración - Museo
- Sala de espera/Ocio
- Sala de maquinaria - Instalación de manufactura
- Sala de reuniones/Multiuso
- Sala de tribunal - Juzgado
- Salas de espera y plantilla - Hospital/Centro médico
- Servicios**
- Taller - Taller
- Taller de mecánica - Instalaciones automovilísticas

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	10.000 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	58.61 W
Densidad de carga de iluminación	9.69 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	3.23 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plénum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de oficina común- 8 AM a 5
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Aire exterior por persona	0.00 L/s
Aire exterior por área	0.00 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	2.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Posición de ajuste de calefacción	21.11 °C
Posición de ajuste de refrigeración	23.89 °C
Posición de ajuste de humidificación	0.0000%
Posición de ajuste de deshumidificación	70.0000%

Aceptar Cancelar

## ANEXO III. Configuración de tipo de espacio para cocina

Configuración de tipo de espacio ? X

Filtro:

Exposiciones - Museo

Farmacia - Hospital/Centro médico

Fisioterapia - Hospital/Centro médico

Garaje de bomberos - Comisaría/Parque de bomberos

Hospital - Guardería - Hospital/Centro médico

Hospital/Radiología - Hospital/Centro médico

Hospital/Suministros médicos - Hospital/Centro médico

Hotel/Centro de conferencias - Conferencias/Reuniones

Laboratorio - Oficina

Laboratorio forense - Comisaría/Parque de bomberos

Lavandería y plancha

Lavandería y plancha - Hospital/Centro médico

Material fino - Almacén

Material voluminoso/medio - Almacén

Mercancía selecta - Comercio

Museo y galería - Almacén - Museo y galería - Almacén

Oficina - Planta abierta

Oficina - Recintos cerrados

Oración - Púlpito - Coro - Religioso

Otras zonas de retransmisión deportiva - Estadio

Pacientes - Hospital/Centro médico

Peluquería y salón de belleza

Pistas deportivas - Estadio

Plénium

Preparación de alimentos

Puesto de personal de enfermería - Hospital/Centro médico

Quirófano - Hospital/Centro médico

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	5.000 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	58.61 W
Densidad de carga de iluminación	12.92 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	16.15 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plénium	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de restaurante - Comidas y bebidas
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Aire exterior por persona	3.54 L/s
Aire exterior por área	0.91 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Posición de ajuste de calefacción	21.11 °C
Posición de ajuste de refrigeración	23.89 °C
Posición de ajuste de humidificación	0.0000%
Posición de ajuste de deshumidificación	70.0000%

## ANEXO IV. Configuración de tipo de espacio para pasillos

Configuración de tipo de espacio ? X

Filtro:

<Edificio>

Aeropuerto - Sala principal

Almacén activo

Almacén activo - Hospital/Centro médico

Almacén inactivo

Atención al cliente en zona de ventas - Comercio

Atrio - Plantas adicionales

Atrio - Tres primeras plantas

Aula/Sala de conferencias/Taller

Aula/Sala de conferencias/Taller - Prisión

Avión/Tren/Autobús - Equipajes

Banco - Oficinas

Banco - Zona de dientes

Baño

Biblioteca-Audiovisual - Biblioteca-Audiovisual

Catalogación e indización - Biblioteca

Celdas - Juzgado

Celdas - Prisión

Cocina

Corredor/Transición

Corredor/Transición - Instalación de manufactura

Corredores con zonas de espera para reconocimiento

Deportes de cuadrilátero - Estadio

Despachos de jueces - Juzgado

Detalle - Instalación de manufactura

Dormitorio de residencia

Eléctrico/Mecánico

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	10.000 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	58.61 W
Densidad de carga de iluminación	5.38 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	3.23 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plénium	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de oficina común- 8 AM a 5
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Aire exterior por persona	0.00 L/s
Aire exterior por área	0.30 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Posición de ajuste de calefacción	21.11 °C
Posición de ajuste de refrigeración	23.89 °C
Posición de ajuste de humidificación	0.0000%
Posición de ajuste de deshumidificación	70.0000%

## ANEXO V. Configuración de tipo de espacio para comedor

Configuración de tipo de espacio ? X

Filtro:

Servicios

- Taller - Taller
- Taller de mecánica - Instalaciones automovilísticas
- Terminal - Billetes - Transporte público
- Urgencias - Hospital/Centro médico
- Venta de productos especiales - Comercio
- Vestuarios/Casilleros - Auditorio
- Vestuarios/Casilleros - Centro deportivo
- Vestuarios/Casilleros - Gimnasio
- Vestuarios/Casilleros - Juzgado
- Vestuarios/Casilleros - Teatro
- Vestíbulo
- Vestíbulo - Auditorio
- Vestíbulo - Cine
- Vestíbulo - Correos
- Vestíbulo - Edificios religiosos
- Vestíbulo - Hotel
- Vestíbulo - Teatro
- Zona comercial - Comercio
- Zona comercial general - Comercio
- Zona de aparcamiento - Peatones - Garaje
- Zona de aparcamiento - Solo asistente - Garaje
- Zona de clasificación - Correos
- Zona de comedor
- Zona de comedor - Comedor familiar
- Zona de comedor - Hotel
- Zona de comedor - Instituciones

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	1.429 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	80.59 W
Incremento de calor latente por persona	80.59 W
Densidad de carga de iluminación	22.60 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	5.81 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plenum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de restaurante - Comidas y c
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación comercial - 7 AM a 8 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación comercial - 7 AM a 8 PM
Aire exterior por persona	2.36 L/s
Aire exterior por área	0.30 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Posición de ajuste de calefacción	21.11 °C
Posición de ajuste de refrigeración	23.89 °C
Posición de ajuste de humidificación	0.0000%
Posición de ajuste de deshumidificación	70.0000%

Aceptar Cancelar

## ANEXO VI. Configuración de tipo de espacio para sala

Configuración de tipo de espacio ? X

Filtro:

Material fino - Almacén

- Material voluminoso/medio - Almacén
- Mercancía selecta - Comercio
- Museo y galería - Almacén - Museo y galería - Almacén
- Oficina - Planta abierta
- Oficina - Recintos cerrados
- Oración - Púlpito - Coro - Religioso
- Otras zonas de retransmisión deportiva - Estadio
- Pacientes - Hospital/Centro médico
- Peluquería y salón de belleza
- Pistas deportivas - Estadio
- Plenum
- Preparación de alimentos
- Puesto de personal de enfermería - Hospital/Centro
- Quirófano - Hospital/Centro médico
- Recepción/España - Hotel
- Recepción/España - Motel
- Recepción/España - Transporte público
- Reconocimiento/Tratamiento - Hospital/Centro médico
- Recuperación - Hospital/Centro médico
- Residencia de estudiantes
- Restauración - Museo
- Sala de espera/Ocio
- Sala de maquinaria - Instalación de manufactura
- Sala de reuniones/Multiuso
- Sala de tribunal - Juzgado
- Salas de espera y plantilla - Hospital/Centro médico

Parámetro	Valor
<b>Análisis energético</b>	
Área por persona	2.000 m <sup>2</sup>
Incremento de calor sensible por persona	73.27 W
Incremento de calor latente por persona	58.61 W
Densidad de carga de iluminación	13.99 W/m <sup>2</sup>
Densidad de carga de potencia	10.76 W/m <sup>2</sup>
Flujo de aire de infiltración por área	0.19 L/(s·m <sup>2</sup> )
Contribución de iluminación de plenum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	Ocupación de oficina común- 8 AM a 5
Tabla de planificación de iluminación	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Tabla de planificación de potencia	Iluminación de oficina - 6 AM a 11 PM
Aire exterior por persona	2.36 L/s
Aire exterior por área	0.30 L/(s·m <sup>2</sup> )
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Posición de ajuste de calefacción	21.11 °C
Posición de ajuste de refrigeración	23.89 °C
Posición de ajuste de humidificación	0.0000%
Posición de ajuste de deshumidificación	70.0000%

Aceptar Cancelar

## ANEXO VII. Resultados de demanda de calefacción para cada orientación obtenidos con Revit

		Orientación 0°	Orientación -15°	Orientación 15°	Orientación 0° - Materiales con baja resistencia térmica	Orientación 0° - Materiales de alta resistencia térmica
Nombre	Nivel de referencia	Demanda de calefacción (W/m²)	Demanda de calefacción (W/m²)	Demanda de calefacción (W/m²)	Demanda de calefacción (W/m²)	Demanda de calefacción (W/m²)
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	PB	20.56	20.97	20.56	33.78	20.56
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	PB	14.75	14.75	14.75	25.81	14.75
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	PB	16.92	16.68	16.76	26.61	16.92
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	PB	39.13	39.13	39.13	89.57	39.13
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	PB	19.64	19.64	19.64	57.14	19.64
EDF 5P - DEP1 - COCINA	PB	18.32	18.63	18.32	27.80	18.32
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	PB	10.18	10.18	10.18	19.32	10.18
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	PB	27.13	26.72	27.13	35.22	27.13
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	PB	7.40	7.28	7.40	11.37	7.40
EDF 5P - DEP1 - SALA	PB	16.93	17.35	16.93	21.29	16.93
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	PB	20.97	21.28	20.97	34.30	20.97
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	PB	14.86	14.86	14.86	26.04	14.86
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	PB	16.84	16.76	16.92	26.53	16.84
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	PB	38.70	38.70	38.70	90.00	38.70
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	PB	19.64	19.64	19.64	58.04	19.64
EDF 5P - DEP2 - COCINA	PB	18.32	18.48	18.32	27.80	18.32
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	PB	10.18	10.18	10.18	19.58	10.18
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	PB	27.13	26.72	27.13	35.22	27.13
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	PB	6.95	6.84	6.95	12.03	6.95
EDF 5P - DEP2 - SALA	PB	16.93	17.27	16.93	21.37	16.93
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P1	21.43	21.84	21.43	33.95	21.43
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P1	15.52	15.52	15.52	28.05	15.52
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P1	17.98	17.66	17.74	28.80	17.98
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P1	48.26	48.26	48.26	90.87	48.26
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P1	29.02	29.02	29.02	59.82	29.02
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P1	19.41	19.72	19.41	30.28	19.41
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P1	10.97	10.97	10.97	22.72	10.97
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P1	27.94	27.53	27.94	38.46	27.94
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P1	7.40	7.28	7.40	14.13	7.40
EDF 5P - DEP1 - SALA	P1	18.11	18.44	18.11	23.89	18.11
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P1	21.69	22.00	21.69	34.30	21.69
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P1	15.90	15.90	15.90	28.69	15.90
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P1	17.90	17.82	17.90	28.80	17.90
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P1	47.83	47.83	47.83	91.30	47.83
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P1	29.46	29.46	29.46	60.71	29.46
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P1	19.57	19.57	19.57	30.43	19.57
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P1	10.97	10.97	10.97	22.72	10.97
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P1	28.34	27.53	28.34	38.46	28.34
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P1	7.84	7.84	7.84	14.79	7.84
EDF 5P - DEP2 - SALA	P1	18.11	18.52	18.11	23.97	18.11
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P2	21.53	21.95	21.53	34.16	21.53
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P2	15.52	15.52	15.52	28.16	15.52
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P2	17.98	17.66	17.74	28.89	17.98
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P2	48.26	48.26	48.26	90.87	48.26
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P2	29.46	29.46	29.46	60.27	29.46
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P2	19.72	19.88	19.72	30.59	19.72
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P2	10.97	10.97	10.97	22.72	10.97
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P2	28.34	27.94	28.34	38.46	28.34
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P2	7.40	7.40	7.40	14.13	7.40
EDF 5P - DEP1 - SALA	P2	18.11	18.52	18.11	23.97	18.11
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P2	21.80	22.11	21.80	34.50	21.80
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P2	15.90	15.90	15.90	28.69	15.90
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P2	17.98	17.82	17.98	28.80	17.98
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P2	47.83	47.83	47.83	91.30	47.83
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P2	29.91	29.91	29.91	60.71	29.91
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P2	19.88	19.88	19.88	30.59	19.88
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P2	10.97	10.97	10.97	22.72	10.97
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P2	28.34	27.94	28.34	38.87	28.34
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P2	7.95	7.84	7.95	14.79	7.95
EDF 5P - DEP2 - SALA	P2	18.19	18.52	18.19	23.97	18.19
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P3	21.84	22.15	21.84	34.58	21.84
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P3	15.52	15.63	15.52	28.39	15.52
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P3	17.98	17.74	17.82	29.05	17.98
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P3	48.26	48.26	48.26	91.30	48.26
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P3	29.91	29.91	29.91	61.16	29.91
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P3	20.19	20.19	20.19	31.37	20.19
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P3	10.97	10.97	10.97	22.98	10.97
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P3	28.74	28.34	28.74	39.27	28.74
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P3	7.51	7.40	7.51	14.24	7.51
EDF 5P - DEP1 - SALA	P3	18.19	18.52	18.19	24.14	18.19
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P3	22.00	22.21	22.00	34.81	22.00
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P3	16.01	16.01	16.01	28.80	16.01
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P3	17.98	17.90	17.98	28.97	17.98
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P3	47.83	47.83	47.83	91.74	47.83
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P3	29.91	29.91	29.91	61.61	29.91
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P3	20.34	20.19	20.34	31.37	20.34
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P3	11.23	10.97	10.97	22.98	11.23
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P3	29.15	28.34	29.15	39.27	29.15
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P3	7.95	7.84	7.95	14.90	7.95
EDF 5P - DEP2 - SALA	P3	18.27	18.61	18.27	24.14	18.27

EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P4	22.36	22.57	22.36	35.61	22.36
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P4	16.44	16.44	16.44	29.31	16.44
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P4	18.31	17.90	18.14	29.86	18.31
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P4	48.26	48.26	48.26	92.61	48.26
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P4	31.70	31.70	31.70	63.84	31.70
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P4	21.74	21.27	21.74	33.54	21.74
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P4	13.32	13.32	13.32	24.54	13.32
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P4	30.77	30.36	30.77	41.70	30.77
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P4	9.05	8.94	9.05	15.45	9.05
EDF 5P - DEP1 - SALA	P4	18.19	18.61	18.19	25.06	18.19
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P4	22.42	22.62	22.42	35.64	22.42
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P4	16.94	16.94	16.94	29.84	16.94
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P4	18.31	18.23	18.39	29.86	18.31
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P4	48.26	48.26	48.26	92.61	48.26
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P4	31.70	31.70	31.70	64.29	31.70
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P4	21.74	21.27	21.74	33.54	21.74
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P4	13.32	13.32	13.32	24.54	13.32
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P4	30.77	30.77	30.77	41.70	30.77
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P4	9.60	9.49	9.60	16.11	9.60
EDF 5P - DEP2 - SALA	P4	18.36	18.78	18.36	25.06	18.36
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	PB	21.28	20.76	21.07	34.71	21.28
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	PB	14.75	14.75	14.75	25.81	14.75
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	PB	16.76	16.84	16.76	26.28	16.76
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	PB	39.57	39.57	39.57	90.00	39.57
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	PB	20.09	20.09	20.09	58.04	20.09
EDF 4P - DEP1 - COCINA	PB	18.63	18.48	18.63	27.80	18.63
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	PB	10.18	10.18	10.18	19.58	10.18
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	PB	26.72	27.13	26.72	34.82	26.72
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	PB	6.95	7.06	6.95	11.59	6.95
EDF 4P - DEP1 - SALA	PB	17.35	16.93	17.35	21.79	17.35
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	PB	21.07	20.66	21.07	34.30	21.07
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	PB	14.98	14.98	14.98	26.15	14.98
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	PB	16.84	17.01	16.84	26.53	16.84
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	PB	39.13	39.13	39.13	90.00	39.13
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	PB	19.64	19.64	19.64	58.04	19.64
EDF 4P - DEP2 - COCINA	PB	18.48	18.32	18.48	27.64	18.48
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	PB	10.18	10.18	10.18	19.58	10.18
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	PB	26.72	27.13	26.72	34.82	26.72
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	PB	7.51	7.51	7.51	12.25	7.51
EDF 4P - DEP2 - SALA	PB	17.35	16.93	17.35	21.88	17.35
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P1	22.11	21.49	21.80	34.81	22.11
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P1	15.78	15.78	15.78	28.34	15.78
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P1	17.74	17.82	17.74	28.48	17.74
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	P1	48.26	48.26	48.26	91.30	48.26
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	P1	29.46	29.46	29.46	60.71	29.46
EDF 4P - DEP1 - COCINA	P1	19.88	19.72	19.88	30.59	19.88
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	P1	10.97	10.97	10.97	22.72	10.97
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	P1	27.53	28.34	27.53	38.06	27.53
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	P1	7.51	7.51	7.51	14.35	7.51
EDF 4P - DEP1 - SALA	P1	18.44	18.11	18.44	24.39	18.44
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P1	21.80	21.49	21.80	34.40	21.80
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P1	15.90	15.90	15.90	28.80	15.90
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P1	17.90	17.98	17.90	28.89	17.90
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	P1	48.26	48.26	48.26	91.74	48.26
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	P1	29.46	29.02	29.46	60.71	29.46
EDF 4P - DEP2 - COCINA	P1	19.57	19.57	19.57	30.43	19.57
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	P1	10.97	10.97	10.97	22.98	10.97
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	P1	27.53	27.94	27.53	38.46	27.53
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	P1	7.95	8.06	7.95	15.12	7.95
EDF 4P - DEP2 - SALA	P1	18.44	18.11	18.44	24.56	18.44
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P2	22.11	21.59	21.90	34.92	22.11
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P2	15.78	15.78	15.78	28.46	15.78
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P2	17.74	17.90	17.74	28.56	17.74
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	P2	48.26	48.26	48.26	91.30	48.26
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	P2	29.91	29.91	29.91	61.16	29.91
EDF 4P - DEP1 - COCINA	P2	20.03	20.03	20.03	30.75	20.03
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	P2	10.97	10.97	10.97	22.72	10.97
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	P2	27.94	28.34	27.94	38.46	27.94
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	P2	7.51	7.51	7.51	14.46	7.51
EDF 4P - DEP1 - SALA	P2	18.52	18.11	18.52	24.48	18.52
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P2	21.90	21.59	21.90	34.61	21.90
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P2	16.01	15.90	16.01	28.92	16.01
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P2	17.90	17.98	17.90	28.97	17.90
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	P2	48.26	48.26	48.26	91.74	48.26
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	P2	29.46	29.46	29.46	61.16	29.46
EDF 4P - DEP2 - COCINA	P2	19.72	19.72	19.72	30.75	19.72
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	P2	10.97	10.97	10.97	22.98	10.97
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	P2	27.94	28.34	27.94	38.46	27.94
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	P2	7.95	8.06	7.95	15.23	7.95
EDF 4P - DEP2 - SALA	P2	18.52	18.11	18.52	24.64	18.52
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P3	22.31	21.80	22.00	35.33	22.31
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P3	15.90	15.90	15.90	29.26	15.90
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P3	17.98	18.14	17.98	29.45	17.98
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	P3	48.70	48.70	48.70	92.61	48.70
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	P3	30.36	30.36	30.36	62.95	30.36
EDF 4P - DEP1 - COCINA	P3	20.65	20.81	20.65	32.14	20.65
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	P3	11.23	11.23	11.23	23.76	11.23
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	P3	28.74	29.15	28.74	40.08	28.74
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	P3	7.73	7.73	7.73	15.23	7.73
EDF 4P - DEP1 - SALA	P3	18.69	18.36	18.69	25.31	18.69
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P3	22.11	21.80	22.11	35.02	22.11
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P3	16.13	16.13	16.13	29.72	16.13
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P3	18.06	18.23	18.06	29.78	18.06
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	P3	48.70	48.70	48.70	93.04	48.70
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	P3	30.36	29.91	29.91	62.95	30.36
EDF 4P - DEP2 - COCINA	P3	20.50	20.50	20.50	32.14	20.50
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	P3	11.23	11.23	11.23	24.02	11.23
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	P3	28.74	29.15	28.74	40.08	28.74
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	P3	8.17	8.28	8.17	16.00	8.17
EDF 4P - DEP2 - SALA	P3	18.69	18.27	18.69	25.40	18.69
<b>Total</b>		<b>3854.44</b>	<b>3850.77</b>	<b>3851.89</b>	<b>6709.34</b>	<b>3854.44</b>

