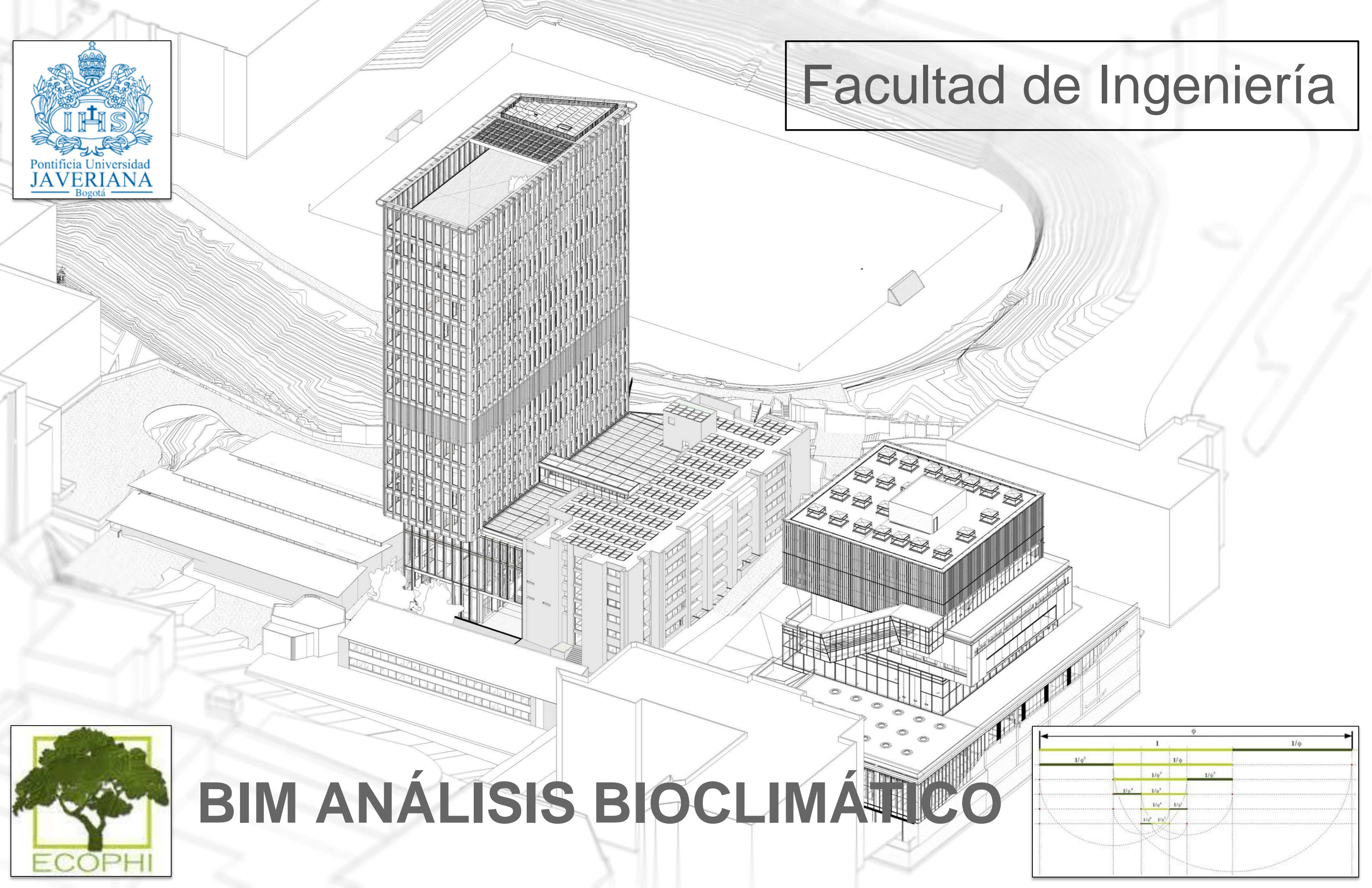
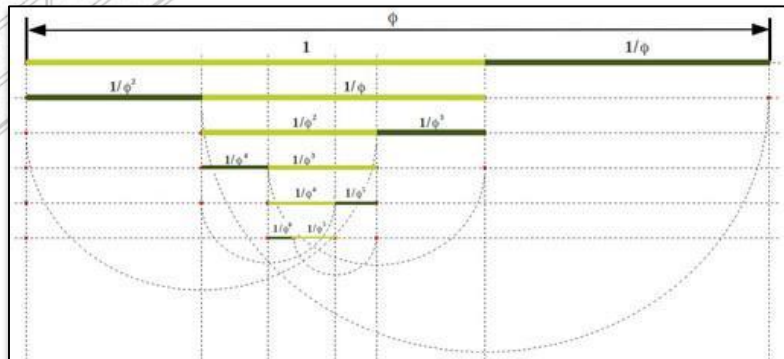




Facultad de Ingeniería



# BIM ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO



# ÍNDICE

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Pre-Diseño: 1.1 Estudio del Clima Local.....	3
Pre-Diseño : 1.2 Potencial de las Estrategias de Energía Renovable y Pasiva.....	6
Pre-Diseño: 1.3 Establecer Metas del Proyecto.....	16
Diseño Conceptual: 2.1 Opciones de Diseño.....	17
Diseño Conceptual: 2.2 Probar y Comparar Opciones de Diseño.....	29
Diseño Conceptual: 2.3 Refinar Diseño y Layout del Edificio.....	32
Desarrollo Diseño: 3.1 Desarrollo de Materiales, Espacios y Sistemas Mecánicos.....	35
Desarrollo Diseño: 3.2 Análisis Detallado de Fachadas e Iluminación.....	39
Desarrollo Diseño: 3.3 Integración de Elementos de Diseño Pasivo.....	80
Diseño detallado y Documentación: 4.1 - 4.5 Documentación Integrada.....	82
Construcción: 5.1 - 5.3 Documentación Integrada.....	86
Referencias de Fotos y Créditos.....	87

# BOGOTÁ, COLOMBIA

El primer paso es entender los requisitos para el proyecto y las condiciones existentes y el contexto de la obra. Durante esta fase ECOPHI estudiará el clima local, entender cómo se utilizará el espacio, alineando las metas con el propietario y el equipo del proyecto, la lectura de los códigos y leyes aplicables, mirando a los proyectos precedentes en busca de inspiración, y el estudio de las condiciones existentes de la obra . Este proceso está cubierto en su mayoría en el Prezi ubicado en el CD adjunto con este documento y se puede ver desde cualquier lugar en línea con la siguiente dirección:

[http://prezi.com/ae5ecgbzew22/?utm\\_campaign=share&utm\\_medium=copy&rc=ex0share](http://prezi.com/ae5ecgbzew22/?utm_campaign=share&utm_medium=copy&rc=ex0share)

## INTRODUCCIÓN:

La ciudad de Bogotá, distrito capital de Colombia, se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca en la latitud: 4,70N, longitud: 74,13O y elevación: 2.573 msnm. Situada en el altiplano Cundiboyacense, la sabana de Bogotá se caracteriza por tener condiciones climáticas que discrepan de las propiedades climáticas de una sabana debido a las frecuentes lluvias durante el año con altas precipitaciones en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre (100 mm en promedio) y una temperatura promedio de 15°C en zona urbana que oscila entre -6°C y 25 °C. Por su extensión urbana aproximada de 35 kilómetros, junto con otros factores, Bogotá posee diferentes comportamientos climáticos en las distintas localidades por las que se encuentra dividida. Factores como el desarrollo espacial indiscriminado (urbano, comercial, rural, etc), libre acceso a recursos naturales y uso inadecuado de los mismos, bajo nivel de cultura de reciclaje, ausencia de protección al medioambiente por parte de instituciones gubernamentales con mecanismos de control, entre otros, conllevan a un deterioro ambiental, a una baja calidad de vida para todos los seres vivos que habitan en ella y a un cambio en las variables meteorológicas del clima que repercuten en el comportamiento térmico, dinámico e hídrico de la ciudad (anexo 9). En Bogotá, cambios térmicos se evidencian en fenómenos como la “Isla de Calor” por motivos de la contaminación del aire (gases invernadero) principalmente por la quema de combustibles fósiles, baja eficiencia de motores del parque automotor de la ciudad y a la mala calidad del combustible. Por Isla de Calor se entiende una temperatura más cálida en las ciudades que en su periferia, no sólo como resultado de los gases invernadero, sino también por la radiación absorbida por las diferentes edificaciones, calles, avenidas, entre otros.



1



2

# BOGOTÁ, COLOMBIA

## PRECIPITACIÓN:

En Bogotá se presentan durante el año dos periodos de lluvias más abundantes y otros dos periodos de lluvias más escasas, conocido popularmente como “invierno” y “verano” respectivamente. El primer periodo de invierno inicia en el mes de marzo y transcurre a lo largo de los meses de abril y mayo; el segundo periodo de invierno, comienza en septiembre y se prolonga en los meses de octubre y noviembre. Los meses de temporada seca son diciembre-enero y en julio-agosto. Los demás meses, son periodos de transición en los que se presentan días alternados de lluvias y tiempo seco. La cantidad de lluvia se define como la altura de la capa de agua con respecto al suelo, siendo el suelo una superficie perfectamente horizontal sin fuga alguna. Esta altura se expresa en milímetros, donde un milímetro de agua equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie.

## HUMEDAD:

La humedad presenta valores medios mayores en los meses de lluvias más abundantes como lo son: abril, mayo, octubre y noviembre; mientras que valores menores se observan en los meses de bajas lluvias o relativamente seca, como lo son: enero, febrero, julio y agosto. En los demás meses la humedad varía considerablemente dado a que son meses de transición donde hay presencia de masas húmedas y secas. Por la ubicación geográfica de Colombia, la humedad no tiene variaciones amplias en sus valores medios por el alto contenido que poseen las zonas tropicales. La humedad relativa anual en Bogotá varía entre el 73% y el 86%.

## VIENTOS:

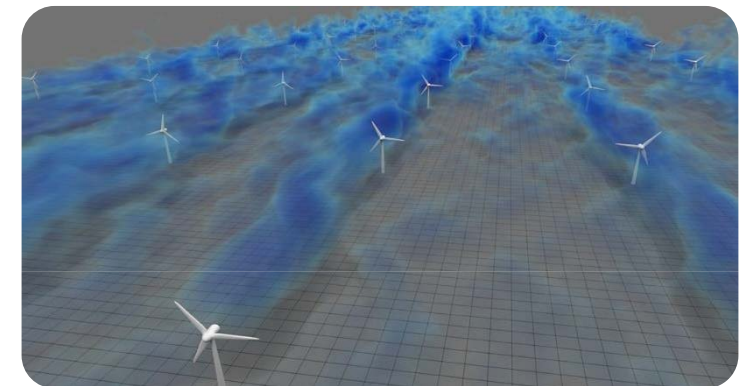
Es el flujo volumétrico no laminar de aire con propiedades fluctuantes por la variabilidad climática de temperaturas, presión atmosférica, geomorfología, topografía, etc. La dirección del viento se determina por la trayectoria media que hace el aire en movimiento y se representa en la Rosa de los Vientos señalando los diferentes puntos cardinales que van desde 4 a 16 puntos cardinales. Colombia, localizada en la zona tropical (entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio), se ve afectada por los vientos Alisios que provienen del Noreste del hemisferio norte y Sureste del hemisferio sur.



3



4



5

# BOGOTÁ, COLOMBIA

## RADIACIÓN:

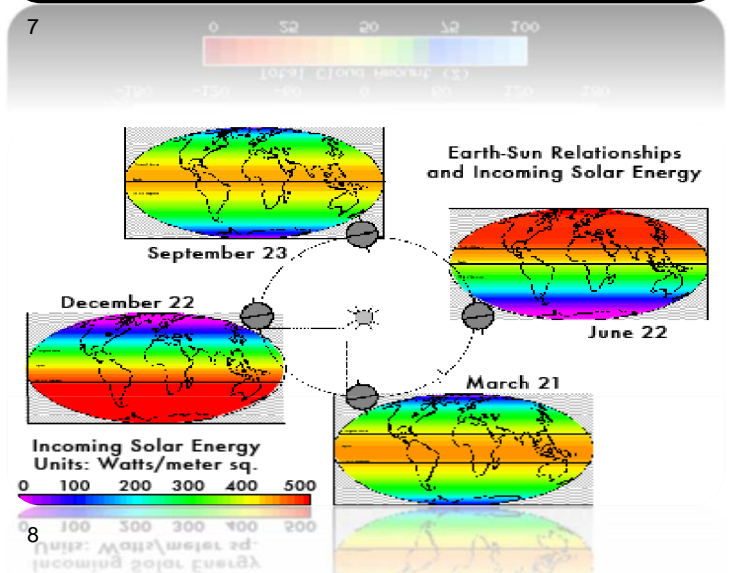
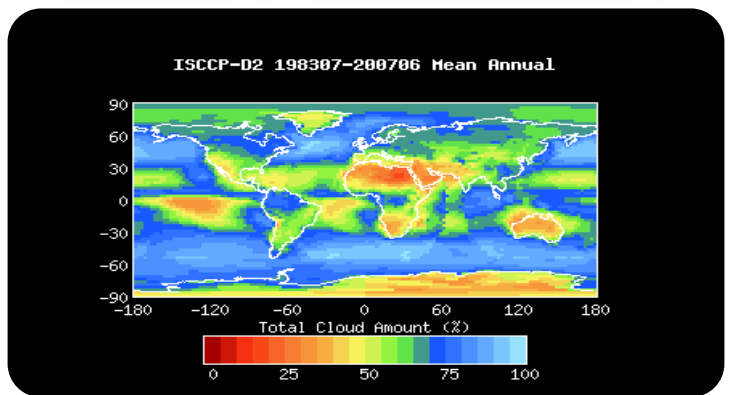
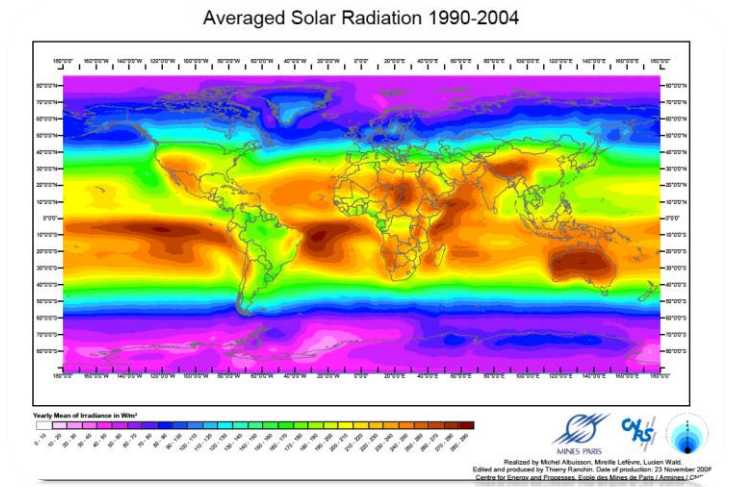
La radiación solar, medida en  $btu/(h \cdot ft^2)$  o  $cal/(h \cdot cm^2)$ , es la energía emitida por el sol a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esta energía determina la dinámica de los procesos atmosféricos y del clima, por lo que es de máxima importancia para la vida sobre la tierra. Los flujos de radiación, absorbidos y reflejados, caracterizan el balance de calor de la tierra, y de cualquier lugar en particular. El conocimiento de la radiación solar es de vital importancia para la ciencia, la industria agrícola y otras actividades de sustentabilidad del ser humano.

## NUBOSIDAD:

La cantidad de cielo cubierto por nubes en un instante de tiempo se mide en octas, que no es más que una división de ocho partes adimensional que aproxima el porcentaje de cielo cubierto. La nubosidad, al igual que los demás factores climáticos, cambia durante el año y con gran frecuencia. Para la realización de este estudio se tomará el factor de nubosidad en la correlación con la precipitación y se despreciará su influencia en el cálculo de la radiación.

## BRILLO SOLAR:

La insolación recibida por unidad de área es uno de los principales factores al determinar la caracterización climática por zonas. Los valores de insolación o brillo solar están correlacionadas de manera inversa con otros factores como la nubosidad y la precipitación de la región de estudio. Para la obtención de los valores de insolación o brillo solar es necesario conocer el diagrama de proyección solar sobre Bogotá. Estos valores son de gran importancia a nivel técnico, científico, biológico y para temas referentes al mejoramiento del hábitat y confort climático. El diagrama de trayectoria solar sobre Bogotá permite conocer la geometría de incidencia solar según hora y fecha para la ciudad, con el fin de optimizar las condiciones locales.



# Potencial de Energía Renovable

ECOPHI comenzará a estudiar el potencial y las limitaciones de las estrategias de diseño bioclimático pasivo para cumplir con los objetivos de confort y diseño general del edificio. ECOPHI evaluará las oportunidades para el uso y la generación de energía renovable, y explorará el papel de los materiales seleccionados en el comportamiento energético del edificio.

Para el estudio de las potenciales fuentes de energía renovable en el edificio de ingeniería de la Universidad Javeriana se consideraron los distintos factores climáticos de mayor impacto sobre la zona geográfica en la que se encuentra.

## PRECIPITACIÓN:

Con la finalidad de aprovechar al máximo el recurso natural de agua lluvia, se identifican las estaciones meteorológicas sobre las que se poseen datos recientes. Se cuenta con red de 24 estaciones ubicadas en las distintas localidades en las que se divide Bogotá para obtener una perspectiva global sobre el comportamiento de la precipitación en la superficie de Bogotá y sus alrededores. Obtenidos los datos mensuales por estación, se dispone a calcular un promedio de precipitación mensual para Bogotá y así poder calcular un resultado aproximado sobre el potencial hídrico a recaudar en el edificio de ingeniería de la universidad Javeriana. A continuación se presentan los datos recaudados con los promedios de precipitación mensual global y precipitación anual por estación. <sup>(1)</sup>

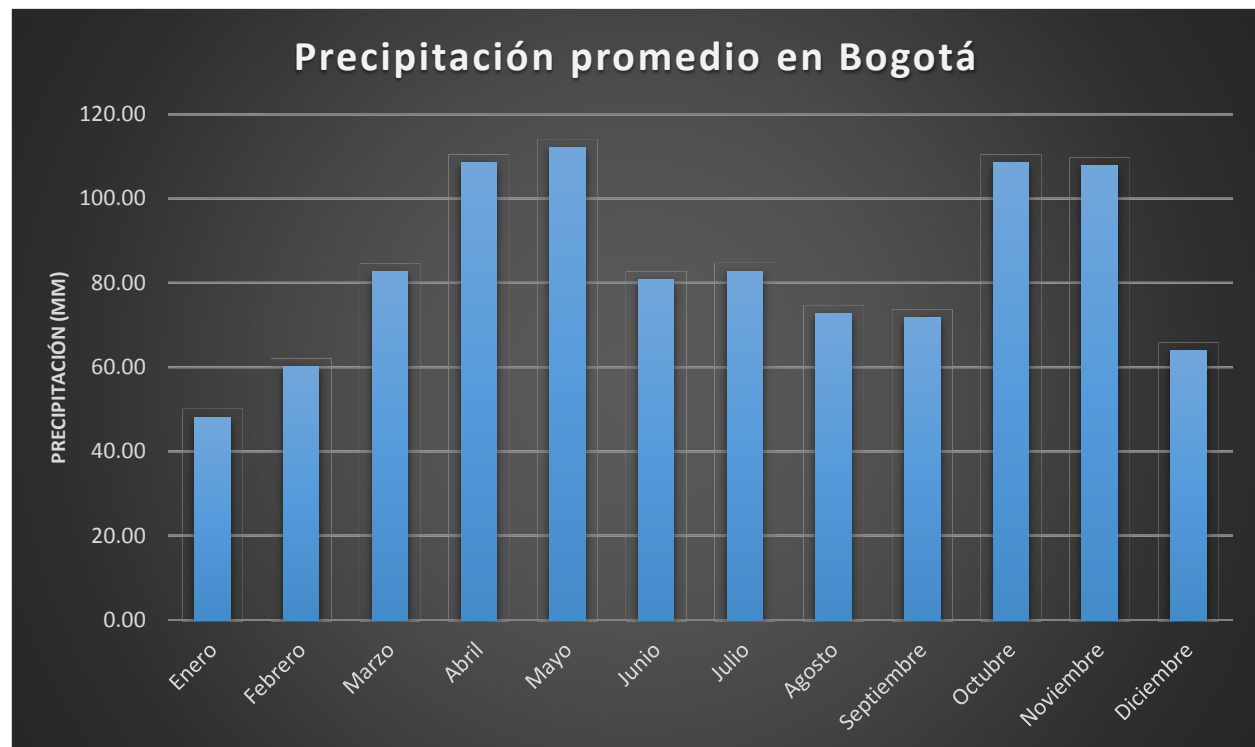
Estación	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Anual
APTO EL DORADO	32	42	66	113	92	55	41	48	73	116	88	52	818
APTO GUAYMARAL	31	52	70	91	87	57	46	46	65	100	85	46	776
BOCA GRANDE SAL	32	57	86	135	183	178	214	169	121	114	103	53	1445
BOSA-BARRENO	20	30	48	69	69	51	33	44	51	78	70	29	592
CERRO DE SUBA	41	66	85	109	100	48	39	47	71	116	106	61	889
CONTADOR	68	82	101	116	98	44	40	38	54	122	114	82	959
EL BOSQUE	37	55	75	117	147	157	173	136	101	111	120	62	1291
EL DELIRIO	59	70	97	97	119	127	168	118	76	107	104	69	1211
EL GRANIZO	71	76	90	114	122	82	78	74	68	119	135	84	1113
EL HATO	19	37	51	82	108	85	80	73	64	79	66	34	778
EL VERJON	51	56	89	98	124	132	155	119	81	113	111	67	1196
GRANJA SAN JORGE	26	38	54	90	96	64	55	55	56	90	89	42	755
JARDÍN BOTÁNICO	43	62	90	119	120	57	45	51	79	112	117	64	959
LA REGADERA	21	38	55	96	136	128	123	108	81	89	76	38	989
S. FRAN. SALITRE	76	71	93	114	128	91	118	90	74	117	116	82	1170
SAN DIEGO	60	74	90	120	105	61	63	58	59	121	128	78	1017
SAN LUIS	74	74	96	118	107	62	60	55	60	118	130	79	1033
SANTA LUCIA	27	40	58	82	84	48	37	43	52	82	73	41	667
TORCA	64	80	113	142	123	84	78	65	101	125	135	86	1196
UNIV. NACIONAL	57	70	93	117	118	53	39	48	74	126	129	76	1000
USAQUÉN S. ANA	73	71	103	119	96	51	45	44	55	111	121	80	969
VENADO DE ORO	65	69	98	126	113	71	84	68	68	119	140	83	1104
VITELMA	59	71	100	112	105	72	89	75	66	111	123	81	1064
<b>Promedio</b>	<b>48.09</b>	<b>60.04</b>	<b>82.65</b>	<b>108.52</b>	<b>112.17</b>	<b>80.78</b>	<b>82.74</b>	<b>72.70</b>	<b>71.74</b>	<b>108.52</b>	<b>107.78</b>	<b>63.87</b>	<b>999.61</b>

Tabla 1. Precipitación Bogotá

1. Recuperado del sitio web de la empresa Virgilio blanco el 10 de Abril del 2015: <http://www.empresavirgiliobarco.gov.co/concurso/Documents/ANEXO%209%20Estudio%20de%20Caracterizaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>

# Potencial de Energía Renovable

La siguiente gráfica se basa en el promedio global mensual de la red meteorológica con el fin de evidenciar el comportamiento de la precipitación en la superficie de Bogotá. De la gráfica, se corrobora que los meses de mayor precipitación son abril, mayo, octubre y noviembre. Una vez calculado el promedio mensual de la precipitación y conociendo su comportamiento mes a mes, es posible realizar el cálculo del recaudo de agua lluvia en el edificio de ingeniería. El primer parámetro a calcular es el potencial anual de agua ha ser recolectada, con el objetivo de reducir el consumo de agua por la red de acueducto; el segundo, es definir de manera adecuada la capacidad de los tanques de almacenamiento de agua para que así se pueda recolectar efectivamente el volumen de agua de los meses críticos de lluvias abundantes.

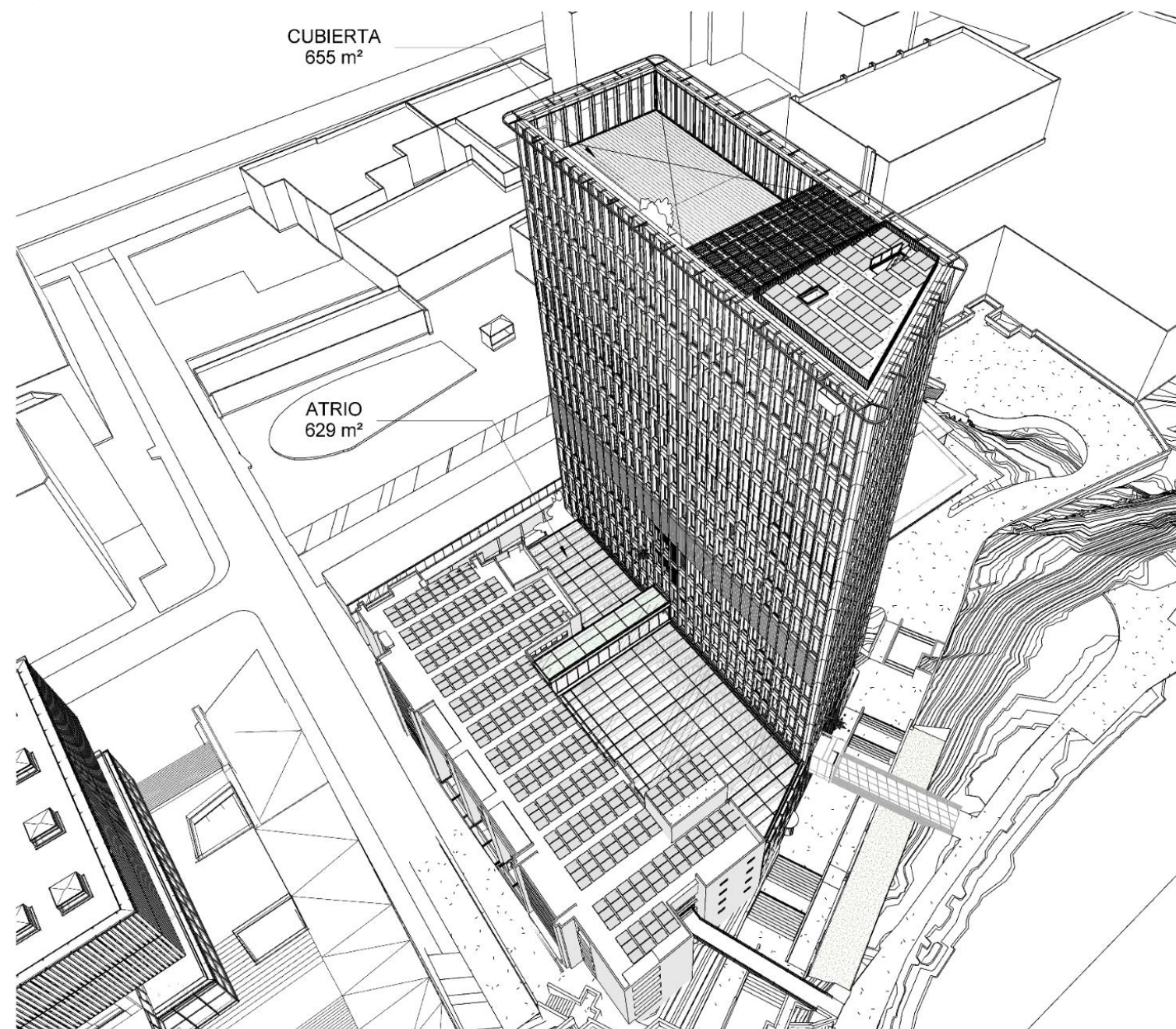


Gráfica 1. Precipitación promedio en Bogotá

Las áreas ideales para la recolección de agua lluvia en el edificio de Ingeniería son el atrio y la cubierta del edificio. Los criterios de elección se basan en su área exposición al exterior y su posición horizontal, incluyendo la ventaja del atrio al recolectar parte del agua que caerá por la pared de la fachada sur anexa al atrio. A continuación se presenta el área, en metros cuadrados, del atrio y la cubierta del edificio.

<b>Atrio</b>	<b>área en m<sup>2</sup></b>
	629
<b>Cubierta</b>	<b>área en m<sup>2</sup></b>
	655

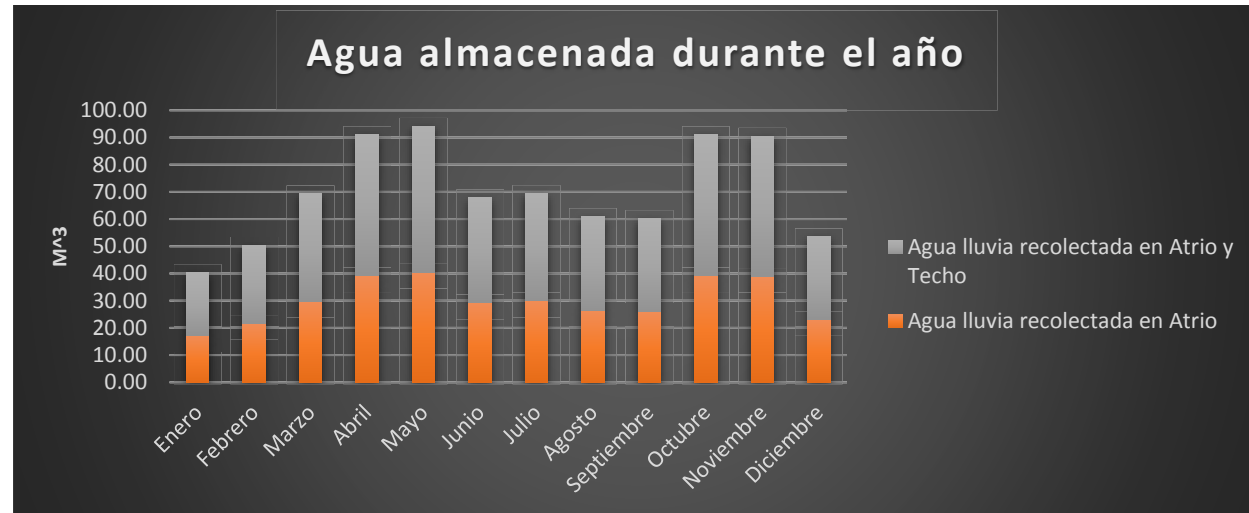
Tabla 2. Área de atrio y techo.



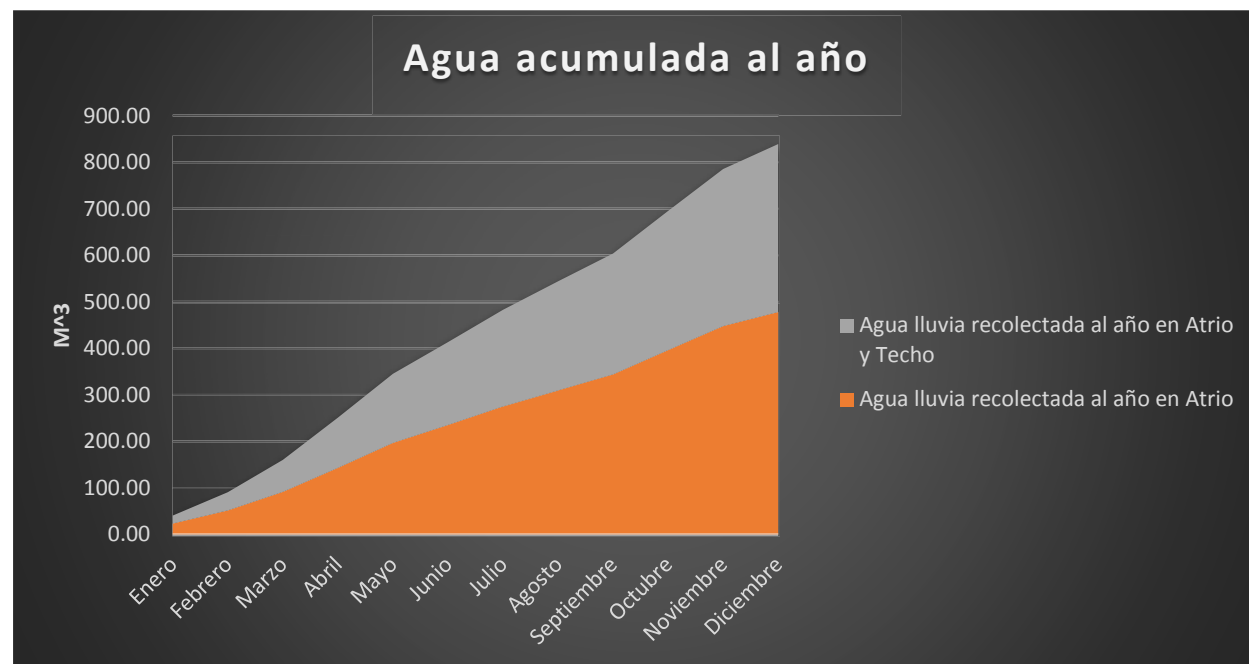
# Potencial de Energía Renovable

Con base a la precipitación y a las áreas propuestas, se grafica a continuación el volumen en metros cúbicos de agua almacenada mes a mes durante el año.

El agua total recolectada al año en la cubierta es de 478.07 m<sup>3</sup> y en Atrio es de 361.36 m<sup>3</sup>, que son el equivalente a 478,075 L y 361,360 L de agua. El volumen de agua recolectada al año se presenta a continuación.



Gráfica 2. Recolección potencial de agua



Gráfica 3. Acumulación potencial de agua

La totalidad de agua recolectada en Cubierta y Atrio equivale a 839,000 L o 95,000 gal de agua. Con base a la anterior cifra y al estudio de las gráficas hechas, cabe resaltar que el potencial de agua lluvia a recolectar para usos internos del edificio es notoria. Comparando esta capacidad de almacenamiento con carro tanques de 4,600 gal, da un equivalente a 20 carro tanques al año.



9

# Potencial de Energía Renovable

## HUMEDAD:

Otro tipo de fuente potencial de energía renovable es la humedad, cuyos beneficios pueden ser implementados en la sostenibilidad o proliferación de la vegetación interna del edificio, refrigeración natural o refrigeración acondicionada, control óptimo del índice de confort en áreas generales o específicas dentro del edificio.

La humedad es entendida como la cantidad de vapor de agua en el aire, puede expresarse como humedad absoluta, humedad específica o humedad relativa según los requerimientos del estudio a realizar. La humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua por unidad de volumen de aire ambiente  $\left(\frac{g}{m^3}\right)$ ; la humedad relativa es la relación entre la cantidad de agua contenida y la máxima cantidad de agua que podría contenerse en el aire, en otras palabras, es una medición de saturación de agua en el aire y se expresa en términos adimensionales (%).

La humedad presente en Bogotá se debe a varios factores como su ubicación geográfica y la cantidad de humedad transportada por el aire de la zona tropical y fuentes hídricas como embalses, lagunas o humedales ubicados dentro y fuera de la ciudad. Por los factores descritos previamente, Bogotá posee una humedad relativa con variaciones no muy fuertes que oscilan entre 74% y 86%. En la tabla 4 se muestran aquellas fuentes hídricas cercanas a la ubicación de la Universidad Javeriana y ubicadas aproximadamente a la misma altura sobre el nivel del mar.

### Humedales<sup>2</sup>

Tipo de humedales	Origen	Posición Orográfica	Aspectos Morfológicos	Altura Sobre Nivel Del Mar	Ámbito Político Particular
Humedales de planicie	Fluviolacustre	Sabana	Espejo único múltiple, áreas inundables morfométricamente no uniformes	Por debajo de los 2700msnm	Localidades de Tunjuelito, Kennedy, Engativá, Fontibón, Bosa, Teusaquillo, Barrios Unidos, Suba y Usaquén
	Construido	Sabana	Espejo único, litoral definido	Por debajo de los 2700msnm	Teusaquillo y Usaquén

Tabla 3. Tipos de humedales para Bogotá

Con las fuentes hídricas mostradas en la anterior tabla, es claro que la humedad es un factor importante sobre el clima de Bogotá. Teusaquillo y Usaquén son localidades cuya cercanía influye directamente sobre la localidad de Chapinero, ubicación del nuevo edificio de ingeniería de la Universidad Javeriana.