## ANEXO VIII. Resultados de demanda de refrigeración para cada orientación obtenidos con Revit

Nombre	Nivel de referencia	Orientación 0°	Orientación -15°	Orientación 15°	Orientación 0° - Materiales con baja resistencia térmica	Orientación 0° - Materiales de alta
		Demanda de refrigeración	Demanda de refrigeración (W/m²)	Demanda de refrigeración (W/m²)	Demanda de refrigeración (W/m²)	Demanda de refrigeración (W/m²)
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	PB	106.20	122.93	81.61	103.93	106.20
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	PB	60.71	63.48	72.12	59.45	60.71
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	PB	76.81	67.37	81.37	71.44	76.81
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	PB	60.43	63.48	57.39	119.57	60.43
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	PB	51.79	61.61	49.11	66.96	51.79
EDF 5P - DEP1 - COCINA	PB	68.01	118.01	71.58	58.54	68.01
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	PB	33.68	35.77	32.64	42.82	33.68
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	PB	44.53	41.30	44.53	49.39	44.53
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	PB	151.21	150.55	153.20	135.65	151.21
EDF 5P - DEP1 - SALA	PB	236.71	236.55	244.59	182.98	236.71
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	PB	111.67	97.83	123.04	114.05	111.67
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	PB	66.24	79.26	66.24	64.98	66.24
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	PB	78.76	83.97	71.20	76.32	78.76
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	PB	64.78	62.61	68.26	130.43	64.78
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	PB	70.54	68.30	72.32	98.66	70.54
EDF 5P - DEP2 - COCINA	PB	80.75	124.07	104.81	69.25	80.75
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	PB	35.51	34.73	37.08	46.21	35.51
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	PB	44.94	42.11	46.15	51.42	44.94
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	PB	150.88	150.33	152.98	136.31	150.88
EDF 5P - DEP2 - SALA	PB	236.88	236.63	244.84	182.98	236.88
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P1	104.35	120.50	80.12	99.79	104.35
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P1	62.18	65.29	70.34	67.59	62.18
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P1	72.82	69.49	73.47	72.74	72.82
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P1	73.04	77.83	67.83	118.70	73.04
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P1	52.23	58.48	51.34	73.21	52.23
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P1	94.25	116.93	93.01	90.84	94.25
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P1	37.60	38.90	36.03	48.30	37.60
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P1	50.20	45.75	49.80	56.68	50.20
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P1	151.99	151.88	152.87	146.69	151.99
EDF 5P - DEP1 - SALA	P1	201.26	202.18	208.05	168.06	201.26
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P1	109.40	95.97	120.35	108.99	109.40
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P1	67.40	77.07	69.24	73.62	67.40
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P1	74.94	75.83	72.58	76.48	74.94
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P1	76.52	70.43	80.87	129.13	76.52
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P1	66.07	62.95	68.30	99.11	66.07
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P1	96.74	121.89	106.21	93.63	96.74
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P1	39.16	38.64	39.95	51.44	39.16
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P1	49.39	46.96	48.99	57.49	49.39
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P1	152.21	151.77	153.31	148.79	152.21
EDF 5P - DEP2 - SALA	P1	201.17	202.01	208.47	168.15	201.17
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P2	103.83	119.88	80.02	98.65	103.83
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P2	61.84	64.94	70.00	66.21	61.84
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P2	72.34	69.00	73.07	71.68	72.34
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P2	71.74	76.52	66.52	115.22	71.74
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P2	56.25	62.05	55.80	79.46	56.25
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P2	109.63	119.10	108.85	102.80	109.63
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P2	37.60	38.64	36.03	47.78	37.60
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P2	55.06	51.42	55.06	61.94	55.06
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P2	151.99	151.88	152.87	146.25	151.99
EDF 5P - DEP1 - SALA	P2	200.92	201.84	207.63	167.73	200.92
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P2	108.68	95.35	119.73	107.54	108.68
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P2	67.05	76.73	68.78	72.00	67.05
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P2	74.45	75.35	72.09	75.26	74.45
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P2	74.78	68.70	79.13	124.78	74.78
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P2	66.07	66.07	67.86	97.77	66.07
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P2	110.56	124.07	110.40	103.88	110.56
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P2	39.16	38.38	39.69	50.39	39.16
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P2	55.87	51.42	54.25	63.16	55.87
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P2	152.10	151.77	153.20	148.23	152.10
EDF 5P - DEP2 - SALA	P2	200.92	201.68	208.05	167.90	200.92
EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P3	105.07	119.25	84.89	101.04	105.07
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P3	61.61	64.71	69.77	65.75	61.61
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P3	72.09	68.92	72.82	71.20	72.09
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P3	71.30	75.65	65.65	114.35	71.30
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P3	68.75	70.98	68.30	96.88	68.75
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P3	142.24	137.27	141.77	128.57	142.24
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P3	38.12	38.64	37.08	49.09	38.12
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P3	63.56	62.75	63.16	72.87	63.56
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P3	151.99	151.88	152.87	147.13	151.99
EDF 5P - DEP1 - SALA	P3	200.75	201.68	207.38	167.64	200.75
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P3	108.26	95.66	119.21	106.61	108.26
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P3	66.71	76.38	68.43	71.54	66.71
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P3	74.13	75.10	71.85	74.69	74.13
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P3	73.91	67.83	77.83	122.61	73.91
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P3	71.43	74.11	70.09	103.57	71.43
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P3	145.96	136.18	144.72	131.83	145.96
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P3	39.43	38.64	39.69	51.70	39.43
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P3	65.59	62.75	64.37	74.90	65.59
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P3	152.10	151.77	153.20	149.01	152.10
EDF 5P - DEP2 - SALA	P3	200.67	201.51	207.71	167.73	200.67

EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P4	106.63	119.25	91.30	103.62	106.63
EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P4	58.39	63.68	65.63	64.71	58.39
EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P4	71.77	68.59	72.50	71.68	71.77
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 1	P4	75.22	80.00	70.43	115.65	75.22
EDF 5P - DEP1 - BAÑO 2	P4	81.25	83.04	80.80	112.95	81.25
EDF 5P - DEP1 - COCINA	P4	161.65	164.60	161.65	148.76	161.65
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 1	P4	43.34	43.86	42.56	52.22	43.34
EDF 5P - DEP1 - PASILLO 2	P4	77.33	82.19	76.52	89.07	77.33
EDF 5P - DEP1 - COMEDOR	P4	152.10	151.88	152.98	149.45	152.10
EDF 5P - DEP1 - SALA	P4	187.26	188.10	193.13	165.97	187.26
EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P4	108.88	96.38	119.83	106.82	108.88
EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P4	69.01	76.84	70.39	73.27	69.01
EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P4	75.02	75.02	72.09	75.92	75.02
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 1	P4	79.57	74.35	83.91	125.65	79.57
EDF 5P - DEP2 - BAÑO 2	P4	81.25	84.38	80.36	117.86	81.25
EDF 5P - DEP2 - COCINA	P4	161.34	164.75	161.18	148.29	161.34
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 1	P4	45.43	44.13	45.69	55.35	45.43
EDF 5P - DEP2 - PASILLO 2	P4	78.54	81.78	76.52	89.88	78.54
EDF 5P - DEP2 - COMEDOR	P4	152.54	151.88	153.64	151.66	152.54
EDF 5P - DEP2 - SALA	P4	187.09	187.85	193.80	165.97	187.09
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	PB	93.70	74.69	103.72	82.02	93.70
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	PB	58.06	65.67	64.75	56.11	58.06
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	PB	86.98	93.49	78.44	87.06	86.98
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	PB	86.09	87.39	82.17	136.09	86.09
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	PB	45.54	38.39	47.32	59.38	45.54
EDF 4P - DEP1 - COCINA	PB	99.38	64.75	101.09	61.18	99.38
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	PB	37.34	38.12	35.77	46.74	37.34
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	PB	37.25	37.25	37.65	38.87	37.25
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	PB	158.72	160.93	158.72	147.79	158.72
EDF 4P - DEP1 - SALA	PB	252.14	258.84	251.30	204.61	252.14
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	PB	94.42	108.57	77.69	82.64	94.42
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	PB	64.86	75.81	69.70	61.52	64.86
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	PB	90.48	82.91	96.50	91.78	90.48
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	PB	91.30	87.83	92.17	148.70	91.30
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	PB	41.96	36.16	41.07	55.80	41.96
EDF 4P - DEP2 - COCINA	PB	100.78	60.87	89.29	62.42	100.78
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	PB	39.16	37.34	39.16	49.87	39.16
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	PB	36.84	36.84	36.44	39.68	36.84
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	PB	159.60	162.58	159.16	149.67	159.60
EDF 4P - DEP2 - SALA	PB	252.05	259.77	250.80	204.19	252.05
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P1	92.46	73.76	101.86	80.37	92.46
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P1	60.71	67.05	66.24	66.01	60.71
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P1	82.75	84.87	80.80	86.41	82.75
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	P1	81.30	83.48	76.52	124.35	81.30
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	P1	50.00	47.77	51.34	67.41	50.00
EDF 4P - DEP1 - COCINA	P1	105.75	90.37	107.92	84.01	105.75
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	P1	36.81	36.81	36.03	47.00	36.81
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	P1	40.49	42.11	41.70	43.32	40.49
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	P1	157.62	158.39	157.84	154.30	157.62
EDF 4P - DEP1 - SALA	P1	220.12	226.24	220.37	188.18	220.12
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P1	92.87	106.30	76.03	79.65	92.87
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P1	67.74	75.58	71.31	73.50	67.74
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P1	87.71	87.31	88.53	91.29	87.71
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	P1	87.39	82.61	89.57	134.78	87.39
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	P1	49.55	45.98	50.45	67.41	49.55
EDF 4P - DEP2 - COCINA	P1	105.59	86.49	101.24	84.94	105.59
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	P1	38.38	37.34	37.86	49.61	38.38
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	P1	39.68	41.30	39.27	42.91	39.68
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	P1	159.05	160.60	158.50	157.95	159.05
EDF 4P - DEP2 - SALA	P1	220.03	227.41	219.87	188.26	220.03
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P2	91.84	73.14	101.24	79.03	91.84
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P2	60.48	66.94	66.01	65.32	60.48
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P2	82.51	84.70	80.47	85.11	82.51
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	P2	80.43	82.61	75.65	121.30	80.43
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	P2	51.79	50.00	52.23	66.96	51.79
EDF 4P - DEP1 - COCINA	P2	112.89	101.40	114.91	89.29	112.89
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	P2	36.81	36.81	36.03	45.95	36.81
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	P2	43.32	46.15	44.13	47.37	43.32
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	P2	157.62	158.39	157.73	153.53	157.62
EDF 4P - DEP1 - SALA	P2	219.87	225.98	220.12	187.43	219.87
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P2	92.46	105.68	75.83	78.62	92.46
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P2	67.51	75.35	71.08	72.35	67.51
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P2	87.39	86.98	88.20	89.83	87.39
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	P2	86.09	81.74	87.83	131.30	86.09
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	P2	51.34	46.43	52.68	68.75	51.34
EDF 4P - DEP2 - COCINA	P2	111.49	98.14	108.23	89.13	111.49
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	P2	38.38	37.34	37.86	48.56	38.38
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	P2	42.91	44.94	42.51	46.15	42.91
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	P2	159.05	160.60	158.50	157.06	159.05
EDF 4P - DEP2 - SALA	P2	219.78	227.07	219.61	187.43	219.78
EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P3	91.32	73.76	100.72	77.58	91.32
EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P3	54.15	63.48	58.99	63.94	54.15
EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P3	83.56	86.09	81.12	88.28	83.56
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 1	P3	81.74	84.35	76.09	123.91	81.74
EDF 4P - DEP1 - BAÑO 2	P3	57.14	55.36	58.04	71.43	57.14
EDF 4P - DEP1 - COCINA	P3	126.71	125.16	129.97	100.93	126.71
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 1	P3	36.55	36.81	35.77	48.83	36.55
EDF 4P - DEP1 - PASILLO 2	P3	49.80	51.82	50.20	54.25	49.80
EDF 4P - DEP1 - COMEDOR	P3	157.95	158.83	157.84	156.18	157.95
EDF 4P - DEP1 - SALA	P3	220.12	226.32	220.37	190.61	220.12
EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P3	93.80	105.27	78.31	80.37	93.80
EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P3	67.63	75.35	71.43	74.65	67.63
EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P3	87.96	87.23	88.53	92.60	87.96
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 1	P3	86.96	81.30	88.70	136.52	86.96
EDF 4P - DEP2 - BAÑO 2	P3	56.25	53.57	58.04	75.45	56.25
EDF 4P - DEP2 - COCINA	P3	123.29	121.43	129.35	99.38	123.29
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 1	P3	38.64	37.60	38.38	51.96	38.64
EDF 4P - DEP2 - PASILLO 2	P3	48.99	51.01	48.99	53.44	48.99
EDF 4P - DEP2 - COMEDOR	P3	159.49	160.93	158.94	160.04	159.49
EDF 4P - DEP2 - SALA	P3	220.12	227.33	219.95	190.95	220.12
<b>Total</b>		<b>17200.87</b>	<b>17373.92</b>	<b>17277.65</b>	<b>17712.46</b>	<b>17200.87</b>

## ANEXO IX. Número de espacios interiores con demanda mínima de calefacción

Orientación	Demanda mínima de Calefacción (W/m²)		
Orientación 0°	20.56	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	PB
Orientación 0°	14.75	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	PB
Orientación -15°	16.68	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	PB
Orientación 0°	18.32	EDF 5P - DEP1 - COCINA	PB
Orientación 0°	16.93	EDF 5P - DEP1 - SALA	PB
Orientación 0°	20.97	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	PB
Orientación 0°	14.86	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	PB
Orientación -15°	16.76	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	PB
Orientación 0°	18.32	EDF 5P - DEP2 - COCINA	PB
Orientación 0°	16.93	EDF 5P - DEP2 - SALA	PB
Orientación 0°	21.43	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P1
Orientación 0°	15.52	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P1
Orientación -15°	17.66	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P1
Orientación 0°	19.41	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P1
Orientación 0°	18.11	EDF 5P - DEP1 - SALA	P1
Orientación 0°	21.69	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P1
Orientación 0°	15.90	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P1
Orientación -15°	17.82	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P1
Orientación 0°	19.57	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P1
Orientación 0°	18.11	EDF 5P - DEP2 - SALA	P1
Orientación 0°	21.53	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P2
Orientación 0°	15.52	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P2
Orientación -15°	17.66	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P2
Orientación 0°	19.72	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P2
Orientación 0°	18.11	EDF 5P - DEP1 - SALA	P2
Orientación 0°	21.80	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P2
Orientación 0°	15.90	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P2
Orientación -15°	17.82	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P2
Orientación 0°	19.88	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P2
Orientación 0°	18.19	EDF 5P - DEP2 - SALA	P2
Orientación 0°	21.84	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P3
Orientación 0°	15.52	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P3
Orientación -15°	17.74	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P3
Orientación 0°	20.19	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P3
Orientación 0°	18.19	EDF 5P - DEP1 - SALA	P3
Orientación 0°	22.00	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P3
Orientación 0°	16.01	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P3
Orientación -15°	17.90	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P3
Orientación -15°	20.19	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P3
Orientación 0°	18.27	EDF 5P - DEP2 - SALA	P3
Orientación 0°	22.36	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P4
Orientación 0°	16.44	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P4
Orientación -15°	17.90	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P4
Orientación -15°	21.27	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P4
Orientación 0°	18.19	EDF 5P - DEP1 - SALA	P4
Orientación 0°	22.42	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P4
Orientación 0°	16.94	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P4
Orientación -15°	18.23	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P4
Orientación -15°	21.27	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P4
Orientación 0°	18.36	EDF 5P - DEP2 - SALA	P4
Orientación -15°	20.76	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	PB
Orientación 0°	14.75	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	PB
Orientación 0°	16.76	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	PB
Orientación -15°	18.48	EDF 4P - DEP1 - COCINA	PB
Orientación -15°	16.93	EDF 4P - DEP1 - SALA	PB
Orientación -15°	20.66	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	PB
Orientación 0°	14.98	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	PB
Orientación 0°	16.84	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	PB
Orientación -15°	18.32	EDF 4P - DEP2 - COCINA	PB
Orientación -15°	16.93	EDF 4P - DEP2 - SALA	PB
Orientación -15°	21.49	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P1
Orientación 0°	15.78	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P1
Orientación 0°	17.74	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P1
Orientación -15°	19.72	EDF 4P - DEP1 - COCINA	P1
Orientación -15°	18.11	EDF 4P - DEP1 - SALA	P1
Orientación -15°	21.49	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P1
Orientación 0°	15.90	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P1
Orientación 0°	17.90	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P1
Orientación 0°	19.57	EDF 4P - DEP2 - COCINA	P1
Orientación -15°	18.11	EDF 4P - DEP2 - SALA	P1
Orientación -15°	21.59	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P2
Orientación 0°	15.78	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P2
Orientación 0°	17.74	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P2
Orientación 0°	20.03	EDF 4P - DEP1 - COCINA	P2
Orientación -15°	18.11	EDF 4P - DEP1 - SALA	P2
Orientación -15°	21.59	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P2
Orientación -15°	15.90	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P2
Orientación 0°	17.90	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P2
Orientación 0°	19.72	EDF 4P - DEP2 - COCINA	P2
Orientación -15°	18.11	EDF 4P - DEP2 - SALA	P2
Orientación -15°	21.80	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P3
Orientación 0°	15.90	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P3
Orientación 0°	17.98	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P3
Orientación 0°	20.65	EDF 4P - DEP1 - COCINA	P3
Orientación -15°	18.36	EDF 4P - DEP1 - SALA	P3
Orientación -15°	21.80	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P3
Orientación 0°	16.13	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P3
Orientación 0°	18.06	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P3
Orientación 0°	20.50	EDF 4P - DEP2 - COCINA	P3
Orientación -15°	18.27	EDF 4P - DEP2 - SALA	P3
	<b>Orientación Óptima</b>	<b>Total</b>	
	<b>N° de espacios interiores</b>		
Orientación 0°	57		
Orientación 15°	0		
Orientación -15°	33		

## ANEXO X. Número de espacios interiores con demanda mínima de refrigeración

Orientación	Demanda mínima de refrigeración (Wm²)		
Orientación 15°	81.61	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	PB
Orientación 0°	60.71	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	PB
Orientación -15°	67.37	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	PB
Orientación 0°	68.01	EDF 5P - DEP1 - COCINA	PB
Orientación -15°	236.55	EDF 5P - DEP1 - SALA	PB
Orientación -15°	97.83	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	PB
Orientación 0°	66.24	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	PB
Orientación 15°	71.20	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	PB
Orientación 0°	80.75	EDF 5P - DEP2 - COCINA	PB
Orientación -15°	236.63	EDF 5P - DEP2 - SALA	PB
Orientación 15°	80.12	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P1
Orientación 0°	62.18	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P1
Orientación -15°	69.49	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P1
Orientación 15°	93.01	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P1
Orientación 0°	201.26	EDF 5P - DEP1 - SALA	P1
Orientación -15°	95.97	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P1
Orientación 0°	67.40	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P1
Orientación 15°	72.58	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P1
Orientación 0°	96.74	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P1
Orientación 0°	201.17	EDF 5P - DEP2 - SALA	P1
Orientación 15°	80.02	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P2
Orientación 0°	61.84	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P2
Orientación -15°	69.00	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P2
Orientación 15°	108.85	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P2
Orientación 0°	200.92	EDF 5P - DEP1 - SALA	P2
Orientación -15°	95.35	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P2
Orientación 0°	67.05	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P2
Orientación 15°	72.09	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P2
Orientación 15°	110.40	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P2
Orientación 0°	200.92	EDF 5P - DEP2 - SALA	P2
Orientación 15°	84.89	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P3
Orientación 0°	61.61	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P3
Orientación -15°	68.92	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P3
Orientación -15°	137.27	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P3
Orientación 0°	200.75	EDF 5P - DEP1 - SALA	P3
Orientación -15°	95.66	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P3
Orientación 0°	66.71	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P3
Orientación 15°	71.85	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P3
Orientación -15°	136.18	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P3
Orientación 0°	200.67	EDF 5P - DEP2 - SALA	P3
Orientación 15°	91.30	EDF 5P - DEP1 - HAB 1	P4
Orientación 0°	58.39	EDF 5P - DEP1 - HAB 2	P4
Orientación -15°	68.59	EDF 5P - DEP1 - HAB MASTER	P4
Orientación 0°	161.65	EDF 5P - DEP1 - COCINA	P4
Orientación 0°	187.26	EDF 5P - DEP1 - SALA	P4
Orientación -15°	96.38	EDF 5P - DEP2 - HAB 1	P4
Orientación 0°	69.01	EDF 5P - DEP2 - HAB 2	P4
Orientación 15°	72.09	EDF 5P - DEP2 - HAB MASTER	P4
Orientación 15°	161.18	EDF 5P - DEP2 - COCINA	P4
Orientación 0°	187.09	EDF 5P - DEP2 - SALA	P4
Orientación -15°	74.69	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	PB
Orientación 0°	58.06	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	PB
Orientación 15°	78.44	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	PB
Orientación -15°	64.75	EDF 4P - DEP1 - COCINA	PB
Orientación 15°	251.30	EDF 4P - DEP1 - SALA	PB
Orientación 15°	77.69	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	PB
Orientación 0°	64.86	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	PB
Orientación -15°	82.91	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	PB
Orientación -15°	60.87	EDF 4P - DEP2 - COCINA	PB
Orientación 15°	250.80	EDF 4P - DEP2 - SALA	PB
Orientación -15°	73.76	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P1
Orientación 0°	60.71	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P1
Orientación 15°	80.80	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P1
Orientación -15°	90.37	EDF 4P - DEP1 - COCINA	P1
Orientación 0°	220.12	EDF 4P - DEP1 - SALA	P1
Orientación 15°	76.03	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P1
Orientación 0°	67.74	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P1
Orientación -15°	87.31	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P1
Orientación -15°	86.49	EDF 4P - DEP2 - COCINA	P1
Orientación 15°	219.87	EDF 4P - DEP2 - SALA	P1
Orientación -15°	73.14	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P2
Orientación 0°	60.48	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P2
Orientación 15°	80.47	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P2
Orientación -15°	101.40	EDF 4P - DEP1 - COCINA	P2
Orientación 0°	219.87	EDF 4P - DEP1 - SALA	P2
Orientación 15°	75.83	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P2
Orientación 0°	67.51	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P2
Orientación -15°	86.98	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P2
Orientación -15°	98.14	EDF 4P - DEP2 - COCINA	P2
Orientación 15°	219.61	EDF 4P - DEP2 - SALA	P2
Orientación -15°	73.76	EDF 4P - DEP1 - HAB 1	P3
Orientación 0°	54.15	EDF 4P - DEP1 - HAB 2	P3
Orientación 15°	81.12	EDF 4P - DEP1 - HAB MASTER	P3
Orientación -15°	125.16	EDF 4P - DEP1 - COCINA	P3
Orientación 0°	220.12	EDF 4P - DEP1 - SALA	P3
Orientación 15°	78.31	EDF 4P - DEP2 - HAB 1	P3
Orientación 0°	67.63	EDF 4P - DEP2 - HAB 2	P3
Orientación -15°	87.23	EDF 4P - DEP2 - HAB MASTER	P3
Orientación -15°	121.43	EDF 4P - DEP2 - COCINA	P3
Orientación 15°	219.95	EDF 4P - DEP2 - SALA	P3
	<b>Orientación Optima</b>		<b>Total</b>
	<b>N° de espacios interiores</b>		
Orientación 15°	27		
Orientación 0°	33		
Orientación -15°	30		

## ANEXO XI. Vidrio de ventana

Nombre del vidrio de la ventana	Tipo de acristalamiento	Valor U (W/m <sup>2</sup> K)	Valor U (BTU/hr-ft <sup>2</sup> -F)	Coefficiente de ganancia de calor solar (SHGC)	Transmitancia de luz visible (VLT)
Ningún cambio	Ningún cambio	Ningún cambio	Ningún cambio	Ningún cambio	Ningún cambio
Clr simple	Sencillo transparente de 6 mm	6,17	1,09	0,81	0,88
Doble Clr	Doble Clear 6/13 Aire	2,74	0,48	0,7	0,78
Doble nivel de evidencia	Doble Low-E (e3=0,2) Claro 3/13 Aire	1,99	0,35	0,73	0,74
Trp Nivel de Eficiencia	Triple Low-E (e2=e5=0,1) Transparente 3 mm/6 mm Aire	1,55	0,27	0,47	0,66
Cuádruple LoE	Películas LoE cuádruple (88) de criptón de 3 mm y 8 mm	0,66	0,12	0,45	0,62
BIM	La configuración en su modelo (Modelo de información de construcción)				

## ANEXO XII. Construcción de muros

<b>Nombre de la construcción del muro</b>	<b>Construcción: Muros Norte, Sur, Este y Oeste</b>	<b>Valor R (hft<sup>2</sup>°F/BTU)</b>	<b>Capacidad térmica (BTU/pie<sup>2</sup>°F)</b>
Sin aislamiento	Pared con marco de madera R0	2,97	10.71
Metal R13	Pared con estructura de metal R13	5.766	10.05
R13 Madera	Pared con estructura de madera R13, tejas de madera	11.66	1,74
Metal R13+R10	Pared con estructura de metal R13 + R10	17.126	11.35
ICF de 14 pulgadas	Muro de hormigón aislado de 14 pulgadas (36 cm) U-0.034	28,91	14.11
R38 Madera	Pared con marco de madera R38	36,75	1.80
Unidad de almacenamiento de calor R2	Muro de la unidad de almacenamiento de calor R2	4.02	18,69
SIP de 12,25 pulgadas	Panel estructuralmente aislado (SIP) de pared de 12,25 pulgadas (311 mm)	37.27	4.21
BIM	La configuración en su modelo (Modelo de información de construcción)		

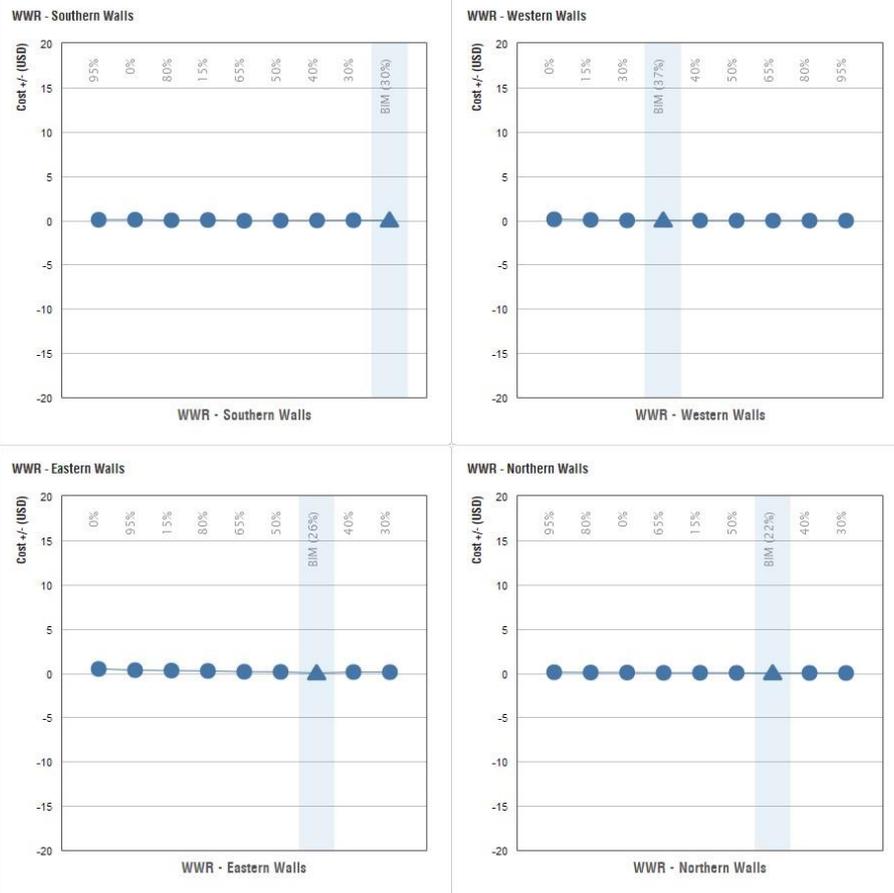
### ANEXO XIII. Construcción de techos

Nombre de la construcción del techo	Construcción de techos	Valor R (hft <sup>2</sup> F/BTU)	Capacidad térmica (BTU/pie <sup>2</sup> F)
Sin aislamiento	R0 sobre cubierta de techo	1.33	1.43
R10	R10 sobre cubierta de techo	11,75	2.06
R15	Techo con estructura de madera R15	15.61	2.03
R19	Techo con estructura de madera con aislamiento R19	16.39	1.18
R38	Techo con estructura de madera R38	42,57	1.30
R60	Techo con estructura de madera R60	66.23	1.37
SIP de 10,25 pulgadas	Techo de panel estructuralmente aislado (SIP) de 10,25 pulgadas de espesor (260 mm)	37,71	1.44
BIM	La configuración en su modelo (Modelo de información de construcción)		

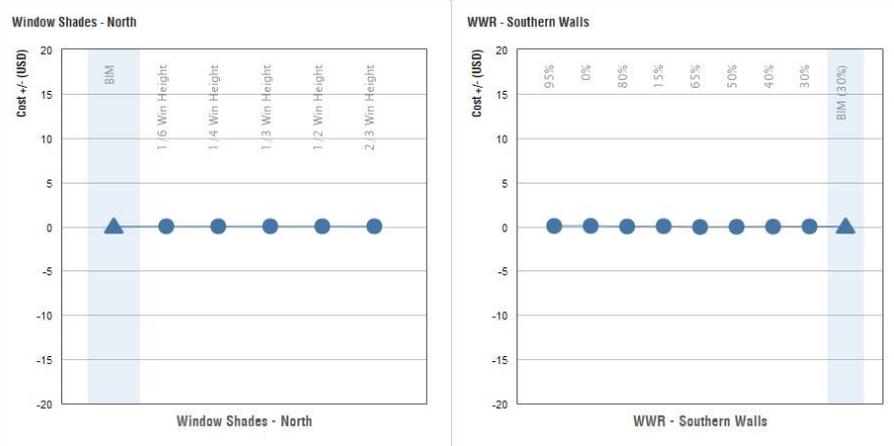
## ANEXO XIV. Optimización de la Torre de 4 pisos (USD/m2/año)

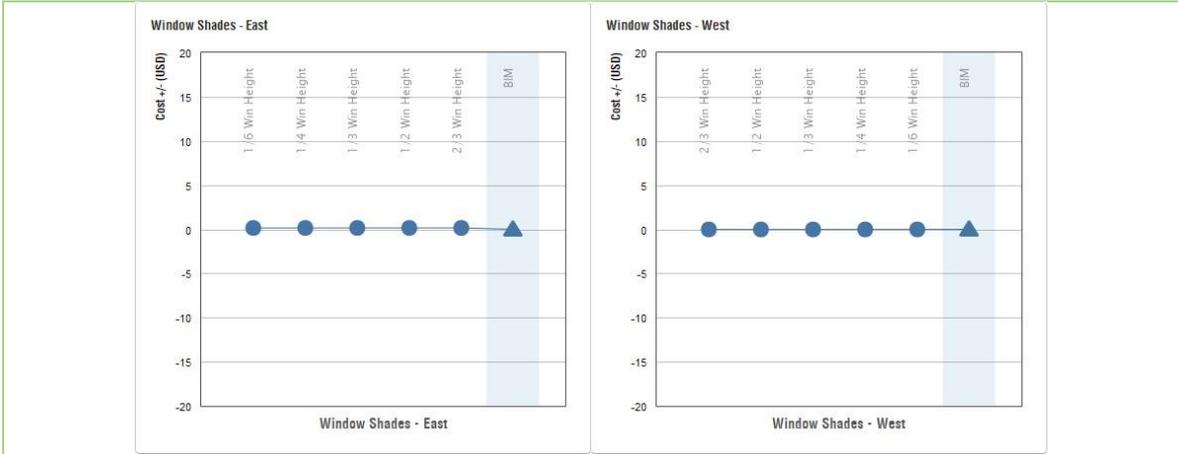
### TORRE DE 4 PISOS

#### Porcentaje de ventanas con respecto a la pared

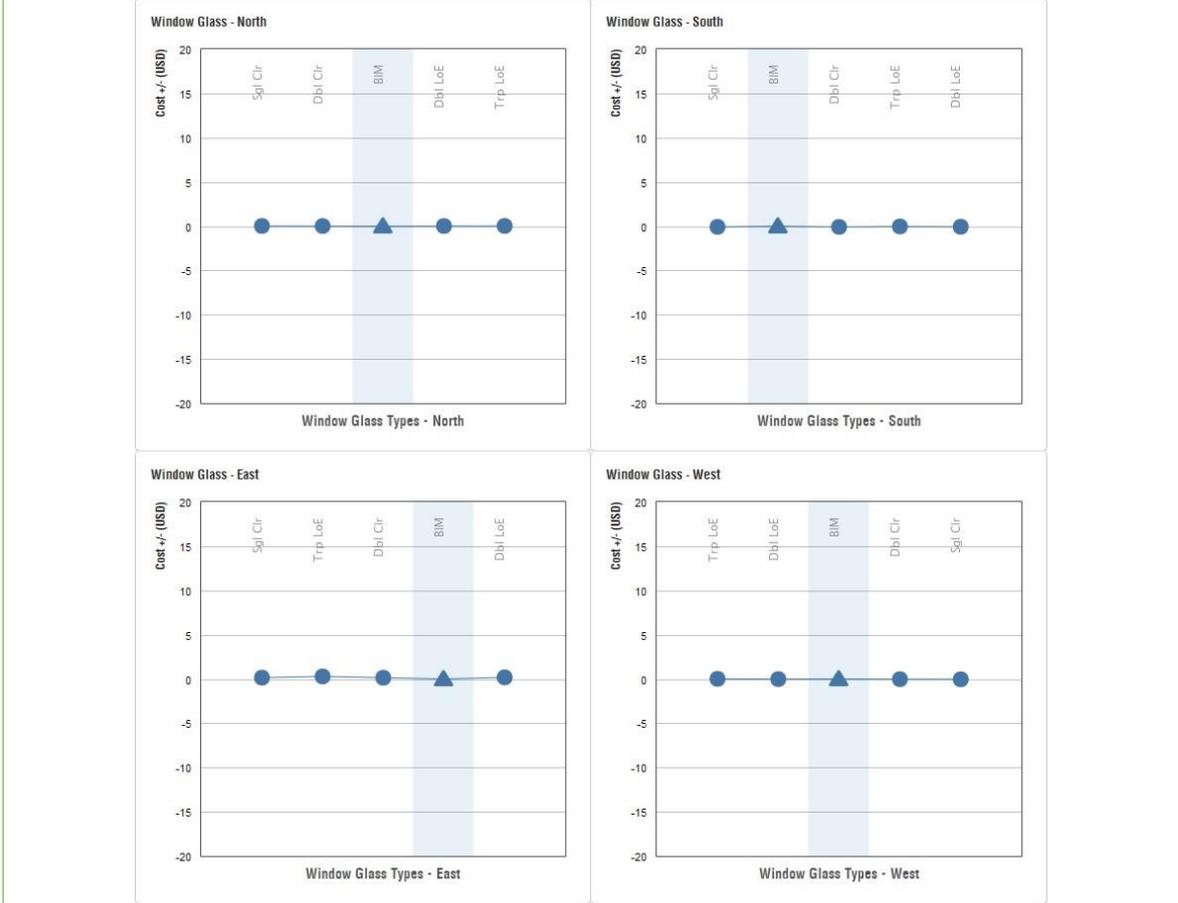


#### Cortinas para ventanas

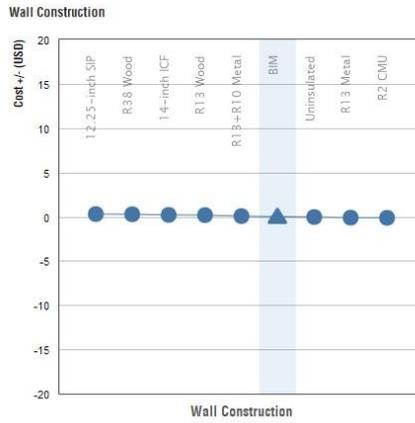




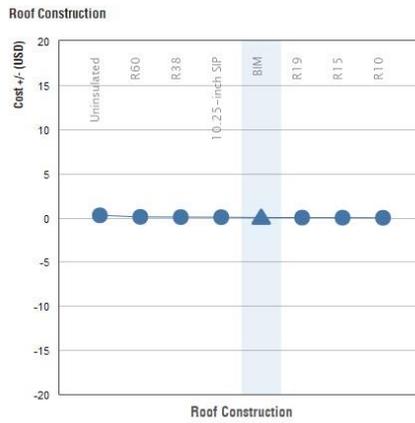
## Vidrio de ventana



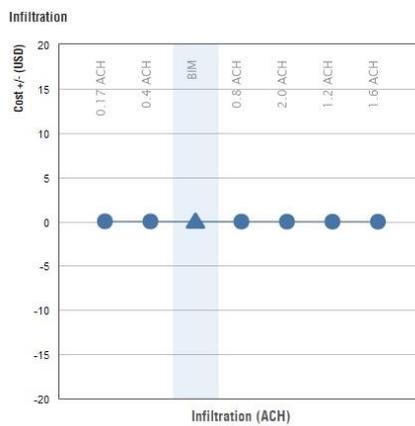
## Construcción de muros



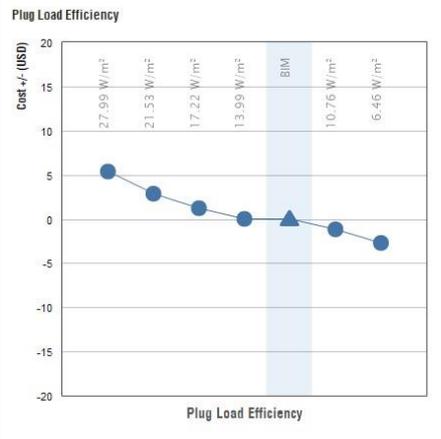
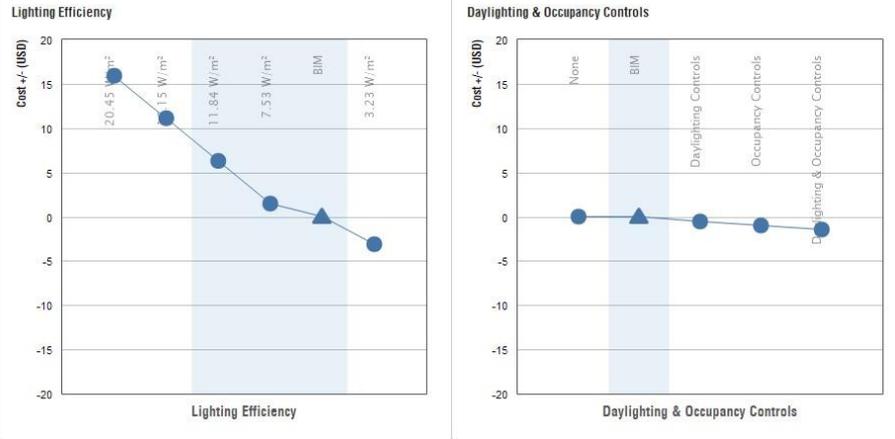
## Construcción de techos



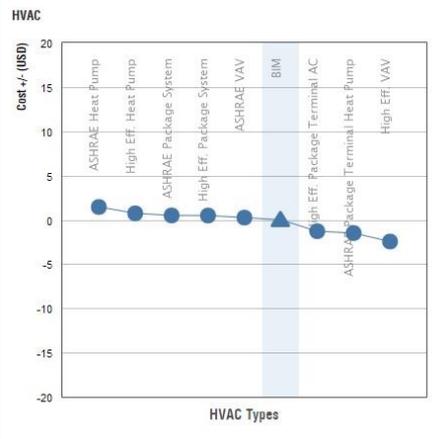
## Infiltración



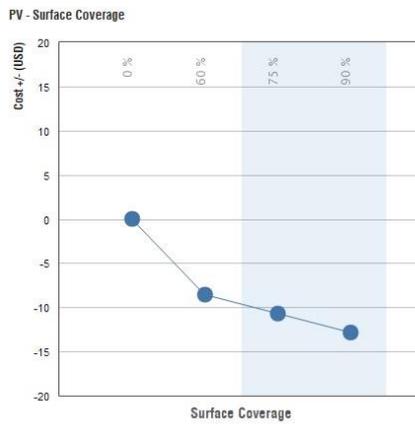
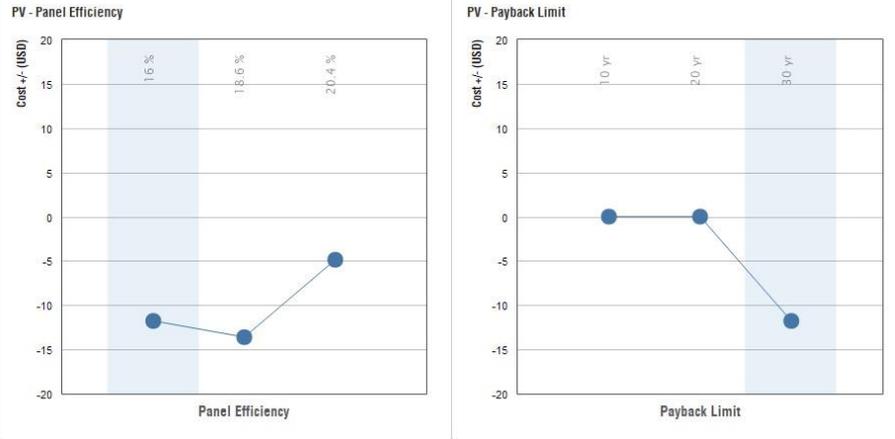
## Eficiencia de iluminación y carga