A continuación se presentan los datos recaudados con los promedios de humedad relativa mensual global y humedad relativa anual por estación.<sup>3</sup>

2. Recuperado del sitio web de la empresa Virgilio blanco el 15 de Abril del 2015: <http://www.empresavirgiliobarco.gov.co/concurso/Documents/ANEXO%209%20Estudio%20de%20Caracterizaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>

3. Recuperado del sitio web de SIAC el 15 de Abril del 2015: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=660&conID=723>

# Potencial de Energía Renovable

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
APTO. EL DORADO	79	80	81	82	81	79	77	77	79	82	83	81	<b>80</b>
APTO. GUAYMARAL	72	73	74	77	76	75	74	74	74	76	76	74	<b>74</b>
ESC. COL. DE ING.	80	79	80	81	82	81	81	80	80	80	81	81	<b>80</b>
GJA. SAN JORGE	81	81	82	84	83	82	82	82	82	83	84	82	<b>82</b>
HAD. LAS VEGAS	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	85	<b>85</b>
JARDÍN BOTÁNICO	82	83	84	84	84	83	81	81	81	85	85	84	<b>83</b>
OBS. METE. NAL	75	76	77	78	77	74	73	73	75	76	78	76	<b>76</b>
UNIV. NACIONAL	75	76	77	78	77	74	73	73	75	76	78	76	<b>76</b>
VENADO DE ORO	77	78	79	81	82	81	81	80	79	81	83	80	<b>80</b>
VITELMA	75	77	78	80	80	80	81	79	77	79	82	79	<b>79</b>
REGADERA	80	81	86	90	93	92	92	92	90	89	90	88	<b>86</b>
PROMEDIO GLOBAL	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>81</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>81</b>	<b>80</b>

Tabla 4. Humedad relativa en Bogotá

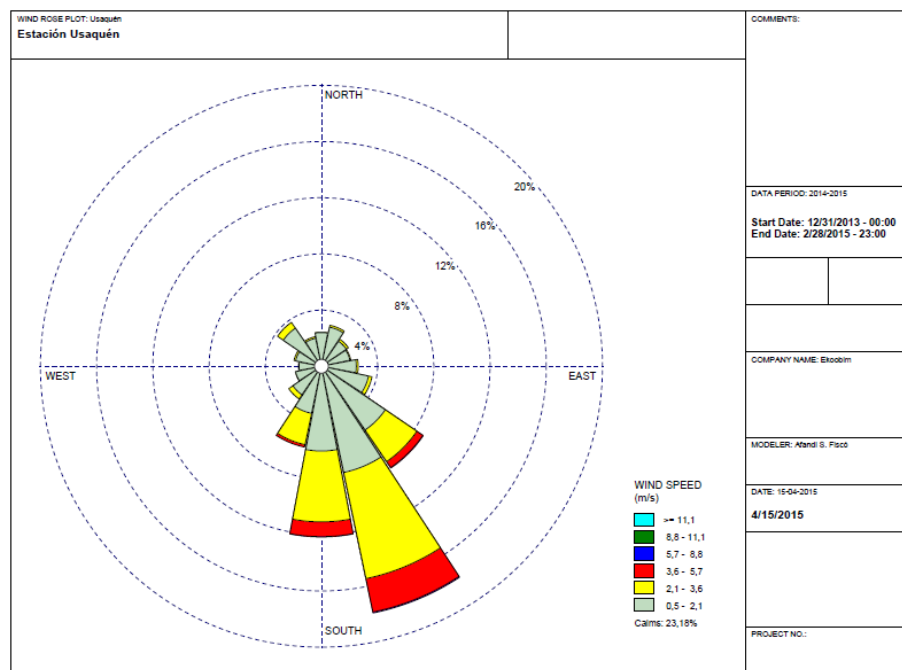
De la anterior tabla se obtuvo un promedio global anual de la humedad relativa (80%) al tener en cuenta las distintas estaciones meteorológicas en el transcurso del año. Una humedad relativa del 80% es indicada para diseñar un ecosistema propicio para el crecimiento y sostenibilidad de la vegetación interna de la estructura. Diseñando un espacio específico con concentración de calor, bajo movimiento del aire y con una humedad alta favorece la presencia de vegetación exuberante. Un control de la humedad, junto con el control de temperatura y velocidad del aire, permite un mantenimiento autosostenible de azoteas verdes, terrazas ajardinadas o jardines verticales conocidos en arquitectura bioclimática como “Green Walls”.

# Potencial de Energía Renovable

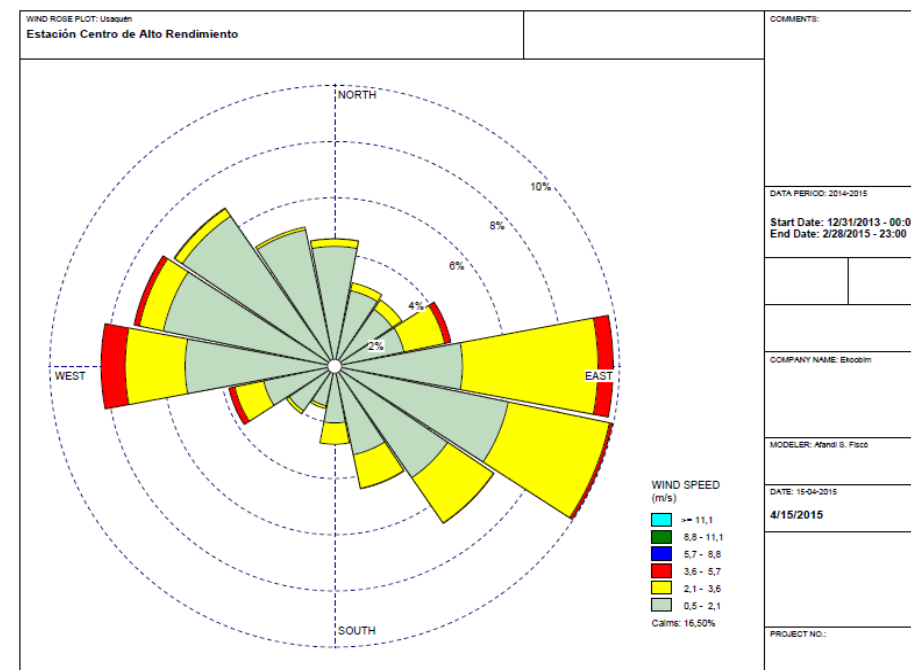
## VENTILACIÓN NATURAL:

El enfoque específico y el diseño de sistemas de ventilación natural cambian con base al tipo de edificio y al clima local. Sin embargo, la cantidad de ventilación depende críticamente en el diseño riguroso de espacios internos y en el tamaño y ubicación de las entradas de aire del edificio. Maximizar la ventilación por inducción del viento al edificio al aproximar la dirección del viento según su comportamiento durante las estaciones climáticas basadas en la ubicación geográfica del edificio. Este comportamiento se representa en el diagrama “rosa de vientos”, con datos obtenidos por estaciones meteorológicas ubicadas en la ciudad de Bogotá. La Rosa de Vientos se obtuvo a partir del software Vasari y los datos obtenidos por la estación meteorológica más cercana a la ubicación del nuevo edificio de ingeniería de la Universidad Javeriana.

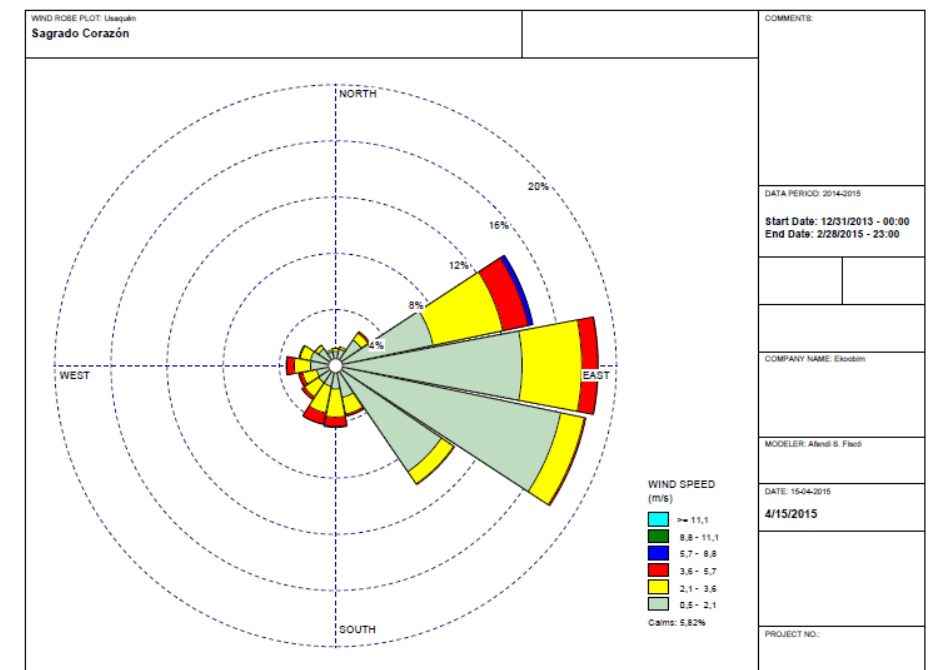
El viento es un recurso natural que abunda en la superficie terrestre, cuya velocidad y volumen varía con la geografía, topografía, temperatura y el cambio de presión debido a la elevación con respecto al nivel del mar. La frecuencia, dirección y velocidad del viento se plasman en el diagrama de la rosa de los vientos; dichos diagramas se compararon entre las distintas estaciones meteorológicas de Bogotá y se ubicaron cerca a la localización geográfica del nuevo edificio de ingeniería de la Universidad Javeriana. Las estaciones más cercanas encontradas en la Red Meteorológica SISAIRE – CAR son: Sagrado Corazón, ubicada en la latitud °4'37"31.0 Norte longitud °74'4"0.0 Oeste y elevación 2600 msnm (localidad Santa fé); Usaquén, ubicada en la latitud °4'42"37.0 Norte longitud °74'1"49.0 Oeste y elevación 2573 msnm (localidad Usaquén); Centro de Alto Rendimiento (I.D.R.D), ubicada en la latitud °4'39"30.0 Norte longitud °74'5"2.0 Oeste y elevación 2577 msnm (localidad Teusaquillo). Los siguientes diagramas presentan la información de año 2014 y los primeros dos meses del 2015.<sup>4</sup>



Gráfica 4. Rosa de los vientos estación Usaquén



Gráfica 5. Rosa de los vientos estación Centro de Alto Rendimiento



Gráfica 6. Rosa de los vientos estación Sagrado Corazón

4. Recuperado del sitio web de la secretaria distrital de ambiente de Bogotá el 15 de Abril del 2015: <http://ambientebogota.gov.co/estaciones-rmcab>

# Potencial de Energía Renovable

Obtenidos los datos del viento se calculó un promedio anual para el diagrama de rosa de vientos para el edificio de la Universidad Javeriana. En la siguiente gráfica se puede ver que los vientos provienen del sureste con una alta frecuencia anual en esta dirección; además, la velocidad del viento promedio está alrededor de 4 y 5  $m/s$ . La anterior información es de vital importancia para el diseño de la ventilación natural del edificio, dado que se necesita la velocidad y dirección del viento al ingresar al edificio y así poder calcular el flujo de aire dentro de la estructura (puntos de extracción de aire caliente, diseño de rejillas, apertura variable de sistemas de rejillas, entre otros).

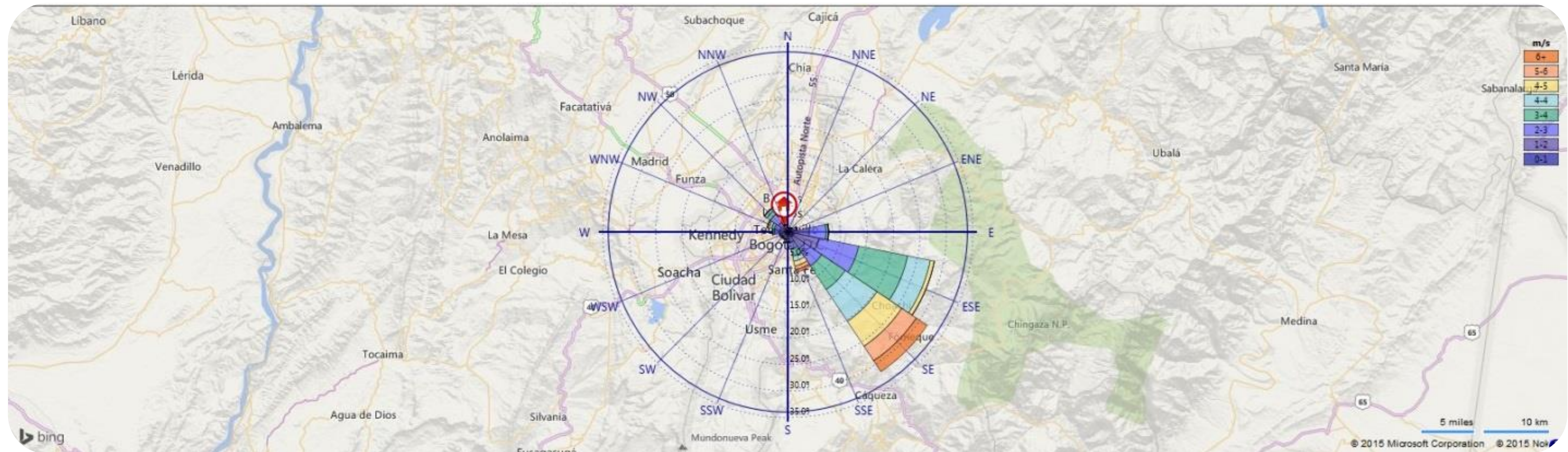


Imagen 1. Rosa de los vientos Universidad Javeriana

# Potencial de Energía Renovable

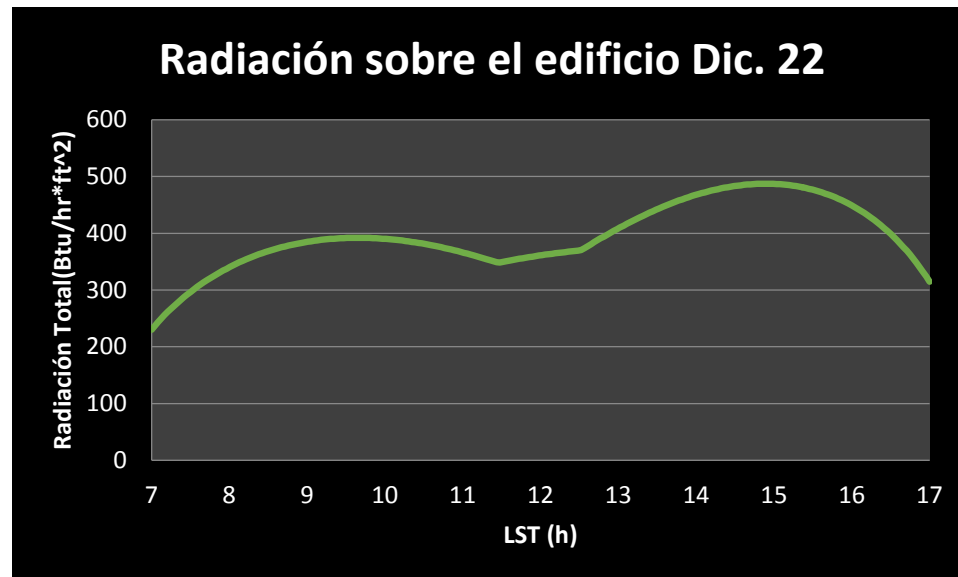
## Radiación:

La cantidad de energía solar que recibe la tierra a través de radiación es posible calcularla al tener en cuenta la distancia que recorren los rayos del sol hasta la tierra. La constante solar  $E_{sc}$  es definida como la intensidad de la radiación solar sobre la superficie terrestre (sobre la atmósfera) normal a los rayos del sol. El valor aproximado para esta constante es de  $E_{sc} = 1367 W/m^2$  o  $433.33 Btu/ft^2$ , valor adoptado por el centro de radiación mundial o *World Radiation Center (WRC)* y es aceptado globalmente como el valor estándar para la constante solar.

La radiación solar incidente en la atmósfera exterior de la tierra es conocida como radiación extraterrestre y varía respecto a la constante de radiación solar por el cambio de distancia entre el sol y la tierra debido a su trayecto elíptico alrededor del sol; además, la radiación emitida por el sol no es constante y varía por periodos. El flujo de radiación extraterrestre ( $E_0$ ) alcanza su máximo valor en el mes de enero ( $1412 W/m^2$ ) por su cercanía al sol y su valor mínimo ( $1322 W/m^2$ ) en julio. La radiación solar extraterrestre se puede aproximar de la siguiente manera:

$$E_0 = E_{sc} \left\{ 1 + 0,033 \cos \left[ 360^\circ \frac{(n - 3)}{365} \right] \right\}$$

Donde n es el número del día del año y se consideran, para efectos de diseño, los días relacionados a marzo 21, junio 21, septiembre 23 y diciembre 22. A continuación se grafica la carga energética de radiación sobre el edificio para el día diciembre 22 en los horarios de 7 A.M a 5 P.M y sobre todas sus fachadas.

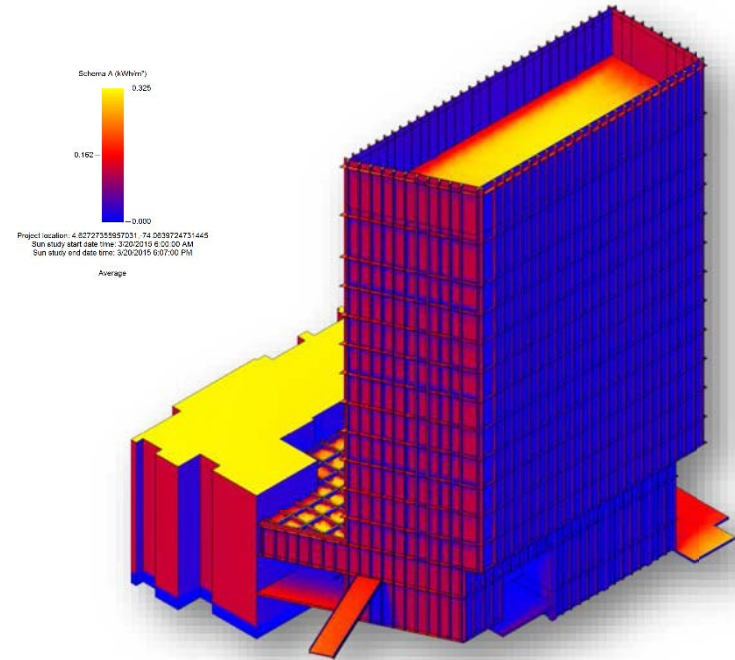


Gráfica 7. Radiación incidente en el nuevo edificio

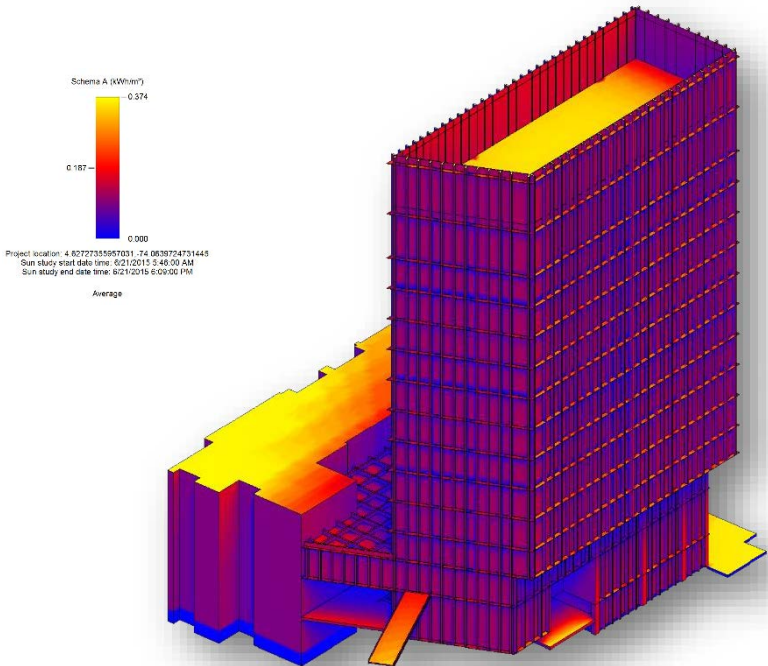
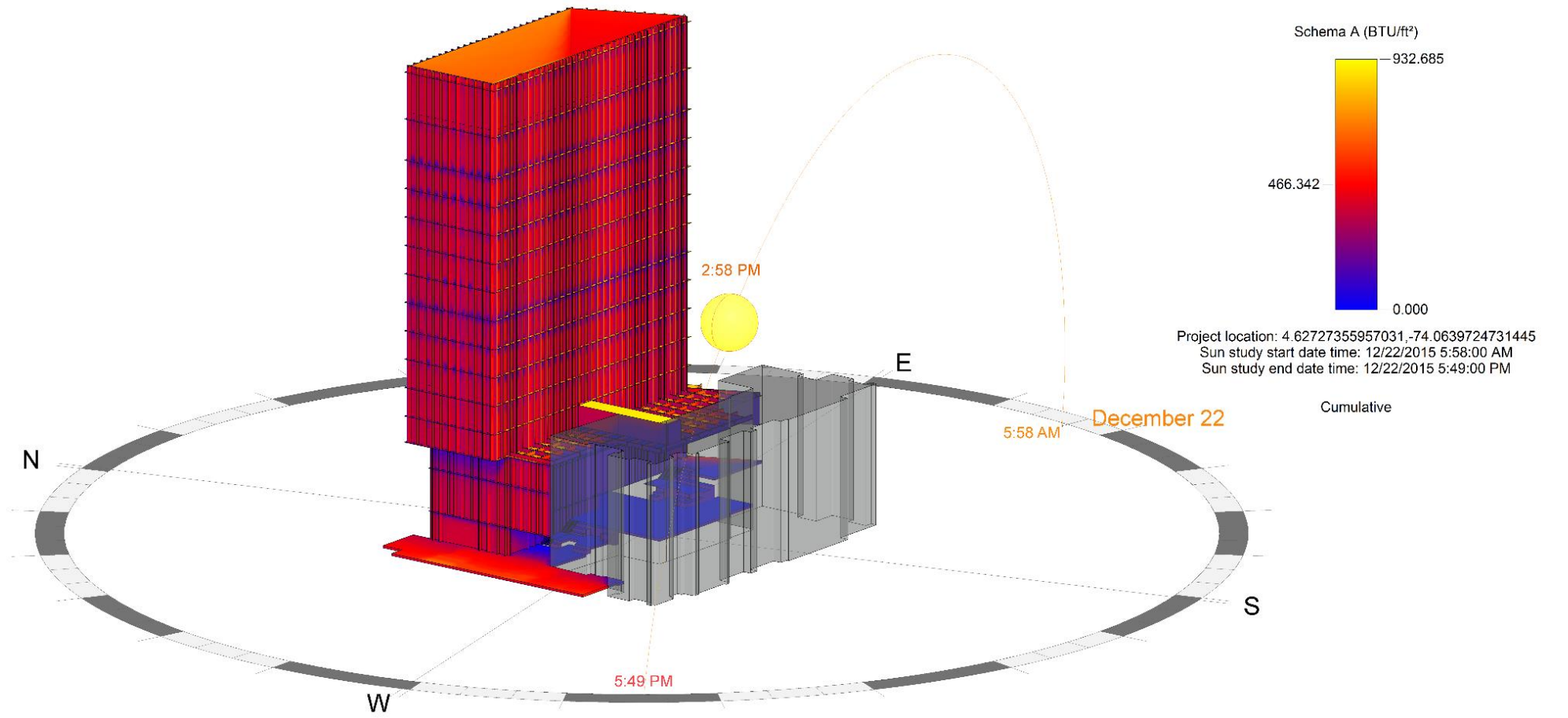
De la gráfica anterior se resalta la carga del edificio en la hora pico (3 P.M) con un valor de  $487 Btu/(h \cdot ft^2)$

# Potencial de Energía Renovable

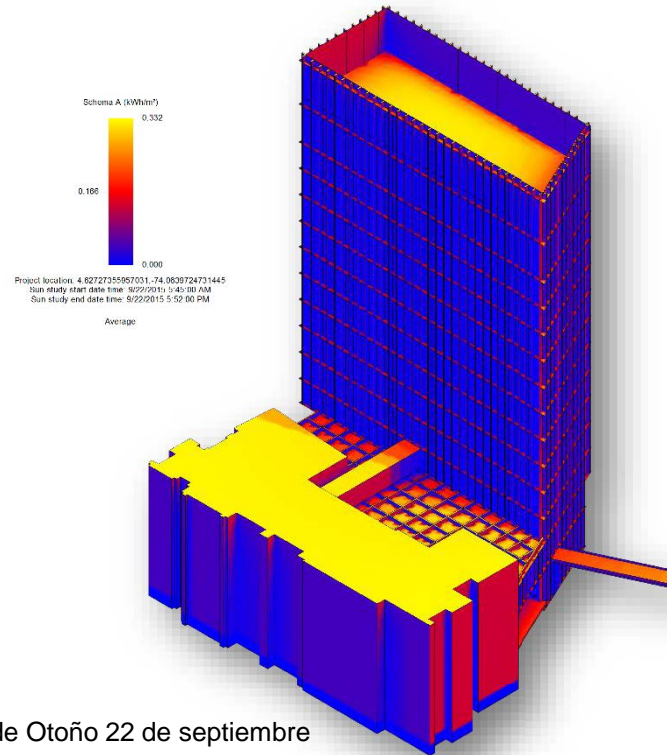
Radiación:



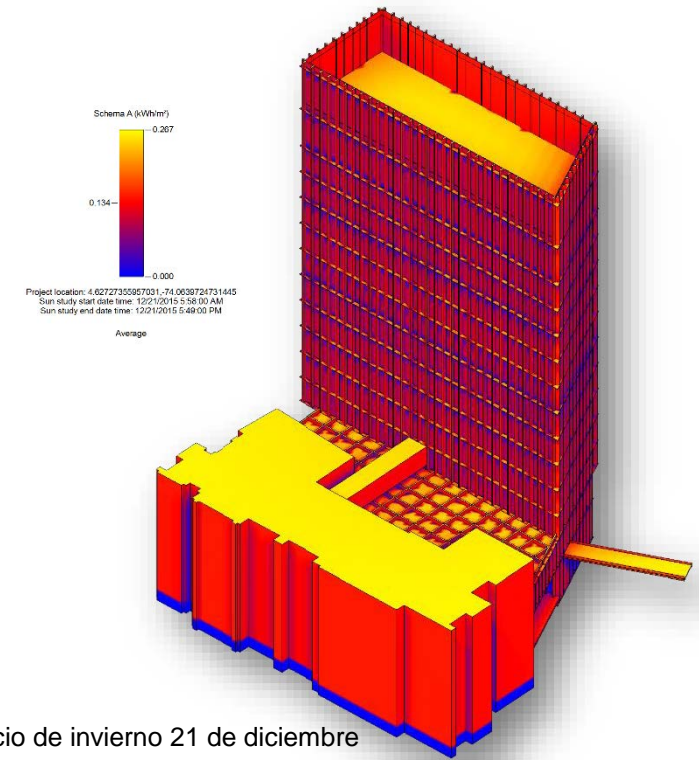
Equinoccio Primavera 21 de Marzo



Solsticio de Verano 21 de junio



Equinoccio de Otoño 22 de septiembre



Solsticio de invierno 21 de diciembre

## Pre-Diseño : 1.2 Potencial de las Estrategias de Energía Renovable y Pasiva



# Potencial de Energía Renovable

Nubosidad:

El efecto de la nubosidad es tomado en este estudio para el efecto relacionado a la medición de la radiación sobre el edificio. Este factor de nubosidad afecta el modelo de radiación por su efecto directo en el cálculo de la radiación difusa que llega al edificio. Por ello, se estima un factor de nubosidad que influye en el modelo para el mes de estudio. A continuación se muestra la descripción de la nubosidad según el número de octas.<sup>5</sup>











Num.	Símbolo	Descripción
0		Despejado sin nubes
1		1/8 del cielo cubierto- ligeramente nublado
2		2/8 del cielo cubierto-ligeramente nublado
3		3/8 del cielo cubierto-ligeramente nublado
4		4/8 del cielo cubierto-parcialmente nublado
5		5/8 del cielo cubierto-mayormente nublado
6		6/8 del cielo cubierto-mayormente nublado
7		7/8 del cielo cubierto-mayormente nublado
8		Cielo completamente cubierto
9		No se puede observar el cielo

Tabla 5. Nubosidad en Octas

Para estimar la influencia de las nubes sobre el modelo de radiación se tomaron los datos de nubosidad para la ciudad de Bogotá para los distintos meses. La siguiente tabla posee los datos para la estación meteorológica del aeropuerto internacional El Dorado.

Cobertura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Despejado (%)	4	2	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Ligeramente despejado (%)	31	29	25	17	18	15	18	22	24	15	25	24
Parcialmente despejado (%)	32	32	29	29	30	31	32	29	33	30	28	33
Mayormente nublado (%)	13	17	16	18	18	17	21	18	14	18	17	16
Nublado (%)	20	20	28	35	34	37	29	30	29	36	29	26

Tabla 6. Probabilidad de nubosidad en Bogotá

De la anterior tabla se destacan los meses de abril (35%), mayo (34%), junio (37%) y octubre (36%) por su mayor probabilidad de cielo nublado. Los anteriores meses mencionados están correlacionados con los meses de mayor precipitación sobre la ciudad de Bogotá.

5. Recuperado del sitio web de la empresa Virgilio blanco el 15 de Abril del 2015: <http://www.empresavirgiliobarco.gov.co/concurso/Documents/ANEXO%209%20Estudio%20de%20Caracterizaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>

# Objetivos del Proyecto

También es importante establecer objetivos para la sostenibilidad, como el logro de la energía neta cero o certificando el edificio a través de un programa como LEED. ECOPHI desarrollará y revisará esos objetivos cuantitativos y cualitativos a través de todas las fases. ECOPHI ayudará a organizar los esfuerzos del equipo y validar el diseño.

Es importante establecer objetivos para el proyecto y hacer un modelo de análisis de BIM es decir un punto de salida para tener una base para determinar la eficacia de las decisiones de diseño para la duración del proyecto y para asegurarse de que se siguen. Hay diferentes opciones de sistemas de construcción, Calificación y Certificación Verde para elegir y aquí están algunos ejemplos.

- Energy Star Rating System
- Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)
- Green Globes
- Living Building Challenge (LBC)
- BEAM
- Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)
- CASBEE
- Green Mark
- Green Star SA
- Pearl Rating System for Estidama

El equipo de diseño determina que el proyecto no leerá detenidamente ninguna de las certificaciones o seguirá normas de construcción para lograr los objetivos energéticos. No es necesario seguir una pauta para tener un gran edificio sostenible, pero es útil si sus necesidades del equipo de diseño ayudan a lograr un nivel de comprensión de lo que el proyecto tiene que lograr. Con esto en mente ECOPHI se ha propuesto reducir el consumo de energía de los edificios en un 25% desde el promedio edificio de laboratorio de universidad basado en el mismo tipo y tamaño del edificio. Es la meta de ECOPHI esforzarse siempre para diseñar y construir los mejores proyectos posibles en el mercado hoy en día tomando decisiones conscientes que hacen un gran impacto en el consumo total del edificio durante la construcción y durante la operación en el transcurso de la vida útil de los edificios.

# Opciones de Diseño - Análisis Bioclimático Fachada

Los primeros diseños de ECOPHI explorarán la construcción y las opciones de diseño de sistemas alternativos. En esta etapa cuando la geometría del edificio aún está en evolución, es importante aprovechar la disponibilidad del sol y el viento en el sitio para las estrategias de diseño pasivo.

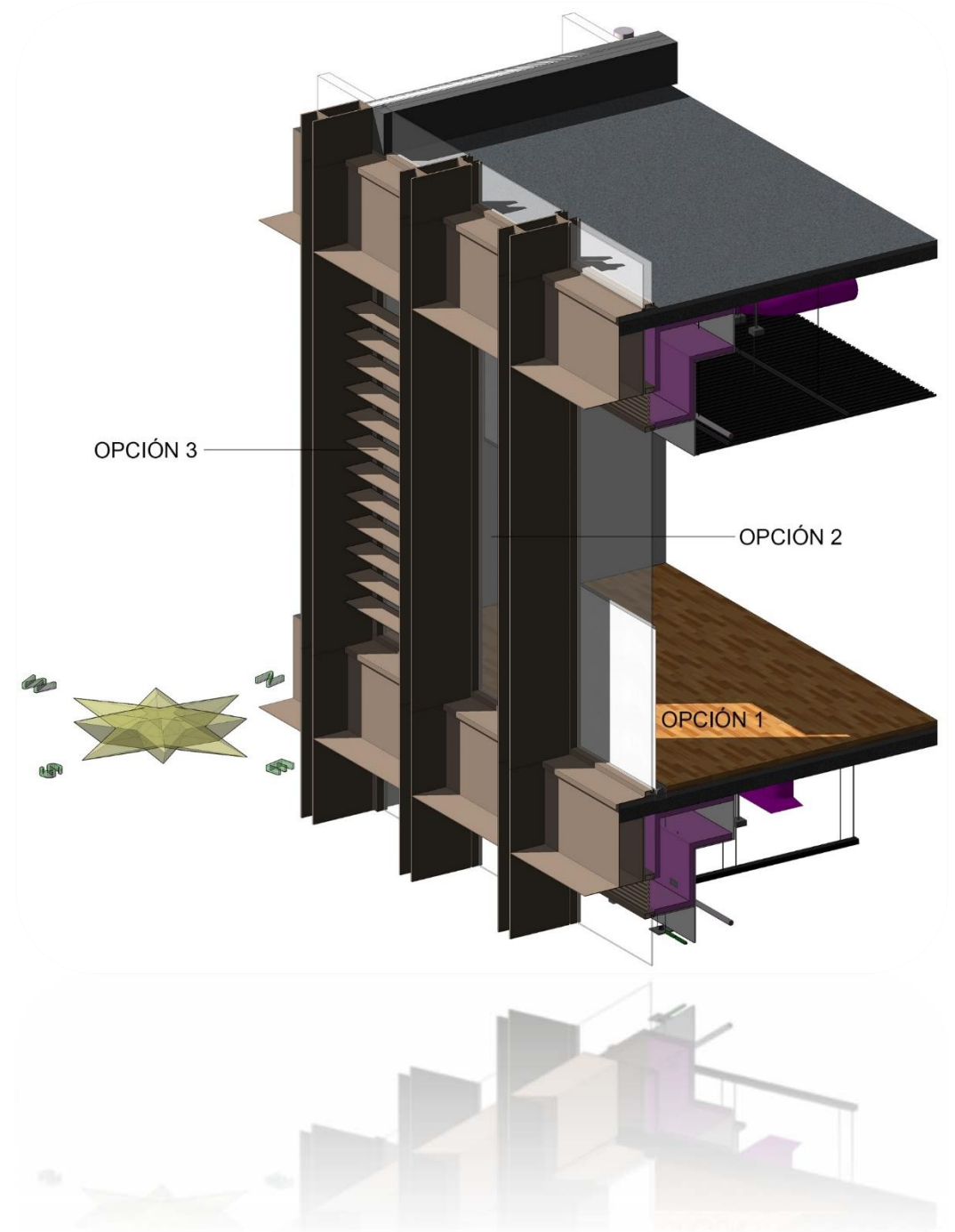
A partir de los criterios dados por el diseñador mecánico Oscar Villamizar la CS (Coeficiente de Sombra) del diseño de la fachada debe ser 0,24 para cumplir con los estándares de los sistemas mecánicos activos.

Encontrar un Coeficiente de sombra de 0.24 es el reto que el equipo de diseño debe cumplir para el sistema mecánico de enfriamiento evaporativo diseñado por Oscar Villamizar para operar adecuadamente en las instalaciones del Laboratorio. Un Sistema de refrigeración por evaporación mecánica es la opción más eficiente para el uso de la menor cantidad de energía y así lograr las exigencias para el enfriamiento en la instalación. Para complementar el sistema de los corredores en la torre están ventilados naturalmente a través de una combinación de persianas exteriores de tamaño para traer una cantidad considerable de movimiento de aire a través de la fachada por los pasillos a los baños donde el aire se extrae a través del escape necesario en el espacio para funcionar correctamente. Las rejillas se pueden ejecutar en la parte superior de cada sistema de ventanas y en las puertas de los baños. Persianas falsas en la fachada actuarán como un detalle continuo alrededor de la fenestración para asegurar un diseño coherente, mientras que la extracción de aire de los espacios acondicionados a través de amortiguación acústica al exterior. No existe un sistema de retorno de aire en el ahorro en los conductos y costes adicionales innecesarios mientras se libera espacio en el pleno para otros sistemas del edificio. Diseñar el sistema en el BIM da el equipo de diseño una visión muy detallada e información visible de cómo se verá la fachada, la función y la operación.