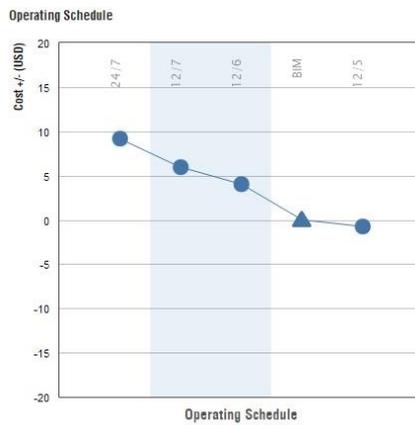
## Sistema de climatización



## Sistema fotovoltaico



## Horario de funcionamiento



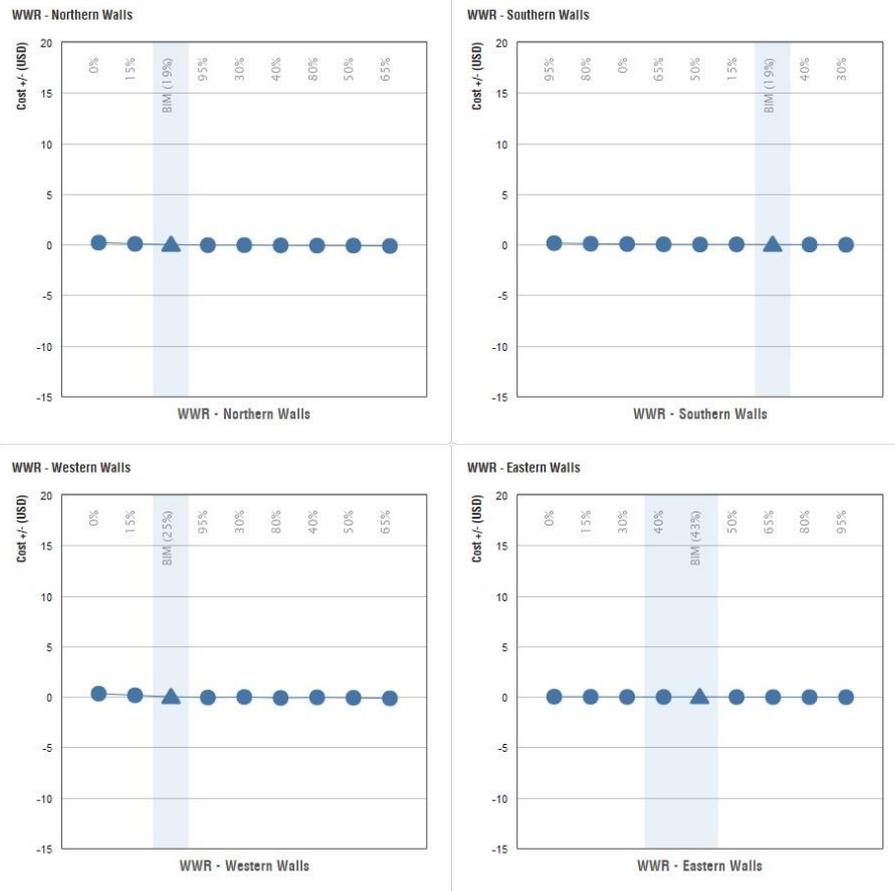
## Orientación



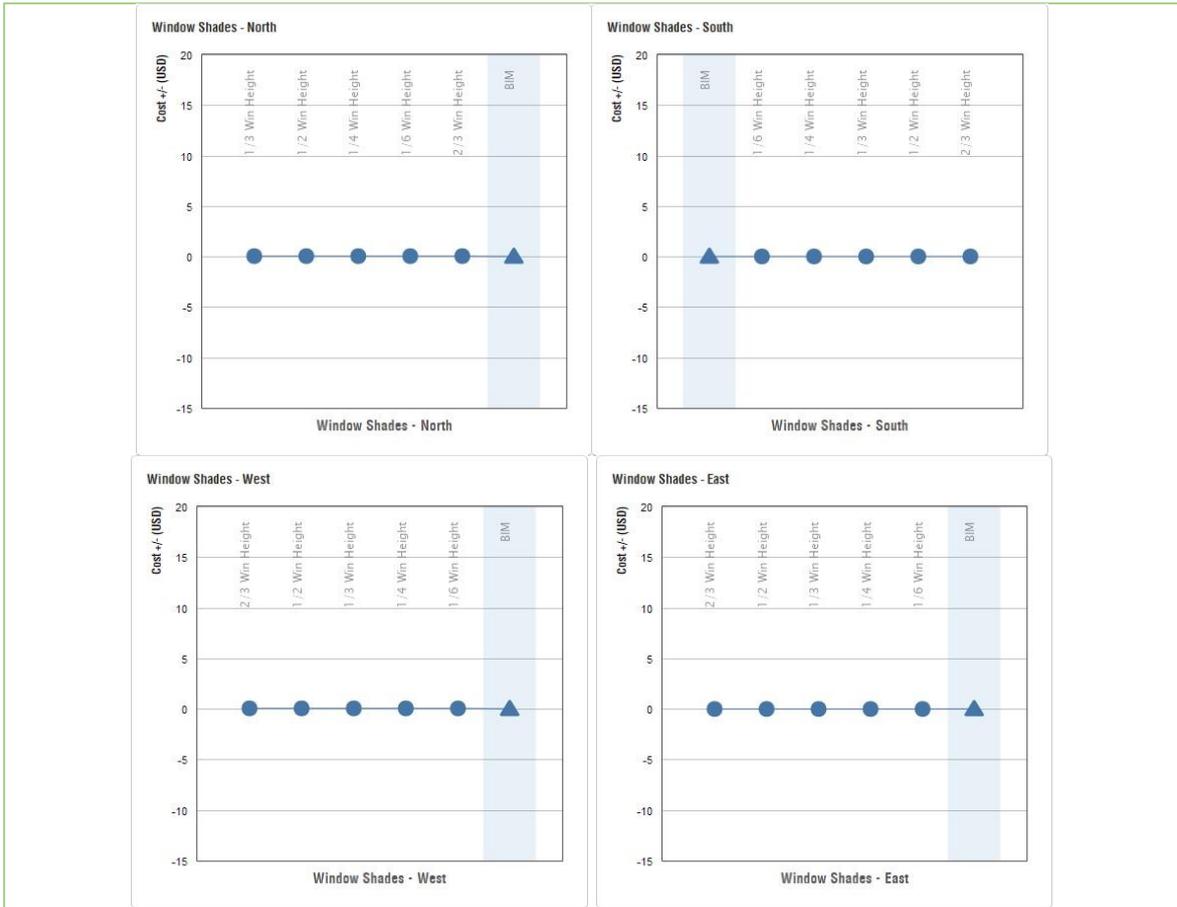
## ANEXO XV. Optimización de la Torre de 5 pisos (USD/m2/año)

### TORRE DE 5 PISOS

#### Porcentaje de ventanas con respecto a la pared

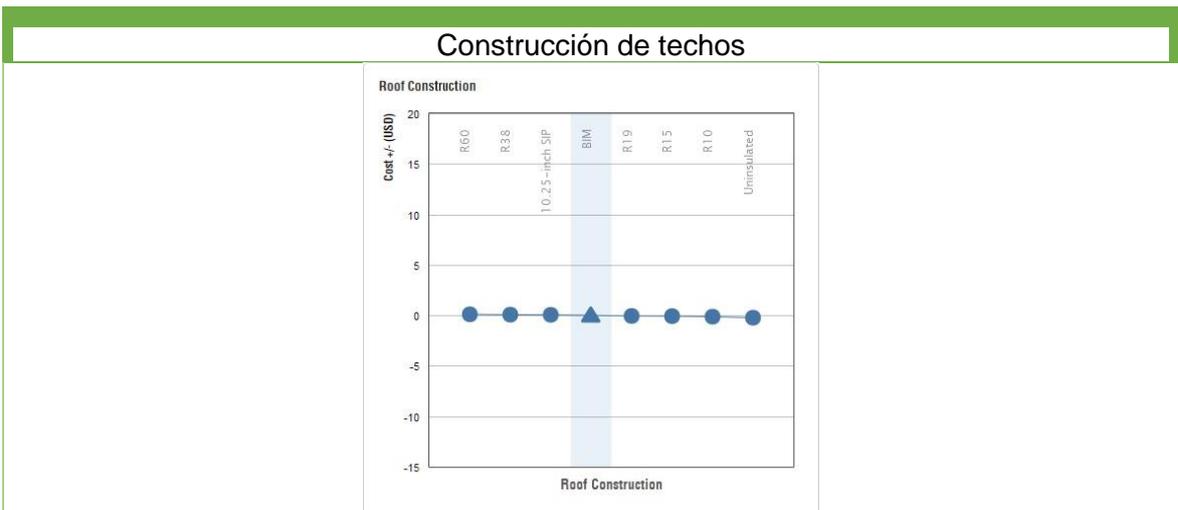
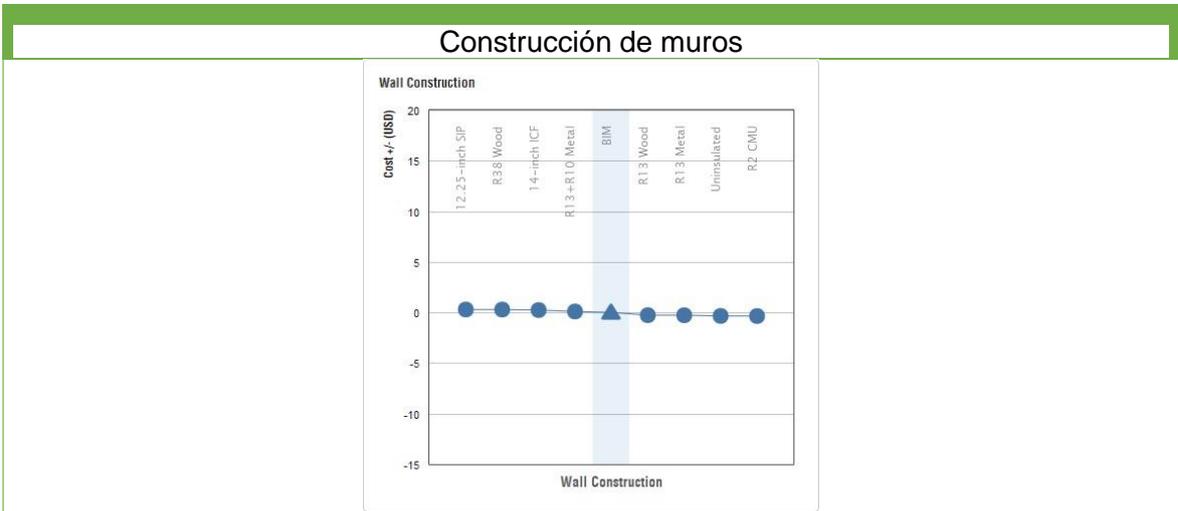
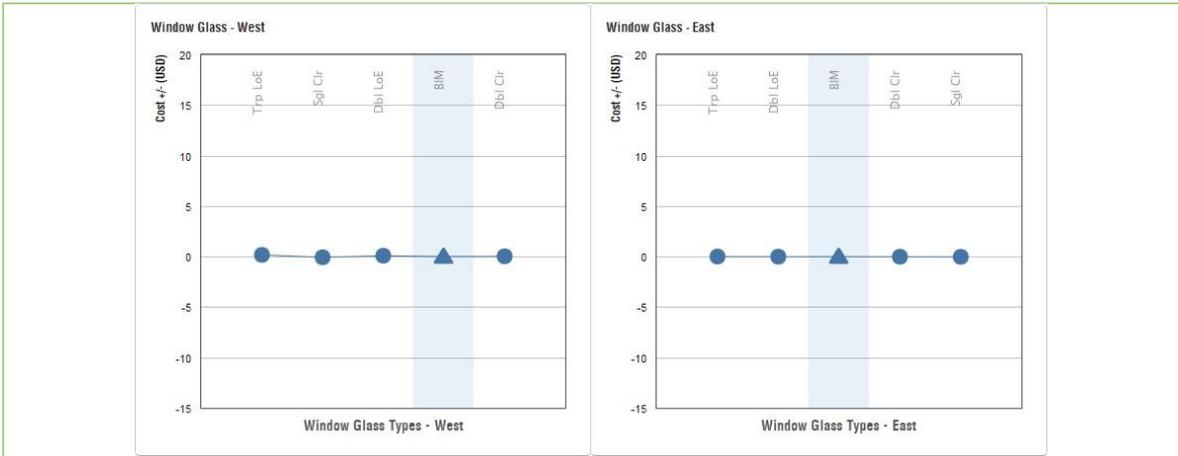


#### Cortinas para ventanas

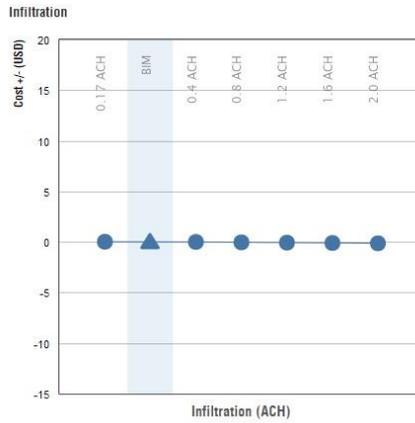


## Vidrio de ventana

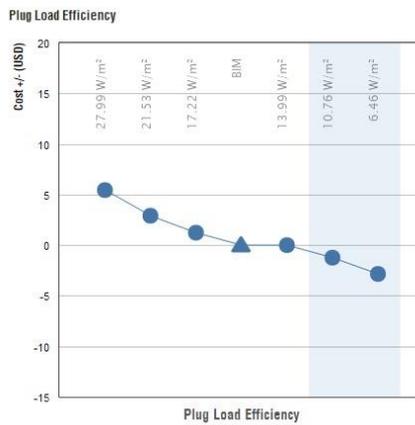
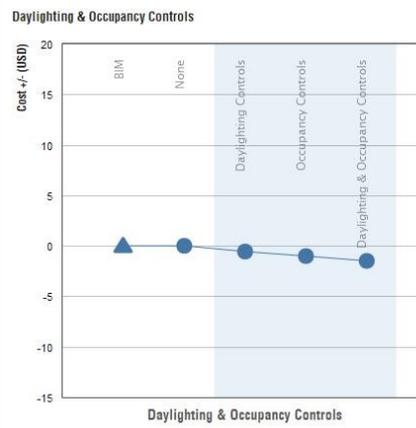
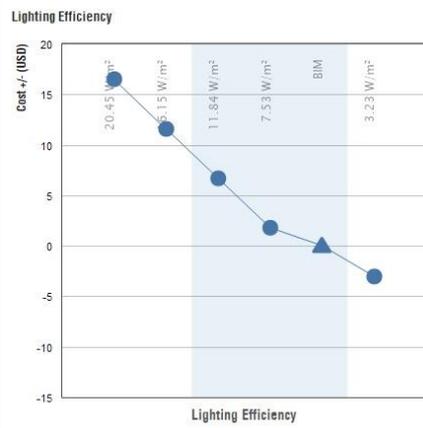




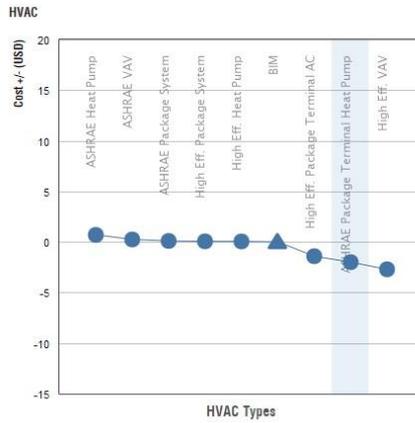
## Infiltración



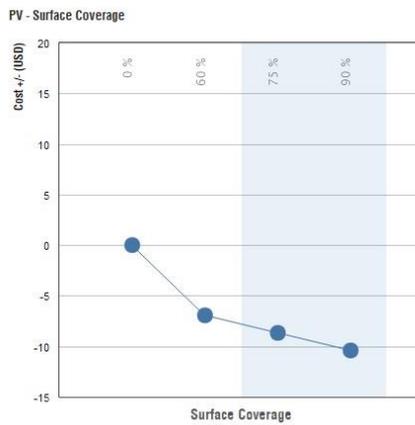
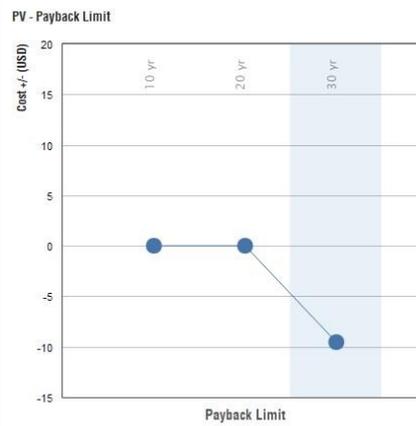
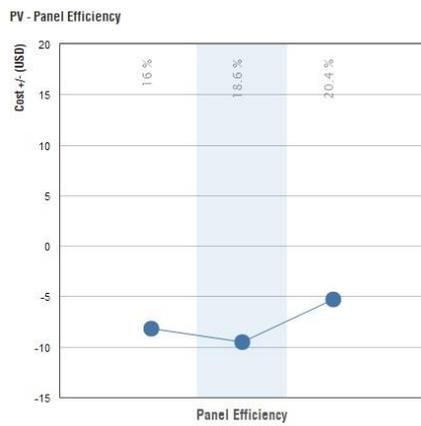
## Eficiencia de iluminación y carga



## Sistema de climatización



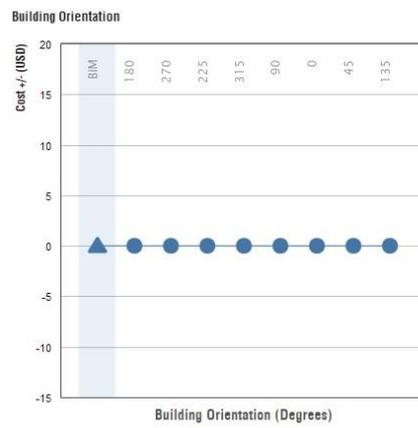
## Sistema fotovoltaico



## Horario de funcionamiento



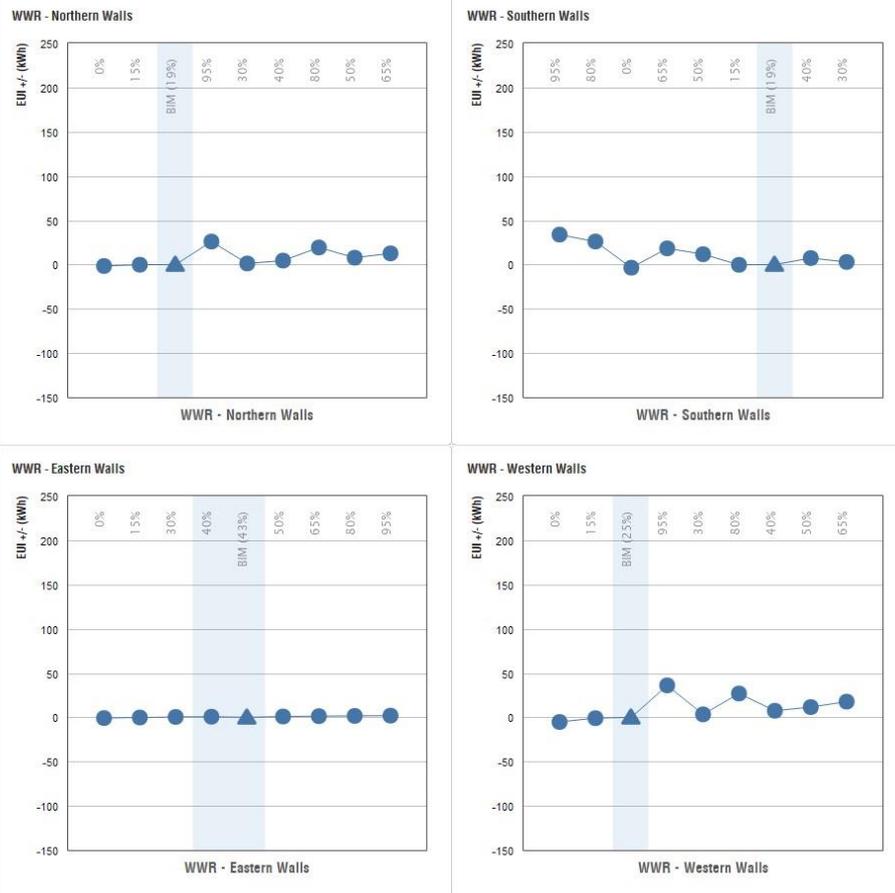
## Orientación



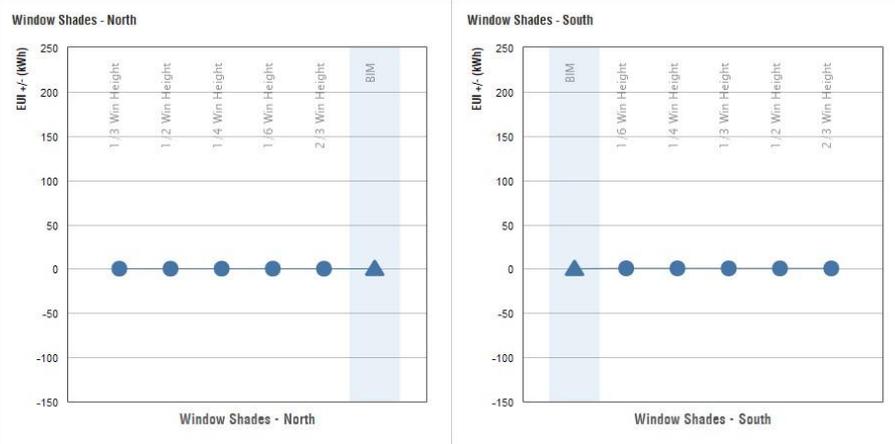
## ANEXO XVI. Optimización de la Torre de 5 pisos (kWh/m2/año)

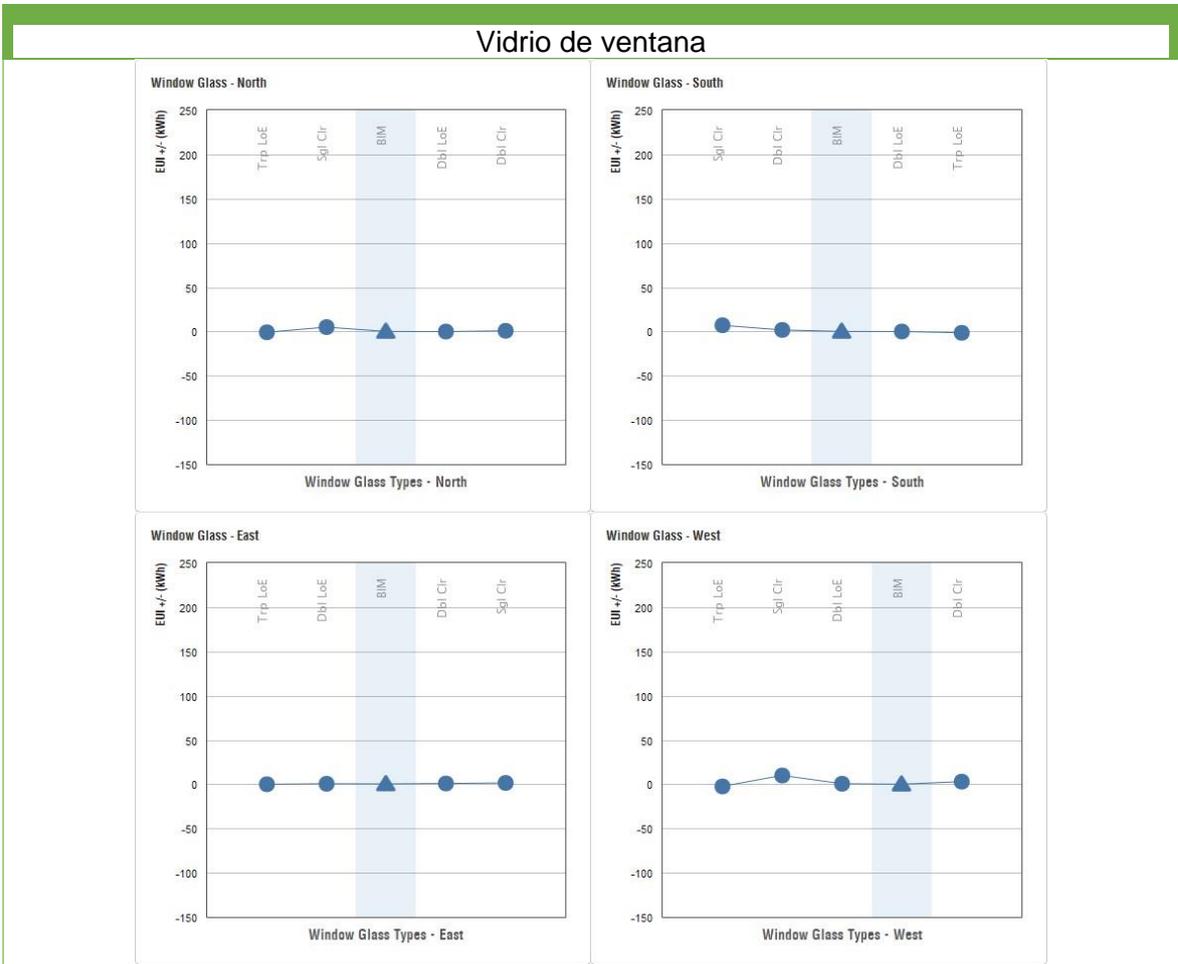
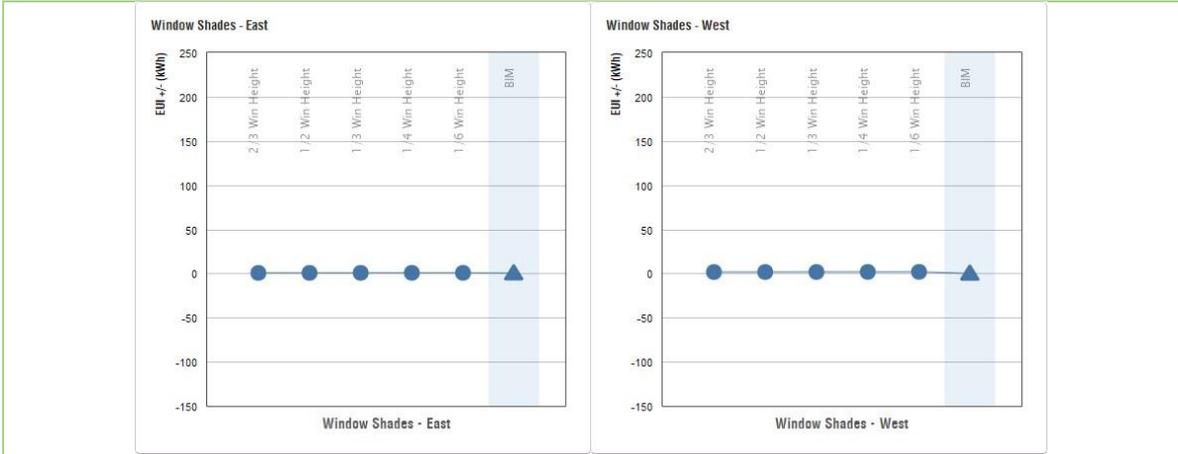
### TORRE DE 5 PISOS

#### Porcentaje de ventanas con respecto a la pared

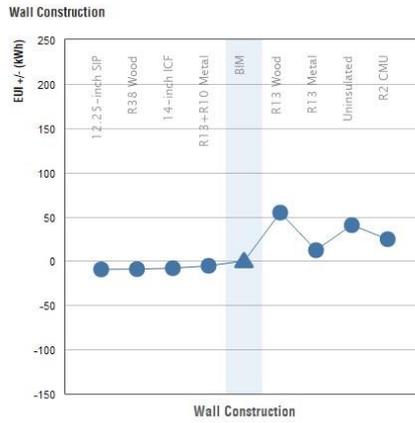


#### Cortinas para ventanas

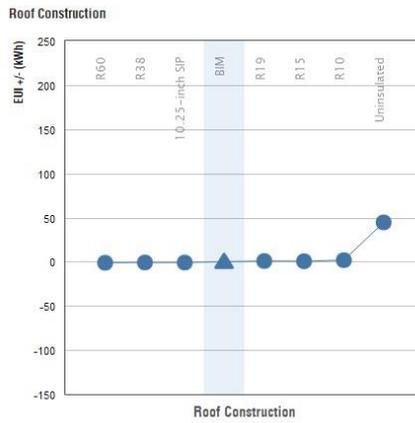




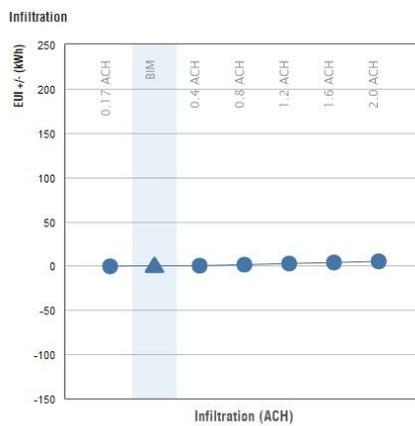
## Construcción de muros



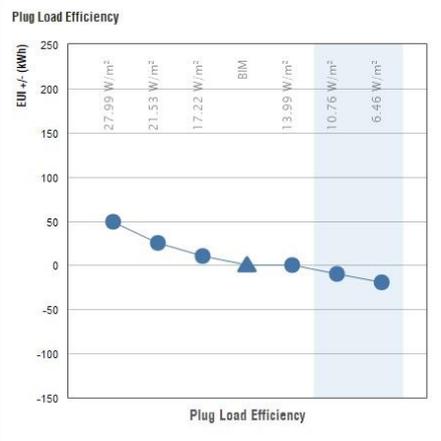
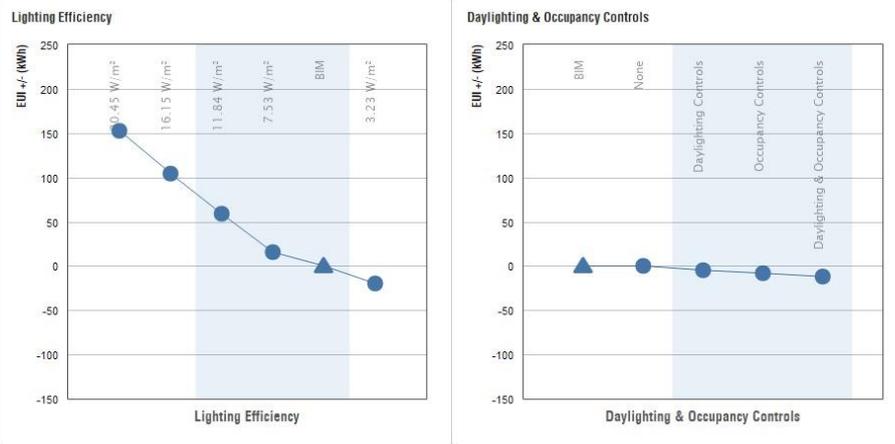
## Construcción de techos