En la fachada sur hay una cantidad considerable de la ganancia de calor que entra en la fachada como se muestra en los cálculos para el Análisis Solar SHGC y modelos energéticos. Es muy importante para dar sombra a las fachadas de acristalamiento de la ganancia directa e indirecta del sol para lograr las metas arquitectónicas de utilizar vidrio claro para la estética del edificio y los requisitos de Ingenieros Mecánicos para el sistema de climatización de refrigeración evaporativa y así cumplir con un Coeficiente de Sombra de 0,24, lo que convierte a 0.21 SHGC.

## OPCIONES DE DISEÑO:

1. Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de abajo hacia arriba.
2. Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de arriba hacia abajo.
3. Persianas constantes exteriores, su diseño debe garantizar un porcentaje de sombra adecuado para el correcto funcionamiento del sistema HVAC

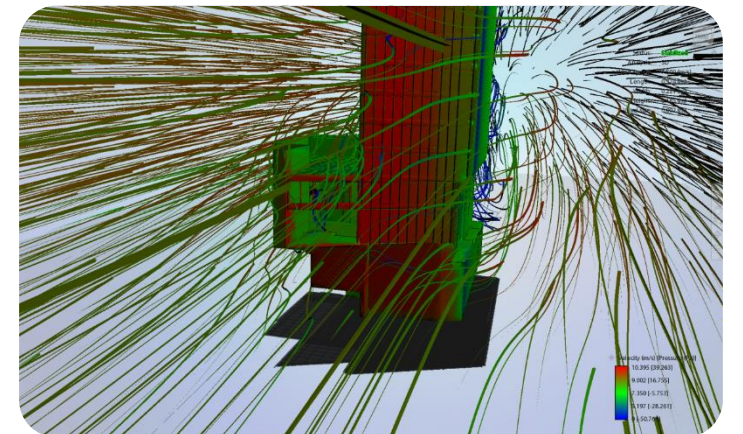
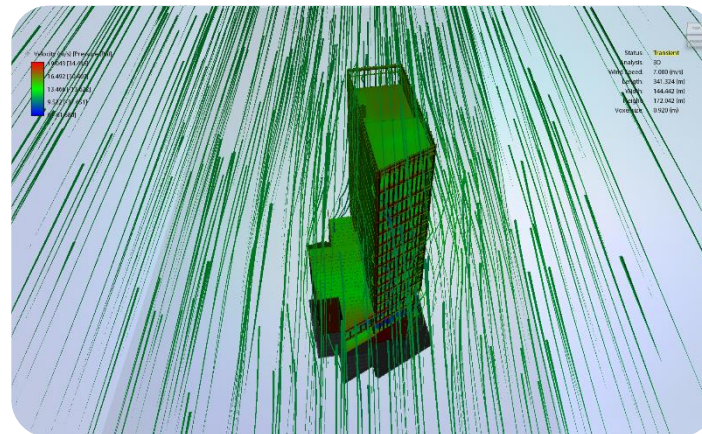
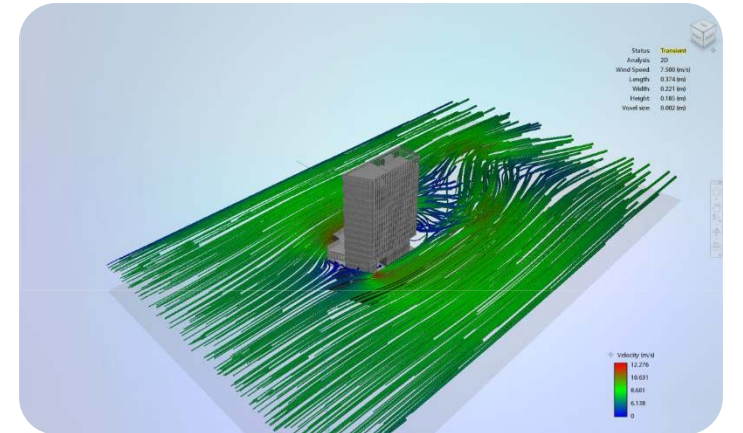
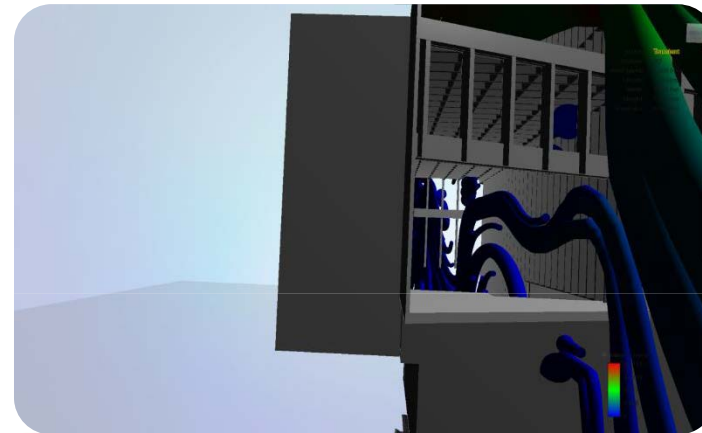
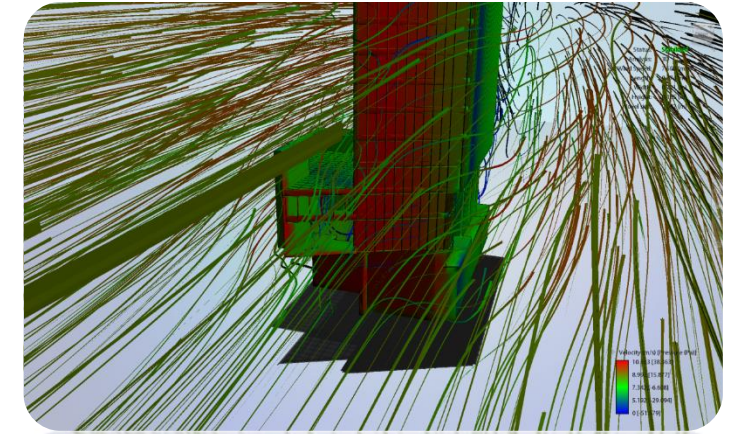
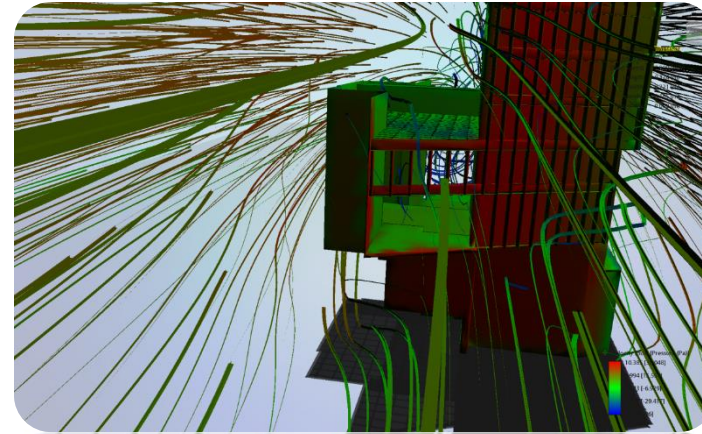


# Opciones de Diseño - Análisis Bioclimático Atrium

Se estudió Este espacio no acondicionado atrio exterior / interior durante unos condiciones de diseño para asegurar que el espacio serviría para su propósito como un ambiente cómodo para los estudiantes y así estudiar y relajarse. El equipo de diseño decidió explorar los temas de la luz, el viento y la ventilación natural a través del espacio. La primera situación bioclimática en la que centramos nuestro análisis fue el viento a través del atrio.

## VIENTO:

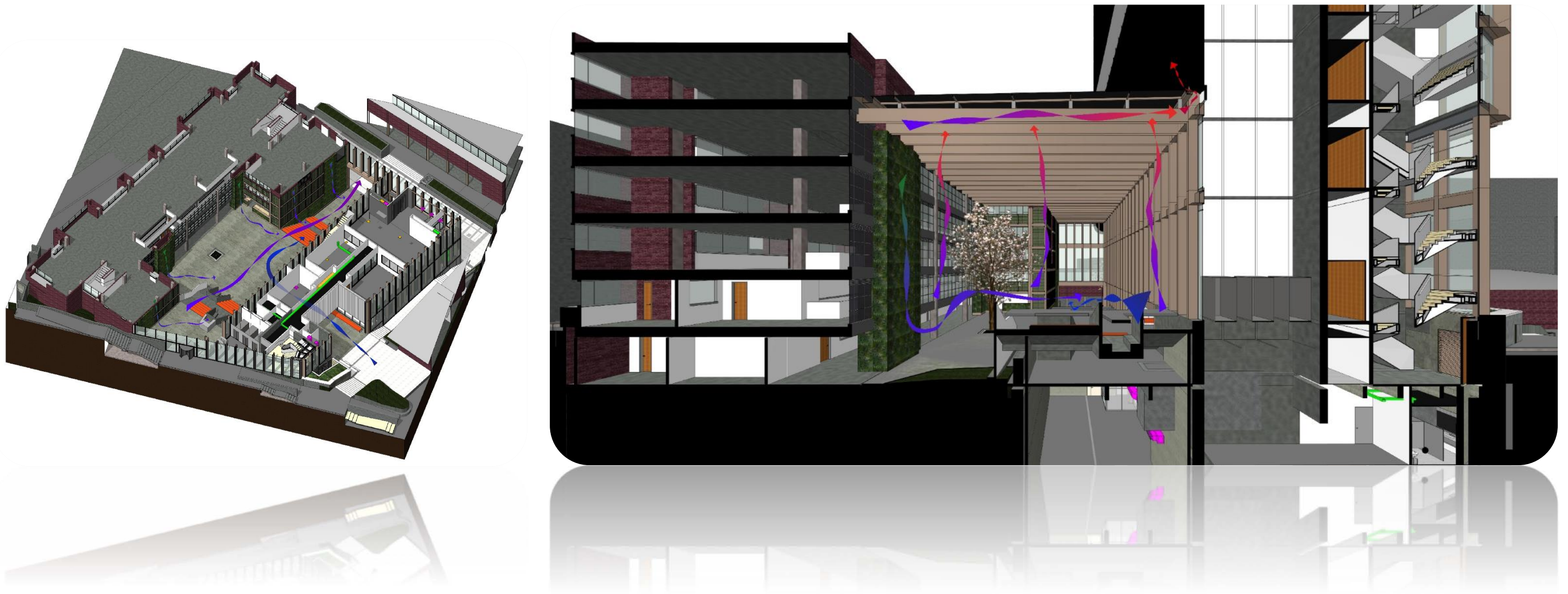
Los arquitectos estaban decidiendo si debían encerrar el extremo oriental del Atrio o revisar cuáles eran las sugerencias de ECOPHI para esa área. Después de hacer pruebas en el túnel de viento ECOPHI encontró que si dejamos el atrio abierto en el lado este, donde el viento viene de abajo de la montaña habría un efecto de túnel de viento a través de la aurícula y sugirió que se han instalado puertas giratorias para minimizar el efecto del viento para que hubiera un ambiente tranquilo con el fin de que los estudiantes estudien sin tener sus papeles volando alrededor.



# Opciones de Diseño - Análisis Bioclimático Atrium

## VENTILACIÓN NATURAL :

Teniendo en cuenta que dos aberturas en el Atrio están expuestas en las fachadas oeste y nororient, como opción eran las consideraciones para la ventilación natural que se produzca a través del espacio. ECOPHI hizo prueba de viento indicada anteriormente, para asegurarse de que la velocidad del aire que circula a través del espacio no era fuerte debido al efecto túnel de viento. La combinación del Muro Verde diseñado en el espacio, el aire viaja a través del espacio, y la fuerte ganancia solar en el dosel Atrio nos llevó a nuestras propuestas de diseño. El diseño debe incluir respiraderos en el extremo superior del sistema de acristalamiento del atrio para liberar el aire caliente que de otro modo sería estancada y causar un sobrecalentamiento de los espacios adyacentes. El efecto de la pared verde es enfriar el espacio y las rejillas de ventilación que ayudará a promover el flujo natural del aire a través del espacio para garantizar una tasa de intercambio de aire fresco. El equipo decidió poner una puerta giratoria en la Apertura del este para asegurar el espacio no tuvo un efecto de túnel de viento a través del espacio.

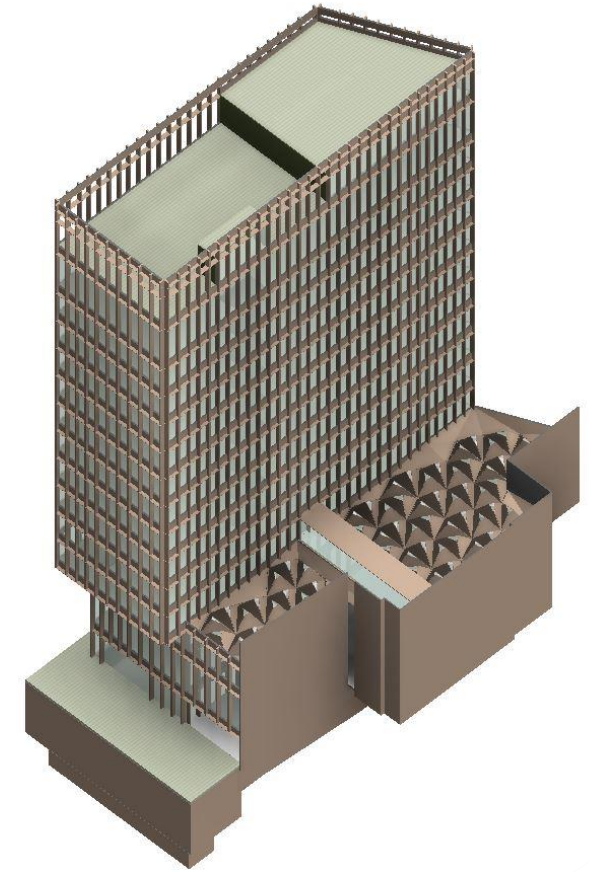
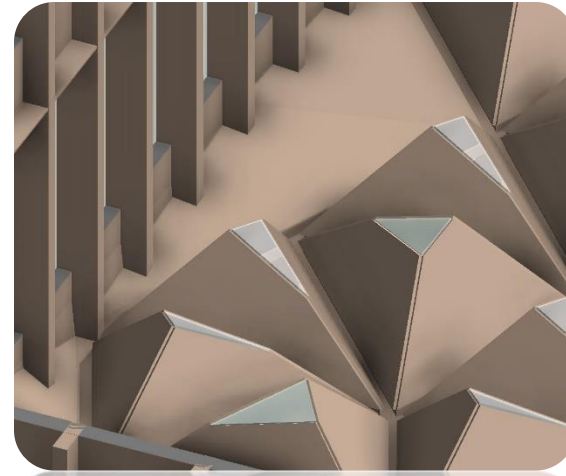


# Opciones de Diseño - Análisis Bioclimático Atrium

## NIVELES DE ENCENDIDO:

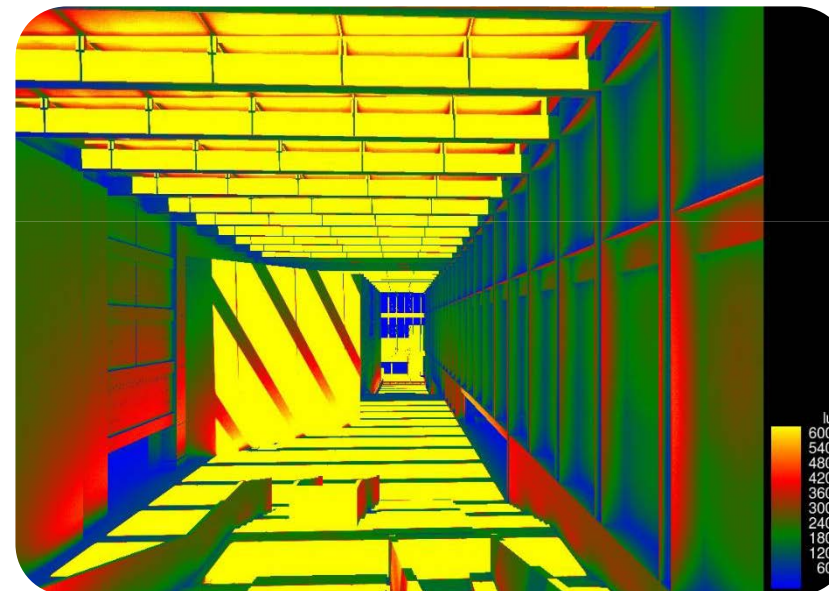
### OPCION 1:

La iluminación en la zona fue analizada en algunas opciones diferentes. En primer lugar, se le preguntó si había un exceso de luz en el espacio y si tendría que haber sombra para asegurar que los ocupantes no tendrían demasiada luz en el espacio. Después de hacer un estudio tanto con el espacio abierto como con el diseño de la estructura original, oscureciendo la luz directa del sol, entonces hacer un estudio con un diseño atrio complejo (ver imágenes) con aberturas mínimas de apertura en el diseño llegamos a la conclusión de que habría suficiente iluminación en ambos casos, pero el diseño original sería un espacio cómodo para los ocupantes que se reúnen en el medio ambiente exterior / interior y el diseño adicional no sería necesario y sería en realidad no ser adecuada para soportar la iluminación necesaria para la pared verde.

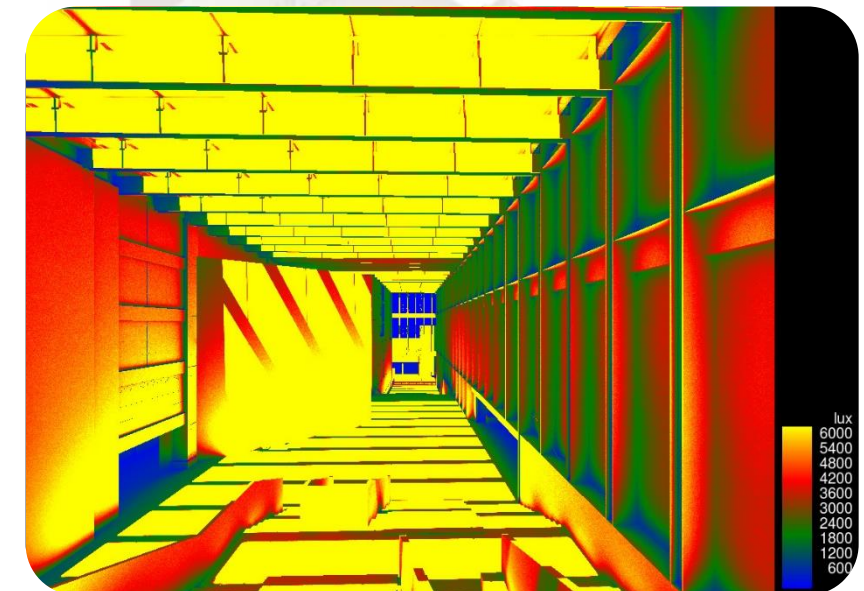


### OPCIÓN 2:

Hemos explorado la opción de usar sólo la transmisión visual del acristalamiento para obtener los niveles de iluminación deseados en el atrio. La cuestión más importante en la que teníamos que centrarnos era tener suficiente iluminación en el espacio para que las paredes verdes tengan suficientes niveles de iluminación para apoyar el ambiente necesario para que las plantas se esfuerzan. Se determinó que las plantas necesitan 2500 LUX a ser la salud. Así, con esta opción se recomienda utilizar una transmitancia visual (Tvis) de 50% en el techo del atrio acristalamiento para obtener la cantidad deseada de luz en la aurícula basado en los niveles de iluminación a partir del análisis de iluminación.



Tvis = 50%



Tvis = 50%

# Opciones de Diseño - Análisis Panel Solar Bioclimática

## ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO SOLAR :

Esta es la evaluación de la propuesta de paneles solares de Panasonic

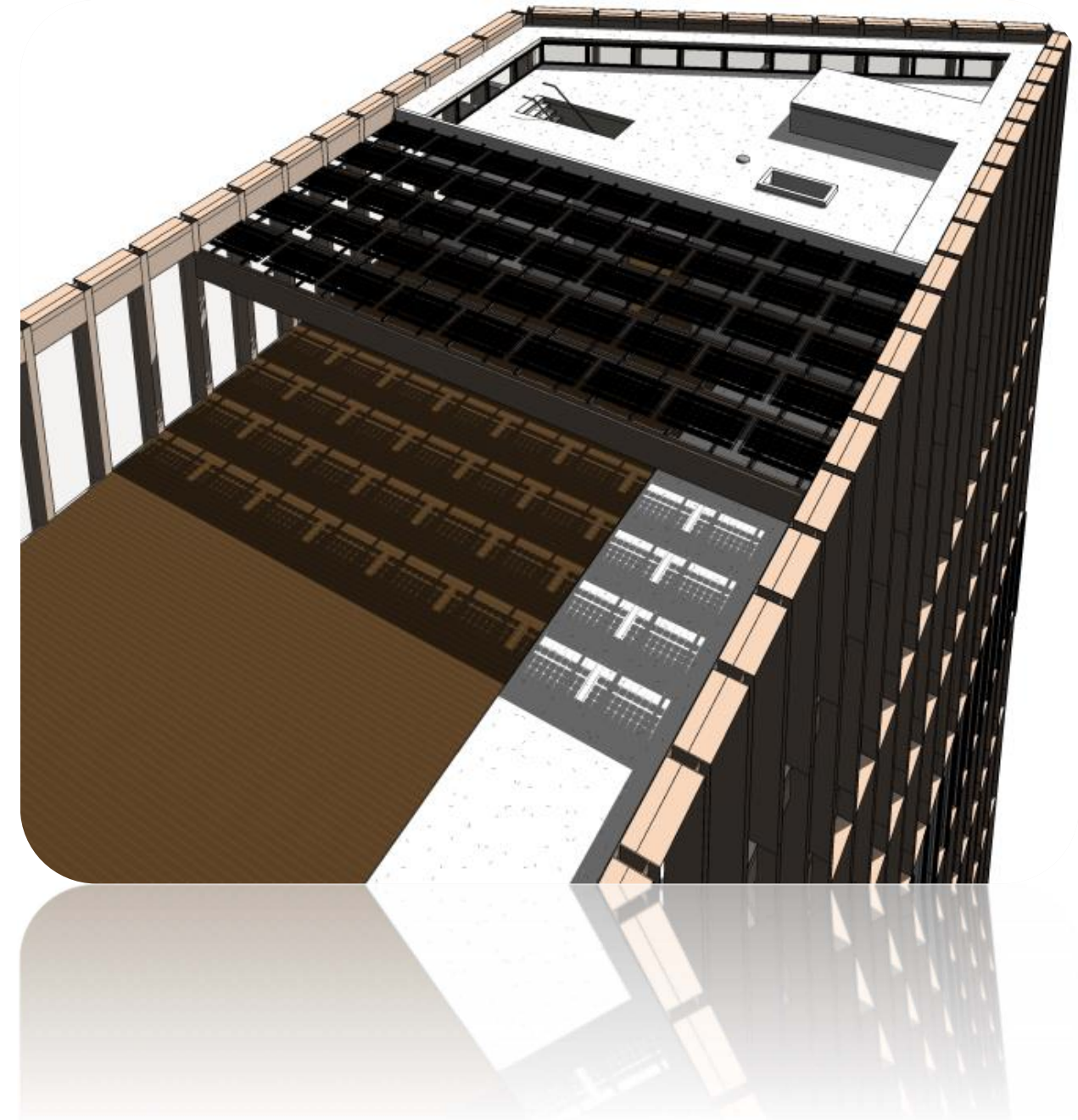
### 1. Propuesta Piso 14 MIX + HIT HIT DOUBLE (VBHN225DJ06, VBHN240SJ25)

72 Panel solar en Pergola 16,2 kWp de 101m<sup>2</sup> de superficie área eficiencia VBHN225DJ06 16%

60 Panel Solar en Cubierta 14,4 kWp para 75.7m<sup>2</sup> área superficial eficiencia VBHN240SJ25 19%

Esta opción es la más viable y producirá 30,6 kWp para el edificio que se estima ahorrara aproximadamente \$ 11,000 USD al año. El sistema cuesta \$ 115,256.00 USD y tomaría aproximadamente 10,5 años para pagarse a sí mismo , pero esto es sin tener en cuenta costo de mantenimiento ni depreciación. La mayoría de los sistemas de paneles solares tienen una vida útil de aproximadamente 20 años en estos días y podría llegar a ahorrar un estimado de USD 240,000.00 en la vida útil del producto. La eficiencia de los paneles se degradan con el tiempo, es decir que en 10 años el producto va a dar el 90% de la potencia y en 20 años 80%. Para poner esto en perspectiva, los paneles con el tiempo no producen tanta energía y tomarán un poco más de tiempo para pagar la inversión. Los productos tienen una garantía de los fabricantes de 10 años, que en ese momento se habrá recibido su retorno de inversión .

La propuesta no se dividió en dos opciones diferentes por lo que sería valioso tener que separarlas si solo se desea elegir una de las opciones. También es importante saber si el espacio en la Cubierta está disponible para tener paneles solares instalados en la superficie del techo o si hay otro equipo situado en la Cubierta. La mayor parte de todo el equipo se encuentra en el 7 1/2 piso técnico, pero puede haber casos específicos en los que se necesite espacio en la cubierta.



# Opciones de Diseño - Análisis Panel Solar Bioclimática

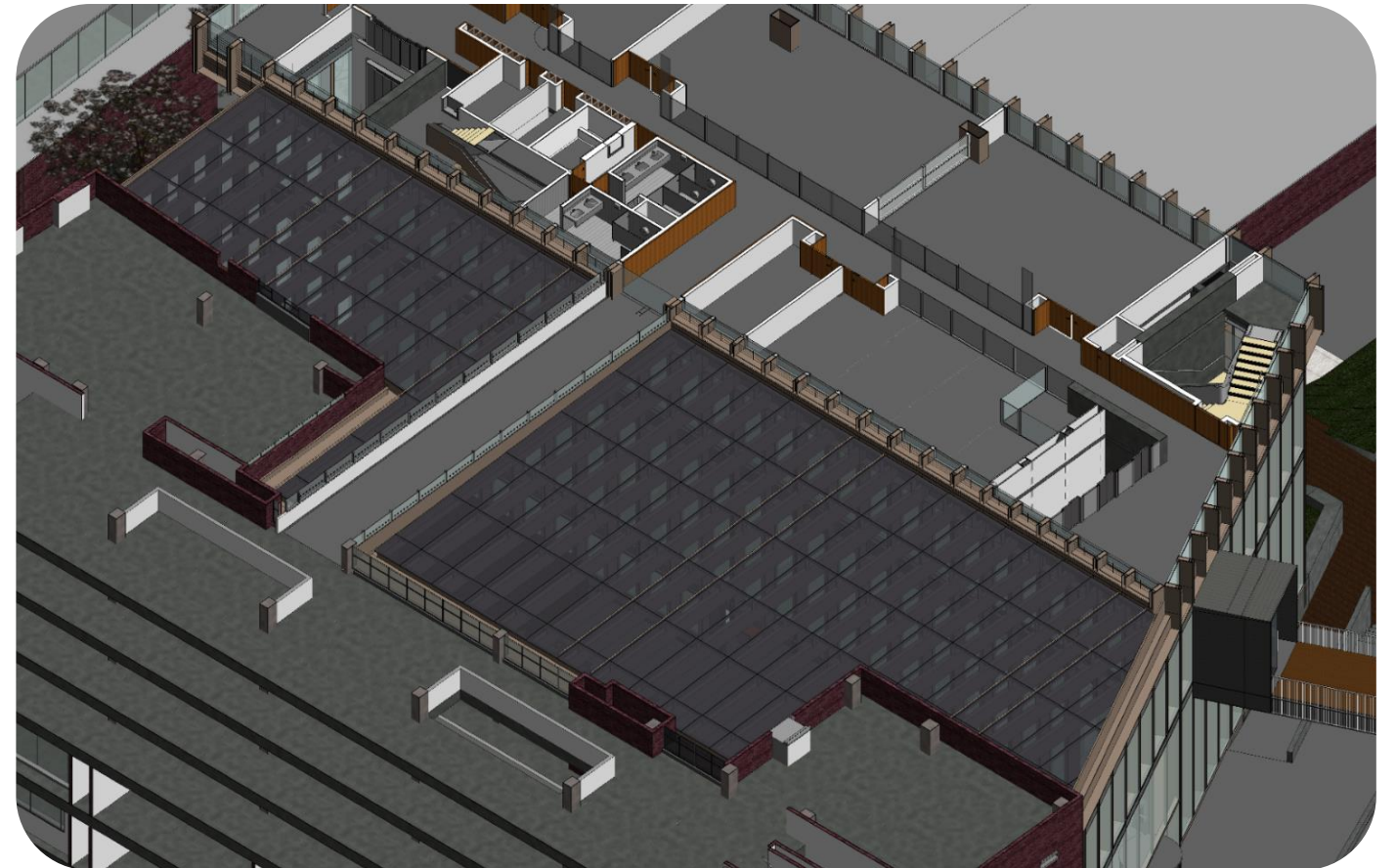
## ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO SOLAR :

2. Propuesta Cubierta de Atrio (Piso 4 Doble golpe 225) VBHN225DJ06 16% de eficiencia

324 Panel solar translúcido sobre Atrio 72,9 kWp de 455m<sup>2</sup>

Esta opción tiene un alto potencial para ahorrar una cantidad considerable de energía en el edificio, pero hay algunos factores clave a tener en cuenta. En primer lugar, el fabricante afirma en la propuesta que asume que los paneles solares no están bajo la sombra pero este espacio está por debajo del edificio existente y la nueva estructura. Todos los paneles recibirán la luz solar directa, pero se encontrarán bajo la sombra basado en la hora del día y el día del año. Si nos fijamos en los videos de estudio solares en el Prezi de Bioclimática se podrá ver lo que se está hablando. Los paneles más cercanos del edificio serán menos eficaces debido a la sombra de las estructuras. El diseño de este espacio también estaba destinado a ser un panel solar claro por lo que todavía hay una vista del cielo.

Esta opción producirá 72,9 kWp para el edificio que se estima ahorrará aproximadamente \$27,000 dólares al año. El sistema cuesta \$350,395.00 USD y tomaría aproximadamente 13,0 años para pagarse a sí mismo, pero esto es sin tener en cuenta costo de mantenimiento ni depreciación. Pero, de nuevo debe tener en cuenta que los paneles solares están bajo la sombra y no funcionará a pleno rendimiento todo el tiempo. Esta opción también ayudará a reducir la cantidad de luz que pasa al atrio lo cual es positivo teniendo en cuenta la cantidad de luz que pasa en el espacio es sustancial. Si estos paneles solares no se utilizan en el espacio, se recomienda emplear algún tipo de técnicas de reducción de transmisión visual tal como "frit on glazing". Estaremos diseñando el acristalamiento en torno a un flujo de 2.500 lux el cual se requiere para que el sistema de pared verde para funcione correctamente.



# Opciones de Diseño - Análisis Panel Solar Bioclimática

## ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO SOLAR :

### 3. Propuesta FACHADA OCCIDENTAL. DOBLE GOLPE VBHN225DJ06 eficiencia del 16%

Esta opción no salvaría una gran cantidad de energía, no encaja con el diseño del edificio, y no es factible para este proyecto. Tener un panel solar en la fachada se recomendó como el cristal integrado con el panel solar no como un diseño de paneles solares aditivo. Y puesto que el diseño de la fachada tiene el cristal 0,68 metros dentro de la fachada estaría expuesto a la sombra considerablemente a lo largo del día y no sería la mejor opción para el edificio. Si el cristal se encontrara a ras con el exterior, y el panel estuviera embebido en el cristal sería recomendable instalarlo en las fachadas sur y oeste. Este fue el concepto de la competencia, pero la fachada se ha convertido en un diseño diferente al que se conceptualizó originalmente.

Ellos no corren una simulación para esta opción en la propuesta, y sin la información es difícil estimar qué puede aportar esta opción. Puedo hacer algunas suposiciones de área cubierta en la fachada con 630 paneles en cada 1.4m<sup>2</sup> es igual a 882m<sup>2</sup>.

630 paneles solares sobre Fachada Oeste 141,75 kWp para la eficiencia 882m<sup>2</sup> VBHN225DJ06 16%

La superficie total de la fachada del oeste es 1188m<sup>2</sup>

Esto significaría que el 74% de la fachada estaría cubierta por paneles solares

Esta opción puede producir 141,75 kWp para el edificio que se estima ahorrara aproximadamente \$ 14,000 USD al año en base a la orientación al sol que sólo se recogía en las partes posteriores del día. El sistema cuesta \$ 686,874.00 USD y tomaría aproximadamente 49 años para pagarse a sí mismo, pero esto es sin tener en cuenta costo de mantenimiento ni depreciación. Sobre la base de esta información, no es una muy buena opción para este proyecto.

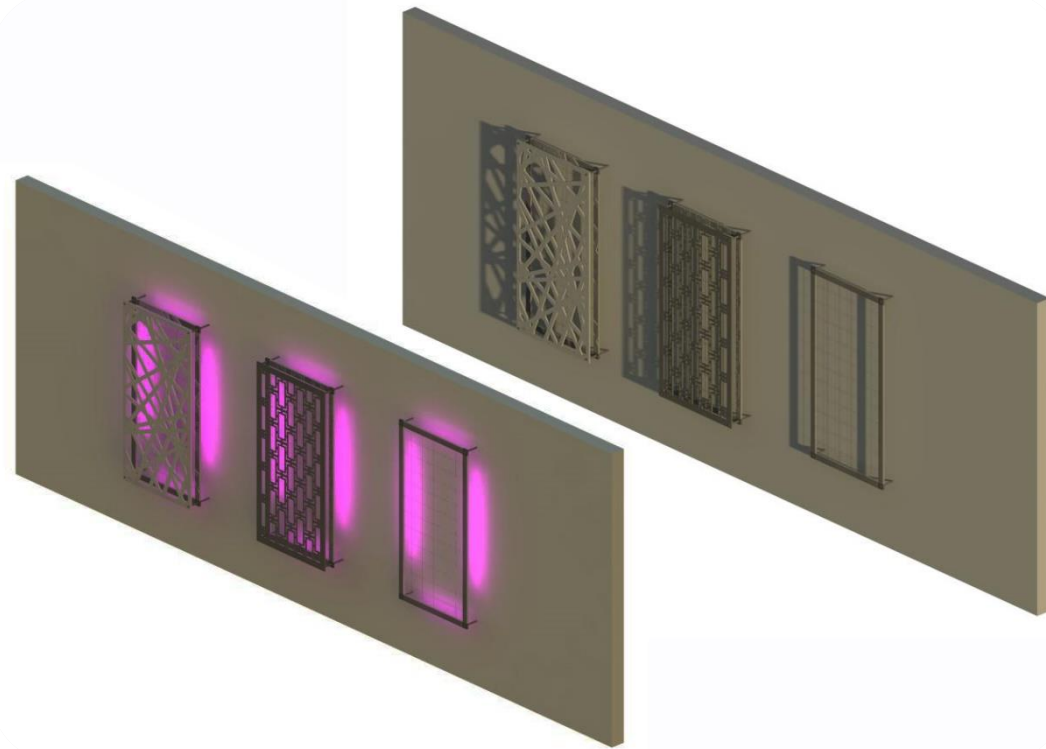


10

# Opciones de Diseño - Paredes Verdes Vivas

## MUROS VERDES VIVOS ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO :

Los muros verdes tienen grandes características para ambientes interiores y exteriores. Los muros verdes vivos son una manera segura para realzar el ambiente interior, mejorar la calidad del aire así como la atención del estudiante y los niveles de energía. Los muros verdes vivos disponen de filtros naturales de aire, creando un ambiente interior más limpio y más estimulante que conducirá a una mejor salud general y producción del ocupante. Estos a menudo están expuestos a las toxinas del aire en el ambiente interior como el formaldehído, monóxido de carbono, VOCs y benceno. Los muros verdes vivos metabolizan toxinas mientras liberan oxígeno en el aire. La función de los muros verdes vivos interiores y exteriores es enfriar el aire en los meses cálidos por un proceso conocido como "evapotranspiración." Durante los meses invernales la ventaja adicional es el aislamiento del edificio, así se logra reducir los costos de energía para calefacción el edificio. Las paredes verdes exteriores puede reducir las temperaturas de la superficie hasta en 50 grados Fahrenheit, resultando en unos ahorros de energía y aire acondicionado significativos. Uno de los beneficios menos conocidos de los muros verdes es que las estructuras pueden reducir los niveles de ruido en las edificaciones. Los muros verdes vivos naturalmente bloquean sonidos de alta frecuencia mientras que la estructura de apoyo puede ayudar a disminuir ruido de baja frecuencia. Los muros verdes vivos actúan como aislamiento extra con una capa de aire entre las plantas y la pared. Ellos también reducen niveles de ruido por reflexión, refracción y absorción acústica de energía. Para este proyecto se recomienda usar los muros verdes en el espacio del atrio, en superficies de la mayor área posible y en cualquier parte del ambiente interior, con el fin de adquirir los beneficios mencionados anteriormente que cumplen los criterios de diseño arquitectónico. Es muy recomendable usar dichos muros vivos respirables delante de todas las persianas que introducen aire para otorgar un pre filtro fresco al aire y así promover un medio ambiente interior saludable. El sistema viviente EcoPanel de más adelante, permite el aire a través del diseño.



El "Living EcoPanel" por Ecophi es un sistema de encargo diseñado por Ecophi con muchas opciones de diseño para que coincida con el proyecto arquitectónico. El sistema de la fabricación sostenible puede ser adaptado para tener paneles de diseño de cualquier modelo adjunto al frente de la media de crecimiento. Integrado ultravioleta led que promueve el crecimiento de las plantas y da un ambiente violeta azulado al espacio y la pared. Este sistema está diseñado para tener plantas de hiedra en el suelo que crece en los cables de acero inoxidable y tomar sobre la pared.



## Diseño Conceptual: 2.1 Opciones de Diseño



# Opciones de Diseño - Circulación Horizontal Ventilación Natural

## VENTILACIÓN NATURAL:

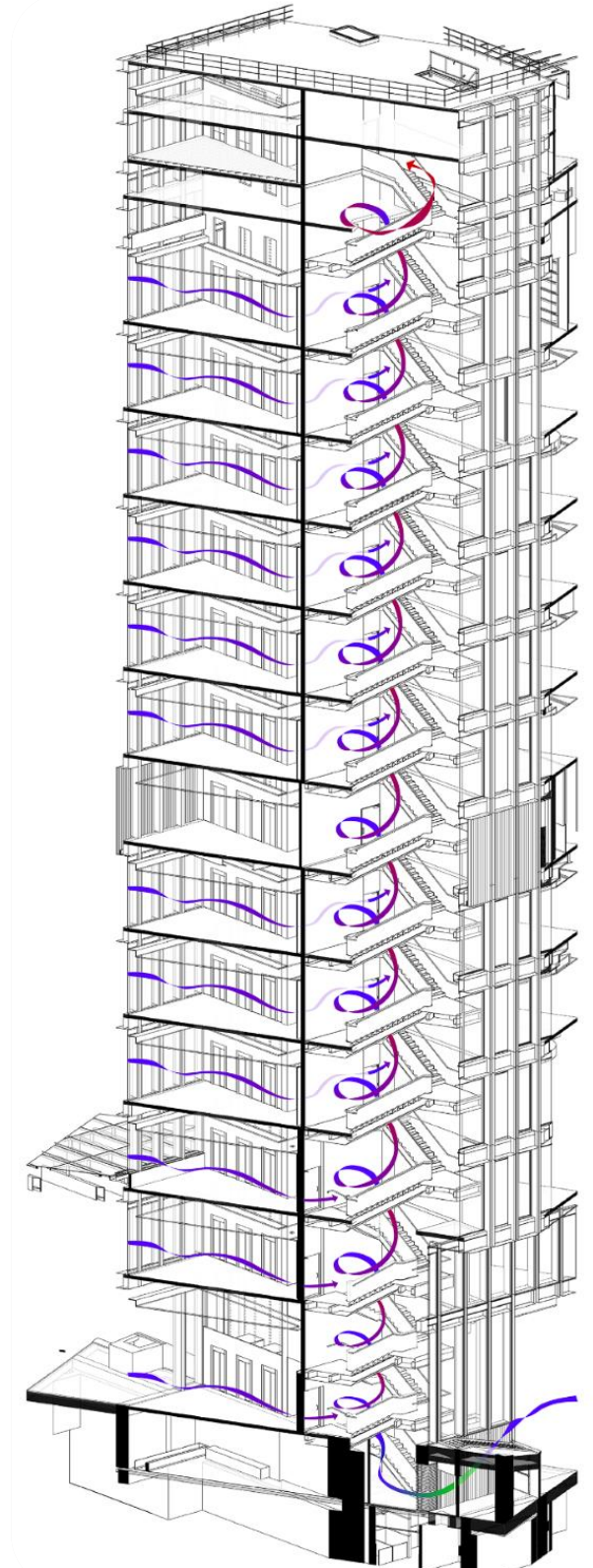
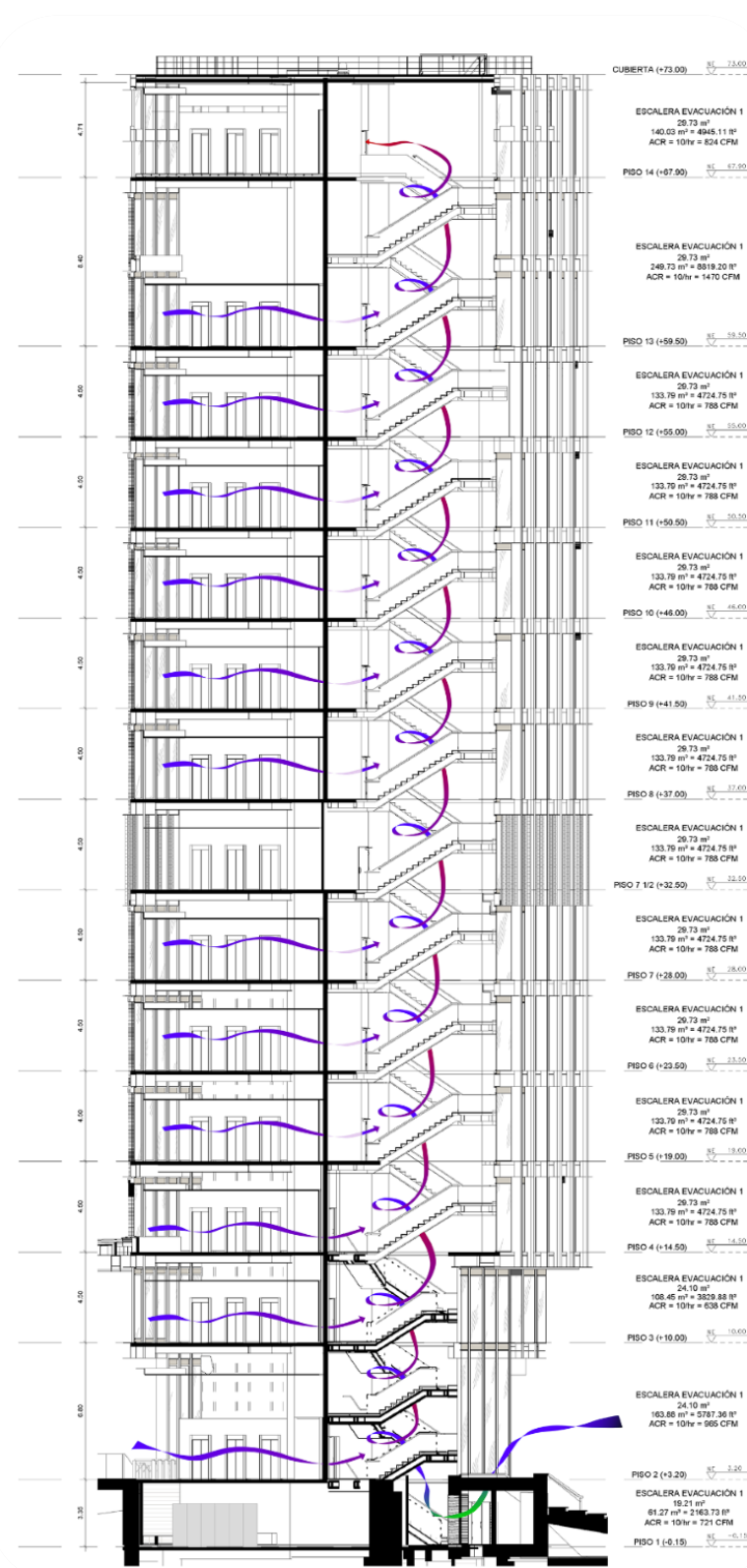
La ventilación natural - circulación horizontal se asegura de que exista un intercambio de aire fresco a través de cada espacio ya que no hay calefacción y refrigeración activa en estos espacios. En cada extremo de los pasillos es importante contar con rejillas de ventilación de tamaño según se especifica en los documentos de construcción para crear el flujo de aire necesario. La ventilación natural es asistida por el sistema de escape en los baños en cada piso. Es importante que cada cuarto de baño y la puerta de acceso a ellos tengan rejillas de ventilación en las puertas dimensionadas para el mismo tamaño que el valor CFM para cada escape en cada baño y así asegurar que la ventilación funcione correctamente.



# Opciones de Diseño - Circulación Horizontal Y Ventilación Natural

## CIRCULACIÓN Y VENTILACIÓN VERTICAL:

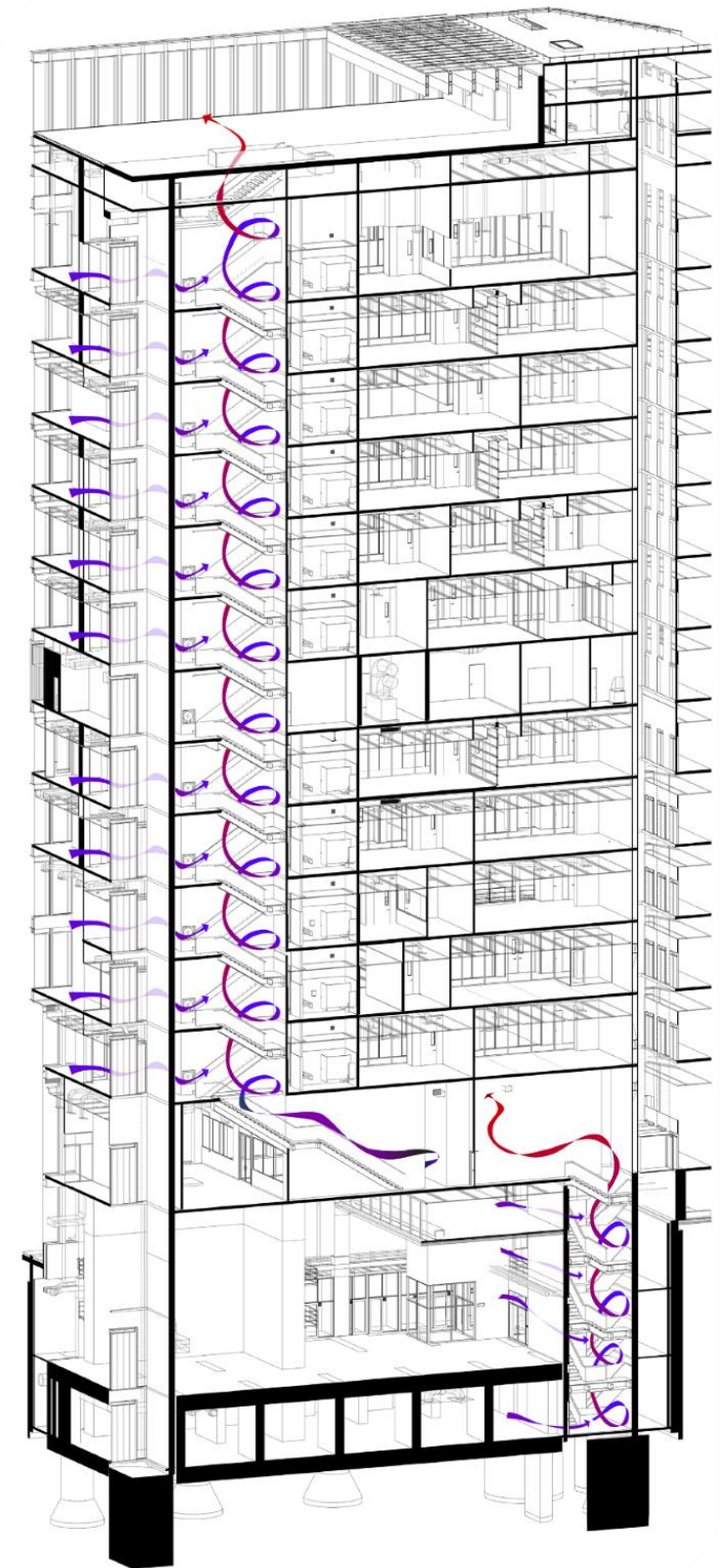
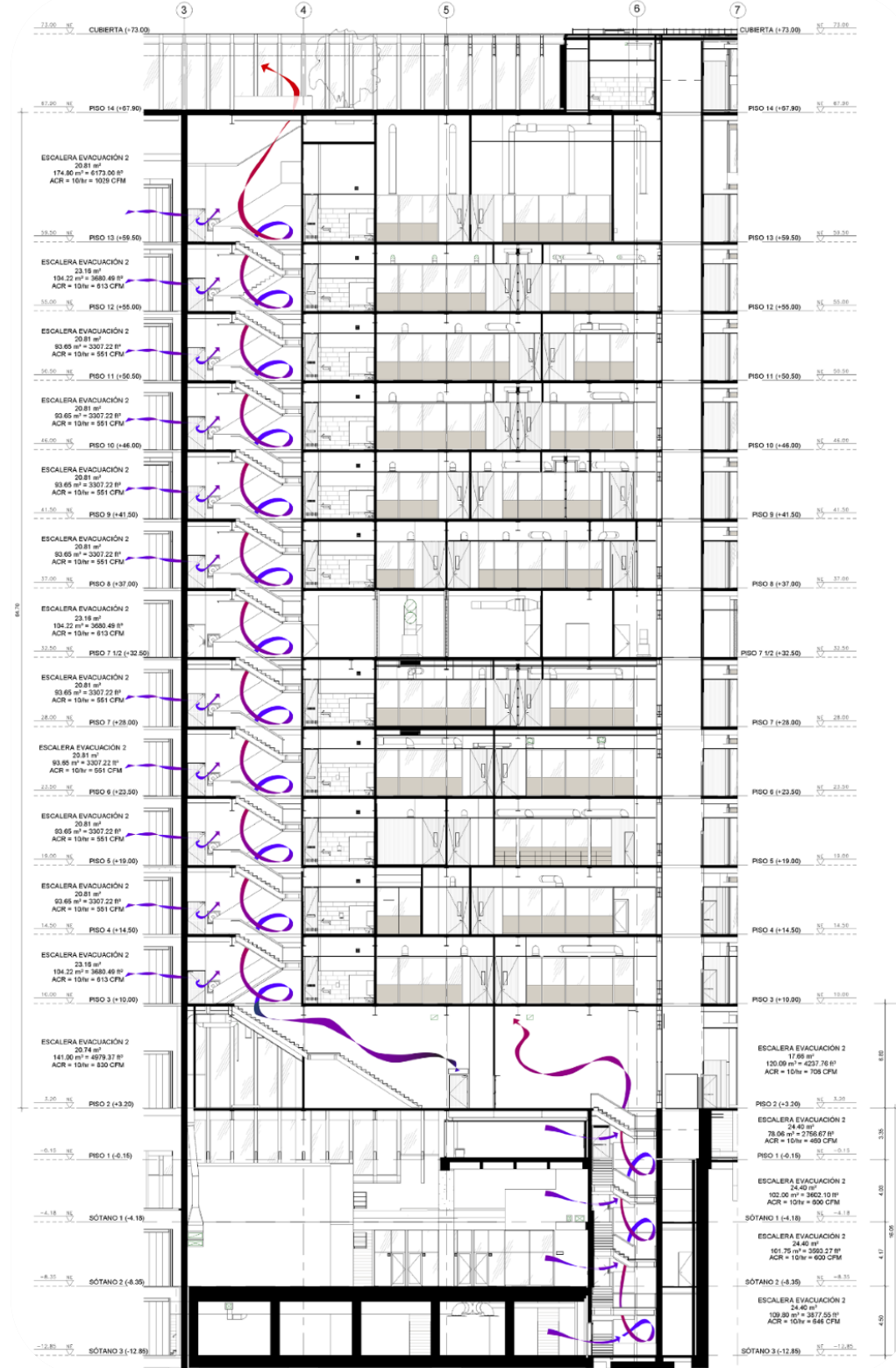
En la circulación vertical en el centro de la zona se utilizará para extraer el aire verticalmente a la azotea del edificio para ser extraído. Esto promoverá más el movimiento del aire a través de los espacios no acondicionados en el edificio. Como se requieren estos espacios para ser presionados de manera positiva a garantizar la seguridad en caso de emergencia, se requiere que los espacios se especificarán en el diseñador de incendios y seguridad e Ingeniero Mecánico. La cantidad de cambios de aire por hora se han calculado y el CFM requerido para crear la cantidad de movimiento de aire se han incluido en los documentos de construcción y debe ser seguido. El efecto de chimenea en estos espacios se requiere que las puertas estén abiertas utilizando una versión magnética en caso de situaciones de emergencia. Si los mecanismos de liberación magnéticos no se usan se requerirá para persianas con amortiguadores de fuego para ser instalado para dar la cantidad adecuada de flujo de aire para crear el flujo de aire necesario para funcionar correctamente.



# Opciones de Diseño - Circulación Horizontal Y Ventilación Natural

## ESCALERA EVACUACIÓN SUR:

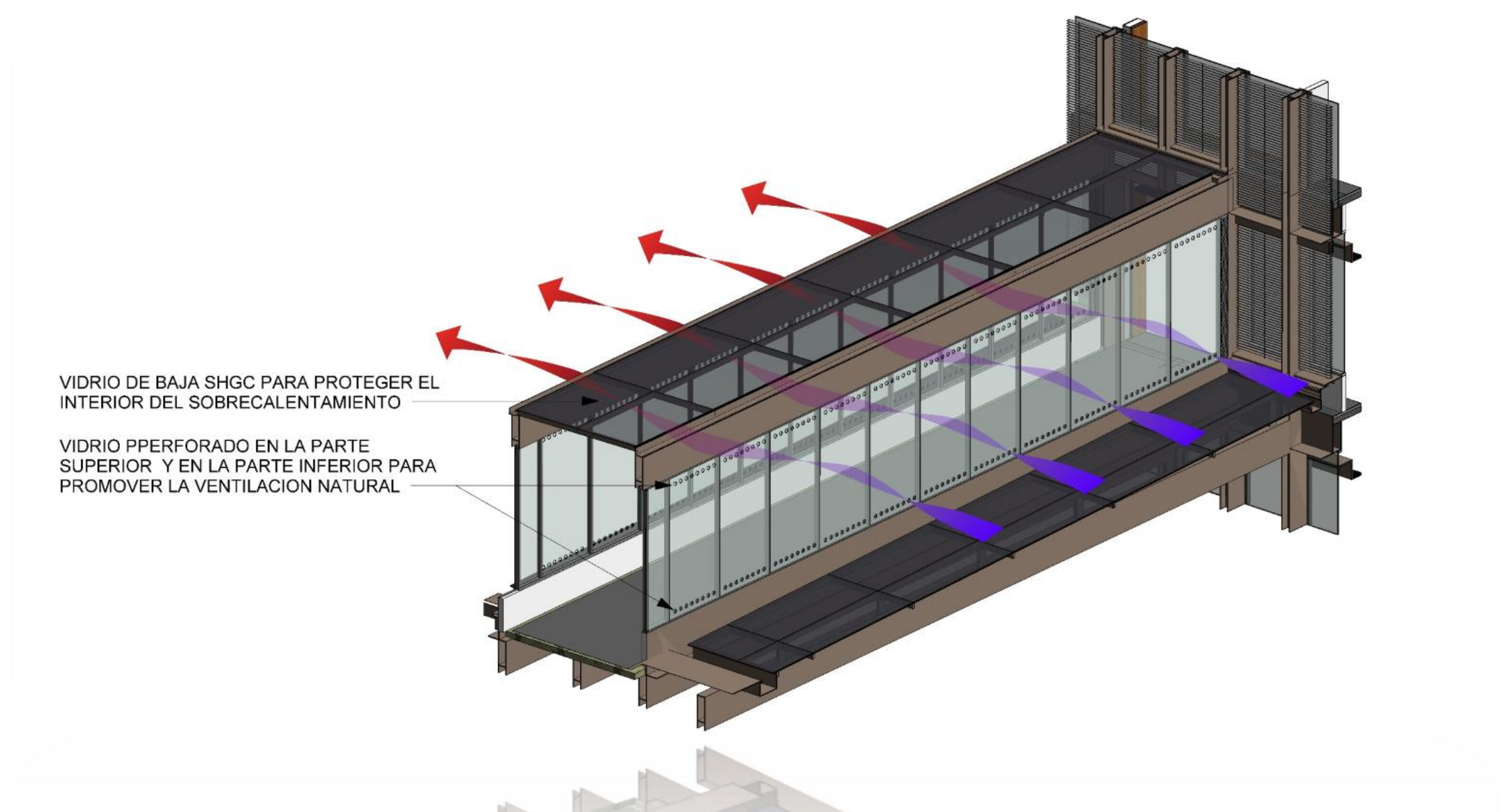
En la circulación vertical en el centro de la zona se utilizará para extraer el aire verticalmente a la azotea del edificio para ser extraído. Esto promoverá más el movimiento del aire a través de los espacios no acondicionados en el edificio. Como se requieren estos espacios para ser presionados de manera positiva a garantizar la seguridad en caso de emergencia, se requiere que los espacios se especificarán en el diseñador de incendios y seguridad e Ingeniero Mecánico. La cantidad de cambios de aire por hora se han calculado y el CFM requerido para crear la cantidad de movimiento de aire se han incluido en los documentos de construcción y debe ser seguido. El efecto de chimenea en estos espacios se requiere que las puertas estén abiertas utilizando una versión magnética en caso de situaciones de emergencia. Si los mecanismos de liberación magnéticos no se usan se requerirá para persianas con amortiguadores de fuego para ser instalado para dar la cantidad adecuada de flujo de aire para crear el flujo de aire necesario para funcionar correctamente.



# Opciones de Diseño – Ventilación natural del Puente

## VENTILACIÓN NATURAL DEL PUENTE:

Después de discutir las opciones para el puente a la instalación de ingeniería existentes se determinó que el uso de un acristalamiento y persianas perforadas en la fachada del puente daría los mejores resultados para un espacio cómodo para cruzar entre los dos edificios. Se recomienda utilizar algún tipo de dispositivo de sombreado en la parte superior del puente para ayudar también a reducir la cantidad de ganancia solar en el espacio. Esto también se puede lograr mediante el uso de acristalamiento con un SHGC baja.



# Modelado de Energía

Para conseguir la información de referencia para este tipo de construcción de ECOPHI utiliza una variedad de técnicas para crear el modelo de energía de línea de base para probar diferentes opciones de diseño. En primer lugar un modelo energético se construyó en Autodesk Vasari para poner a prueba el potencial de viento y sol. Una vez que se ha creado este modelo a continuación ponemos la información en Autodesk Revit para ejecutar un análisis más complejo en el Green Building Studio y Sefaira. La construcción de simulación es el proceso de utilizar un ordenador para construir una réplica virtual de un edificio. El edificio está construido a partir de sus componentes en una computadora y una simulación se lleva a cabo mediante la adopción de ese edificio a través de las condiciones de tiempo de un año entero. En cierto modo, la construcción de la simulación es una forma de predecir cuantitativamente el futuro y por lo tanto tiene un valor considerable.

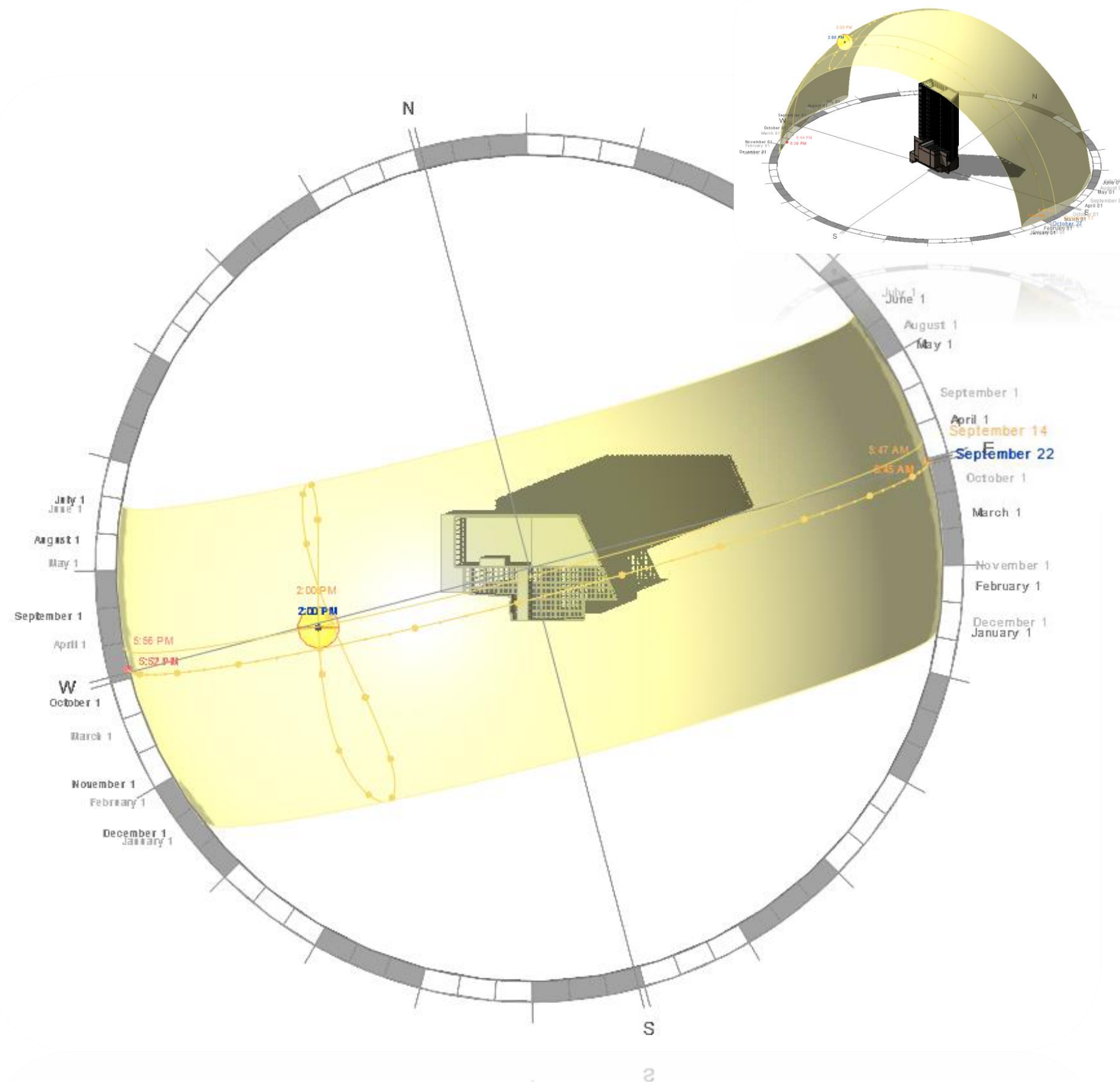
El Análisis BIM ECOPHI determinó los valores de referencia para el uso de energía, uso del agua, y de carbono emitido en función de la ubicación del proyecto, el tamaño del proyecto, el uso del espacio, la tarifa, el clima, la orientación solar, la construcción de la forma, el factor de sombreado de los edificios adyacentes, el número de pisos, construcción de fachadas, tipo ventana, sistemas mecánicos, el tipo de iluminación, y la construcción de la cubierta. Los valores de referencia son la constante en nuestro análisis y nos ayudarán a determinar el efecto en el edificio debido a las opciones de diseño y variaciones. Es muy importante entender que estos valores son una estimación basada en muchos cálculos altamente técnicos, pero es imposible saber exactamente cómo el edificio construido realmente operara. Hay muchos factores que van a determinar los valores reales que no se pueden controlar o predecir en la fase de diseño, tales como el clima, las cargas de equipos, operaciones, la ocupación, la colaboración y la configuración del sistema. Con los valores de referencia que estamos dando al edificio un punto de partida para hacer análisis general para encontrar las mejores opciones posibles. Los valores son de no ser mal interpretados como los valores reales del edificio consumirá.

## Los valores de referencia:

**Energía ocasión: 1.431.905 kWh**

**El agua usada: 4,779 m<sup>3</sup>**

**Carbono emitido: 755,460 kgCO<sub>2</sub>**



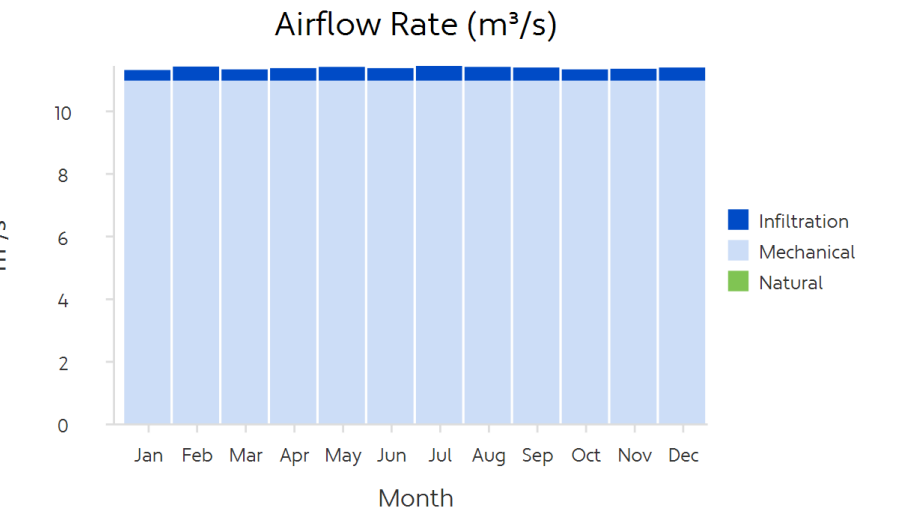
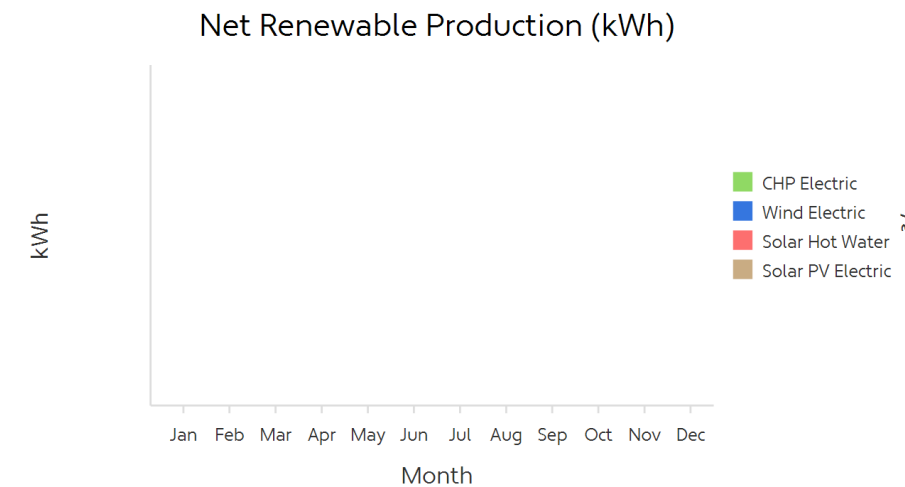
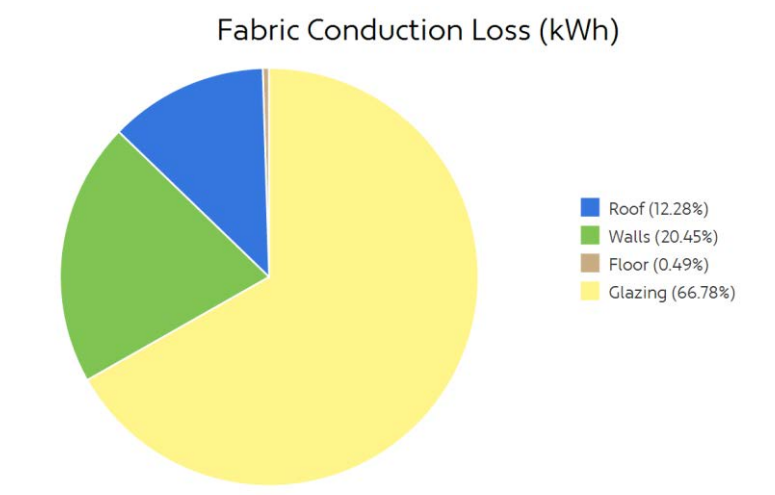
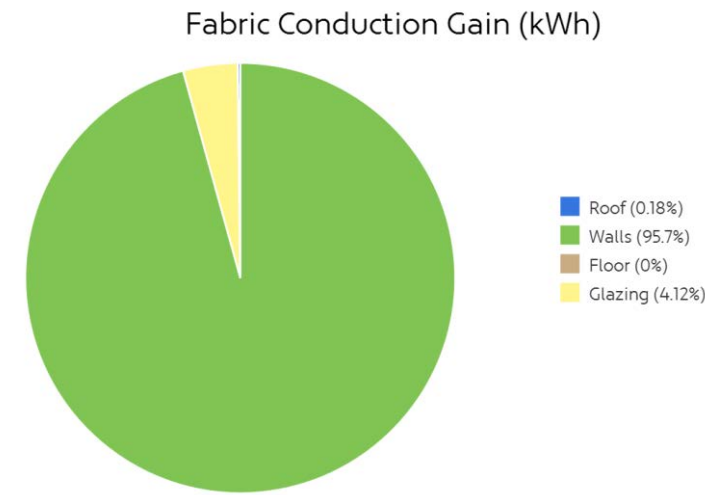
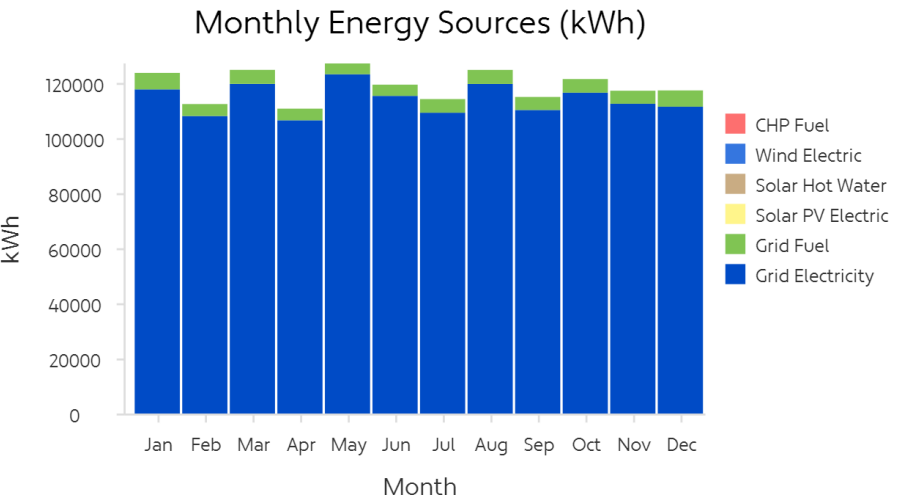
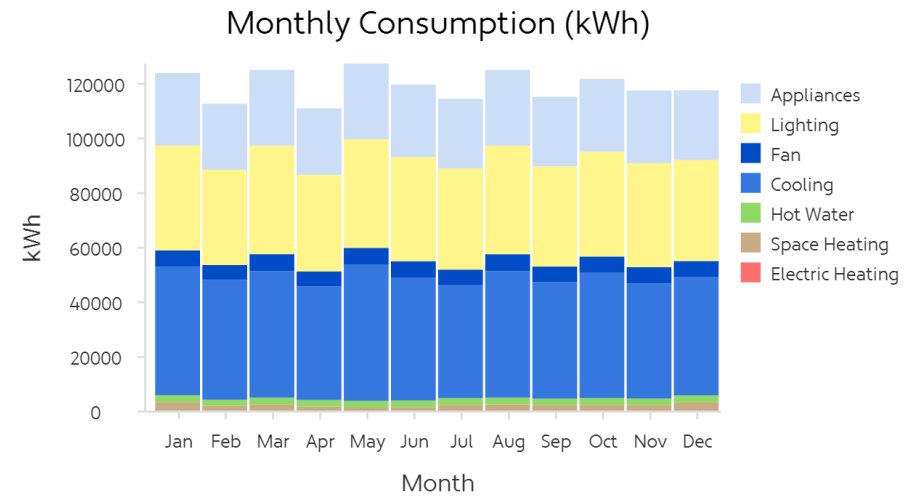
# Modelado de Energía

Ecophi fue contratado durante la fase de desarrollo del diseño y se sugiere ser contratado al inicio del desarrollo del proyecto. En este punto, la mayoría de las decisiones de diseño que ya han causado cambios serían más difíciles de realizar en la fachada y el plano de diseño. Las características de diseño cruciales ya se han establecido en este punto en el proceso de diseño y se recomienda contratar diseño bioclimático/ecológico al principio del proceso de diseño donde se puede producir el mayor impacto para tomar las decisiones más sostenibles como sea posible desde el principio. Se estableció que un sistema mecánico con altas demandas de control solar se va a diseñar en el edificio y sería muy importante conocer el diseño de la fachada antes de la creación del diseño. Puesto que no fueron coordinadas desde el principio esto se convirtió en el principal factor para que el edificio se realice de manera adecuada teniendo en cuenta el diseño existente consiste en su mayoría de acristalamiento en las fachadas que provocan la necesidad de un bajo coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) a alcanzar.