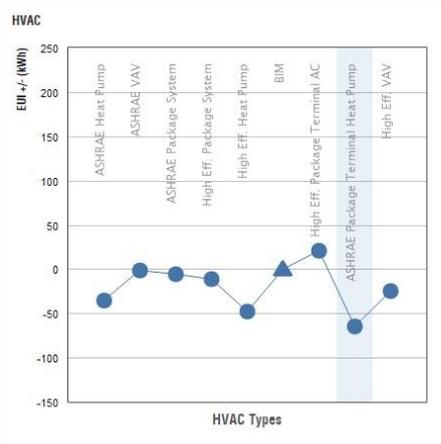
## Infiltración



## Eficiencia de iluminación y carga

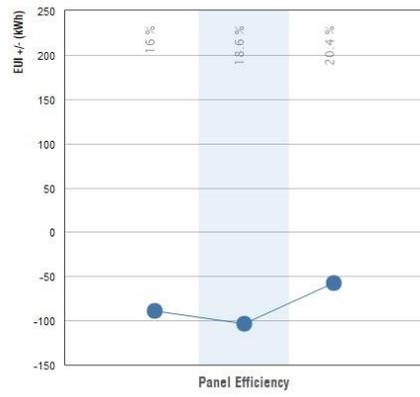


## Sistema de climatización

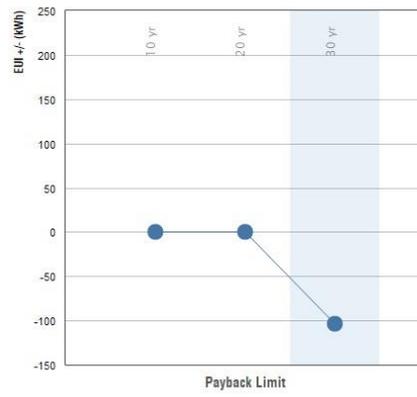


## Sistema fotovoltaico

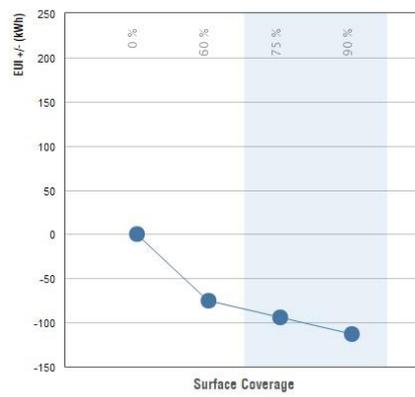
PV - Panel Efficiency



PV - Payback Limit

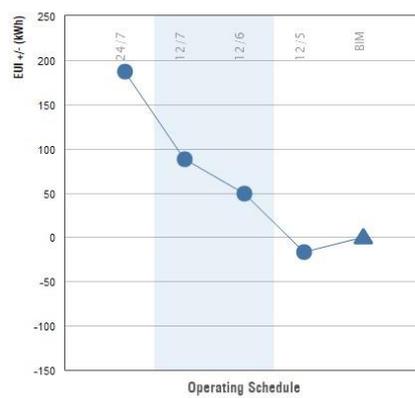


PV - Surface Coverage

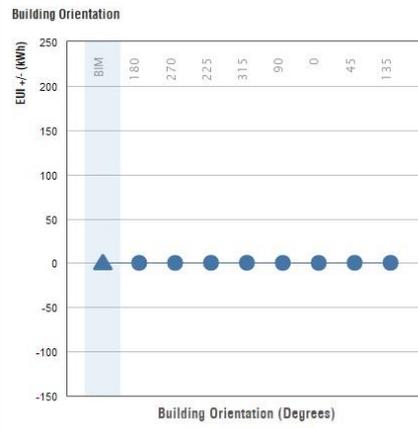


## Horario de funcionamiento

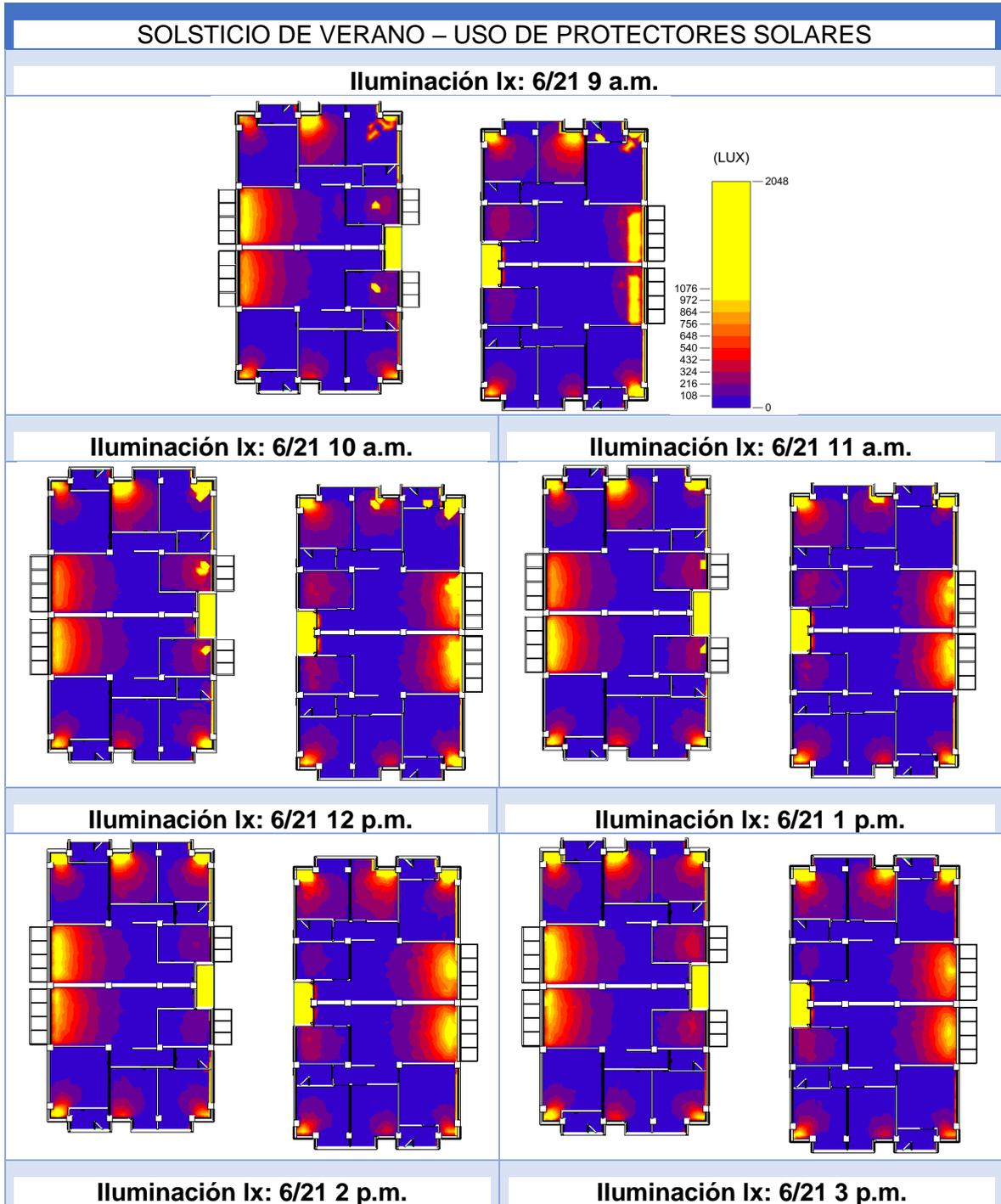
Operating Schedule

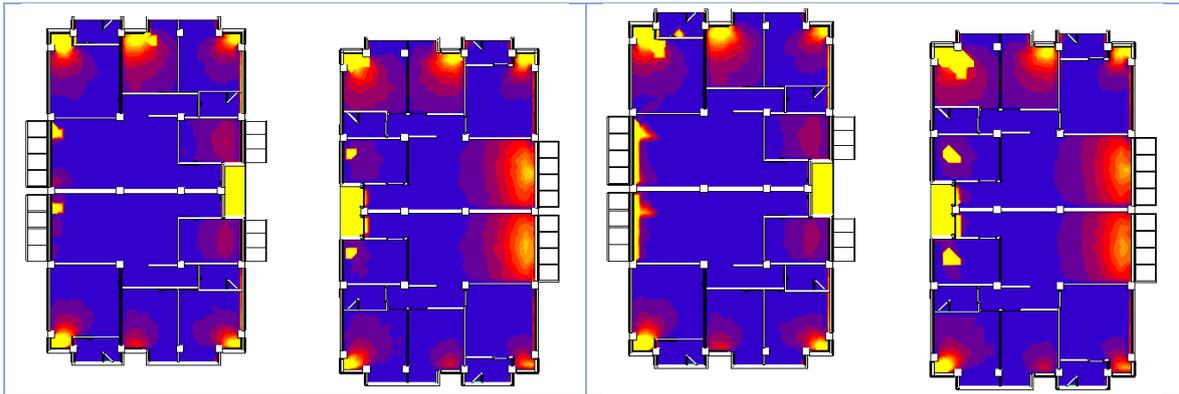


## Orientación



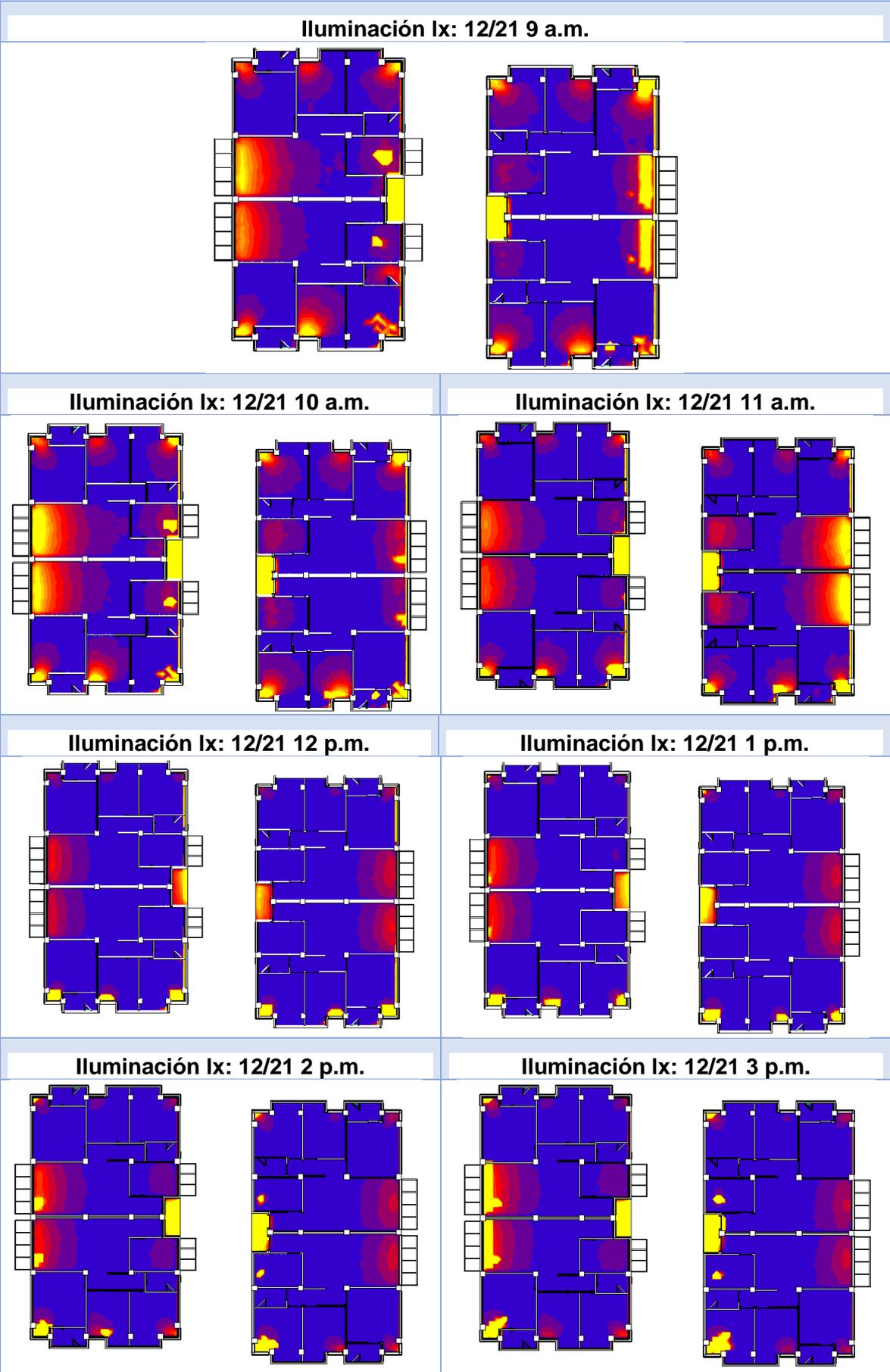
**ANEXO XVII. Iluminación interior del último piso de ambas torres  
en el solsticio de verano**





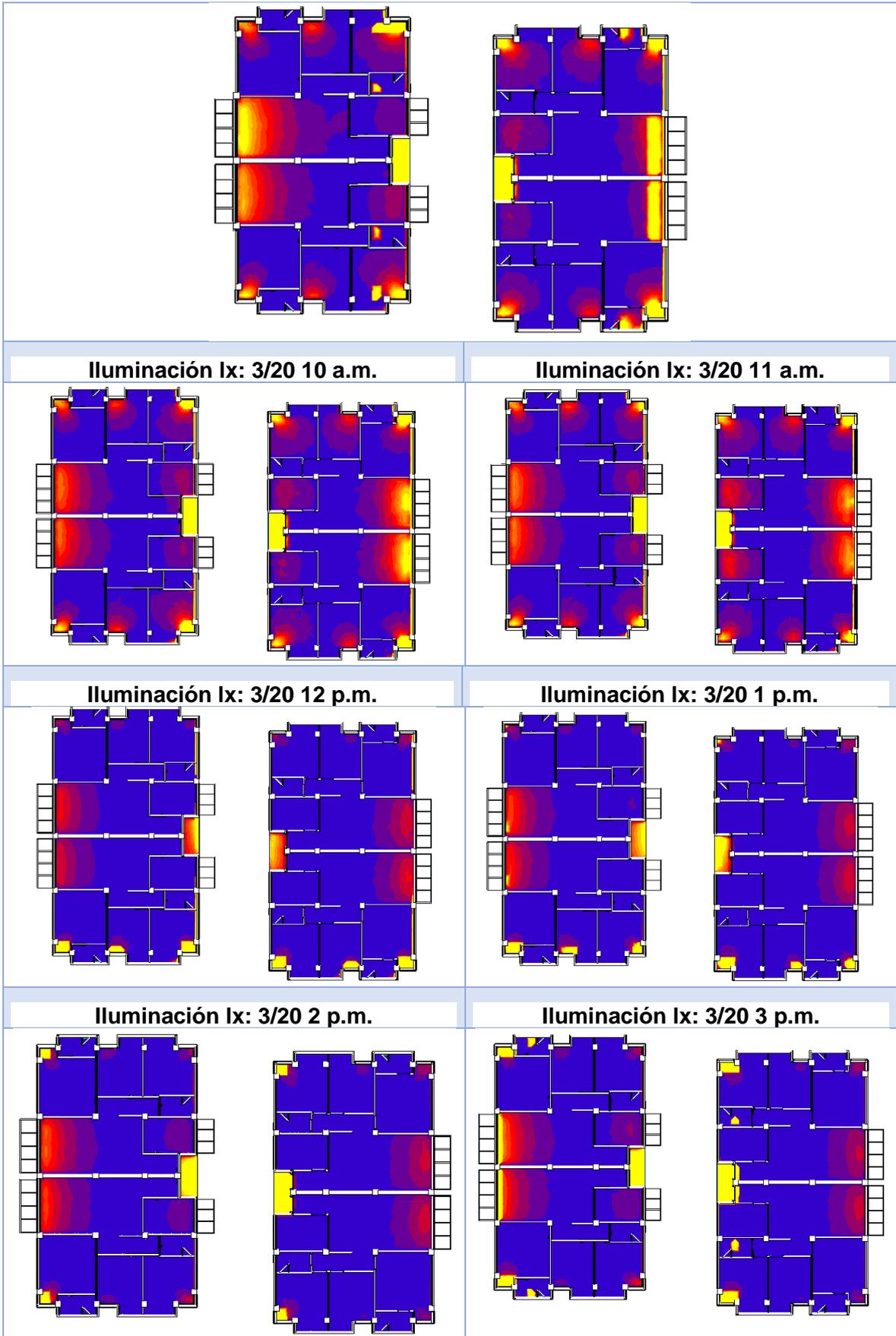
**ANEXO XVIII.** Iluminación interior del último piso de ambas torres  
en el solsticio de invierno

SOLSTICIO DE INVIERNO – USO DE PROTECTORES SOLARES



**ANEXO XIX.** Iluminación interior del último piso de ambas torres  
en el equinoccio de primavera

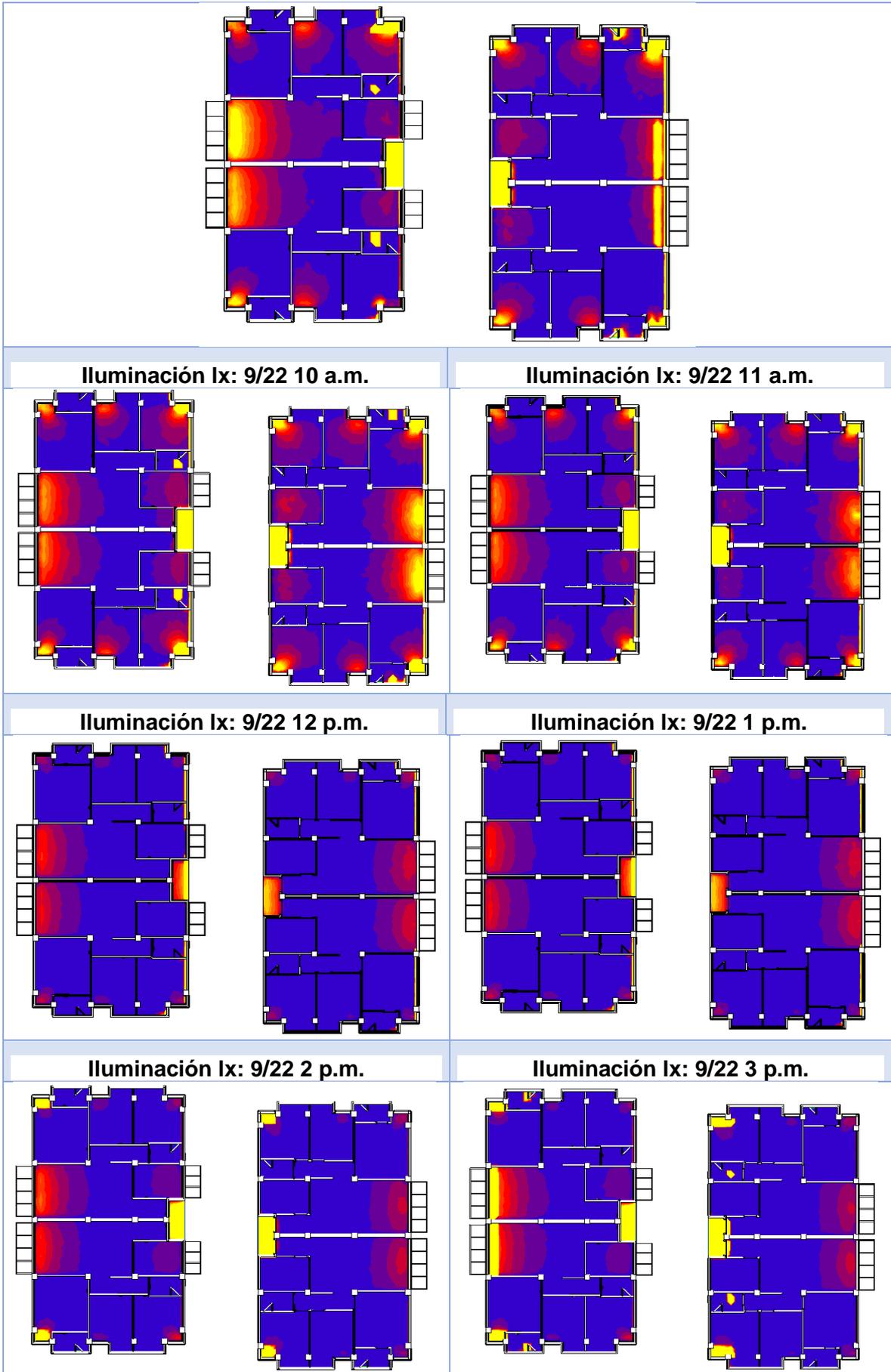
<b>EQUINOCCION DE PRIMAVERA – USO DE PROTECTORES SOLARES</b>
<b>Iluminación lx: 3/20 9 a.m.</b>



**ANEXO XX.** Iluminación interior del último piso de ambas torres en el equinoccio de primavera

<b>EQUINOCCION DE OTOÑO – USO DE PROTECTORES SOLARES</b>
--

<b>Iluminación lx: 9/22 9 a.m.</b>
------------------------------------



## ANEXO XXI. Iluminación interior media de espacios interiores del departamento 1 de la Torre de 5 pisos

HABITACIÓN 1 - DEP 1 - PISO 5	
<b>Solsticio de verano</b>	
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	324
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	324
<b>Solsticio de invierno</b>	
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	200
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	200
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108
<b>Equinoccio de primavera</b>	
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108
<b>Equinoccio de otoño</b>	
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	216
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108
<b>Iluminancia interior media (Ix)</b>	
<b>172.43</b>	

HABITACIÓN 2 - DEP 1 - PISO 5		
<b>Solsticio de verano</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	324	Ix
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	216	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	162	
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	324	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	324	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	324	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	324	
<b>Solsticio de invierno</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	162	Ix
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	162	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108	
<b>Equinoccio de primavera</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	182	Ix
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	200	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	200	
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108	
<b>Equinoccio de otoño</b>		
Iluminancia interior media 9 a.m. (Valor de Revit)	200	Ix
Iluminancia interior media 10 a.m. (Valor de Revit)	200	
Iluminancia interior media 11 a.m. (Valor de Revit)	200	
Iluminancia interior media 12 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 1 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 2 p.m. (Valor de Revit)	108	
Iluminancia interior media 3 p.m. (Valor de Revit)	108	
<b>Iluminancia interior media (Ix)</b>		
<b>175.29</b>		

















**ANEXO XXV. EIR del proyecto**

*BIM-EIR Employer's Information Requirements*

**Requisitos de Información BIM**

***Entidad  
Contratante***

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se establecen los requisitos pertenecientes a la metodología BIM que solicita la organización para la realización del proyecto.

El objetivo de este Plan de Ejecución BIM es establecer las bases y directrices para la correcta implementación de la metodología BIM a lo largo de todas las etapas del proyecto. Mediante el uso de la tecnología BIM, se busca crear un ambiente de colaboración digital, efectiva y coordinada entre los diferentes equipos disciplinares involucrados en el proyecto.

Este documento constituye la base fundamental para la elaboración de la propuesta del Plan de Ejecución BIM, el cual será la guía de la estrategia de intercambio de información, destinado a dar respuesta a los requerimientos e intereses de la organización.

El PEB será confeccionado por el contratista del proyecto y, una vez completado, se someterá a una revisión y verificación por parte de la organización. En caso de ser aprobada, esta propuesta final se convertirá en el Plan de Ejecución BIM definitivo (en adelante PEB) a ser aplicado durante el desarrollo del contrato, siendo un componente esencial del mismo.

## 2 EL PROYECTO

### Información del proyecto.

Nombre del proyecto: Conjunto Habitacional “San Francisco del Norte

Tipo de proyecto: Residencial

Ubicación: Sector Carcelén, entre la Avenida Panamericana Norte y las calles C. del Hierro y Los Cóndores

### Detalles del contacto solicitante.

CONTRATANTE	DETALLES
Nombre de la Empresa:	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)
Dirección de la empresa:	Ladrón de Guevara E11 – 253
Nombre del Contacto Principal:	Ing. Pablo Pinto
Correo electrónico de contacto:	<a href="mailto:pablo.pinto@epn.edu.ec">pablo.pinto@epn.edu.ec</a>
Número de teléfono de Contacto:	0987664184

## Hitos del Proyecto

Entregables en Fase de Redacción del Proyecto.

Nº	Hito	Plazo desde la firma del contrato	Fecha de Inicio	Fecha de Entrega
1	Plan de ejecución BIM (PEB)	15 días	5/11/2023	19/11/2023
2	Modelo BIM 3D de planos arquitectónicos .dxf	5 meses	20/11/2023	19/04/2024
3	Proyecto Constructivo de obra civil e instalaciones (Diseño Conceptual)	7 meses	20/04/2024	15/06/2024
4	Proyecto Constructivo de obra civil e instalaciones (Diseño Definitivo)	7 meses	16/06/2024	26/06/2024
5	Modelo BIM en Realidad Virtual	8 meses	23/07/2024	26/07/2024
6	Presupuesto y memoria técnica	9 meses	15/08/2024	23/08/2024

## Objetivos BIM de la EPN para la redacción del Proyecto.

Los objetivos BIM para este proyecto están destinados a impulsar la estandarización y digitalización de la información. Los principales objetivos en la fase de redacción del proyecto son los siguientes:

- Eficiencia en la redacción del proyecto: Mejorar la visualización de la información para facilitar la toma de decisiones y el estudio de alternativas de diseño. Además, mejorar la coordinación entre las diferentes disciplinas para reducir errores en el proceso constructivo.
- Uso de modelos BIM como fuente principal de documentación: Utilizar los modelos BIM como fuente principal de información para la generación de documentación 2D en los entregables.
- Coordinación 3D para el estudio de fases de obra: Emplear modelos BIM (coordinación 3D) para un mejor estudio de las fases de obra propuestas y para la coordinación integrada del proyecto.
- Fines comerciales y visualizaciones: Utilizar los modelos BIM para fines comerciales, como visualizaciones y recorridos virtuales.
- Repositorio común de información y estándares: Facilitar la transferencia de información entre los profesionales involucrados en el proyecto mediante el uso de

una carpeta compartida de información y la aplicación de estándares y codificación de elementos.

- Centralización de información técnica: Contar con un modelo de información centralizado que recoja todas las técnicas utilizadas en cada fase del proyecto actual y futuros.
- Coherencia, transparencia y factibilidad: Garantizar que el proyecto sea construible y cumpla con los estándares de calidad establecidos.

## **Requerimientos BIM de la EPN**

### **Principio General**

El consultor/contratista será el responsable de designar todos los modelos digitales de información y su correcta coordinación entre los miembros involucrados en el proyecto. Estará en la libertad de gestionar las subcontrataciones necesarias y asegurar que la información generada durante el proyecto cumpla con los estándares de seguridad; por tanto, tiene la obligación de realizar controles y revisiones periódicas a fin de que el proyecto siga el ritmo planteado. El consultor/ contratista adopta el cargo de “coordinador BIM.”

### **Inclusión BIM en el proceso.**

La adopción de la metodología BIM para este proyecto se fundamenta en su capacidad para facilitar la coordinación en tiempo real de las diversas actividades involucradas.

Al contar con una plataforma centralizada y trazable, se promueve una comunicación más fluida y un intercambio de datos eficiente, lo que significa una mayor eficacia en la toma de decisiones y la detección temprana de posibles conflictos. Los modelos se deberán actualizar de manera progresiva cumpliendo el calendario de actividades propuesto.

### **Propiedad del modelo.**

La EPN (Escuela Politécnica Nacional) se declara propietaria de toda la información producida en el proyecto, y permite al consultor el derecho de uso de esta información durante el periodo de redacción del proyecto.

En el desarrollo del proyecto, el director de Obra será el responsable de verificar la autenticidad de los modelos realizados por parte de cada área.

### **Requisitos para los licitadores.**

Los licitadores deberán presentar un pre-Plan de Ejecución BIM (pre-PEB) de acuerdo con la plantilla proporcionada en el Anexo nº 2. Este pre-PEB debe incluir una metodología específica que aborde los objetivos y requerimientos BIM establecidos por la EPN.

La estrategia de respuesta de cada licitador frente a los requerimientos BIM planteados será considerada parte importante de su oferta y será evaluada durante la fase de revisión de ofertas.