Debido a los tiempos de diseño decidimos centrarnos en la consideración de las características de diseño ya creados en el modelado de energía para ver cuáles son los factores en el diseño que aún podíamos manipular sin cambiar el diseño que ya ha sido establecido. Los principales temas que se centró son que aún eran adaptables para la ubicación de las ventanas de la fachada, aislamiento de fachadas, tipo de acristalamiento utilizado, las fachadas y superficies que tienen la ganancia más solar, la eficacia del dispositivo de sombra, y las posibilidades de la energía solar.

Los gráficos representan el consumo edificio utilizado en base a la información disponible en el edificio apoyado en la ubicación, la ocupación, tipo de edificio, el clima, concentrando y técnicas de construcción utilizadas en el diseño inicial. Con toda esta información podemos hacer suposiciones de cómo el edificio se llevará a cabo y podemos ajustar las características del edificio para encontrar las mejores soluciones posibles fundamentado en el ahorro de costes y beneficios ambientales.

En 4.5 la Integración de Documentación, haremos estos gráficos de nuevo basados en las decisiones que tomamos a través del proceso de diseño para ver cuánto hemos reducido las cifras.



## Diseño Conceptual: 2.2 Probar y Comparar Opciones de Diseño



# Modelado de Energía

**Consumo mensual:** Esto es un reflejo del consumo total del edificio a los elementos que contribuyen a la utilización de energía en edificios. Sobre la base de los gráficos necesitamos reducir la carga de refrigeración y carga de iluminación para el edificio y seleccionar accesorios de alta eficiencia para llevar a los grandes contribuyentes a la baja en la energía del proyecto.

**Fuentes de energía por mes:** El gráfico representa las fuentes de la energía utilizadas en el edificio. Como podemos ver en el gráfico, nuestras fuentes para la energía vienen de la red desde el principio de la concepción y durante el proceso de diseño buscando opciones más sostenibles.

**Ganancia en la conducción por material:** Estos son los elementos del edificio ganando la mayor energía externa a través de la conducción desde el exterior al espacio interior. Basado en el gráfico será importante el tratamiento en la construcción de las ventanas y muros. Pero ya que la estructura es principalmente de vidrio este será el factor determinante.

**Perdida en la conducción por material:** Este muestra todos los elementos del edificio perdiendo la mayoría de la energía desde el interior al exterior a través de la conducción. Dado que el edificio es un edificio dominado por carga interna, queremos liberar el calor y la conducción de los materiales al exterior del edificio. Esto es una buena práctica para esta ubicación y el tipo de proyecto.

**Red de Energía Renovable:** Este gráfico explica las diferentes fuentes de energía sostenible. Es evidente en el gráfico que la línea de base está mostrando que no hay fuentes en el diseño en esta fase y se añadirán al modelo final si el proyecto opta por utilizar paneles solares u otras fuentes de energía renovable.

**Tasa de flujo de aire:** Este gráfico muestra las fuentes de flujo de aire a través de la construcción y la fuente del flujo. Puesto que no hemos introducido la ventilación natural en el diseño, el gráfico está demostrando que el sistema mecánico tendrá que hacerse cargo de todo el intercambio de aire en el edificio.

**Fuentes de Agua anuales :** El gráfico muestra las fuentes de agua en el edificio. Se sugiere recolectar el agua y reutilizarla en el edificio.

**Uso Anual de Agua :** Esto muestra un desglose basado en la información que tenemos sobre el uso del agua en el edificio y en donde se utilizará. Basado en la gráfica debemos utilizar accesorios bajo flujo y retretes para reducir la demanda de agua en el lugar.

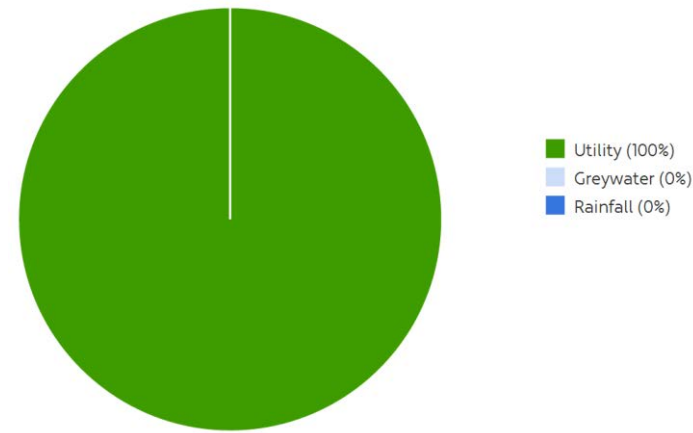
**Ganancia mensual de calor:** El gráfico determina dónde se obtienen las ganancias de calor en el edificio. Es muy claro que nuestro factor más importante en la construcción es la de proteger la fachada del sol en las áreas críticas.

**Pérdida mensual de calor:** Este gráfico está explicando las áreas del edificio que están contribuyendo a la pérdida de calor en el edificio. Ya que tenemos altas ganancias internas es bueno dejar escapar el calor del edificio.

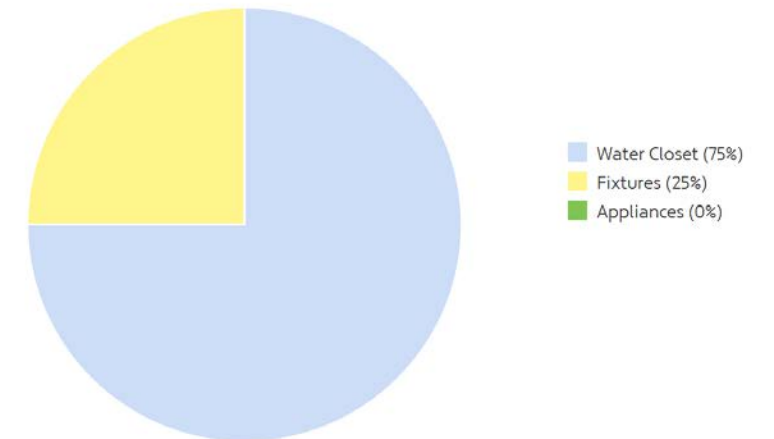
**Demanda pico de refrigeración en espacios:** Este gráfico muestra la cantidad de energía que se dedicará en el edificio para enfriar los espacios acondicionados. En el gráfico podemos ver que el edificio está mayormente dominado por enfriamiento durante todo el año.

**Demanda pico de calefacción en espacios:** El gráfico muestra la cantidad de energía que se dedicará en el proyecto para la calefacción de los espacios acondicionados. Basados en la gráfica, hay una cantidad tan mínima de calefacción de espacio en el edificio que sólo nos centraremos en la refrigeración para el propósito del análisis bioclimático.

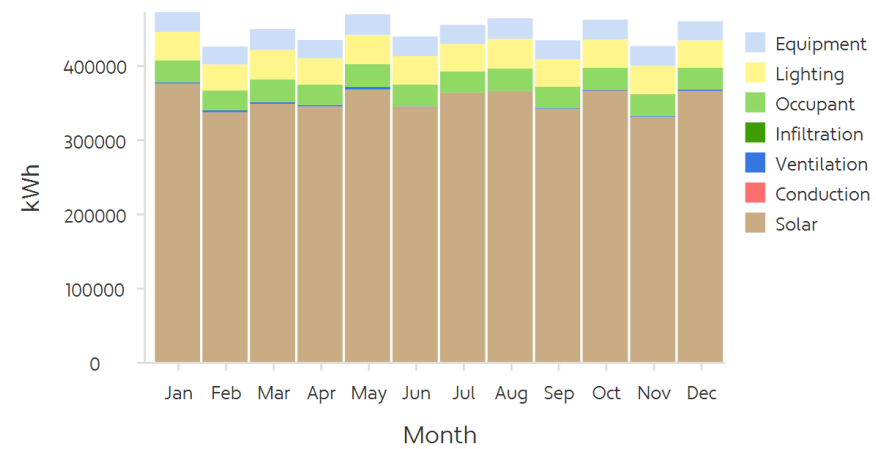
Annual Water Sources (m³)



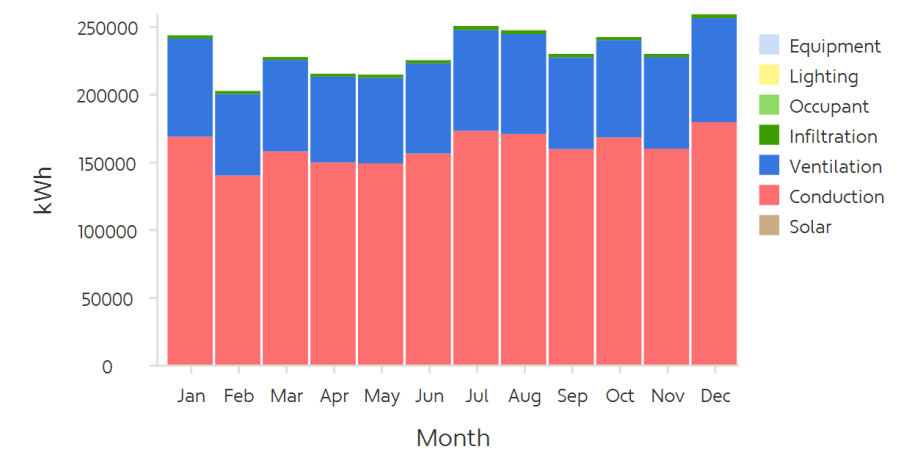
Annual Water Use (m³)



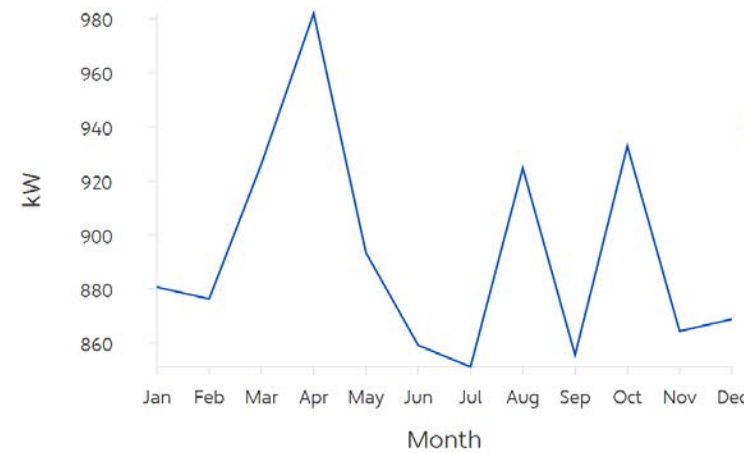
Monthly Heat Gain (kWh)



Monthly Heat Loss (kWh)



Peak Space Cooling Demand (kW)



Peak Space Heating Demand (kW)



## Diseño Conceptual: 2.2 Probar y Comparar Opciones de Diseño



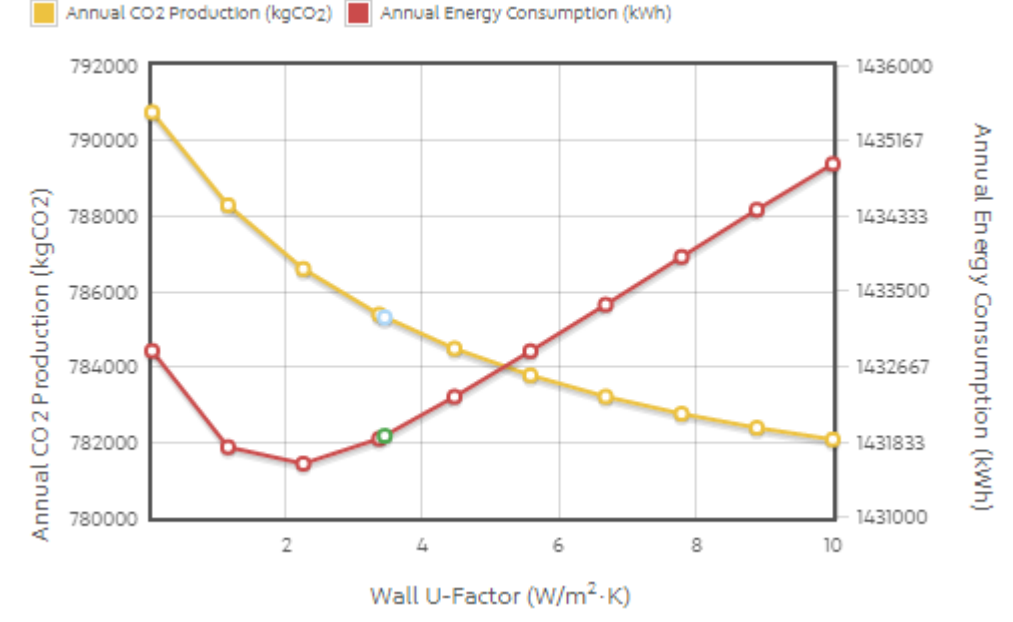
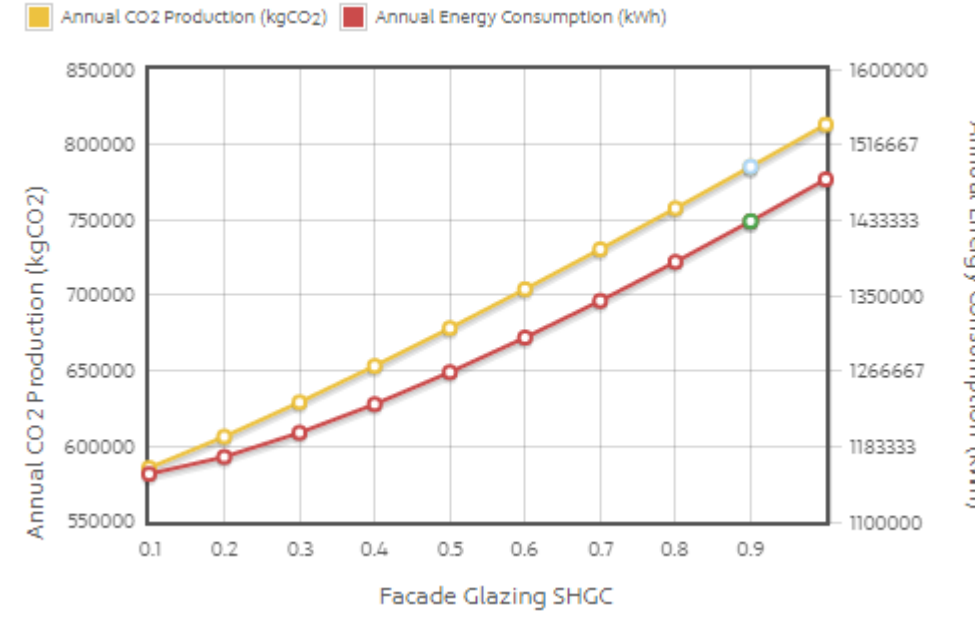
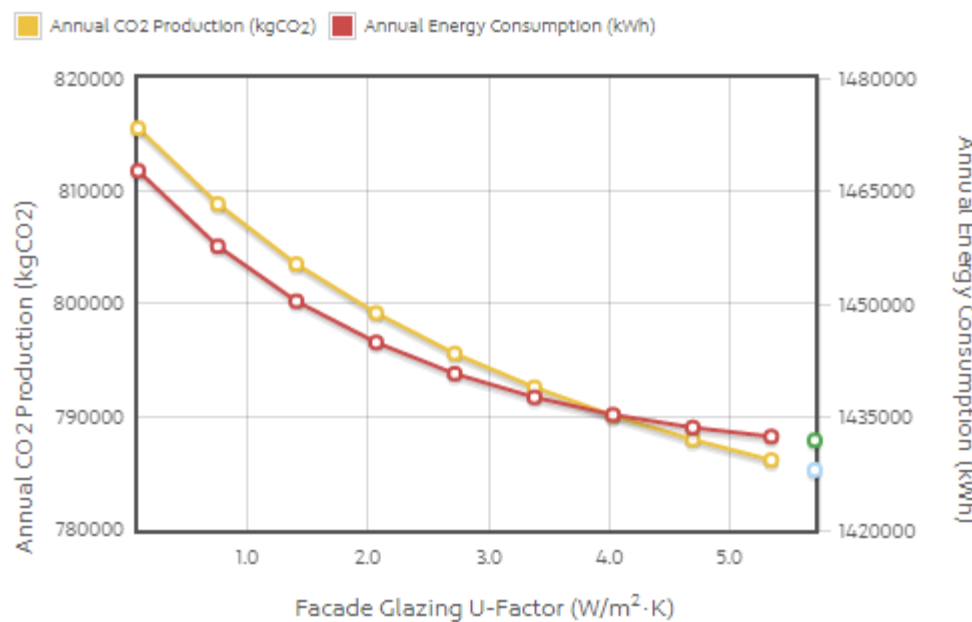
# Refinar Diseño y Dispocisión

Como resultado de estas iteraciones, ECOPHI va a entender los parámetros de accionamiento el rendimiento del diseño y comenzará a refinar la forma general, la materialidad y el diseño funcional del edificio. ECOPHI probará forma e interiores diseños conceptuales generales para determinar los parámetros de diseño a impulsar el rendimiento. Para crear los diseños de eficiencia energética edificables y exitosas más rentables, es mejor si los arquitectos, ingenieros, dueño, y equipo de construcción trabajan juntos durante esta fase temprana. Al final de esta fase, cuando las decisiones de diseño comienzan a ponerse más difíciles de cambiar, la buena colaboración puede asegurarse de que está alineado en la dirección general más prometedor.

Los espacios se han definido sobre todo para el uso y el tipo de ocupación. Algunos cambios casi siempre van a ocurrir pero la forma & la función global del edificio estarán en su lugar. Después de un análisis de los espacios adyacentes y no funcionales hemos determinado los mejores escenarios posibles para las estrategias bioclimáticas para la estructura a funcionar.

El equipo de diseño trabajó durante este tiempo para asegurarse de que todas las áreas en el proyecto estuvieran conforme a las necesidades de los clientes. Una vez que todos los requisitos fueran reunidos, era importante asegurar que toda la ventilación natural y las estrategias control solar estuvieran bien realizados para el correcto funcionamiento del edificio.

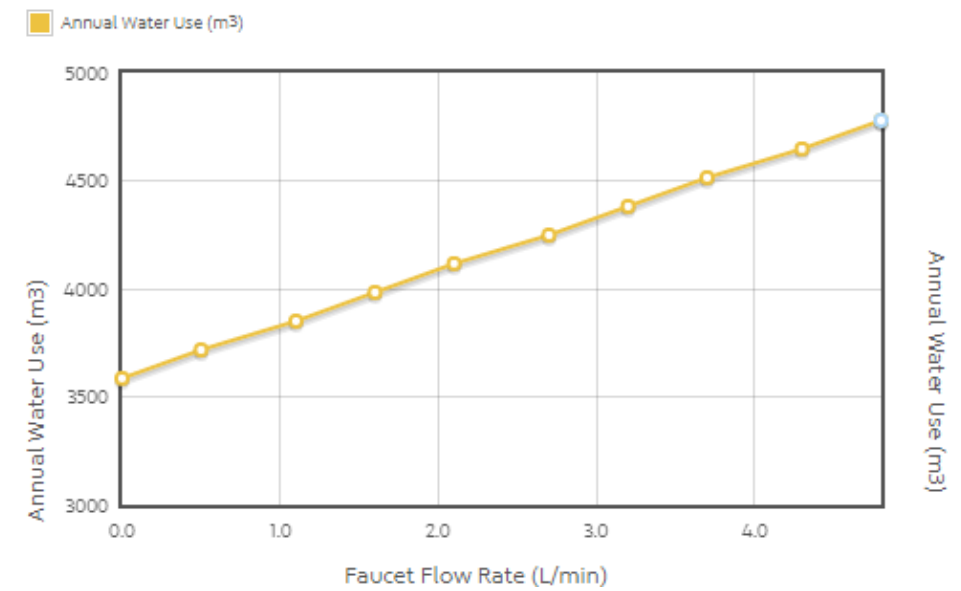
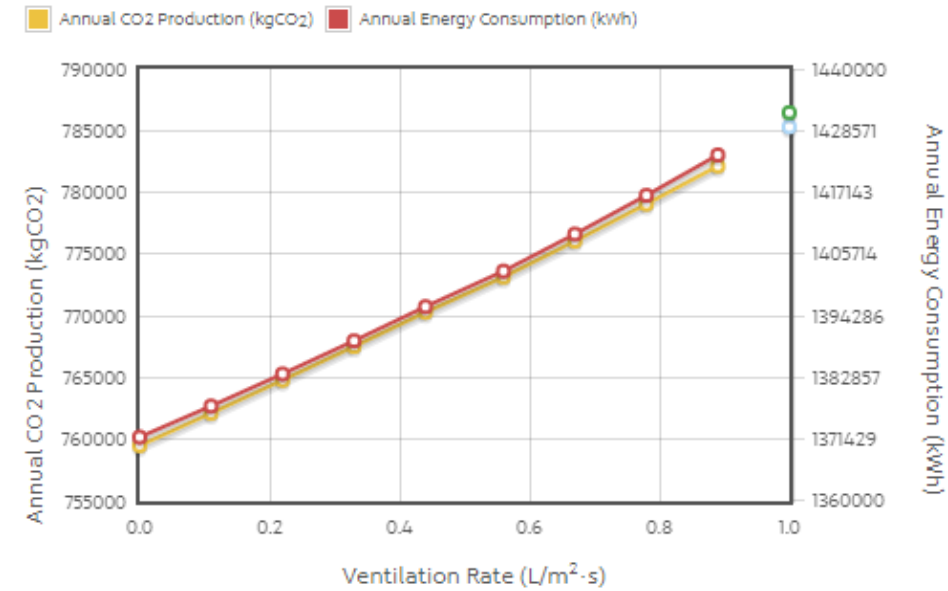
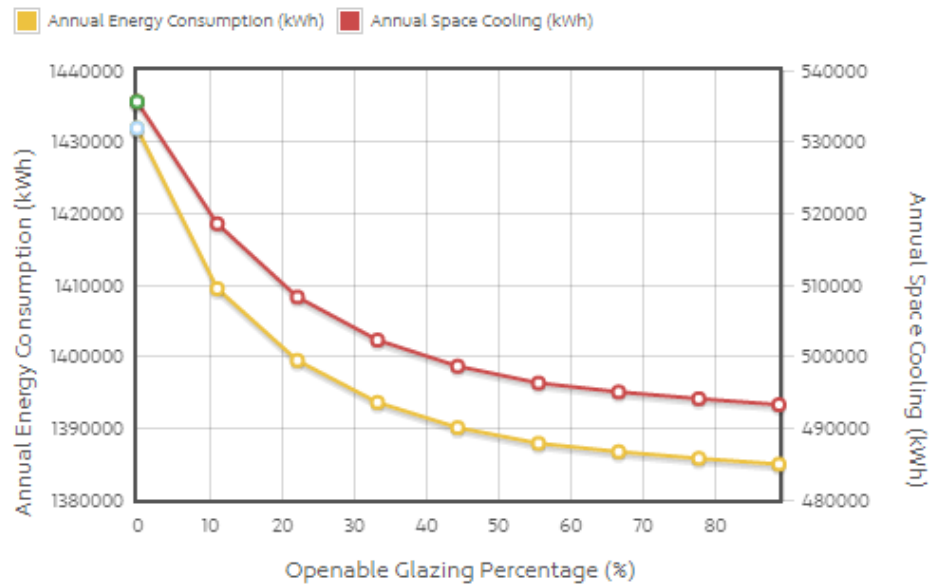
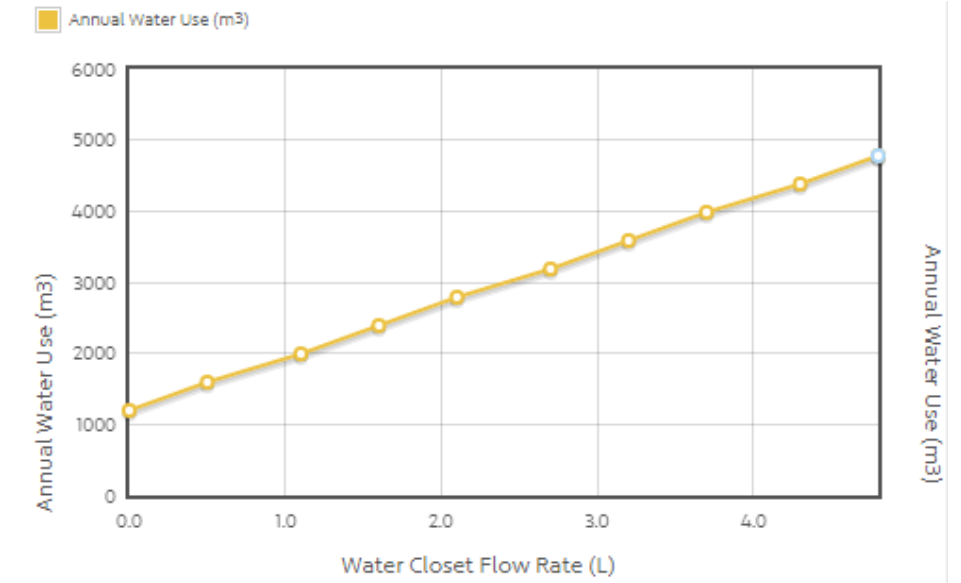
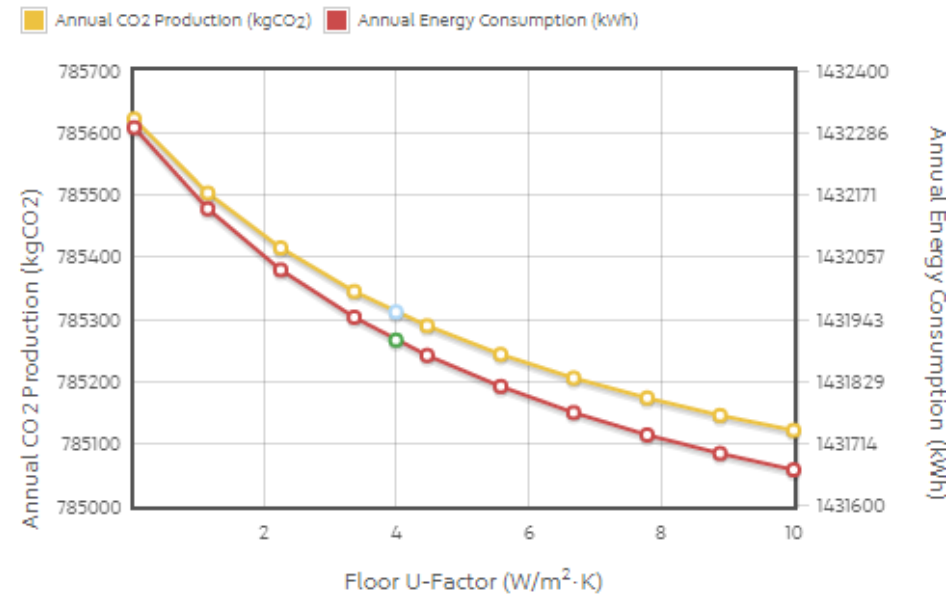
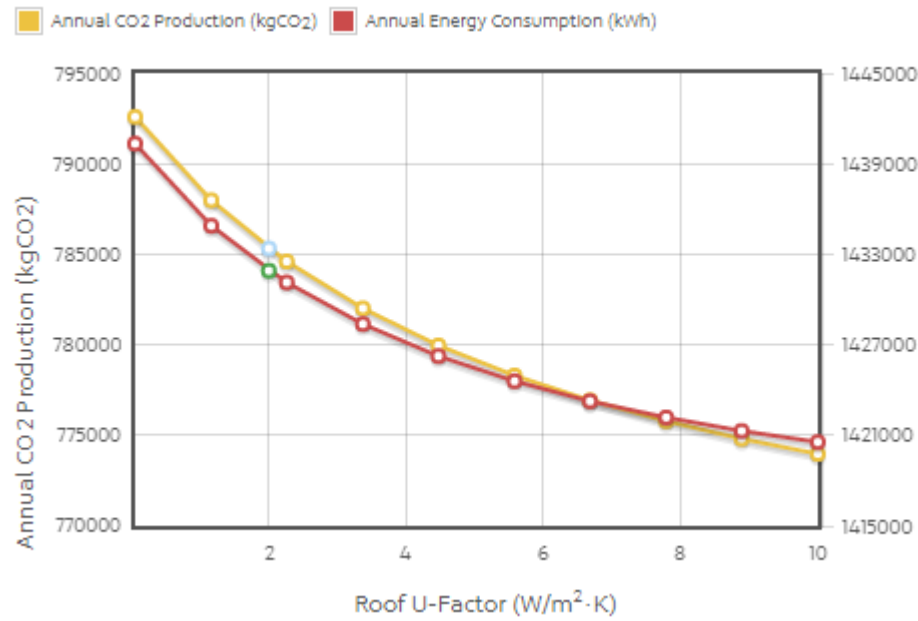
Las siguientes gráficas muestran los efectos de la construcción que están causando el mayor efecto en el diseño. Se ha determinado que la ganancia solar es el tema más importante para abordar en el diseño del edificio. Es importante señalar que el aislamiento del edificio tiene un efecto negativo en las operaciones y el costo inicial. El edificio siendo muy dominado por enfriamiento desde cargas interiores y ganancias solares, ha sido determinado para permitir la salida del calor, no por aislar el glaseado o la fachada, sino utilizando un bajo SHGC en el acristalamiento para disminuir la carga de enfriamiento debido a las ganancias solares. Cada gráfico simula el uso de diferentes opciones para el proyecto y ayudará a determinar las opciones más viables a través de los datos.



## Diseño Conceptual: 2.3 Refinar Diseño y Layout del Edificio



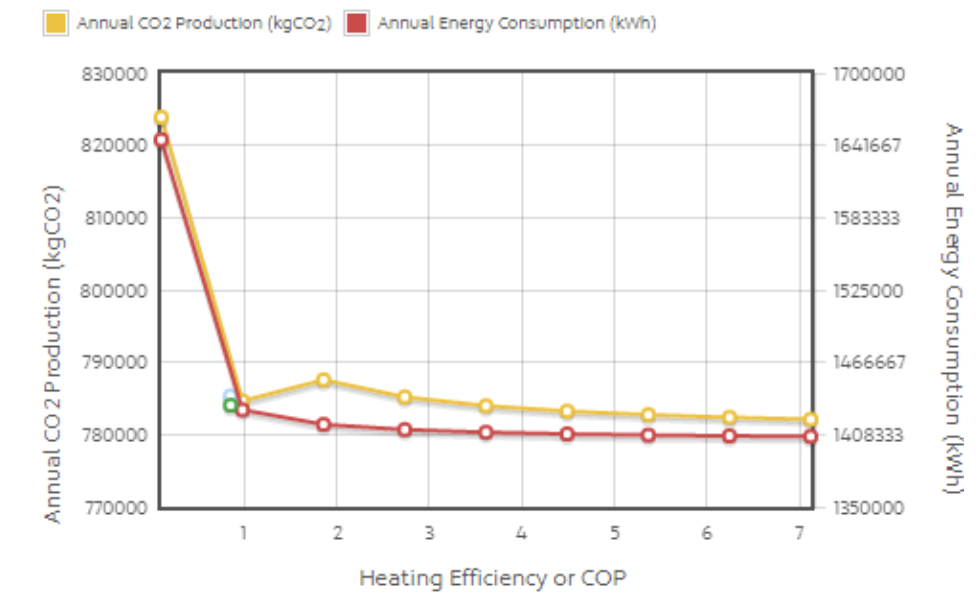
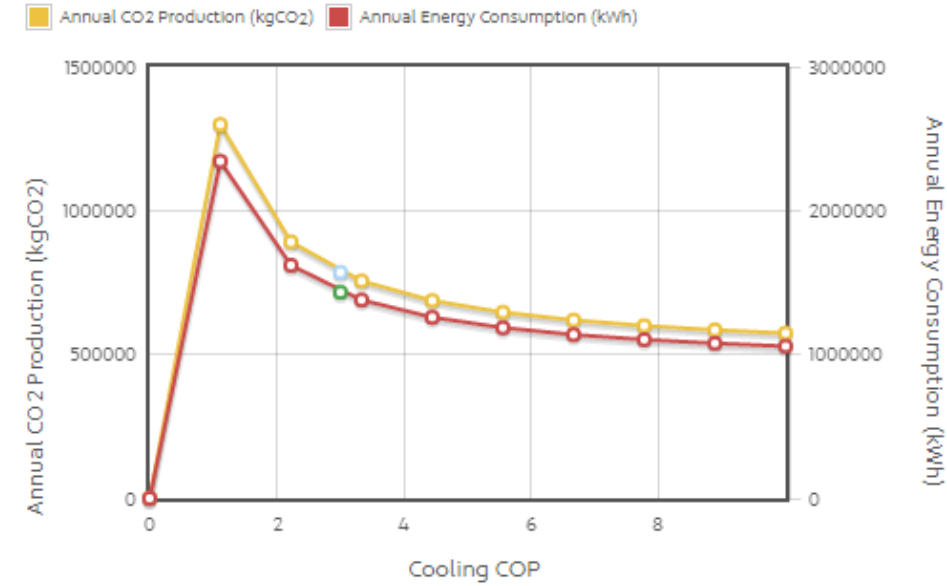
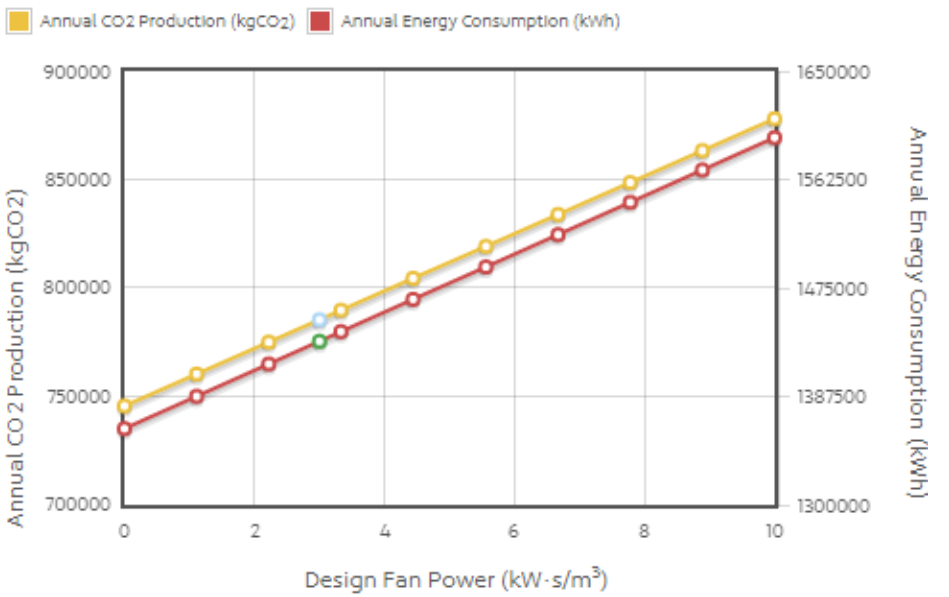
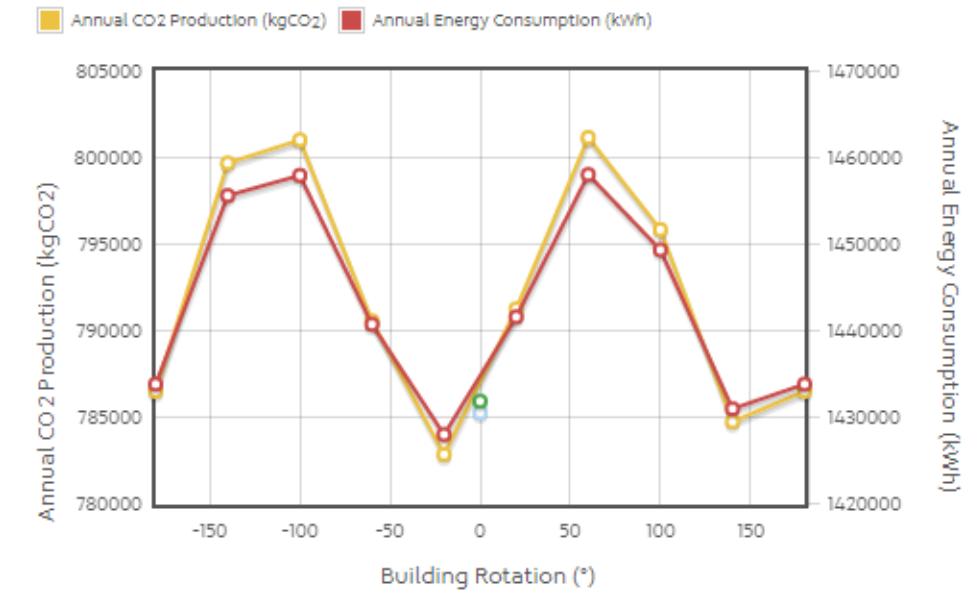
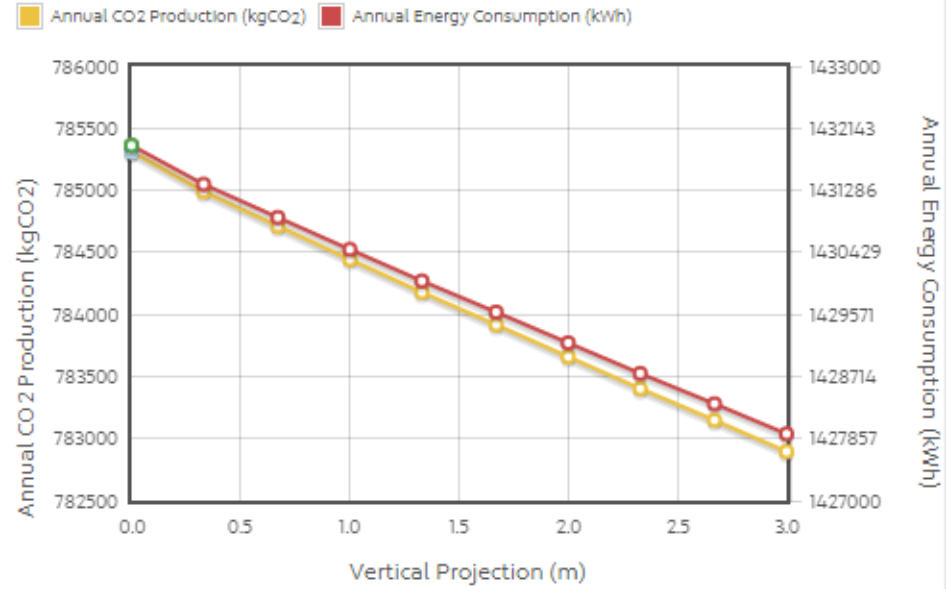
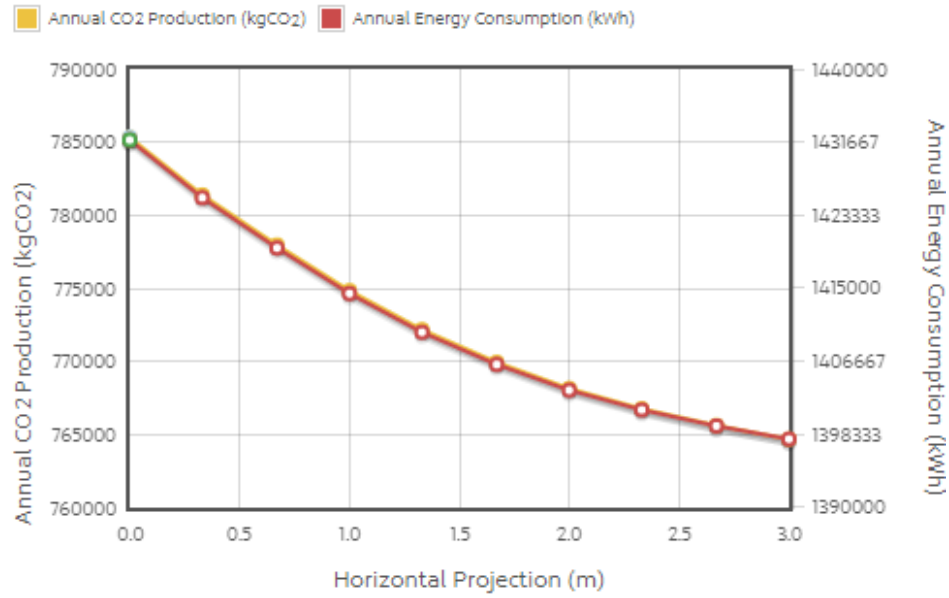
# Refinar Diseño y Dispocisión



## Diseño Conceptual: 2.3 Refinar Diseño y Layout del Edificio



# Refinar Diseño y Dispocisión



## Diseño Conceptual: 2.3 Refinar Diseño y Layout del Edificio



# Materiales

Una vez que se suman en una dirección general de diseño, ECOPHI refinará todo el diseño del edificio, centrándose más en los detalles de los materiales, espacios, sistemas de construcción y sistemas mecánicos.

## MATERIALES:

La selección del material para el diseño sostenible puede ser un proceso desalentador debido a la falta de regulación de los mercados y el material de lavado verde. Greenwashing es la práctica de hacer una reclamación infundada o engañosa sobre los beneficios ambientales de un producto, servicio, tecnología o práctica de empresa. Greenwashing puede hacer que una empresa parezca ser más ecológico de lo que realmente es. Ha sido la misión de Ecophi analizar a fondo la selección de los materiales a través del conocimiento y la experiencia de lo que es un producto sostenible cierto. Desde Ecophi no es el arquitecto de este proyecto nuestro papel sino es dar consejos sobre materiales seleccionados por el cliente y el arquitecto para evaluar y dar consejos sobre dichos productos. Una vez que se presentan los materiales que serán evaluados en base a los siguientes criterios.

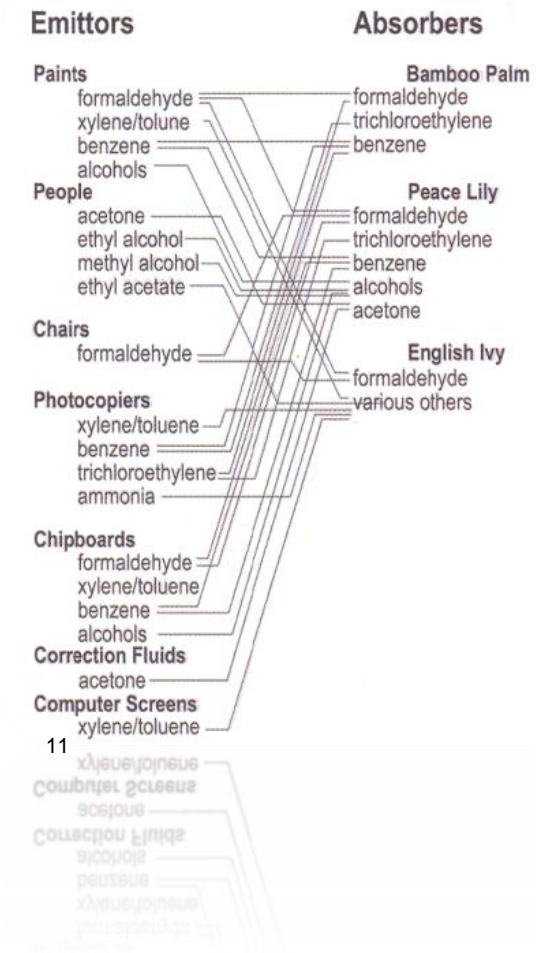
### Criterios de análisis:

- A. Distancia de transporte Proyecto
- B. Energía Incorporada
- C. Contenido reciclado, pre-consumo y post-consumo
- D. Instalación Contenido de COV

El encuentro Arquitectos y ECOPHI y discutió este criterio e hizo sugerencias sobre las opciones de materiales para el proyecto y les informó sobre cómo incorporar este criterio en sus especificaciones para asegurar las decisiones correctas se hacen durante la construcción. Es la responsabilidad del propietario mantener el contratista informó de que estas especificaciones para los materiales de construcción se siguen en toda la construcción.

Se recomienda hacer referencia a la tabla de la derecha, la cual refleja los requisitos para los proyectos LEED y así obtener créditos para el uso de bajo contenido de COV en selladores, pinturas, y Recubrimientos. Esto se encuentra generalmente en una hoja cortada producto o MSDS.

A continuación se presenta una tabla con plantas que son útiles al momento de absorber químicos en el ambiente. Se recomienda el uso de alguna de estas alternativas durante el inicio de operación del edificio dado a que habrá una alta cantidad de químicos en el edificio (pegantes, pinturas, sellantes, etc).



**IEQc4.1 LOW-EMITTING MATERIALS—ADHESIVES AND SEALANTS REQUIREMENTS**  
All adhesives and sealants must comply with South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule #1168 limits for volatile organic compounds (VOCs) limits, as listed below.

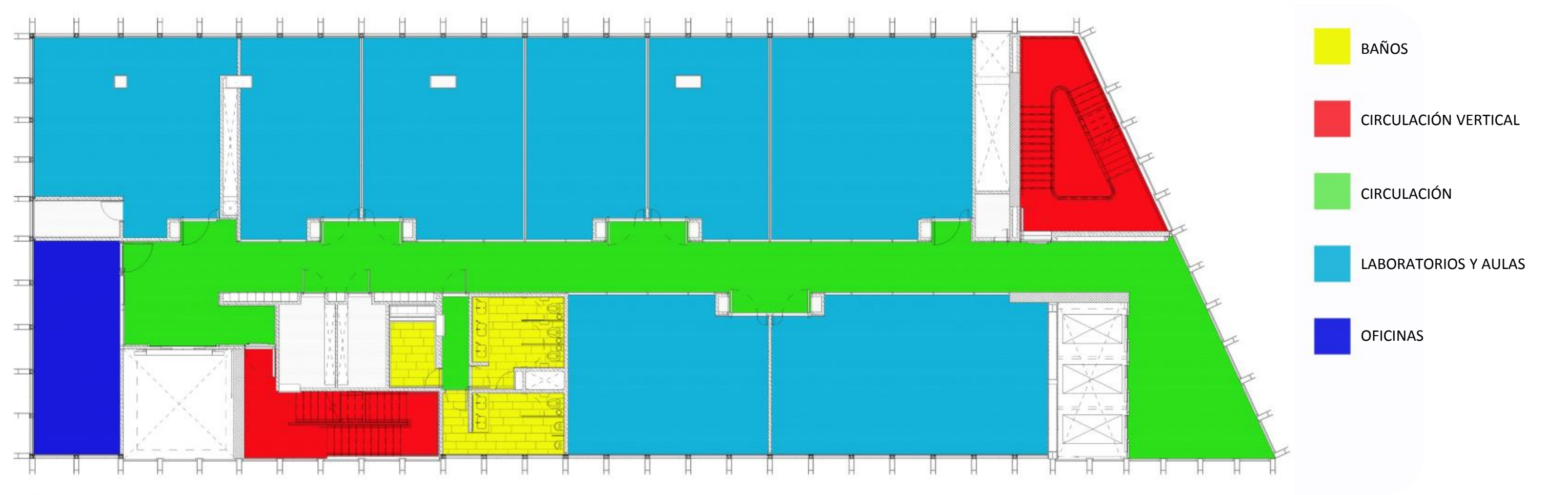
Architectural Applications	VOC Limit (g/L less water)
Indoor carpet adhesives	50
Carpet pad adhesives	50
Wood flooring adhesives	100
Rubber floor adhesives	60
Subfloor adhesives	50
Ceramic tile adhesives	65
VCT & asphalt adhesives	50
Drywall and panel adhesives	50
Cove base adhesives	50
Multipurpose construction adhesives	70
Structural glazing adhesives	100
<b>Specialty Applications</b>	
PVC welding	510
CPVC welding	490
ABS welding	325
Plastic cement welding	250
Adhesive primer for plastic	550
Contact adhesive	80
Special purpose contact adhesive	250
Structural wood member adhesive	140
Sheet applied rubber lining operations	850
Top and trim adhesive	250
<b>Substrate-Specific Applications</b>	
Metal to metal	30
Plastic forms	50
Porous material (except wood)	50
Wood	30
Fiberglass	80
<b>Sealants</b>	
Architectural	250
Nonmembrane roof	300
Roadway	250
Single-ply roof membrane	450
Other	420
<b>Sealant Primers</b>	
Architectural non-porous	250
Architectural porous	775
Other	750
Aerosol Adhesives must comply with Green Seal Standard for Commercial Adhesives GS-36 requirements in effect on October 19, 2000.	
<b>Aerosol Adhesives VOC Limit</b>	
General purpose mist spray	65% VOCs by weight
General purpose web spray	55% VOCs by weight
Special purpose aerosol adhesives (all types)	70% VOCs by weight

12



# Espacios

Los espacios se han definido sobre todo para el uso y el tipo de ocupación. Algunos cambios casi siempre van a ocurrir, pero la forma general y la función del edificio estará en su lugar. Después de un análisis de los espacios adyacentes y la función hemos determinado los mejores escenarios posibles hacia la estructura para que funcione correctamente. Hemos recomendado que la mayoría de los laboratorios de uso intensivo de energía se encuentren en la fachada norte del edificio para evitar las altas ganancias solares de las fachadas sur y oeste y protegerlas con dispositivos de protección solar exterior. El pasillo de circulación sirve como un espacio con ventilación natural a través del centro del edificio sirven los baños para el flujo de aire necesario requerido para extraer el aire fuera del edificio. Las escaleras de emergencia se incorporan a la ventilación natural que sirve como área de ventilación para ayudar a promover el tipo de cambio de aire en el diseño del edificio. El área de la oficina debe ser capaz de ser controlado manualmente para garantizar que los ocupantes puedan ajustar el nivel de comodidad en el espacio de trabajo para manipular el deslumbramiento y calidad de la luz natural.



# Construcción y Sistemas Mecánicos

## SISTEMA MECÁNICO:

El sistema que fue diseñado por Oscar Villamizar es un Sistema de refrigeración evaporativo avanzado que es muy eficiente, pero requiere cuidado especial para asegurar al edificio se lleva a cabo correctamente debido a los requisitos de los sistemas con el diseño de la fachada para que funcione correctamente. Considerando que la fachada es en su mayoría de cristal es el reto garantizar que el sistema funcione correctamente. Sobre la base de los requisitos de Oscar para el sistema de la fachada que debe controlar el Coeficiente de sombra a 0,24 o por debajo para operar con eficacia.

Ventajas del sistema a los sistemas HVAC convencionales

Menos costoso al instalar:

El costo estimado para la instalación es aproximadamente la mitad que la de aire acondicionado central refrigerado.

Menos costoso de operar:

Coste estimado de la operación es de 1/8 de la del aire refrigerado.

El consumo de energía se limita a la bomba de ventilador y agua. Debido a que el vapor de agua no se recicla, no hay compresor que consume la mayor parte de la potencia en la refrigeración de ciclo cerrado.

El refrigerante es agua. No hay refrigerantes especiales, como el amoníaco, dióxido de azufre o CFC, se utilizan aunque podría ser tóxico, costosos de reemplazar, contribuyen al agotamiento del ozono y / o estar sujetos a licencias estrictas y regulaciones ambientales.

Facilidad de mantenimiento:

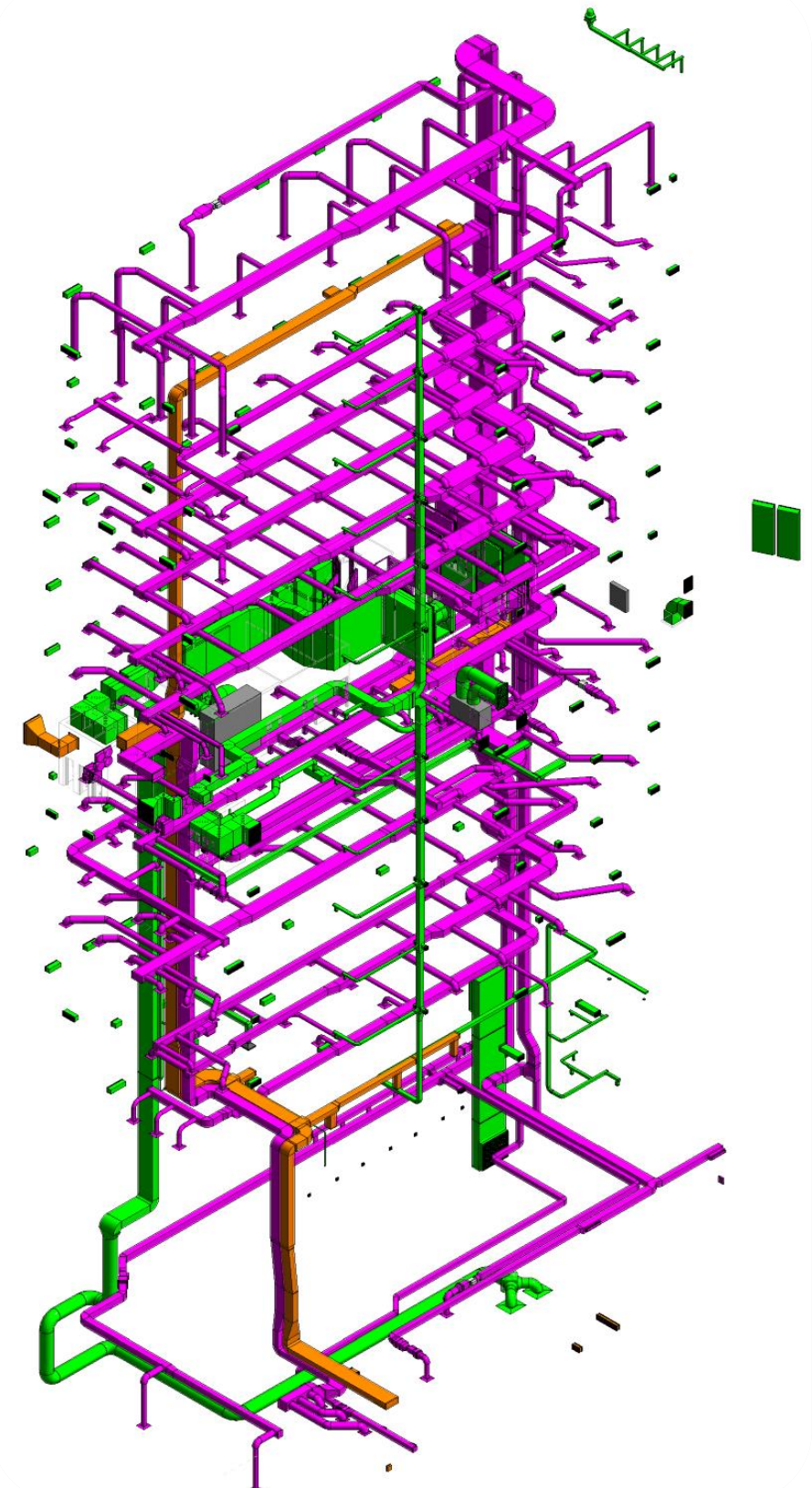
Las dos únicas partes mecánicas en la mayoría de los enfriadores evaporativos básicos, son el motor del ventilador y la bomba de agua, ambos de los cuales puede ser reparado a bajo costo y con frecuencia por un propietario mecánicamente inclinado.

Ventilación de aire:

La tasa de flujo volumétrico frecuente y alto de aire que viaja a través del edificio reduce el "aire-edad de" en el edificio de forma espectacular.

El enfriamiento por evaporación aumenta la humedad. En climas secos, esto puede mejorar el confort y reducir los problemas de electricidad estática.

La almohadilla en sí actúa como un filtro de aire en vez eficaz cuando el mantenimiento adecuado; que es capaz de eliminar una variedad de contaminantes en el aire, incluyendo ozono urbano causados por la contaminación, independientemente de tiempo muy seco. Sistemas de refrigeración a base de Refrigeración pierden esta capacidad cuando no hay suficiente humedad en el aire para mantener el evaporador húmedo mientras que proporciona un goteo frecuente de condensación que lava las impurezas disueltas eliminan del aire. <sup>[A]</sup>



# Construcción y Sistemas Mecánicos

## SISTEMA DE PLOMERÍA:

Se recomienda el uso de s accesorios de plomería eficientes para ahorrar una cantidad considerable de agua potable en el edificio. Si usted sigue las directrices en la figura de la derecha, el edificio puede ahorrar hasta un 65% en el uso del agua para el edificio.

El uso de la recolección de agua de lluvia podría ahorrar una cantidad considerable del uso del agua en el edificio y podría ser utilizado para la descarga de los inodoros y el riego de las paredes verdes. Se sugirió al principio del proyecto, pero no se ha incorporado en el diseño.

Utilice eficiencia "calentadores de agua instantáneos" altos para las duchas y otras necesidades de agua caliente.

## SISTEMAS DE ILUMINACIÓN:

Se recomienda el uso de la iluminación LED de la estructura para asegurar un bajo consumo de energía, donde es posible.

Utilice sensores de ocupación y LUX en todas las habitaciones para garantizar luces no se dejen prendidas cuando no es necesario y que la iluminación adecuada sea disponible en cada espacio. Es sumamente importante incorporar esto en tecnología de construcción inteligente con el sistema de sombreado exterior y cortinas de enrollar de interiores para asegurar la iluminación adecuada y la reducción de los reflejos.

Es muy recomendable para cualquier tipo de iluminación al aire libre instalado para tener una capacidad de baja contaminación lumínica. Esto se logra teniendo artefactos de iluminación completa de corte. Accesorios completos de corte brillar la luz hacia abajo en el suelo y evitan que la luz brille irreflexivamente a través de líneas de propiedad o derrochador arriba en el cielo nocturno.

## SISTEMAS ELÉCTRICOS:

En cualquier parte del nuevo equipo de la construcción es para ser instalado, se recomienda elegir productos de eficiencia energética si es posible. Este es un enlace a algunos sitios que tienen buenas recomendaciones para oportunidades eléctricas y ahorrar en el diseño de los sistemas eléctricos.

[http://www.electrical-installation.org/enwiki/Energy\\_Efficiency\\_in\\_electrical\\_distribution](http://www.electrical-installation.org/enwiki/Energy_Efficiency_in_electrical_distribution)

## LEED v4: Water Efficiency

### Prereq 2 Indoor Water Use Reduction Baseline

Commercial Fixtures, Fittings, and Appliances	Current Baseline
Water closets (toilets)*	1.6 gallons per flush (gpf)
Urinal*	1.0 (gpf)
Public lavatory (restroom) faucet	0.5 gpm at 60 psi (all others except private applications)
Private lavatory faucet*	2.2 gpm at 60 psi
Kitchen faucet (excluding faucets used exclusively for filling operations)	2.2 gpm at 60 psi
Showerhead*	2.5 gpm at 80 psi per shower stall

\* WaterSense label available for this product type.

Figura 1

## CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS DE ILUMINACIÓN A TRAVÉS DE DIFERENTES FUENTES

	LED	INCANDESCENTE	FLUORESCENTE	HALÓGENO
Costo inicial	150	5	40	15
Vida útil	50000	500	1000	500
Costo de energía por hora	0.0095	0.19	0.068	0.095
Costo Inicial/vida útil	0.003	0.05	0.04	0.03
Costo inicial/vida útil/costo de energía por hora	.315	.26	.588	.315

Figura 2

# Análisis Detallado de Fachadas

Durante esta fase ECOPHI comenzará la resolución de problemas y el estudio de los detalles de los conceptos de diseño suplentes elegidos en la etapa de diseño conceptual. ECOPHI ayudará a elementos de diseño como los detalles de la fachada, el diseño de los espacios interiores y la iluminación, a continuación, utiliza esta información para informar análisis energético de todo el edificio más detallada

La fachada de la Facultad de laboratorios se ha analizado en BIM para encontrar el diseño más óptimo para el proyecto y así satisfacer las necesidades del diseño arquitectónico y requisitos mecánicos. A través de los siguientes cálculos y consideraciones de diseño el análisis da información crítica para tomar decisiones educadas sobre cómo optimizar las condiciones ambientales que se presentan en el sitio del proyecto en base a la ganancia solar, ángulos solares, la orientación y dirección del viento.

## CÁLCULO DE RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE:

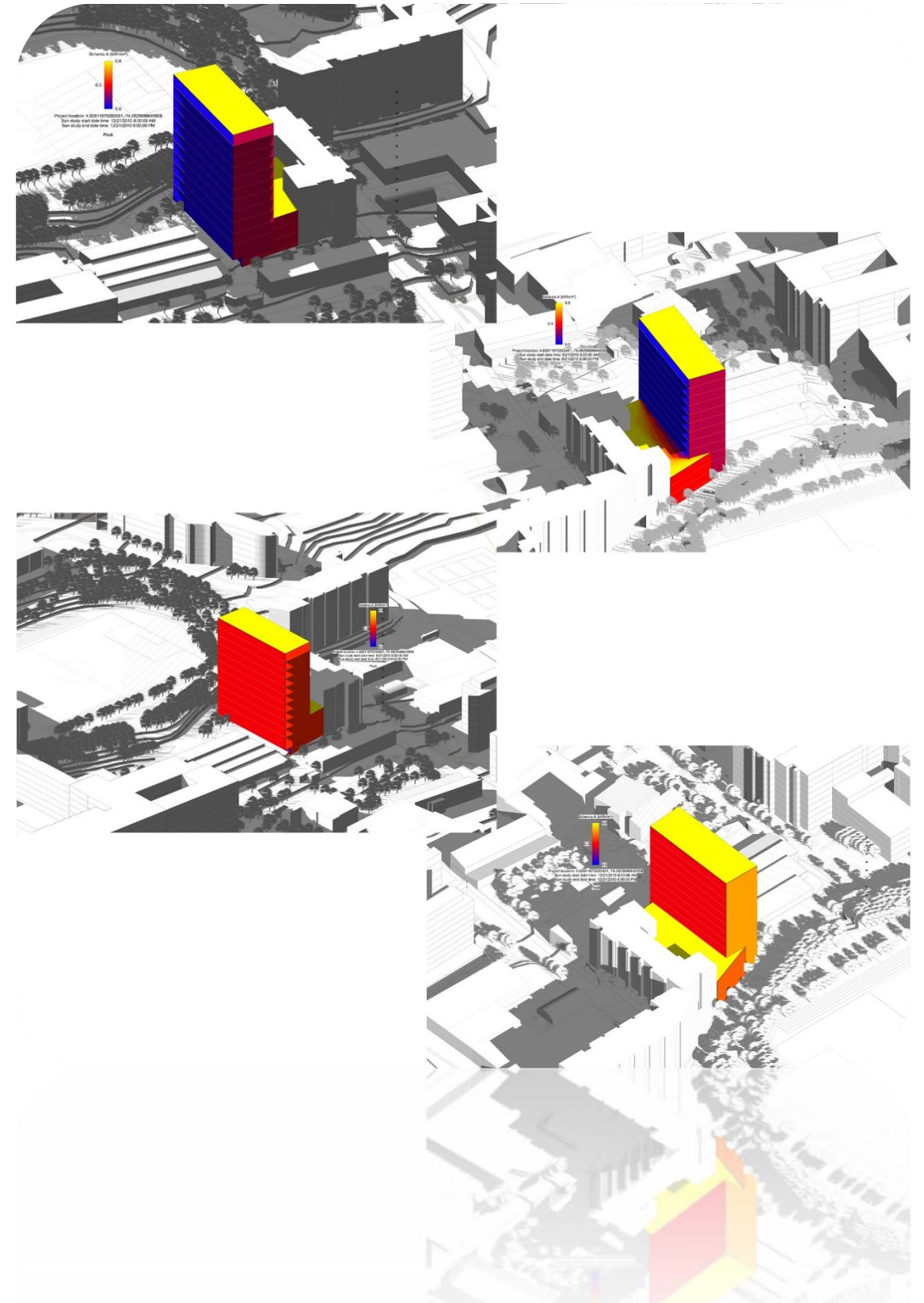
Resumen- La predicción de la cantidad de radiación solar que incide sobre una superficie es de la mayor importancia en varias aplicaciones de ingeniería. Sólo para nombrar unos pocos cálculos, la radiación solar es fundamental durante el diseño de tecnologías tales como: colectores de concentración, dispositivos de almacenamiento de energía solar, calentadores solares, y sistema fotovoltaicos. Además, las estimaciones de radiación solar son importantes en los estudios de energía de edificios, ya que durante el cálculo de la carga de refrigeración para sistemas de aire acondicionado es necesario estimar la radiación incidente sobre este para dimensionar adecuadamente el sistema.

Palabras clave- Radiación directa, Radiación difusa. Radiación reflejada, factor de sombra

La cantidad de radiación solar que incide sobre una superficie depende de diferentes factores tales como la ubicación del sol en el cielo, la claridad de la atmósfera así como sobre la naturaleza y la orientación de la superficie incidente. Las sombras causadas por los techos, aletas, edificios, árboles y otro tipo de elementos junto a la superficie, reducen la radiación solar directa y por lo tanto dichas sombras deben ser considerados durante el cálculo de la energía que incide sobre la superficie. Al principio de este trabajo se discutirán los fundamentos de la energía solar.

## RADIACIÓN SOLAR:

La radiación solar es la energía radiante emitida por el sol a partir de una reacción de fusión nuclear que crea la energía electro- magnética. El espectro de la radiación solar es cercana a la de un cuerpo negro con una temperatura de aproximadamente 5800 K. Alrededor de la mitad de la radiación está en la parte visible del espectro electromagnético. El otro medio se encuentra principalmente en la franja del infrarrojo cercano, con algunas en la parte ultravioleta del espectro.



# Análisis Detallado de Fachadas

## FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE LA IRRADIACIÓN SOLAR:

Parte de la energía incidente es dispersada y absorbida por las moléculas de aire, las nubes y otras partículas en la atmósfera.

- ✓ La radiación que no se refleja o dispersa y alcanza la superficie directamente se llama irradiación directa  $G_d$
- ✓ La radiación dispersa que llega a la tierra se llama irradiación difusa  $G_b$ .
- ✓ Parte de la radiación se refleja desde el suelo sobre el receptor, esto se llama irradiación reflejada (o albedo).  $G_r$
- ✓ La irradiación total (o global)  $G_t$  que golpea la superficie incidente es la suma de estos tres componentes.

La cantidad de radiación también es fuertemente dependiente de las longitudes de la trayectoria de los rayos a través de la atmósfera (masa de aire). La masa de aire por la que los rayos del sol tienen que pasar hasta que chocan con la superficie es por la mañana o por la noche presenta su valor más elevado y lo cual causa que la irradiación sea mucho menor que en el momento del mediodía. Así que la influencia de la masa de aire también está en coherencia con la ubicación del sol en el cielo.

En síntesis, los factores que pueden afectar la radiación sobre una superficie son los siguientes.

- I. Efectos de la atmosfera y la tierra
- II. Posición de cielo en el cielo
- III. Propiedades y orientación de la superficie

North	Mar. 21	Jun. 21	Sept. 23	Dic. 22
Min	11.60	14.64	11.60	11.60
3:00 PM	11.60	15.01	11.60	11.60
Max	39.98	65.80	40.60	11.60

South	Mar. 21	Jun. 21	Sept. 23	Dic. 22
Min	11.60	11.60	11.60	23.38
3:00 PM	19.19	11.60	18.80	44.56
Max	46.54	11.60	45.94	71.92

West	Mar. 21	Jun. 21	Sept. 23	Dic. 22
Min	11.60	11.60	11.60	11.60
3:00 PM	43.99	47.00	44.03	40.53
Max	74.49	74.21	74.49	74.83

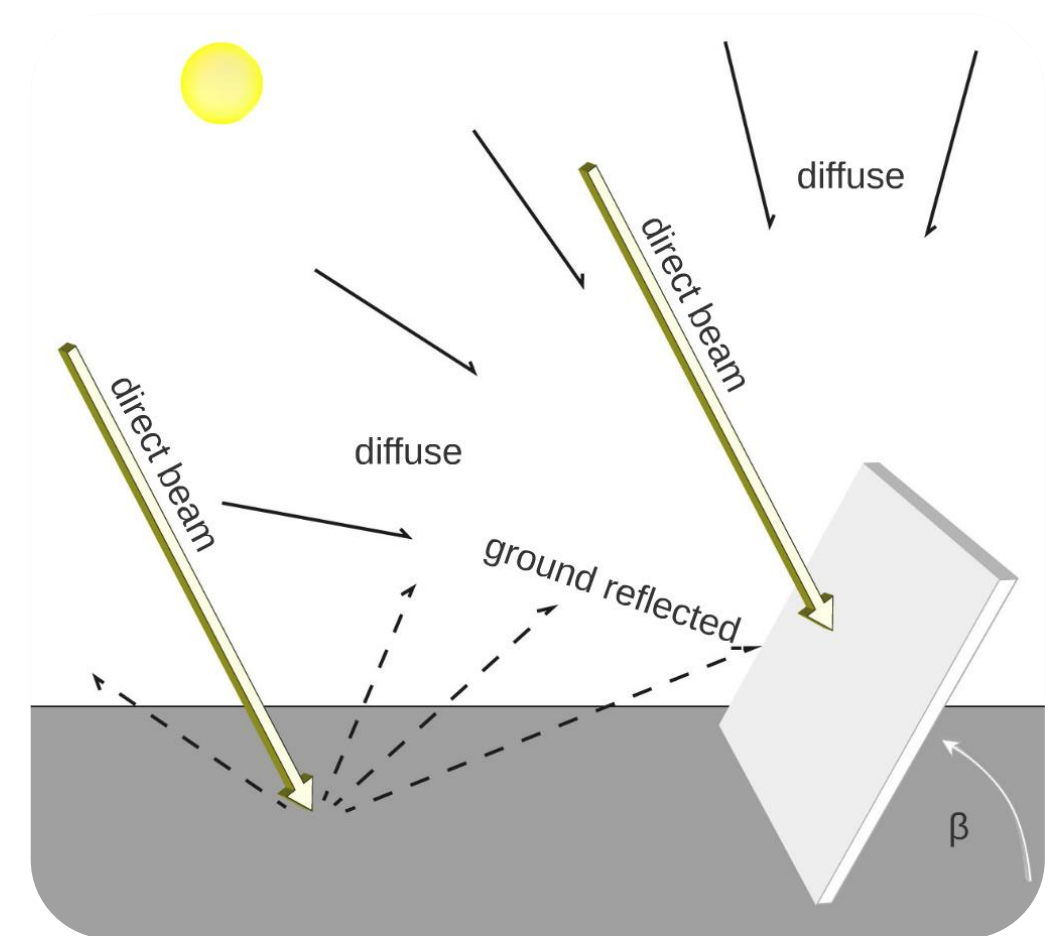


Figura 1. Componente de radiación Total

# Análisis Detallado de Fachadas

## EFFECTOS ATMOSFÉRICOS:

Los procesos que afectan la radiación solar corresponden a la dispersión, absorción y reflexión. La reflexión ocurre tanto en la atmosfera como en la superficie de la tierra, la reducción de la intensidad de la radiación solar depende de la composición atmosférica (nubosidad, polvo, presión atmosférica y humedad). La dispersión se debe principalmente a la presencia de moléculas de aire y vapor de agua. Este proceso vuelve aproximadamente el 6% de la radiación incidente al espacio, y aproximadamente 20 % de la radiación incidente alcanza la superficie de la Tierra. La absorción se debe principalmente a las moléculas de ozono presentes en la atmosfera. Las moléculas de ozono se encargan de absorber la radiación presente en la región ultravioleta de espectro, este efecto es tan intenso que se filtran las longitudes de onda menores a  $0.3 \mu\text{m}$  lo cual reduce entre un 3% a 14% la intensidad de la radiación que llega a la superficie.

## POSICIÓN DEL SOL:

La posición del sol respecto a la superficie es función del día del año, la hora además de las coordenadas geográficas (latitud y longitud). El primer ángulo necesario para describir la posición del sol se denomina ángulo de declinación, como se observa en la figura 2, este ángulo varía entre  $-23.45^\circ$  y  $23.45^\circ$  a lo largo del año, para este trabajo se utilizó la aproximación de Spencer y la ASHRAE obteniendo los siguientes resultados para el año 2015.

Una vez calculado el ángulo de declinación es necesario describir la superficie de incidencia respecto a la posición del sol, para esto es necesario emplear los ángulos que se observan en la figura 4, el cálculo de dichos ángulos se realizó empleando la norma presente en la ASHRAE Handbook of fundamentals American society of heating, Refrigeration and air conditioning Engineers.