#### Normativas y estándares por aplicar

Área	Normativa/Estándar
Arquitectura	NTE-INEN
Estructura	ACI-318-19 / NEC 15
Instalaciones	NPC (fontanería) ASTM (Pruebas en materiales)
BIM Management	ISO 19650
Gestión de Información BIM	ISO 19650-1 / ISO 19650-2

### 3 USOS DEL MODELO

#### Usos y Requerimientos BIM para la presente licitación

Seguendo la propuestas de los Usos BIM en la Guía de elaboración del Plan de Ejecución BIM del Ministerio de Fomento, los usos fundamentales del modelo BIM vinculados a los objetivos BIM exigidos por el Cliente/Consultor para esta licitación son los mencionados y detallados en la siguiente tabla de Usos BIM:

Nº Uso BIM	Uso BIM	Descripción del objetivo esperado	FASE 1 PROYECTO		FASE 2 OBRA		FASE 3 EXPLOTACIÓN	Metodología propuesta
			Aplica	Responsable	Aplica	Responsable	Aplica	
1	Información Centralizada	Usar los modelos BIM como fuente única, estandarizada y centralizada de la información producida durante la redacción del proyecto para su almacenamiento en el CDE y para una mayor coherencia y uniformidad en la transferencia de información de la fase de obra a la fase de operación.	SI	Cliente/ Consultor	SI	Cliente/ Consultor	NO	Dotar a los modelos BIM de la estructura que les permita ser un centro de datos uniformados, estandarizados (que faciliten las labores documentales) y de registro de la información producida en el ciclo de vida del activo. Estos modelos y el resto de información de interés para el conjunto de agentes participantes y generada durante el contrato deberán seguir una estrategia de organización centralizada y colaborativa de información y una nomenclatura de archivos alineados con las directrices de las ISO 9001.

2	Diseño y Visualización. Dimensión 3D	Usar los modelos BIM para favorecer la visualización del avance de los trabajos permitiendo una mejor comprensión de los procesos y una más fácil anticipación en la toma de decisiones. Esto permite también favorecer el sistema de producción de información de la obra.	SI	Cliente/ Consultor	SI	Cliente/ Consultor	NO	<p>Consiste en usar los modelos para comunicar información visual entre los agentes durante la duración del contrato.</p> <p>De forma periódica, se entregarán a los técnicos de la Administración actualizaciones de los modelos de avance para vehicular a través de modelos tridimensionales el proceso de diseño de una infraestructura. Se permite, así, al conjunto de los agentes intervinientes desarrollar su labor técnica en mejores condiciones, utilizando la capacidad de visualización de los visores BIM gratuitos.</p>
3	Coordinación y chequeo de interferencias. Dimensión 3D	Mejorar la coordinación y coherencia de los proyectos y obras integrando el uso de los modelos BIM en los procesos de coordinación entre disciplinas, incluso terceros externos al proyecto y avances de obra. Uso del modelo para	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	<p>Este Uso BIM tiene por objetivo mejorar la coordinación de los proyectos, integrando el uso de los modelos BIM en los procesos de coordinación entre los agentes intervinientes, permitiendo una pronta y temprana identificación de interferencias y colisiones que puedan tener impactos durante el proceso de construcción. Se denomina interferencia en el entorno digital cuando hay dos elementos que ocupan el mismo espacio físico (digital) o cuando un cierto espacio</p>

		coordinación 3D y resolver colisiones antes.						libre necesario entre dos elementos no es respetado.
4	Diseño 3D del sistema hidrosanitario	Modelación de instalaciones hidrosanitarias de cada edificio y de áreas comunales, con optimización de consumo de agua.	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	<p>El proyecto se centra en el diseño y modelado de instalaciones hidrosanitarias para 18 torres, utilizando la metodología BIM y la norma ISO 19650 debido a la falta de directrices nacionales. Se establece un sistema de trabajo colaborativo en la nube, permitiendo la interacción en tiempo real entre los participantes y asegurando el manejo adecuado de la información mediante los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) y el Plan de Ejecución BIM (BEP).</p> <p>El objetivo es lograr eficiencia tanto en el diseño como en la construcción, así como optimizar el consumo de agua. Se investigan tecnologías avanzadas en muebles sanitarios que consumen menos agua, inspirándose en prácticas de sostenibilidad de otros países. Además, se exploran métodos de reutilización de agua para reducir costos y asegurar la efectividad.</p> <p>El proyecto se desarrolla cumpliendo con la normativa nacional de agua</p>

								potable y desagüe, integrando conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil, con el apoyo de mentores institucionales.
5	Simulaciones Constructivas. Dimensión 4D	Uso de los modelos BIM para realizar simulaciones constructivas de la obra previas a la ejecución que permitan un mejor entendimiento y comunicación con el cliente.	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	Periódicamente, se podrán generar visualizaciones de planificación de obra, actualizada al avance real de los tajos que permitan comparar de forma ágil y visual las divergencias (si existiesen) entre lo previsto y lo real. Esto permite de la misma forma la monitorización del proceso constructivo y la identificación temprana de fases que puedan ser conflictivas, logrando procesos constructivos más fiables.
6	Estimación del coste y obtención de mediciones. Dimensión 5D.	Usar modelos BIM con información clasificada y estandarizada permite garantizar un mayor grado de trazabilidad para las partidas que componen el presupuesto de los proyectos y las obras	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	Los modelos deberán servir para vincular las cuantificaciones de los elementos a las partidas del Presupuesto, no solo obteniendo los precios unitarios del Presupuesto a partir de los modelos, sino estableciendo también un vínculo entre ambas fuentes, garantizando su coherencia. Gracias a esta vinculación, si un elemento cambia en el modelo, lo hará su medición y, por tanto, lo hará también el precio de

								la partida a la que ese elemento esté asociado.
7	Análisis Energético. Dimensión 6D.	Usar modelos BIM para el diseño pasivo para optimización en el consumo energético	SI	Consultor	SI	Consultor	NO	Se determinarán estrategias pasivas según las características climáticas de la región para realizar simulaciones energéticas y evaluar el impacto de decisiones de diseño en el rendimiento energético, considerando factores como la radiación solar y la iluminación natural.

#### **4. ENTREGABLES**

Al finalizar los trabajos el Consultor/Contratación elaborará los documentos entregables exigidos por el cliente para la presente licitación. Estos entregables son requeridos en formato habitual y un nuevo formato de entrega compuesto por los modelos y entregables BIM, y serán entregados al cliente según lo establecido en el apartado 2.2. Hitos del Proyecto y/o Obra del presente anexo.

Los documentos entregables en formato habitual son las ediciones en papel e informáticas (ejemplares resumidos y completos tanto en formato digital pdf como los ficheros originales) de los documentos realizados durante el desarrollo de los trabajos, que incluyen tanto el proyecto como todos los documentos necesarios para su elaboración, tramitación y aprobación.

El Consultor generará total o parcialmente los entregables requeridos en el presente contrato a partir del modelo desarrollado según quede establecido en estos requerimientos. Los entregables habituales deberán de estar vinculados con los modelos y entregables BIM (de tal forma que haya una relación biunívoca y trazable entre la información del formato habitual y los modelos generados).

##### **4.1 Entregables habituales**

A continuación, se establecen los mínimos de la documentación BIM que debe ser incluida en estos entregables en formato habitual o que se debe post-procesar con herramientas de software para generar estos entregables en formato habitual.

###### **4.1.1 Memoria y Anejos**

En el índice de documentación del proyecto deberán estar incluidos todos los entregables BIM requeridos.

En cada uno de los anejos a la Memoria deberá estar descrita la vinculación entre dicho anejo y los modelos de información en los que queda contemplada la información, de tal forma que haya una relación biunívoca entre la información de la memoria descriptiva, los cálculos realizados y los modelos generados.

En particular, los elementos constructivos deben estar nombrados de la misma forma en todos los documentos (memoria, anejos, planos, pliego y modelos) con el fin de garantizar una mayor trazabilidad y coherencia en la información generada.

###### **4.1.2 Planos**

Los modelos BIM han de ser el medio que da coherencia a la información contenida en el documento Planos. Para ello, los planos, en su mayoría, deberán provenir del modelo tridimensional de información. Quedarán detallados como parte del Plan de Ejecución BIM todos aquellos elementos que, por razones justificadas de dedicación requerida, no formen parte de los modelos BIM. Estos serán debidamente justificados por el Consultor y aprobados por la AOPJA.

Todos los planos que no provengan de los modelos tridimensionales de información deberán estar identificados debidamente por medio de una señal a pactar con la AOPJA. En el caso

de que el plano tenga información de distinta procedencia, se discriminará dentro del propio plano.

El Consultor deberá suministrar a la AOPJA los modelos nativos de trabajo que incluyan los planos del proyecto debidamente integrados y vinculados, sin menoscabo de la entrega tradicional del paquete de planos en formato CAD y PDF.

El índice de planos del proyecto deberá contener la siguiente información:

- Diferenciación entre planos provenientes de modelos tridimensionales de información, planos no provenientes de los modelos tridimensionales de información y planos con ambas procedencias.
- Modelo tridimensional nativo de información del que procede o al que queda vinculado.
- Código del plano conforme a codificación del PEB.

Para ello se usará una tabla que para cada uno de los planos realizados indique los siguientes valores:

Número de plano/ título / En BIM (x) / A partir de BIM (x) / Sin BIM (x)/Modelo / Código de plano

Plano en BIM: Plano 2 D que se obtiene directamente del modelo BIM sin post-procesar.  
Plano a partir de BIM: Plano 2D que se obtiene tras post-procesar la documentación obtenida del modelo. Plano sin BIM: Plano 2D que no se obtiene del modelo

Los planos de definición geométrica y replanteo de los elementos básicos de la actuación se obtendrán o directamente del modelo o a partir del modelo con post-procesado.

#### **4.1.3 Presupuestos**

En la definición de las unidades de obra (cuadros de precios) quedará reflejado si la unidad está incluida en los modelos tridimensionales de información, y será obligatorio seguir la misma codificación de unidades en todos los documentos (PPTP y presupuesto). Cada objeto o elemento modelado tendrá asignada una unidad presupuestaria de forma directa y unívoca.

Las mediciones extraídas de los modelos tridimensionales de información deberán representar un % del valor del Presupuesto Ejecución Material que sea representativo del mismo, será ofertado por el licitador y formará parte de su oferta. Además, todas las mediciones volumétricas deberán provenir de los modelos tridimensionales de información.

Las mediciones deberán proceder de los modelos tridimensionales de información y deberán estar justificadas de esta forma. Siempre que quede justificado por el Consultor (y aprobado por el cliente) por alcance y plazo requerido, se aceptará que parte de las mediciones puedan proceder de la documentación de detalle no modelado en BIM.

Para todas las mediciones, el Consultor entregará una justificación de las mediciones incluidas en el presupuesto.

Finalmente, el Consultor presentará en su propuesta de PRE- PEB su estrategia de seguimiento y justificación de las mediciones, tanto de las provenientes de los modelos de información como de los planos de detalles.

#### **4.2 Entregables BIM del Proyecto Constructivo**

Será de carácter obligatorio el cumplimiento enumerar dentro del PEB el listado de documentación BIM que debe ser entregada para la consecución del proyecto mediante tabla de hitos indicados en el apartado 2.2. Estos entregables BIM incluirán al menos:

- Plan de Ejecución BIM
- Modelos e información BIM del proyecto constructivo (en formatos nativos y de intercambio abierto).

Los modelos de información en formato abierto constituirán los entregables contractuales, siendo los modelos editables (nativos) entregables adicionales. El modelo de la solución definitiva del proyecto (modelo integrado) es el resultado de la combinación o integración de los diferentes modelos parciales, desarrollado por el coordinador BIM del contrato. Este modelo se utilizará para la verificación de la coherencia de este con los entregables finales (planos y presupuesto principalmente). Se entregará los modelos integrados en formatos compatibles con visores gratuitos de modo que se pueda comprobar la coherencia.

##### **4.2.1 Plan de Ejecución BIM**

En un plazo inferior a los 30 días de la firma del contrato, el Adjudicatario entregará el PEB para aprobación.

##### **4.2.2 Modelos BIM**

Parte de los entregables BIM son los modelos BIM con toda la información generada durante el desarrollo de los trabajos. A la finalización de los trabajos, y coincidiendo con la entrega de los documentos en formato habitual, se entregarán los modelos BIM en formato abierto y en formato nativo con el nivel de información (geométrica, no gráfica y vinculada) de los elementos según el nivel requerido y los requerimientos mínimos incluidos en el presente anexo. Toda la información vinculada generada durante el proceso de producción estará correctamente asociada.

#### **4.3 Entregables BIM de Obra**

A continuación, se describe la documentación BIM que debe ser incluida durante el seguimiento de las obras y la interrelación entre entregables.

##### **4.3.1 Planos de Obra Ejecutada**

Los modelos BIM han de ser el medio que da coherencia a la información contenida en el documento Planos. Para ello, los planos deberán provenir del modelo tridimensional de información. Quedarán detallados como parte del Plan de Ejecución BIM todos aquellos

elementos que, por razones justificadas de plazos y dedicación requeridos, no formen parte de los modelos BIM. Estos serán debidamente justificados por el contratista y aprobados por el cliente.

Todos los planos que no provengan de los modelos tridimensionales de información deberán estar identificados debidamente por medio de una codificación dada. En el caso de que el plano tenga información de distinta procedencia, se discriminará dentro del propio plano

El contratista deberá suministrar al cliente los modelos nativos de trabajo que incluyan los planos del proyecto debidamente integrados y vinculados, sin menos cabo de la entrega tradicional del paquete de planos en formato CAD.

#### **4.3.2 Certificaciones de Obra**

En la definición de las unidades de obra (cuadros de precios) quedará reflejado si la unidad está incluida en los modelos tridimensionales de información, y será obligatorio seguir la misma codificación de unidades en todos los documentos de certificación de obras y para el presupuesto de liquidación.

#### **4.3.3 Cartografía base y geometría resultante**

Además del formato tradicional (CAD), se entregará modelo nativo y modelo exportado a IFC garantizando el traspaso de información en la exportación entre modelo nativo y archivo IFC.

#### **4.3.4 Modelos de infraestructura existentes**

A partir de las nubes de puntos y contrastado con la información CAD o 2d disponible, se realizará el modelado de la infraestructura existentes.

El modelo deberá contener los sets de propiedades definidos por el cliente para los alcances requeridos, siguiendo lo definido en el apartado Niveles de Información no gráfica.

#### **4.3.5 Caracterización geotécnica del corredor y de las estructuras**

Caracterización geotécnica del corredor y de la estructura con los datos de proyecto y los obtenidos durante el Plan de Calidad de la Obra en formato tradicional (doc, Excel, pdf, CAD), se deberá adjuntar el modelo nativo y su exportación a IFC.

#### **4.3.6 Modelos y biblioteca “as built” vinculadas**

Todas las entregas anteriores se deberán organizar e integrar en una entrega con los modelos y biblioteca “as built” de la obra ejecutada incluyendo la vinculación con los planos y la documentación técnica necesaria para el mantenimiento debidamente integrado en el

modelo federado de la biblioteca as built de la actuación construida, sin menos cabo de la entrega tradicional del proyecto constructivo as built en digital y editable.

#### 4.4 Niveles de Desarrollo de los modelos

##### 4.4.1 Niveles de información Geométrica (LOD)

El Nivel de Desarrollo (LOD) para identificar el detalle al que se va a llegar con los elementos que experimenten cambios debido a la realización de la obra de los diferentes modelos estará conforme a los niveles de desarrollo siguientes incluidos en el último estándar reconocido mundialmente publicado por el BIM Forum en diciembre de 2021, conocido como "Level of Development Specifications".

Dentro del Plan de Ejecución BIM se incluirán de forma explícita los elementos que, debido a plazos y dedicación justificados, no estarán incorporados en los modelos BIM. Las propuestas que excedan el nivel de detalle geométrico exigido por el cliente no serán consideradas como valor añadido.

LOD	Definición
LOD 100	En términos conceptuales: representación en tres dimensiones de forma básica y de colores sencillos del objeto que ocupa el espacio, utilizando solo los detalles esenciales necesarios para su identificación.
LOD 200	De forma genérica: modelo genérico con identificación del tipo de objeto y sus componentes principales, además de dimensiones aproximadas
LOD 300	En términos específicos: modelo detallado y preciso de un objeto en particular, diseñado para identificar los materiales, tipos y componentes utilizados en su construcción. Esta representación incluye las dimensiones exactas del objeto y es adecuada para un diseño completo y finalizado.
LOD 350	El Elemento del Modelo se representa gráficamente dentro del Modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas de construcción. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
LOD 400	En el contexto de la fabricación: modelo detallado, preciso y concreto del objeto, creado de acuerdo con los requisitos de construcción específicos. Este modelo asegura que todas las partes y detalles relevantes estén presentes en el modelo, facilitando el proceso de producción y garantizando que se cumplan las especificaciones requeridas para la fabricación exitosa del objeto.
LOD 500	En referencia al "modelo AsBuilt": representación que muestra la forma real y ejecutada de una infraestructura o proyecto, reflejando con precisión cómo ha sido construido en la realidad.

##### 4.4.2 Niveles de Información no gráfica (LOI)

La información no gráfica de los elementos en los modelos seguirá la estructura del set de propiedades establecido por la AOPJA, y estará organizada de manera uniforme y conforme a estándares.

<b>SET DE PROPIEDADES DE AOPJA</b>		
<b>IDENTIFICADOR DEL PARÁMETRO</b>	<b>TIPO CAMPO</b>	<b>VALOR POSIBLE</b>
<b>01_JAND_IDENTIFICACION</b>		
01_01_JAND_PROYECTO	texto	Código de proyecto
01_02_JAND_GUID	texto	Código GUID (IFC) del elemento
01_03_JAND_SCFclass_des_funcion	texto	Descripción del código de Sist. Class SCF-RIH por función del elemento
01_04_JAND_SCFclass_cod_funcion	texto	Numero de código de Sist. Class SCF-RIH por función del elemento
01_05_JAND_DEN_MODELO_DISCIPLINA	texto	Denominación del modelo al que pertenece el elemento
01_06_JAND_DES_MODELO_DISCIPLINA	texto	Descripción del modelo de disciplina según el PEB
01_07_JAND_SUBDISCIPLINA	texto	Denominación de subdisciplina según el PEB
01_08_JAND_TRAMO GEOLOCALIZACION	O texto	Código del tramo o geolocalización del proyecto según PEB
01_09_JAND_SUBDIVISIONES		Código de la subdivisión del modelo al superar los 250 MB
01_0N_JAND_XXXXXXXXXX	texto	Se deberá terminar de configurar y consensuar entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>02_JAND_CANTIDADES</b>		
02_01_JAND_UDMED	ud	Código que fija la ud de medida de esta unidad presupuestaria
02_02_JAND_N°UDPRES	XX,XX ud	Código que fija la medición de la unidad presupuestaria
02_03_JAND_LONGITUD	XX,XX m	Dato geométrico de longitud elemento
02_03_JAND_ALTURA	XX,XX m	Dato geométrico de altura elemento
02_03_JAND_ANCHO	XX,XX m	Dato geométrico de ancho elemento
02_04_JAND_AREA	XX,XX m2	Dato geométrico de área del elemento
02_05_JAND_VOLUMEN	XX,XX m3	Dato geométrico de volumen de elemento
02_0N_JAND_XXXXXXXXXX		Se deberá terminar de configurar y consensuar entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>03_JAND_PROYECTO</b>		

03_01_JAND_FASE	texto	Código de la fase de obra a la que hace referencia el elemento
03_02_JAND_PLANOS	url*	URL a la ubicación en el CDE de los planos
03_03_JAND_PPTP	url*	URL a la ubicación en el CDE del artículo del PPTP
03_04_JAND_CAP_PRESUP	texto	Código del capítulo del presupuesto en el que se encuentra el elemento
03_05_JAND_SUBCAP_PRESUP	texto	Código del subcapítulo del presupuesto en el que se encuentra el elemento
03_06_JAND_UD_PRESUP_i	texto	Código del coste de la unidad presupuestaria del elemento
03_07_JAND_PRECIO_UD_PRESUP_i	número	Precio de ejecución material de la unidad presupuestaria
03_07_JAND_XXXXXXXX		Se deberá terminar de configurar y consensuar entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>04_JAND_OBRA</b>		
04_01_JAND_TAREA	texto	Código de la tarea del plan de obra a la que pertenece el elemento
04_02_JAND_MES_EJECUCION_Nº_i	texto	Mes primero (i)/año de ejecución de dicho elemento
04_02_JAND_MES_EJECUCION_Nº_i+1	texto	Mes segundo (i+1)/año de ejecución de dicho elemento
04_02_JAND_MES_CERTIFICACION_Nº_i	texto	Número de certificación en la que se incluye dicho elemento (i)
04_02_JAND_CERTIFICACION_Nº_i+1	texto	Número de certificación en la que se incluye dicho elemento (i+1 en caso de varias certf.)
04_03_JAND_%_EJECUTADO_ACUMULADO	número	Porcentaje del elemento ejecutado en certificación en última certificación
04_04_JAND_ENSAYOS	url*	Ruta para acceder a los documentos del plan de calidad de la obra
04_05_JAND_FICHA_TECNICA	url*	Ruta o nombre para acceder a la ficha técnica en cuestión o su referencia.
04_06_JAND_ASBUILT_PLANO	url*	Ruta o referencia a planos as built, ruta o nombre del documento
04_07_JAND_ASBUILT_DOC	url*	Ruta o referencia a documento as built, ruta o nombre del documento