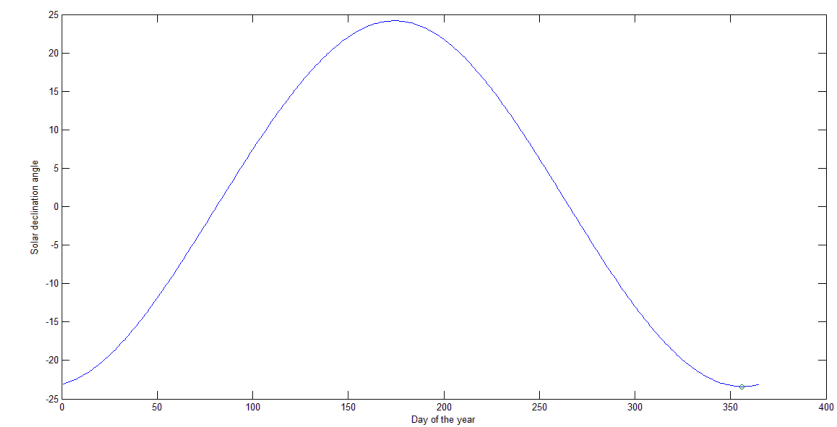


Figura 2 Ángulo  $\delta$  calculado para un año

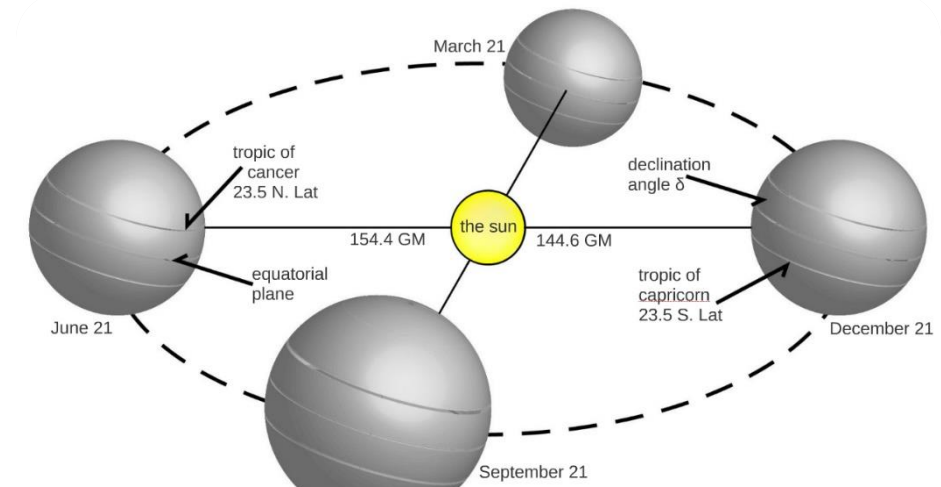


Figura 3. Ángulo de declinación

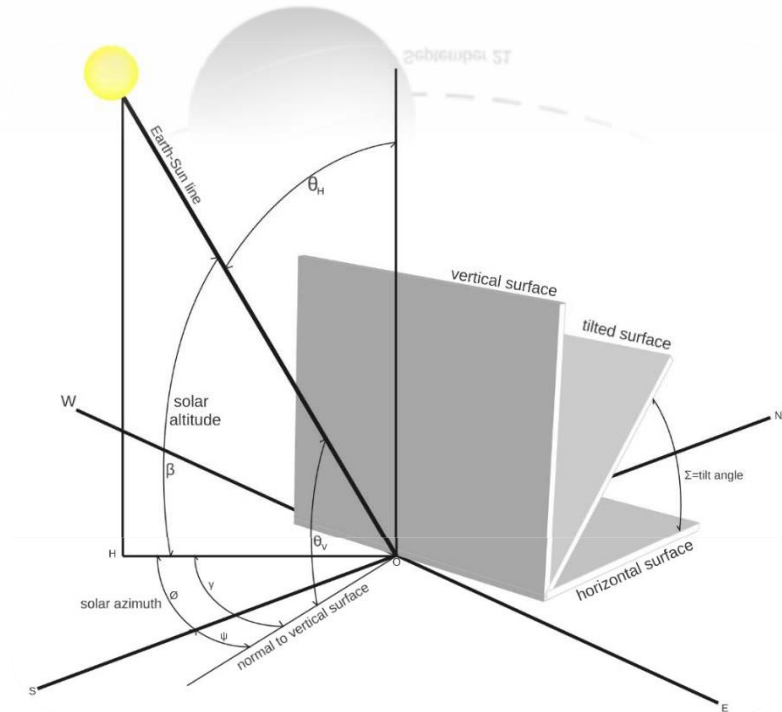


Figura 4. Superficie respecto al sol

# Análisis Detallado de Fachadas

## CÁLCULO Y ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR:

El siguiente estudio se lleva en los principales días del año (Diciembre 22, Junio 21, Marzo 21 y Septiembre 23) donde se obtienen los picos de radiación más altos sobre el edificio. Las fachadas a tomar en cuenta, o críticas, son aquellas en donde se tiene que cumplir con los requisitos establecidos por los sistemas HVAC dentro del edificio, es por eso que más adelante sólo se considerarán las fachadas norte, sur y oeste. Para el cálculo de la incidencia solar y la radiación pico en estos días, se desarrolló un software por parte de los autores con el que es posible calcular la radiación total sobre la estructura o por fachada utilizando la metodología de la ASHRAE Handbook of fundamentals American society of heating, Refrigeration and air conditioning Engineers modificada por los autores para la ciudad de Bogotá.

## FACHADA:

Ángulo de declinación de la tierra en el transcurso del año.

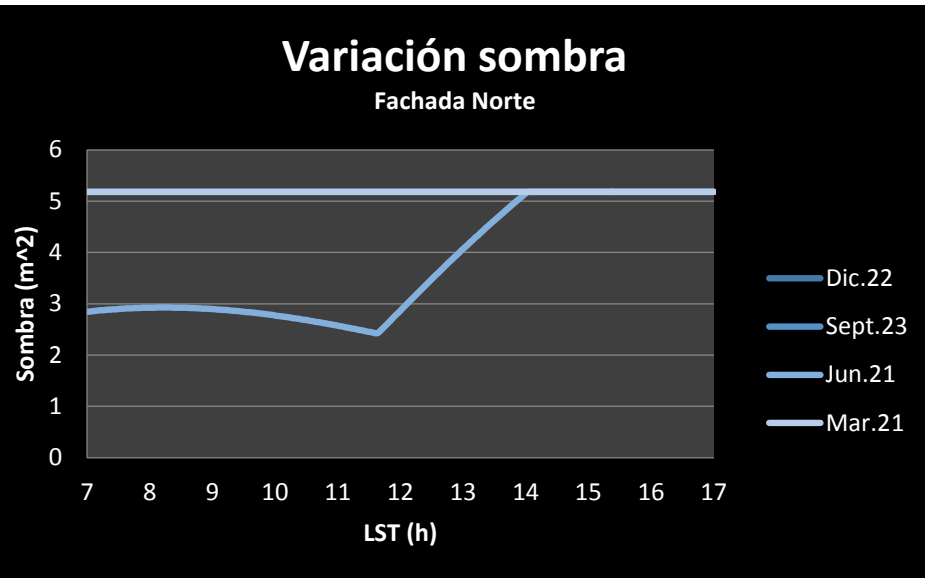
Se establece como fecha base de estudio el 22 de diciembre a las 3:00 p.m, sin embargo no se evidencia una diferencia significativa con los meses de marzo 21, junio 21 y septiembre 23.



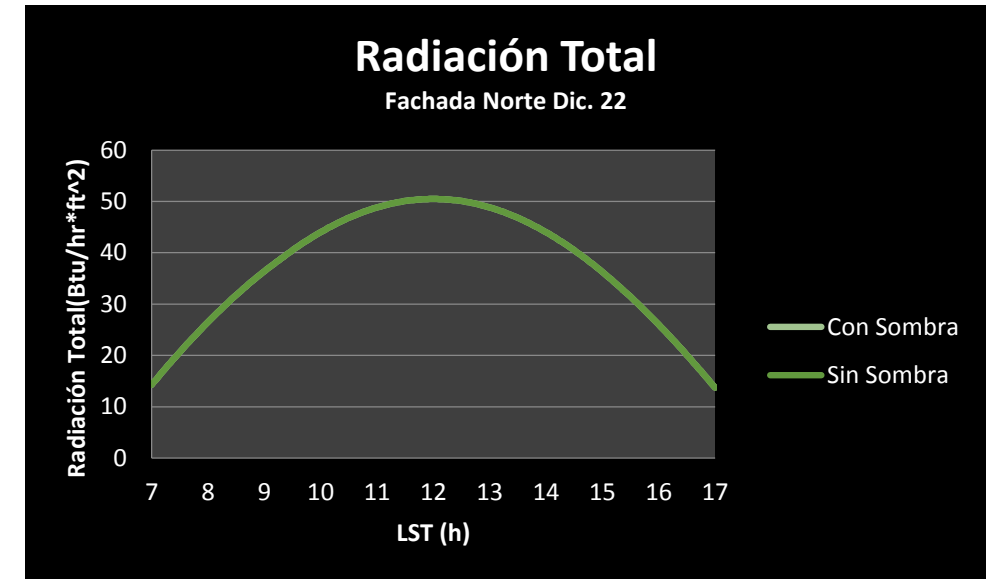
Gráfica 8. Ángulo de declinación

# Análisis Detallado de Fachadas

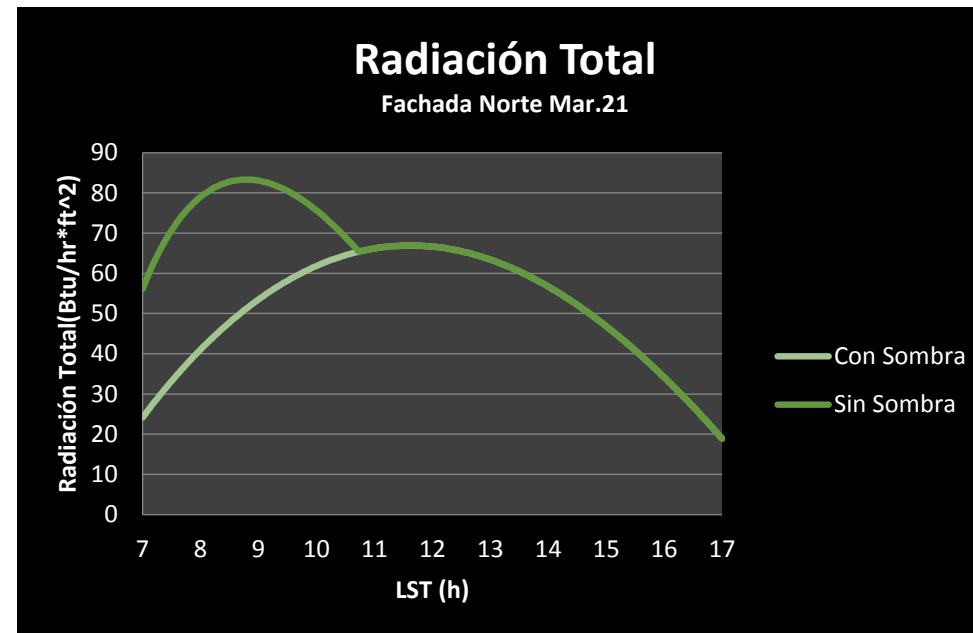
NORTE:



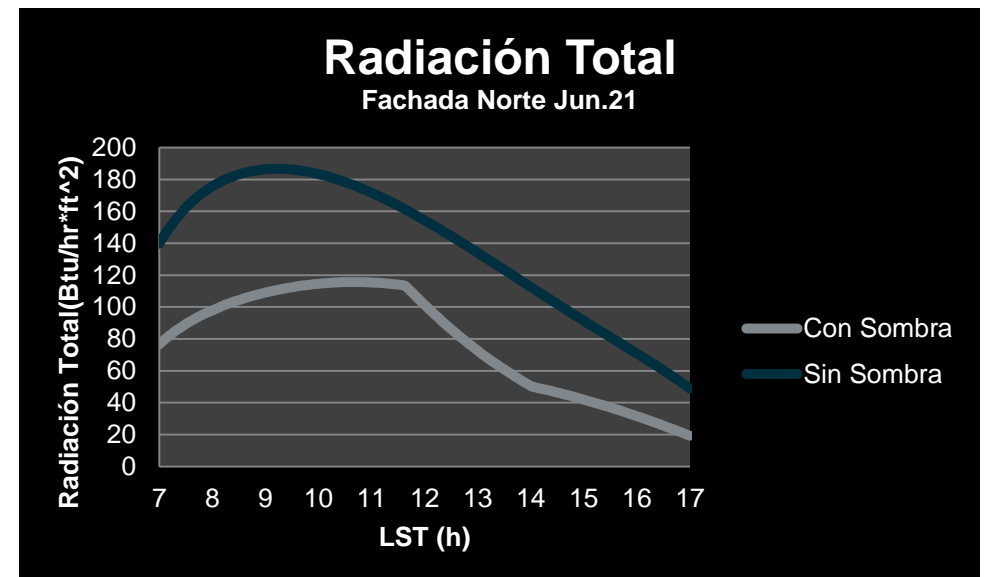
Gráfica 9. Variación sombra fachada norte



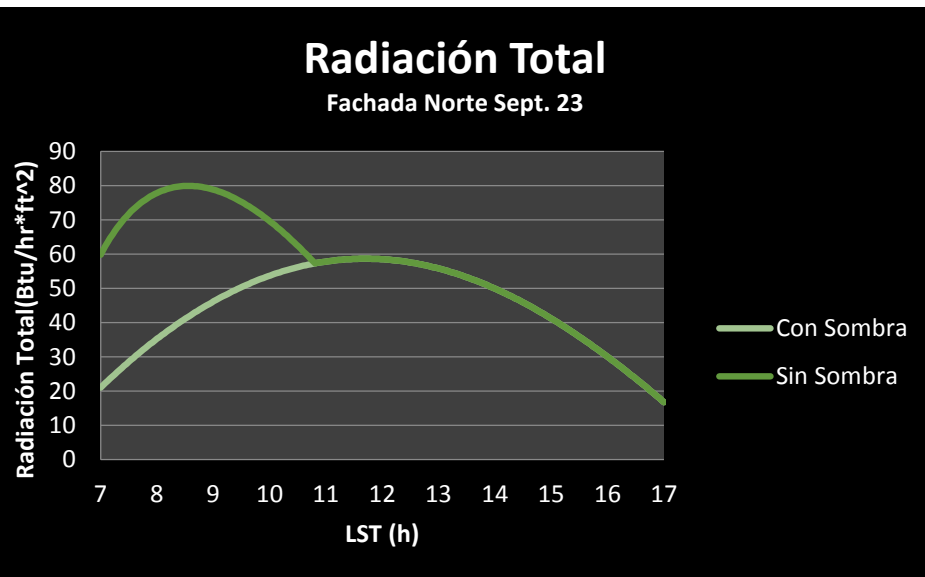
Gráfica 10. Radiación Total fachada norte Dic. 22



Gráfica 13. Radiación Total fachada norte Mar. 21



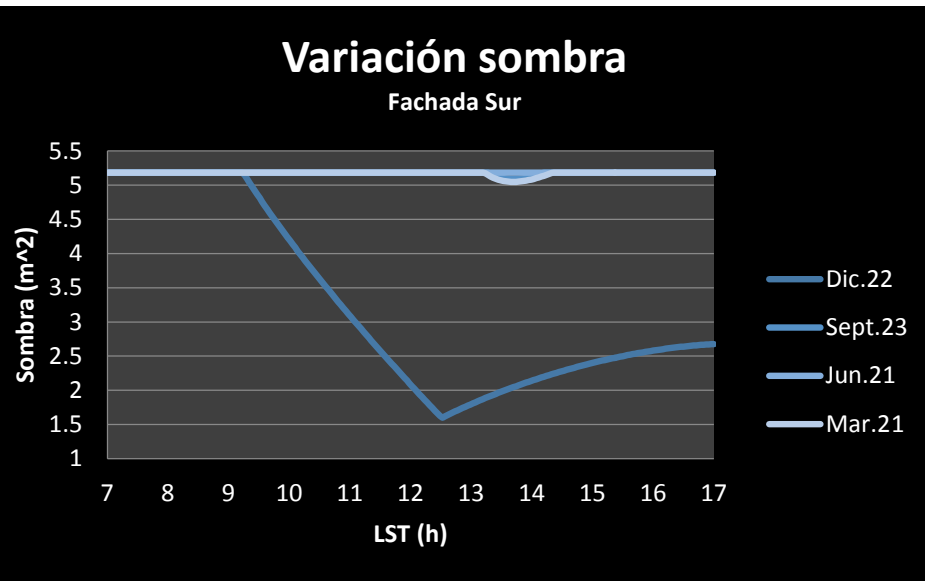
Gráfica 12. Radiación Total fachada norte Jun. 21



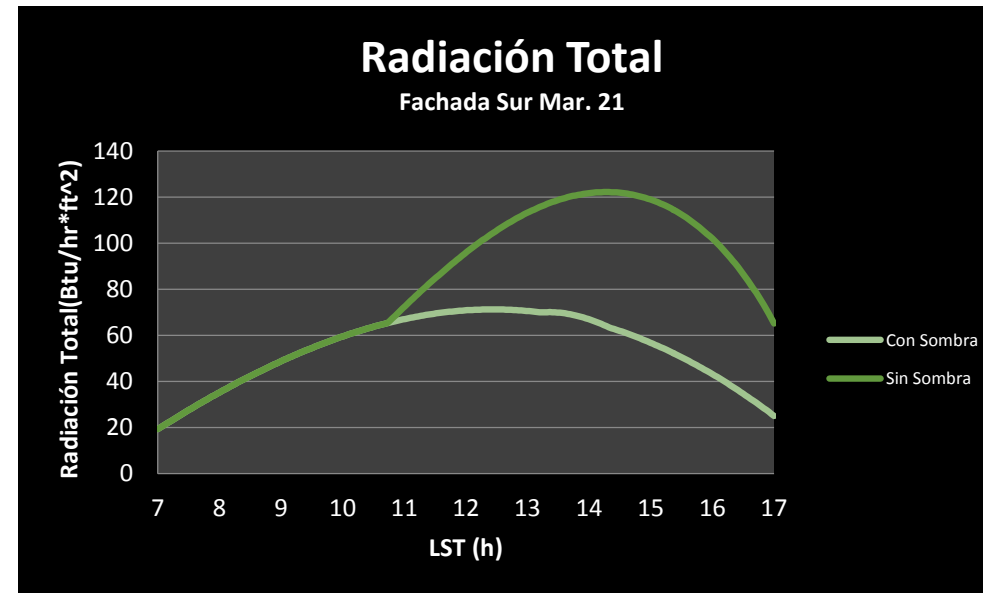
Gráfica 11. Radiación Total fachada norte Sept. 23

# Análisis Detallado de Fachadas

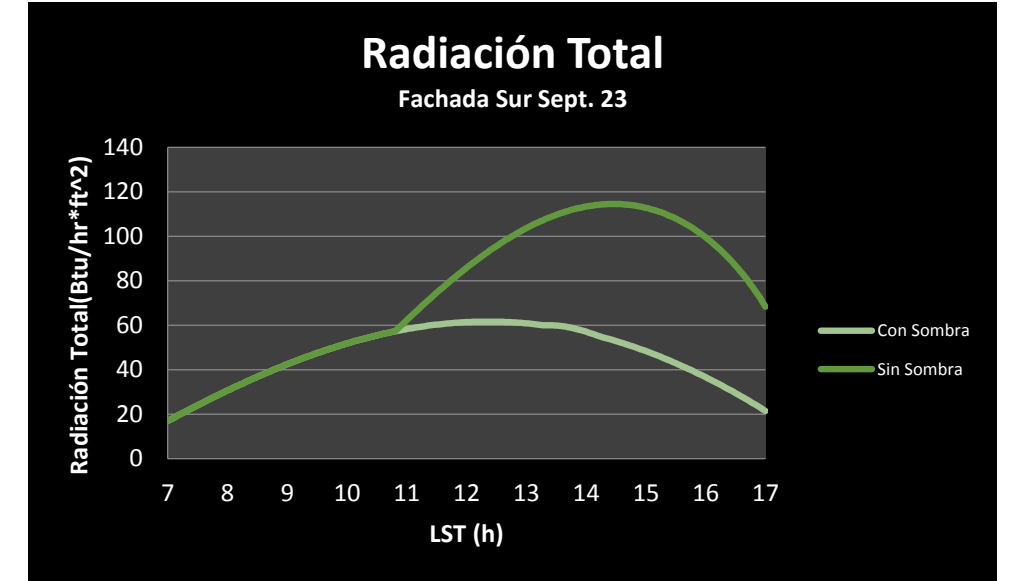
SUR:



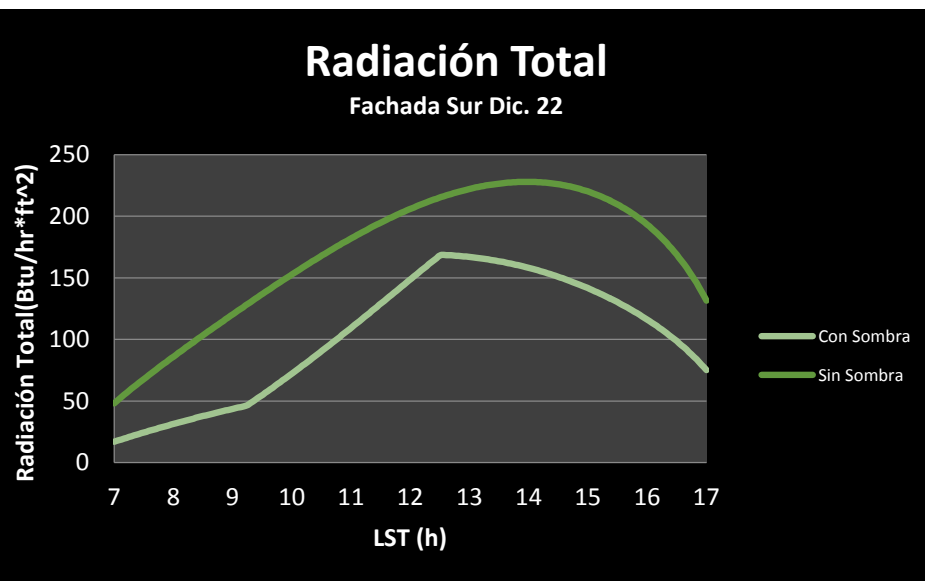
Gráfica 14. Variación sombra fachada sur



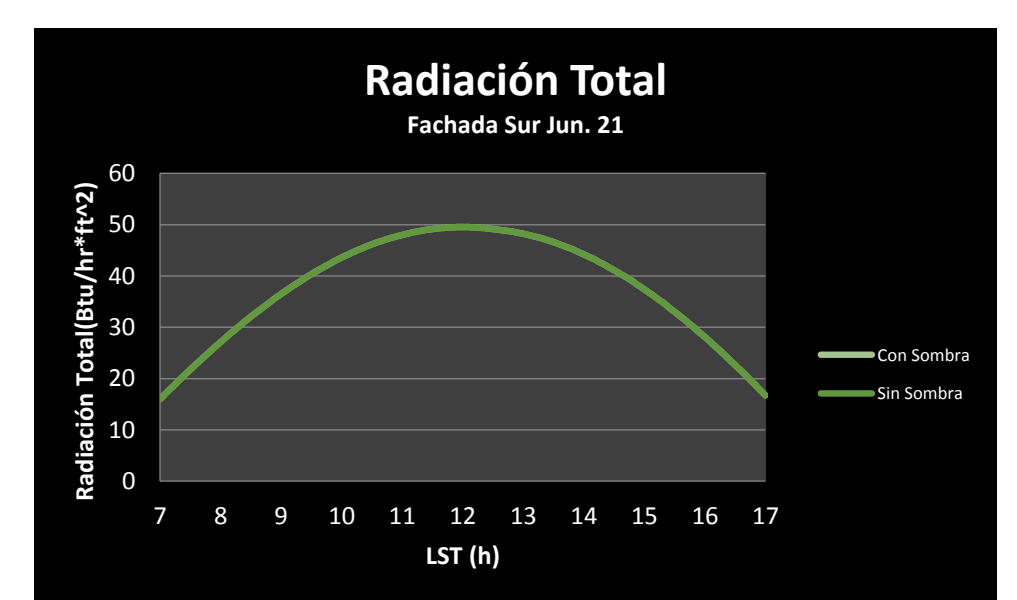
Gráfica 18. Radiación Total fachada norte Mar. 21



Gráfica 16. Radiación Total fachada sur Sept. 23



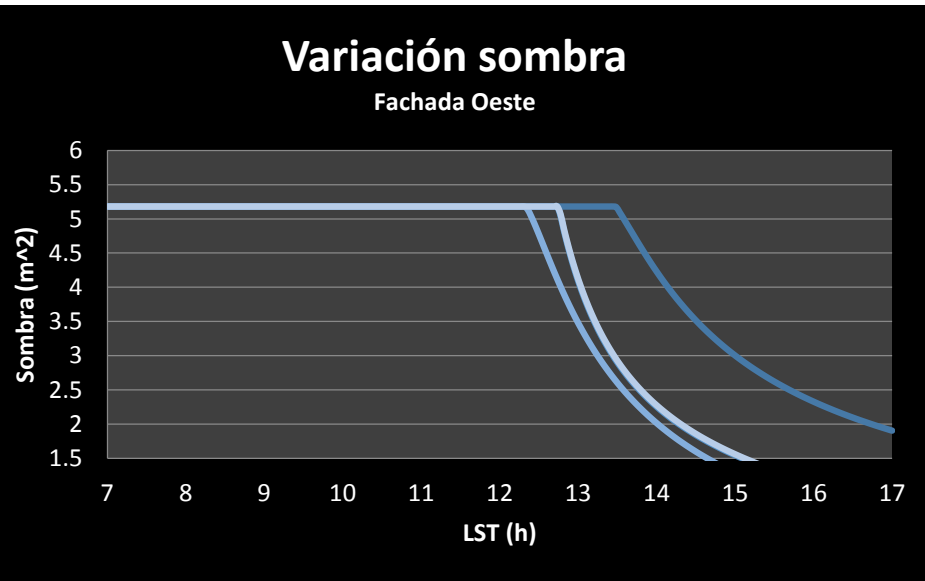
Gráfica 15. Radiación Total fachada sur Dic. 22



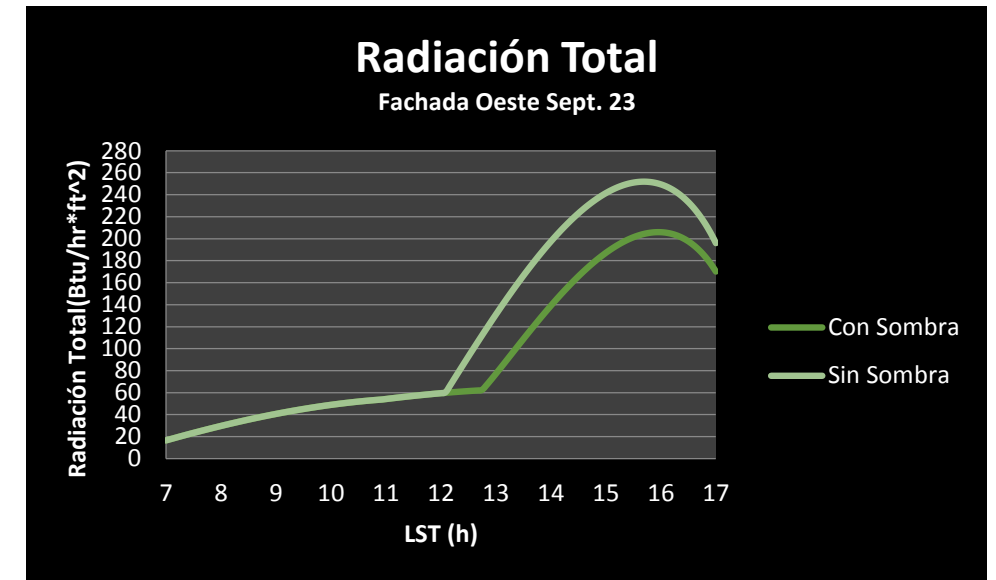
Gráfica 17. Radiación Total fachada norte Jun. 21

# Análisis Detallado de Fachadas

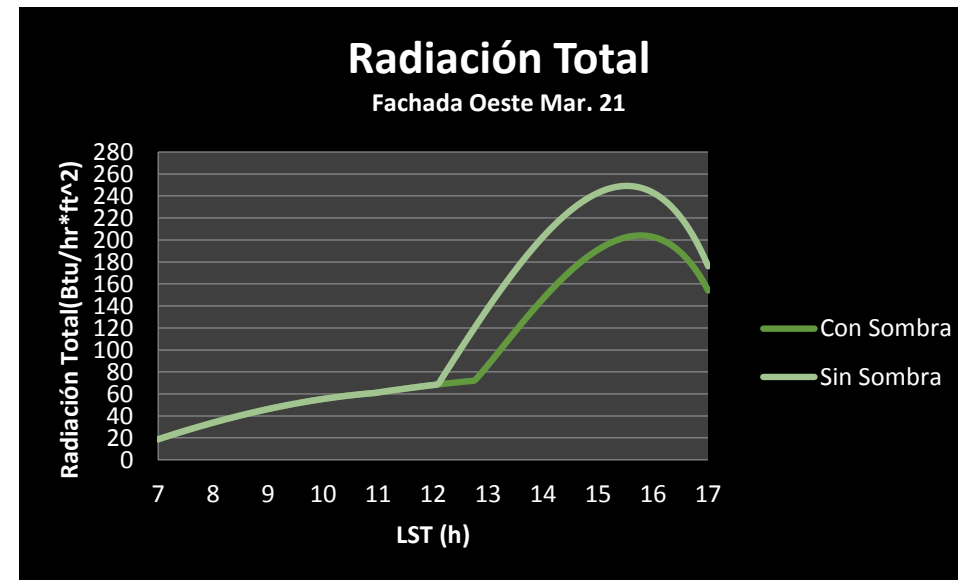
OESTE:



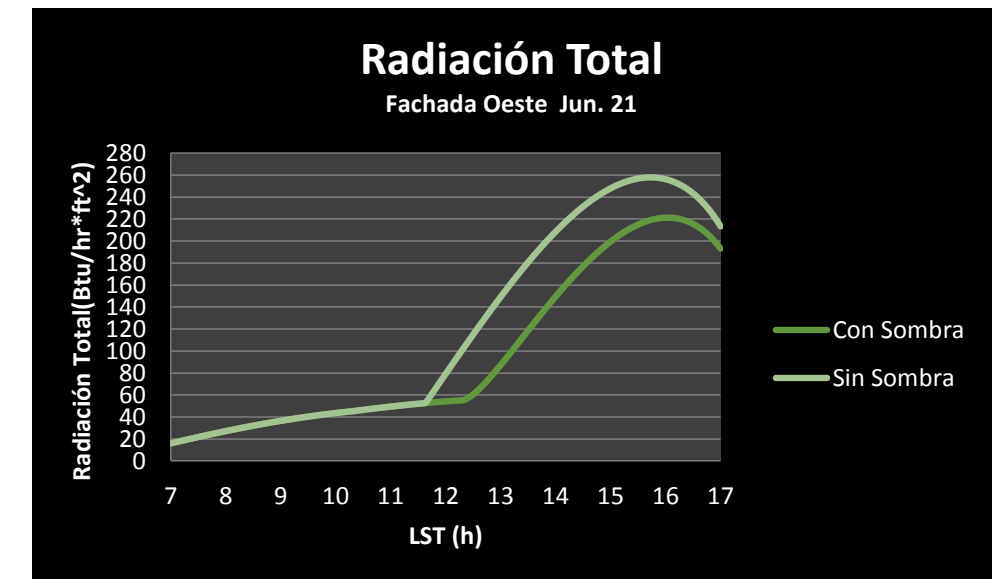
Gráfica 19. Variación sombra fachada oeste



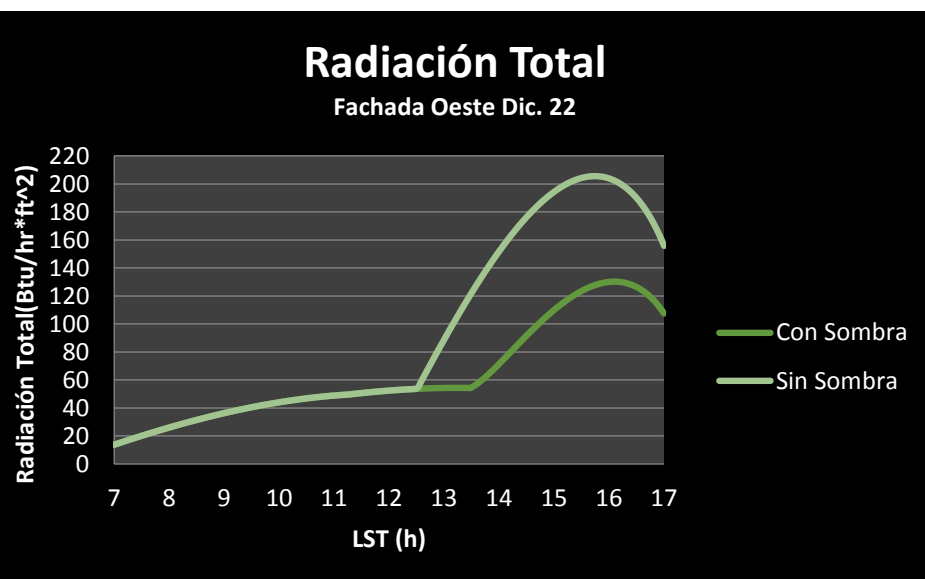
Gráfica 21. Radiación Total fachada oeste Sept. 23



Gráfica 23. Radiación Total fachada oeste Mar. 21



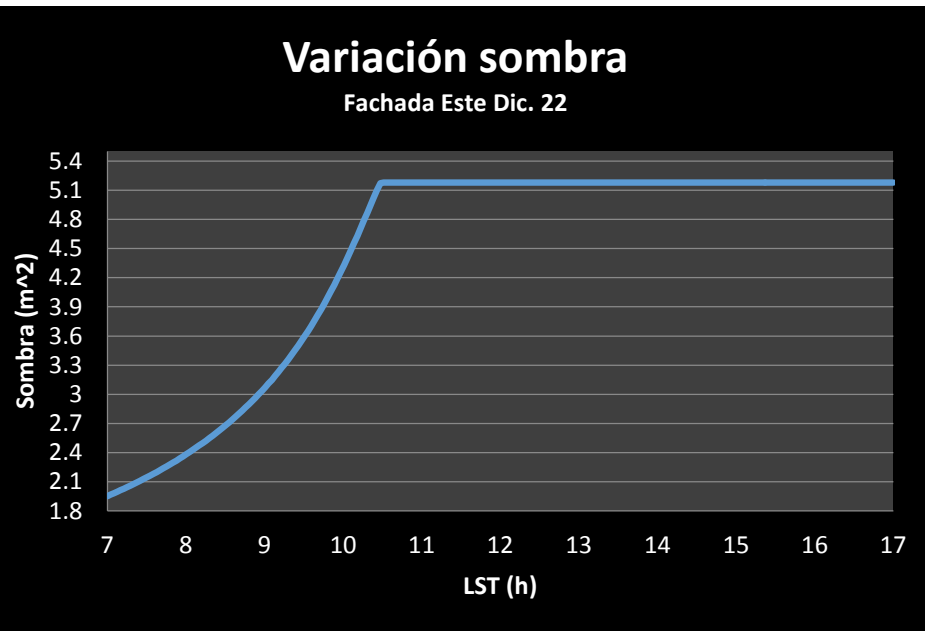
Gráfica 22. Radiación Total fachada oeste Jun. 21



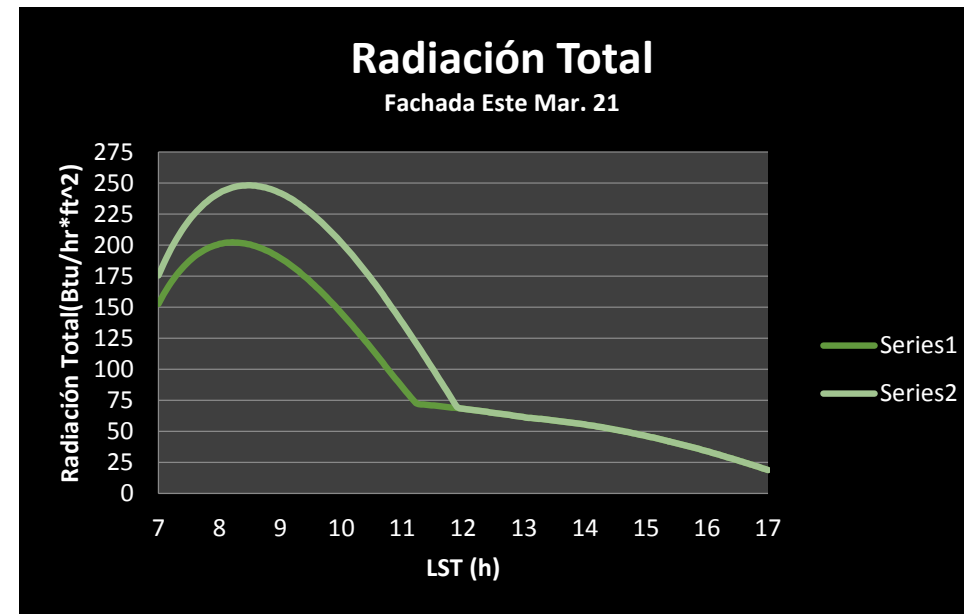
Gráfica 20. Radiación Total fachada oeste Dic. 22