04_0N_JAND_XXXXXXX		Deberá ser configurado y consensuado entre los agentes antes de la entrega del PEB por el adjudicatario
<b>SET DE PROPIEDADES DE AOPJA METROS</b>		
<b>IDENTIFICADOR DEL PARÁMETRO</b>	<b>TIPO CAMPO</b>	<b>VALOR POSIBLE</b>
<b>07_AOPJA_EXPLOT_Y_MANTEN</b>		
07_01_CodigoActivo_COD_GMAO	XXXXXXXX	Número de activo único que se asigna en el GMAO (PRISMA3/4) al activo o lote de activos.
07_02_DenominaciónActivo_COD_GMAO	texto	Denominación de activo que se asigna en el GMAO (PRISMA3/4) al activo o lote de activos.
07_03_ClaseEquipo_TIP_GMAO	XX-XXX	Tipo de activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que lo denomina como "Clase de equipo"
07_04_DenominaciónEquipo_ACT	texto	Tipo de activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que lo denomina como "Denominación de equipo"
07_05_MantenedorActivo_MAT_GMAO	XX	Mantenedor que tiene asignado dicho activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que lo denomina "Unidad de negocio".
07_06_Denom.MANTActivo_MAT_GMAO	XX	Denominación del mantenedor e asignado dicho activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que ha incluido este set propiedades

Considerando lo mencionado anteriormente, se establece el nivel de desarrollo requerido para cada disciplina y elemento de la siguiente manera:

<b>Estructura de los proyectos por modelos y disciplinas</b>	<b>Nivel de desarrollo</b>
<b>Fase de proyecto</b>	<b>Fase 1</b>
<b>Estado actual (elementos existentes) - EA</b>	
Topografía	LOD300
Edificios existentes	LOD350
Cimentaciones	LOD350
Estructuras (horizontales y verticales)	LOD350
Aceras	LOD300
Calzada, elementos del vial y señalización	LOD300
Arbolado y jardinería	LOD300
<b>Obras lineales - Trazado de vía - OL</b>	
Movimientos de tierras	LOD300
<b>Reposición de servicios afectados- RS</b>	
Red Eléctrica	LOD300
Red de Agua Potable	LOD300
Red de Saneamiento	LOD300
Red de Riego	LOD300

**ANEXO XXVI. BEP del proyecto**



**BIM EXECUTION PLAN**

Alex Añilema

Pamela Calo

Belén Galán

Luis Jiménez

Mateo Jiménez

Esteban Sango

**Proyecto:**

***Conjunto Habitacional “San Francisco del Norte”***

**Julio 2023**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

BIM EXECUTION PLAN .....	1
REVISIÓN REGISTRADA .....	1
INFORMACIÓN DEL PROYECTO .....	1
CRONOGRAMA DEL PROYECTO .....	2
CONTACTOS CLAVE DEL PROYECTO .....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO .....	4
REQUISITOS DE COMPETENCIA DE USO BIM .....	5
GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SU TRANSFERENCIA .....	7
MEDICIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS (pendiente) .....	8
NORMATIVAS Y ESTÁNDAR POR APLICAR.....	8
MANEJO DE ARCHIVOS .....	9
COMUNICACIONES .....	12
ENTIDADES MÍNIMAS POR CADA TIPO DE MODELO BIM .....	13
NIVEL DE DESARROLLO DE LOS MODELOS .....	14
DESCOMPOSICIÓN DE LOS PAQUETES DE TRABAJO .....	14
ESTRUCTURA DE CARPETAS.....	18



### BIM EXECUTION PLAN

PREPARADO POR:	EMPRESA:	FECHA:
Alex Añilema (AA) Pamela Calo (PC) Belén Galán (BG) Luis Jiménez (LJ) Mateo Jiménez (MJ) Esteban Sango (ES) Pablo Pinto (PP)	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	01/08/2023

### REVISIÓN REGISTRADA

REVISIÓN	FECHA	ENCARGADO	COMENTARIOS
R001	15/09/2023	ES	Se actualizó la información de contacto de BIM Manager
R002	20/11/2023	PP	Revisión
R003	1/07/2023	PC	Actualización de carpetas
R004	16/07/2024	BG	Actualización de fechas
R005	16/7/2024	PP	Revisión

### INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto:	Conjunto Habitacional "San Francisco del Norte"
----------------------	---

1



Promotor:	Pablo Pinto
Dirección del Proyecto / Ubicación:	Sector Carretas, entre la Avenida Panamericana Norte y las calles C. del Hierro y Los Cóndores
Breve descripción del Proyecto:	Conjunto habitacional con un área de construcción de 13.000 m2 que consta de 18 torres residenciales con 18 departamentos cada una.
Tipo de contrato / Método de entrega:	Contrato llave en mano
Compromiso del contratista	

### CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Hito del proyecto	Fecha estimada de inicio	Fecha estimada final
Entrega PEB	5/11/2023	19/11/2023
Entrega modelo Arquitectónico	20/11/2023	19/04/2024
Diseños conceptuales (estructural, hidrosanitario, eléctrico)	20/04/2024	15/06/2024

2



Diseños definitivos (estructural, hidrosanitario, eléctrico)	15/06/2024	26/06/2024
Construcción en Realidad Virtual	23/07/2024	26/07/2024
Entrega de presupuesto y presentación final	15/08/2024	23/08/2024

#### CONTACTOS CLAVE DEL PROYECTO

Rol	Disciplina	Compañía	Nombre	Detalles del contacto
BIM Manager	Gestión de Procesos BIM	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Pablo Pinto (PP)	Tel.: 0987664184 Email: <a href="mailto:pablo.pinto@epn.edu.ec">pablo.pinto@epn.edu.ec</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Estructuras	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Alex Añilema (AA)	Tel.: 0988355016 Email: <a href="mailto:alex.anilema.a@gmail.com">alex.anilema.a@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Hidrosanitario	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Mateo Jiménez (MJ)	Tel.: 0956841244 Email: <a href="mailto:mateo.jimenez@gmail.com">mateo.jimenez@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Climatización	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Luis Jiménez (LJ)	Tel.: 0986987455 Email: <a href="mailto:luis.jimenez@gmail.com">luis.jimenez@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Coordinador BIM	Arquitectura / Costos	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Esteban Sango (ES)	Tel.: 0979289326 Email: <a href="mailto:esteban.sango@epn.edu.ec">esteban.sango@epn.edu.ec</a> Quito - Ecuador

3



Responsable BIM	Arquitectura / Construcción virtual	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Belén Galán (BG)	Tel.: 0984022892 Email: <a href="mailto:belengalan123@gmail.com">belengalan123@gmail.com</a> Quito - Ecuador
Responsable BIM	Arquitectura / Programación de Obra	BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD)	Pamela Calo (PC)	Tel.: 0984455777 Email: <a href="mailto:deysi.calo@epn.edu.ec">deysi.calo@epn.edu.ec</a> Quito - Ecuador

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Realizar una correcta inspección del sitio de implantación de la obra para asegurar que todas las condiciones del terreno se encuentren cargadas en los modelos BIM.
- Utilizar las herramientas de diseño BIM para modelado y construcción virtual que faciliten la comprensión y ejecución del proyecto.
- Crear modelos y planos arquitectónicos
- Crear planos ingenieriles para todas las disciplinas involucradas (estructural, eléctrica, hidrosanitaria).
- Establecer códigos prácticos para el manejo e identificación de elementos de modelado y documentación mejorando la organización y gestión del proyecto.
- Fomentar la colaboración entre arquitectos, ingenieros, constructores y clientes involucrados en el proyecto mediante el uso de herramientas BIM.
- Emplear Navisworks para realizar análisis de colisiones y detectar posibles errores entre las diferentes especialidades antes de la fase de construcción, evitando retrasos o cambios costosos.
- Crear un modelo 3D central que abarque todas las disciplinas (estructural, eléctrica, hidrosanitaria) y que sirva como referencia de todo el equipo de trabajo para implementar sus modelos.

4



- Utilizar BIM 5D para realizar el cálculo de costos detallados y precisas, analizando oportunidades de ahorro y optimización de recursos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- Utilizar herramientas de realidad aumentada como Enscape para supervisar detalladamente el avance de los modelos en tiempo real, asegurando que el proyecto se desarrolle según lo planificado y cumpla con los estándares de calidad establecidos.

#### REQUISITOS DE COMPETENCIA DE USO BIM

Uso BIM	Prioridad (Alta/Media/Baja)	Valor para el proyecto	Prioridad (Alta/Media/Baja)	Responsabilidades pertinentes	Valor para las responsabilidades pertinentes (Alta/Media/Baja)
-Condiciones actuales de modelado	Media	Conocimiento en las herramientas BIM	Alta	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
-Programación de obra -Presupuestos	Alta	Conocimiento de suministros de construcción y entendimiento del manejo de software especializado	Alta	PC/ES	Alta
-Análisis en el sitio de la obra	Media	Entendimiento de las normas del mercado inmobiliario y locales	Alta	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta

5



-Diseño arquitectónico	Alta	Herramientas de modelado	Alta	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
-Análisis estructural -Análisis hidrosanitario -Análisis energético	Alta	Herramientas de diseño y modelado	Alta	AA/LJ/MJ	Alta
-Examinar conflictos posibles	Alta	Conocimiento de software en detección de conflictos	Alta	ES	Alta
-Validación de códigos	Media	Entendimiento de la normativa ISO 19650 y la PAS-1192-2013	Alta	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
-Coordinación 3D	Media	Ser BIM Manager	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
-Diseño del sistema constructivo	Media	Conocimientos en estructuras y arquitectura	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
-Tener el modelo en formato digital	Alta	Ser BIM Manager	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta
-Control de la obra en 3D	Alta	Experiencia en control de calidad y control de obras	Alta	AA/ PC/BG/LJ/MJ/ES	Alta

6



## GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SU TRANSFERENCIA

Uso BIM	Responsables	Software	Versión	Formato del archivo
Condiciones existentes de modelado	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	REVIT	2023	.rvt
Presupuestos	ES	PRIMUS NAVISWORKS	2023	.ifc
Programación de obra	PC	SYNCHRO MS PROJECT	2019 2018	.cyp .xml .ifc
Análisis de sitio	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	N/A		
Diseño arquitectónico	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	REVIT	2023	.rvt
Análisis estructural	AA	ROBOT STRUCTURAL AUTOCAD	2023 2022	.ifc .ifc
Análisis hidrosanitario	MJ	H-CANALES 3.1 AUTOCAD	2021 2021	.ifc .ifc
Clash detection	PC	NAVISWORK	2018	.nvw
Validación de códigos	ES	WORD	2016	.docx
Coordinación 3D	PC	NAVISWORK	2018	.ifc
Fabricación digital	AA/PC/BG/LJ/MJ/ES	REVIT	2023	.rvt
Control de obra 3D	PC	SYNCHRO	2018	.xml .ifc
Análisis Energético	LJ	INSIGHT	2023	.ifc
Construcción Virtual	BG	REVIT	2023	.rvt

7



## MEDICIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS

Project datum	-
Heigh datum	-
Project location	-
Model positioning	-

## NORMATIVAS Y ESTÁNDAR POR APLICAR

Disciplina	Normas por utilizar
Arquitectura	NTE-INEN, NEC-HS-EE: Eficiencia Energética
Estructura	ACI-318-19 / NEC 15
Instalaciones	NEC 11 capítulo 16, Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q, y Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q. (fontanería) NEC-SB-IE: Instalaciones Eléctricas (eléctrico)
Facility Management	ISO 18480-1/BUILDING SMART. DOC 12
BIM Management	ISO 19650
Gestión de Información BIM	ISO 19650-1 / ISO 19650-2

8



## MANEJO DE ARCHIVOS

### *Archivos gráficos.*

Número de proyecto		Nombre de la Empresa		Siglas de proyecto		Tipo de archivo		Disciplina		Número		Descripción
P01	-	BSD	-	SFN	-	M3D	-	ARQ	-	001	-	MODELO CENTRAL

**Ejemplo:** P01-BSD-SFN-M3D-ARQ-001-MODELO CENTRAL.rvt

Tipo de Archivo	Código
MODELO 3D	M3D
MODELO 2D (PLANOS)	M2D
MODELO DE INFORMACIÓN PROPIETARIO	MIP
MODELO FEDERADO	MFD
NUBE DE PUNTOS	NPU
OBJETO BIM	OBM

Disciplina	Código
ARQUITECTURA	ARQ

9



ESTRUCTURAL	EST
HIDROSANITARIO	HID
ELÉCTRICO	ELE
TOPOGRAFÍA	TOP
GEOLOGÍA	GEO
CORDINACIÓN	COR

### *Archivos no gráficos.*

Número de proyecto		Nombre de la Empresa		Siglas de proyecto		Tipo de archivo		Disciplina		Número		Descripción
P01	-	BSD	-	SFN	-	PEB	-	COR	-	001	-	PLAN DE EJECUCIÓN BIM

**Ejemplo:** P01-BSD-SFN-PEB-COR-001-PLAN DE EJECUCIÓN BIM.docx

Tipo de Archivos	Código
REPORTES HTML	HTM
REPORTE	RP
MEMORIAS TÉCNICAS	MT
ACTAS	AC
PRESENTACIÓN	PR

10



<b>HOJA DE CÁLCULO</b>	HCL
<b>PLAN DE EJECUCIÓN BIM</b>	PEB
<b>REQUISITOS DE INFORMACIÓN BIM</b>	EIR

<b>Disciplina</b>	<b>Código</b>
<b>CORDINACIÓN</b>	COR
<b>ARQUITECTURA</b>	ARQ
<b>ESTRUCTURAL</b>	EST
<b>HIDROSANITARIO</b>	HID
<b>ELÉCTRICO</b>	ELE
<b>PLANIFICACIÓN</b>	PLN
<b>COSTOS</b>	COS

11



<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	EFE
<b>VIRTUALIZACIÓN</b>	VIR

**COMUNICACIONES**

Número de proyecto		Nombre de la Empresa		Siglas de proyecto		Tipo de archivo		Disciplina		Número		Descripción / Fecha
P01	-	BSD	-	SFN	-	MEM	-	VIR	-	001	-	15/05/2024

**Ejemplo:** P01- BSD- SFN- MEM- VIR-001-15/05/2024

<b>Tipo de Archivo</b>	<b>Código</b>
<b>MEMORANDO</b>	MEM
<b>OFICIO</b>	OF
<b>COMUNICACIÓN</b>	COM
<b>CIRCULAR</b>	CIR

12



**ENTIDADES MÍNIMAS POR CADA TIPO DE MODELO BIM**

Modelos BIM	Entidades (IfcElement)	Ejes (IfcGrid)	Terreno (IfcSite)	Elementos Civiles (IfcCivilElement)	Elementos Geográficos (IfcGeographicElement)	Cimentaciones (IfcFooting)	Zonas/Espacios (IfcSpaceIfcZone)	Columnas (IfcColumn)	Vigas (IfcBeam)	Losas (IfcSlab)
Modelo Central		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Modelo ARQ		•					•			
Modelo EST		•				•		•	•	•
Modelo HID		•								
Modelo ELE		•								

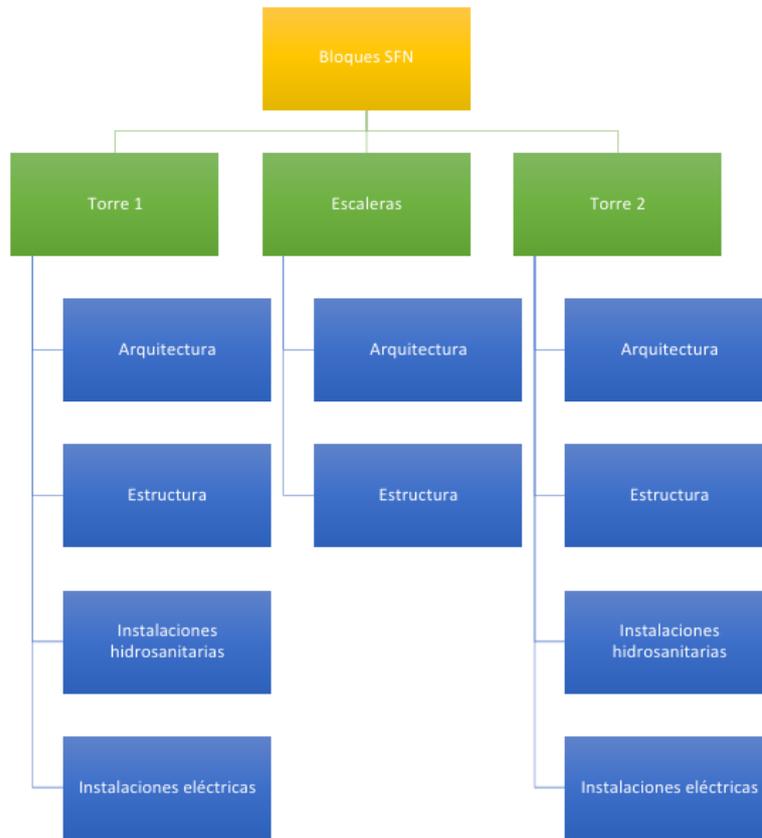
Modelos BIM	Entidades (IfcElement)	Muros (IfcWall)	Ventanas (IfcWindow)	Puertas (IfcDoor)	Cubiertas (IfcRoof)	Cielos Falsos (IfcCovering)	Escaleras (IfcStair)	Equipos e Instalaciones (IfcFlowTerminal)	Muebles (IfcFurniture)	MEP (IfcMEP)
Modelo Central		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Modelo ARQ		•	•	•	•	•		•	•	
Modelo EST							•			
Modelo HID								•		•
Modelo ELE								•		•

## NIVEL DE DESARROLLO DE LOS MODELOS

Estructura de los proyectos por modelos y disciplinas	Nivel de desarrollo
Fase de proyecto	Fase 1
Estado actual (elementos existentes) - EA	
Topografía	LOD300
Edificios existentes	LOD350
Cimentaciones	LOD350
Estructuras (horizontales y verticales)	LOD350
Aceras	LOD300
Calzada, elementos del vial y señalización	LOD300
Arbolado y jardinería	LOD300
Obras lineales - Trazado de vía - OL	
Movimientos de tierras	LOD300
Reposición de servicios afectados- RS	
Red Eléctrica	LOD300
Red de Agua Potable	LOD300
Red de Saneamiento	LOD300
Red de Riego	LOD300

## DESCOMPOSICIÓN DE LOS PAQUETES DE TRABAJO

Para organizar la estructura del proyecto se utilizará un EDT (Estructura de Descomposición de los Paquetes de Trabajo) con la finalidad de organizar y definir el alcance total del proyecto, su forma jerárquica facilitará la identificación de los elementos y especialidades. Servirá como base para la planificación de los modelos.



16



Arquitectura	Código
ALBALIÑERÍA	ALB
ACABADOS	ACB
CARPINTERÍA	CRP
MOBILIARIO	MBL

Estructura	Código
CIMENTACIÓN	CIM
COLUMNAS	COL
VIGAS	VIG
LOSA	LOS
MURO	MUR

Instalaciones Hidrosanitarias	Código
AGUA POTABLE FRÍA	APF
AGUA POTABLE CALIENTE	APC
AGUAS SANITARIO	ASS
AGUAS LLUVIA	ALL

Instalaciones Eléctricas	Código
TOMACORRIENTES	FRZ
ILUMINACIÓN	ILU

17



## ESTRUCTURA DE CARPETAS

- ✓ 01.MODELOS 3D
  - ✓ 01.ARQUITECTONICO
    - > 01.MODELO CENTRAL
    - > 02.LOCAL ALEX
    - > 03.LOCAL PAMELA
    - > 04.LOCAL BELEN
    - > 05.LOCAL LUIS
    - > 06.LOCAL MATEO
    - > 07.LOCAL ESTEBAN
  - > 02.ESTRUCTURAL
  - > 03.HIDROSANITARIO
  - > 04.ELECTRICO
  - > 05.OBJETOS BIM
- ✓ 02.DOCUMENTOS TECNICOS
  - > 01.DOCUMENTACION TIC
  - ✓ 02.MEMORIAS Y CALCULOS
    - > 2. ESPECTRO NEC
- ✓ 03.ARCHIVOS CAD
  - > 01.ARQUITECTONICO
  - > 02.ESTRUCTURAL
  - > 03.HIDROSANITARIO
  - > 04.ELECTRICO