# Análisis Detallado de Fachadas

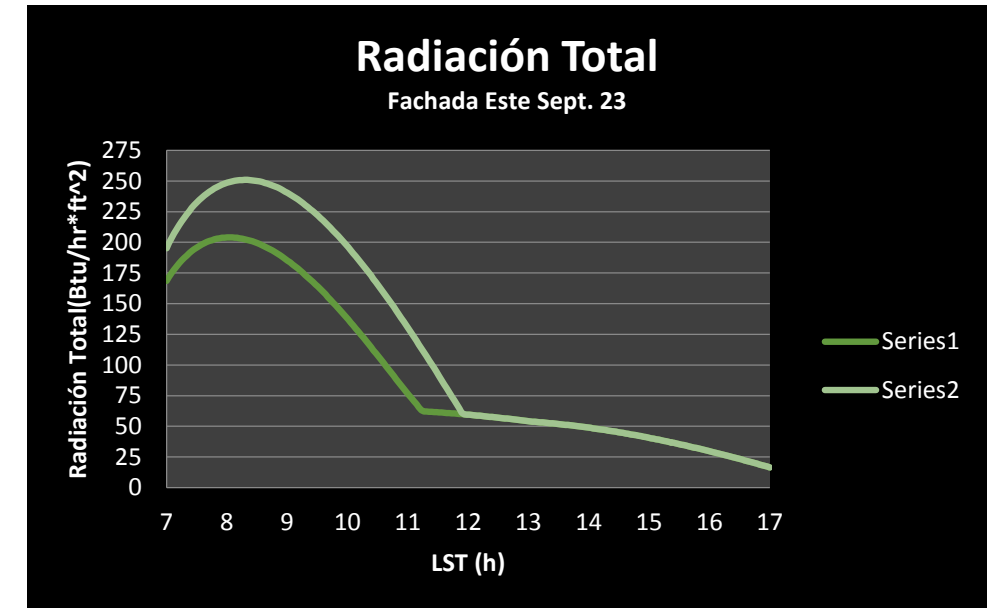
ESTE:



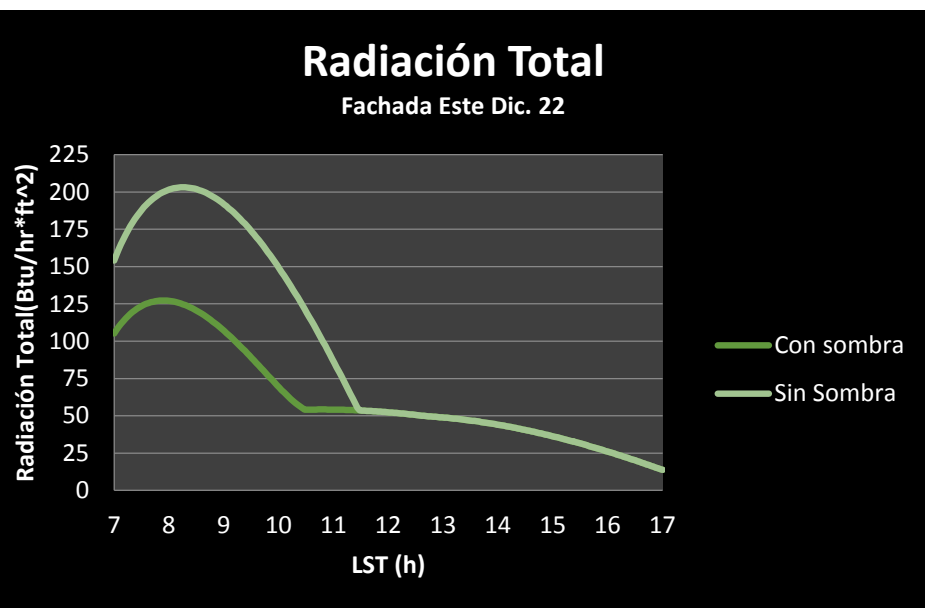
Gráfica 24. Variación sombra fachada este



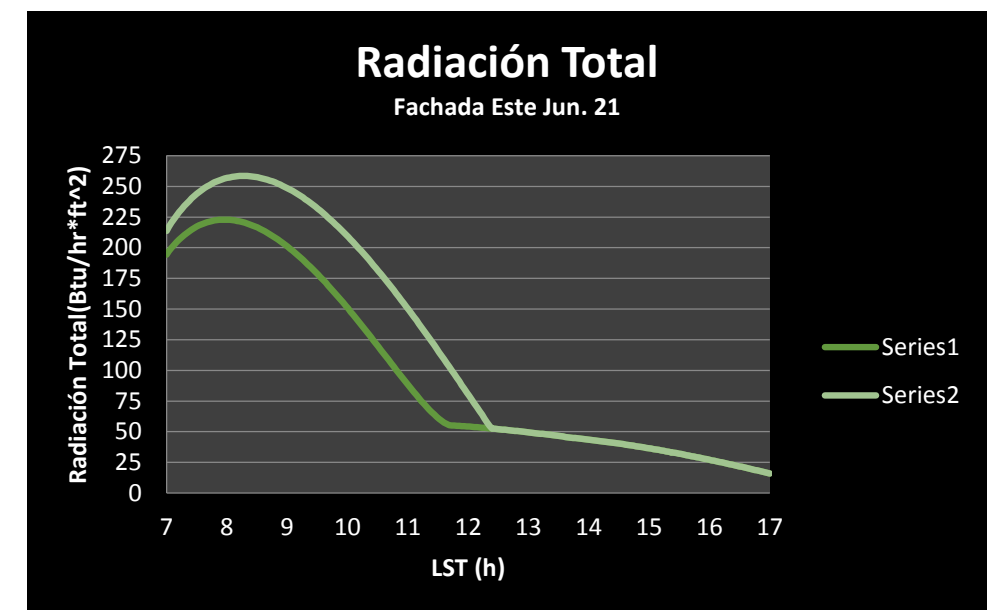
Gráfica 28. Radiación Total fachada este Mar. 21



Gráfica 26. Radiación Total fachada este Sept. 23



Gráfica 25. Radiación Total fachada este Dic. 22

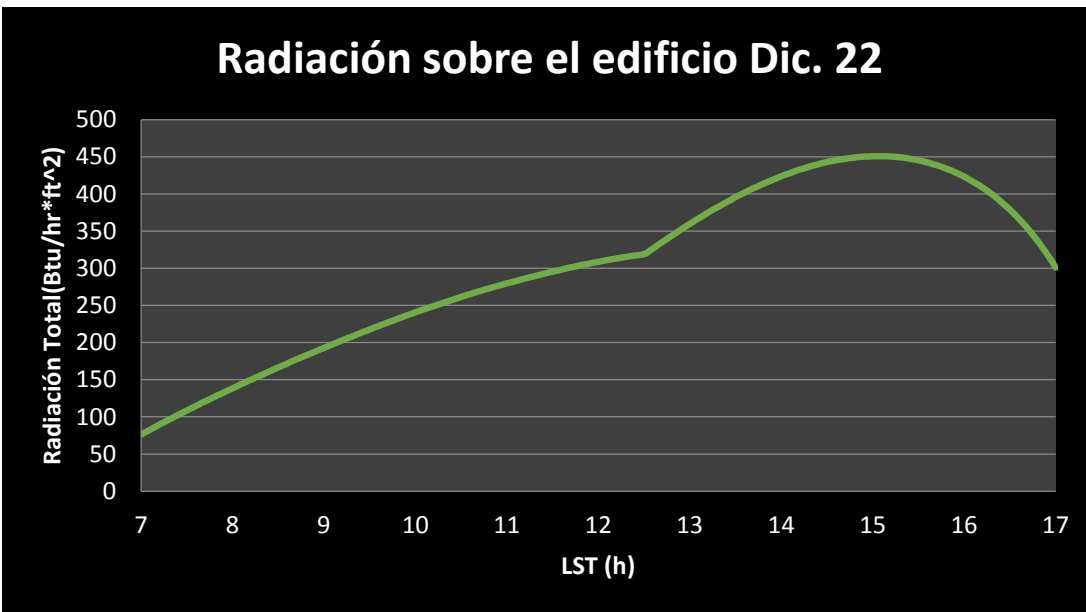


Gráfica 27. Radiación Total fachada este Jun. 21

# Análisis Detallado de Fachadas

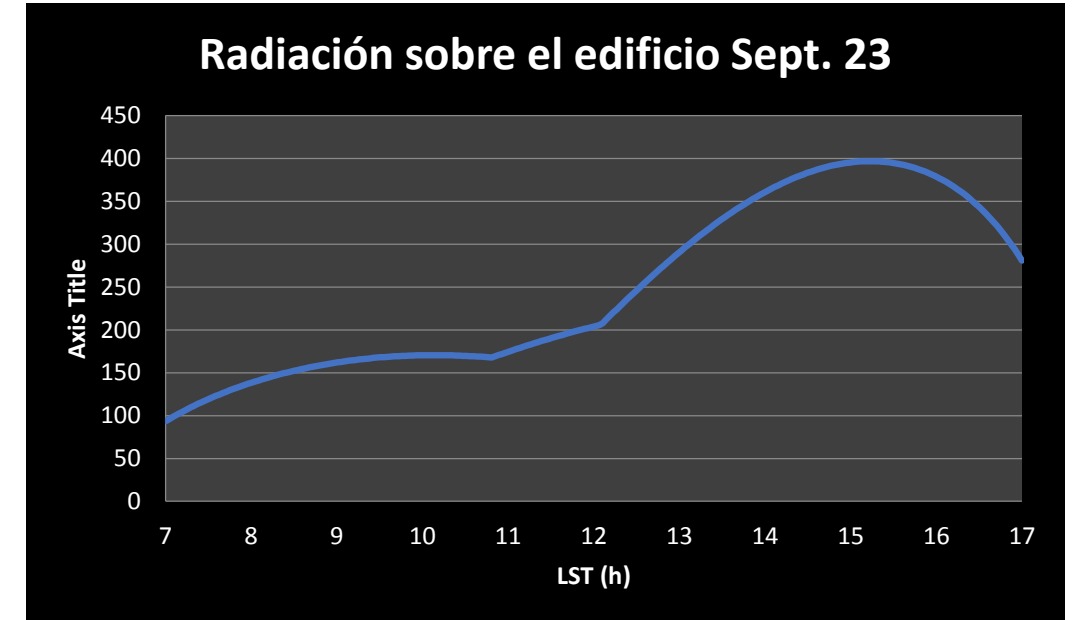
Radiación total sobre el edificio sobre elementos horizontales (fachada) en las áreas de estudio:

Se estableció como área crítica las áreas que deben garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas HVAC, dichos sistemas se encuentran en diferentes ubicaciones en los pisos del edificio y en las fachadas Norte, Oeste y Sur. Las siguientes gráficas reflejan la radiación total por unidad de área sobre dichas fachadas en los meses críticos donde se presentan los picos de radiación:



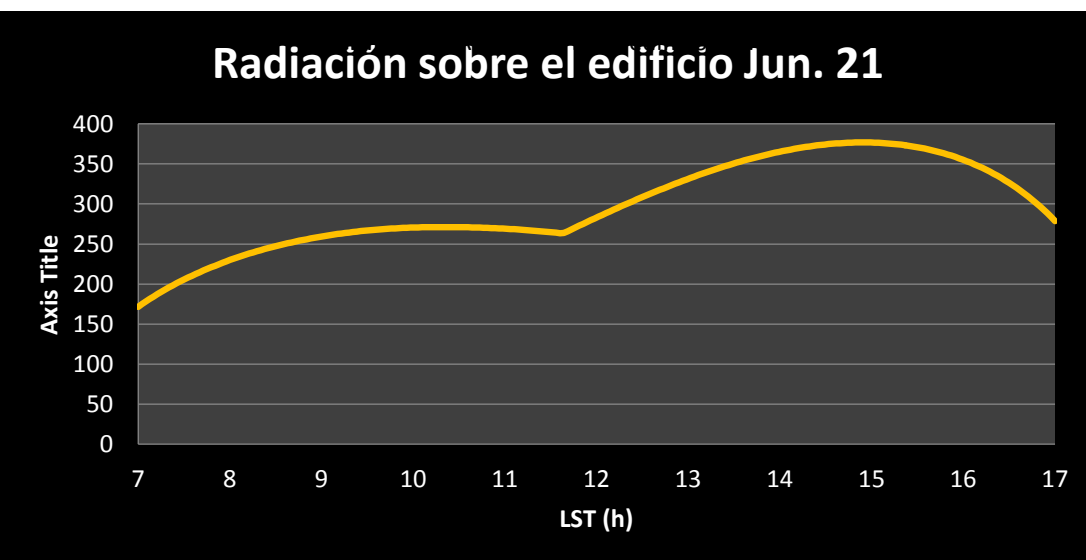
Gráfica 29. Radiación Total edificio Dic. 22

Diciembre 22 a las 3:00 P.M



Gráfica 30. Radiación Total edificio Sept. 23

Septiembre 23 a las 3:00 P.M



Gráfica 31. Radiación Total edificio Jun.21

Junio 21 a las 3:00 P.M



Gráfica 32. Radiación Total edificio Mar. 21

Marzo 21 a las 3:00 P.M

# Análisis Detallado de Fachadas

## CÁLCULO CARGA BLOQUE:

Opciones para disminuir la radiación y garantizar el sistema de HVAC:

Las siguientes imágenes muestran tres opciones para disminuir la carga de radiación mediante elementos externos que proporcionen sombra. Aunque se tienen más alternativas, sólo se tienen en cuenta estas tres opciones por decisión de los arquitectos. En estas imágenes se refleja el comportamiento del sol y los dispositivos en tres horarios distintos. Las opciones son:

1. Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de abajo hacia arriba.
2. Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de arriba hacia abajo.
3. Persianas constantes exteriores, su diseño debe garantizar un porcentaje de sombra adecuado para el correcto funcionamiento del sistema HVAC:

A continuación se muestra el porcentaje de cobertura de cada dispositivo en las opciones mencionadas para la disminución de la carga de radiación a las fachadas; además, se muestra el funcionamiento de estas opciones con la variación del SC de los posibles vidrios. En las siguientes gráficas se muestra con una línea roja la carga requerida por el sistema HVAC, cualquier valor sobre dicha línea horizontal no cumple con los requisitos del sistema, por ello, la carga bloque requerida por el sistema HVAC (línea roja) y la carga bloque actual con la variación de cubrimiento de los dispositivos y el SC del vidrio (línea azul) se intersectan en un punto donde se muestra el mínimo porcentaje de cubrimiento que los dispositivos de cada opción deberían tener para cumplir con los requerimientos del sistema HVAC.

Fachada	Area	Radiación por fachada para los distintos meses base en (Btu/hr*ft^2)				SC requerido para HVAC
	ft^2	Mar.21	Jun.21	Sept.23	Dic.22	
Norte	13.616,00	46,45	41,64	40,82	35,95	0,24
	14,50	151.791,39	136.062,43	133.388,1	117.478,43	
Sur	8.007,00	56,38	37,12	48,04	140,91	0,24
	113,56	108.345,86	71.326,40	92.321,85	270.790,10	
Oeste	6.730,00	180,12	200,77	188,38	111,09	0,24
	157,05	290,736	324.289,76	304.264,1	179.429,33	

Radiación Total Dic 22: 287,95 (Btu/hr\*ft^2)

	Mar.21	Jun.21	Sept.23	Dic.22	
Carga Bloque:	550.873,34	531.678,59	529.974,1	567.697,87	Btu

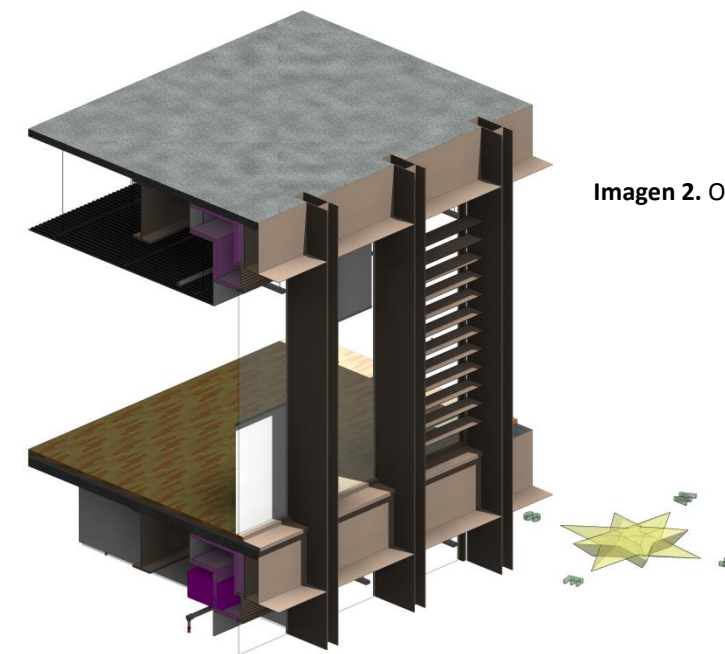
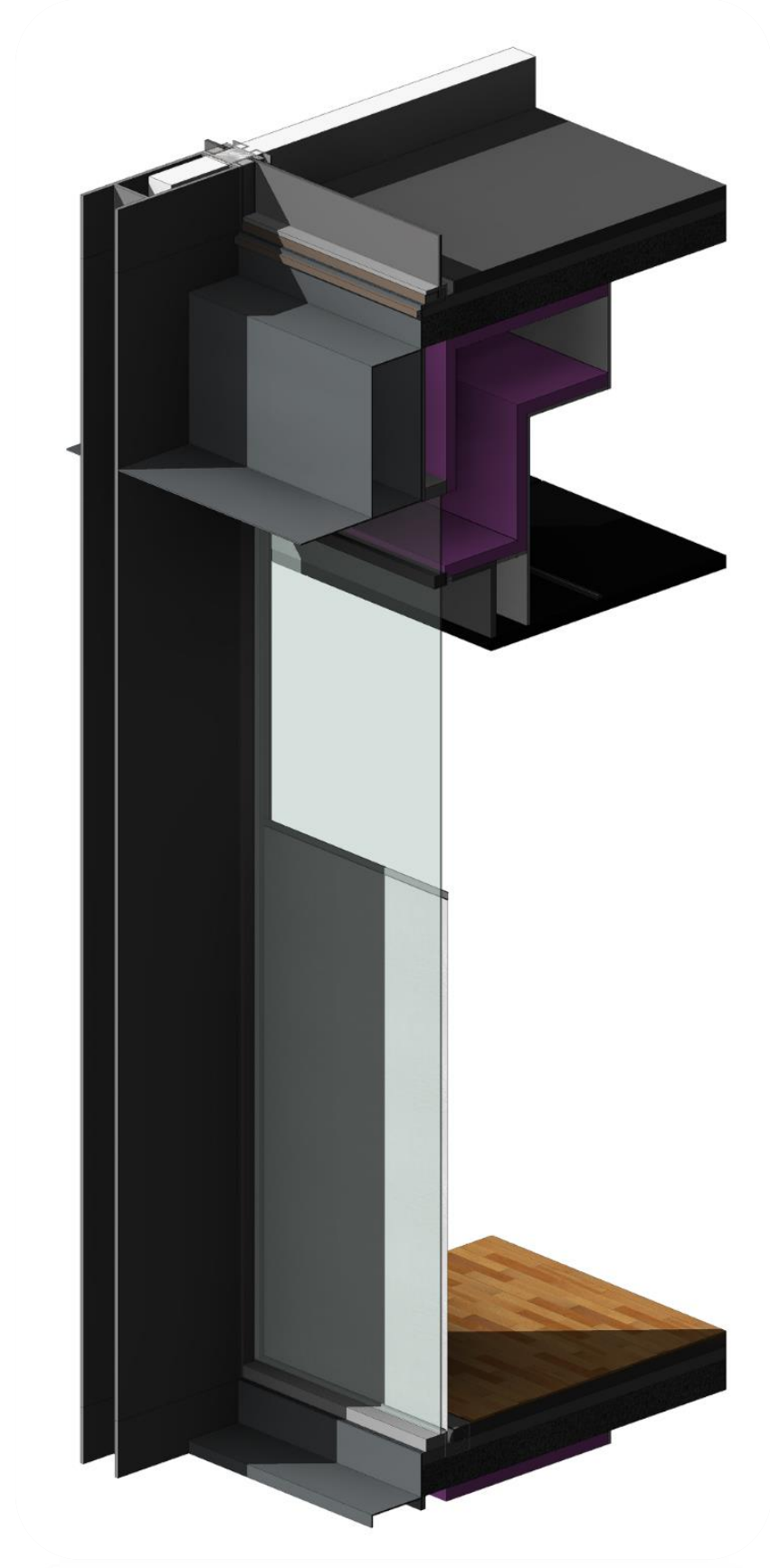
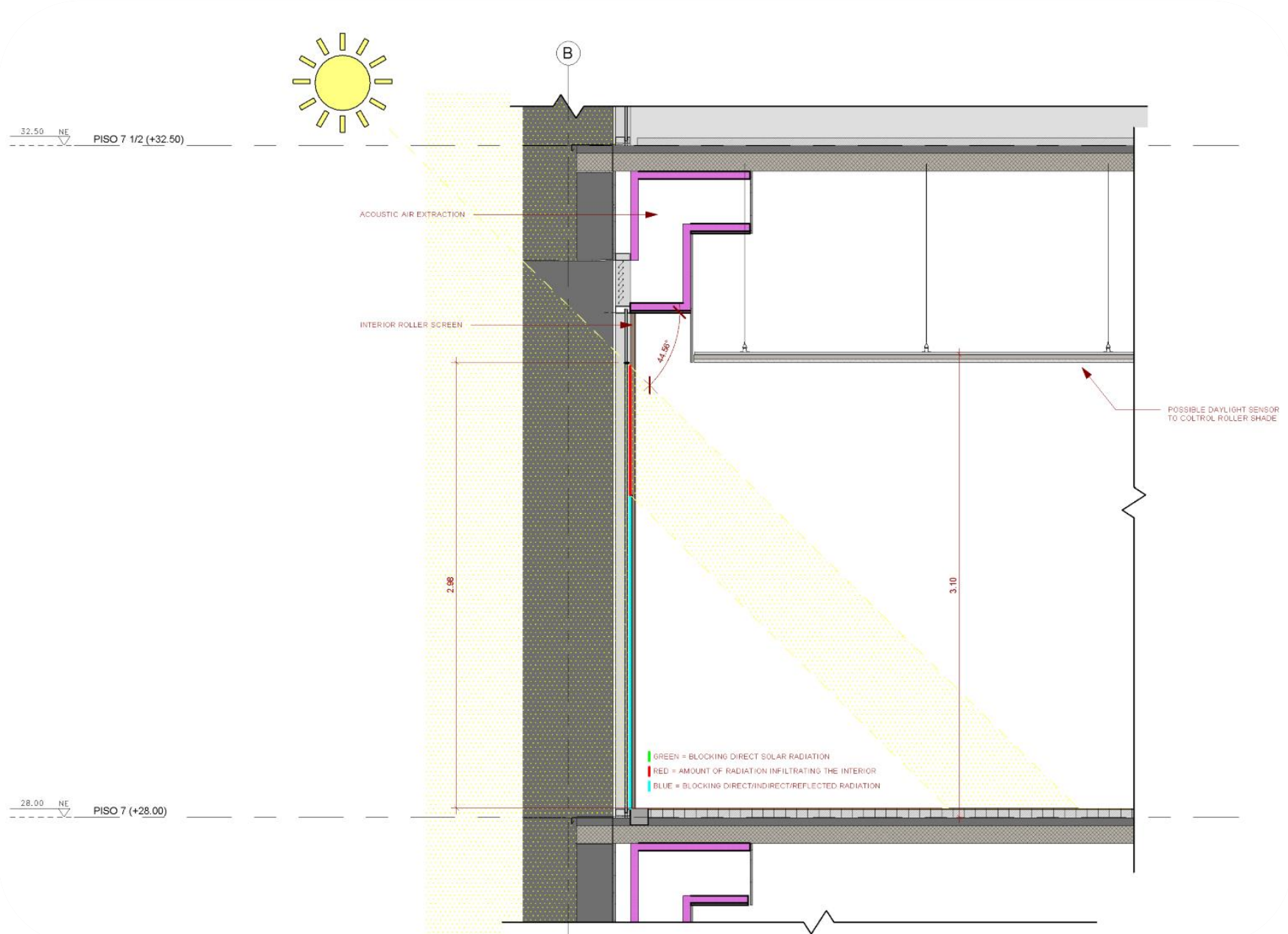


Imagen 2. Opciones de cubrimiento solar

# Análisis Detallado de Fachadas

## OPCIÓN 1:

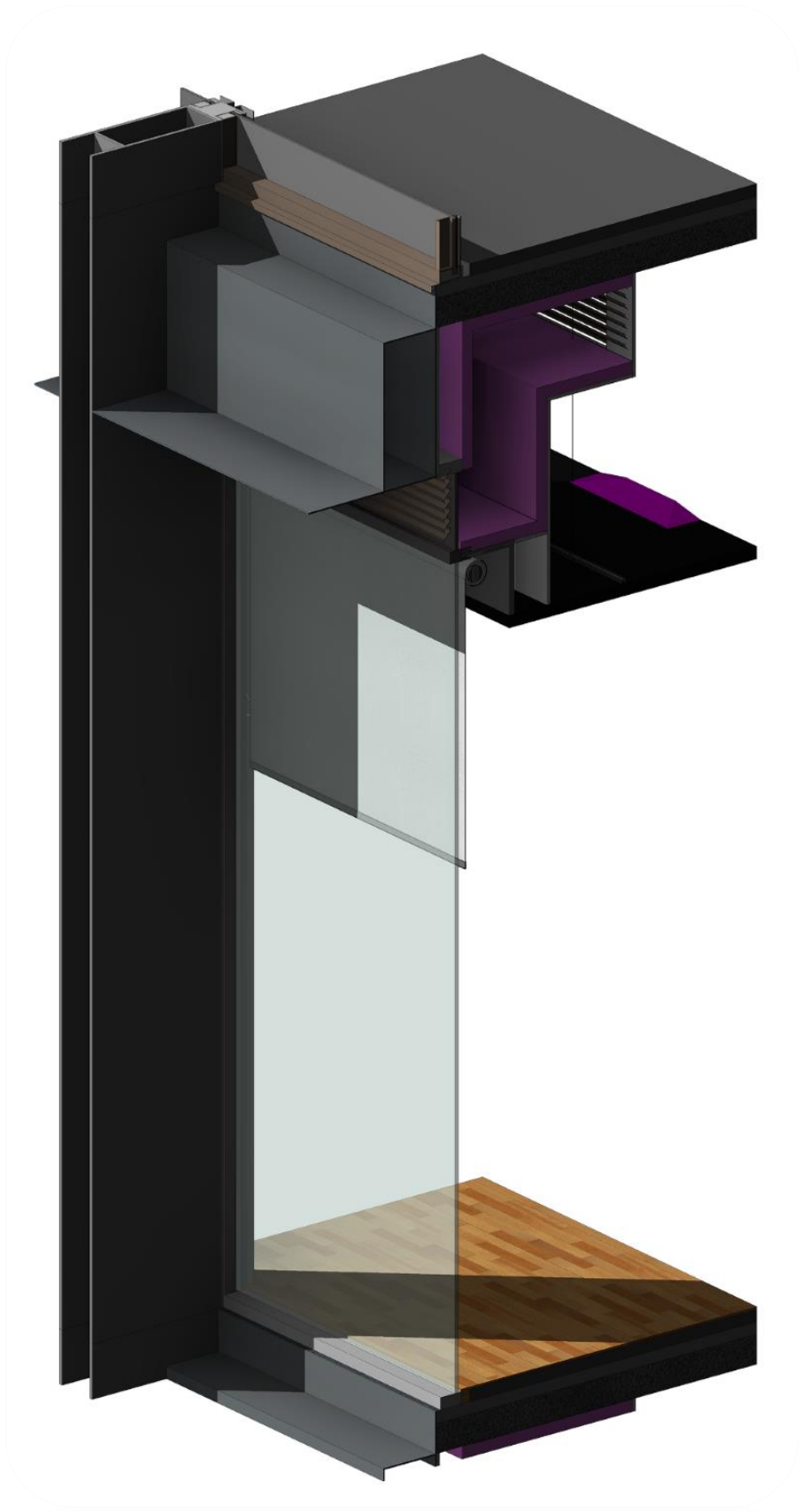
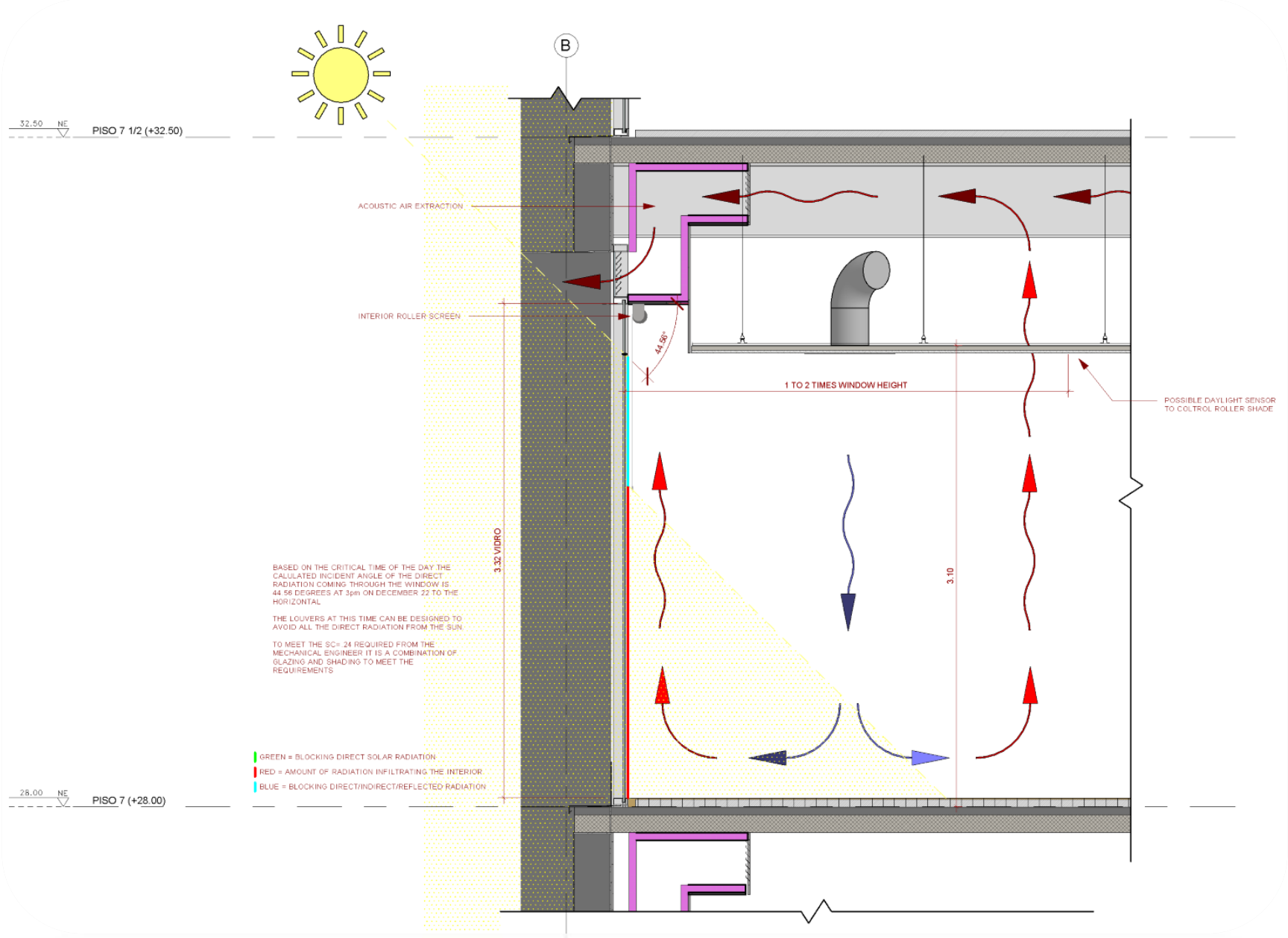
Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de abajo hacia arriba.



# Análisis Detallado de Fachadas

## OPCIÓN 2:

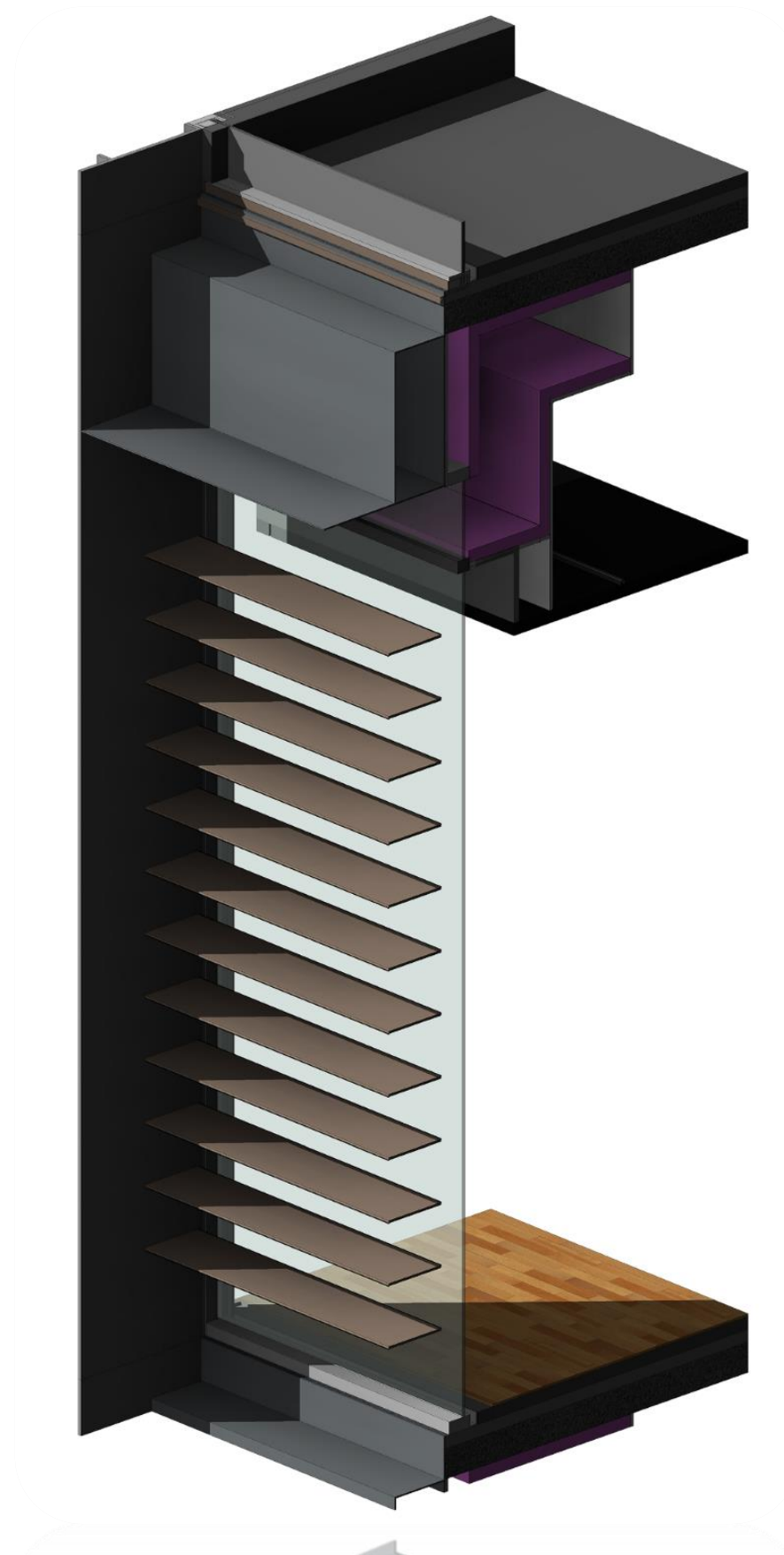
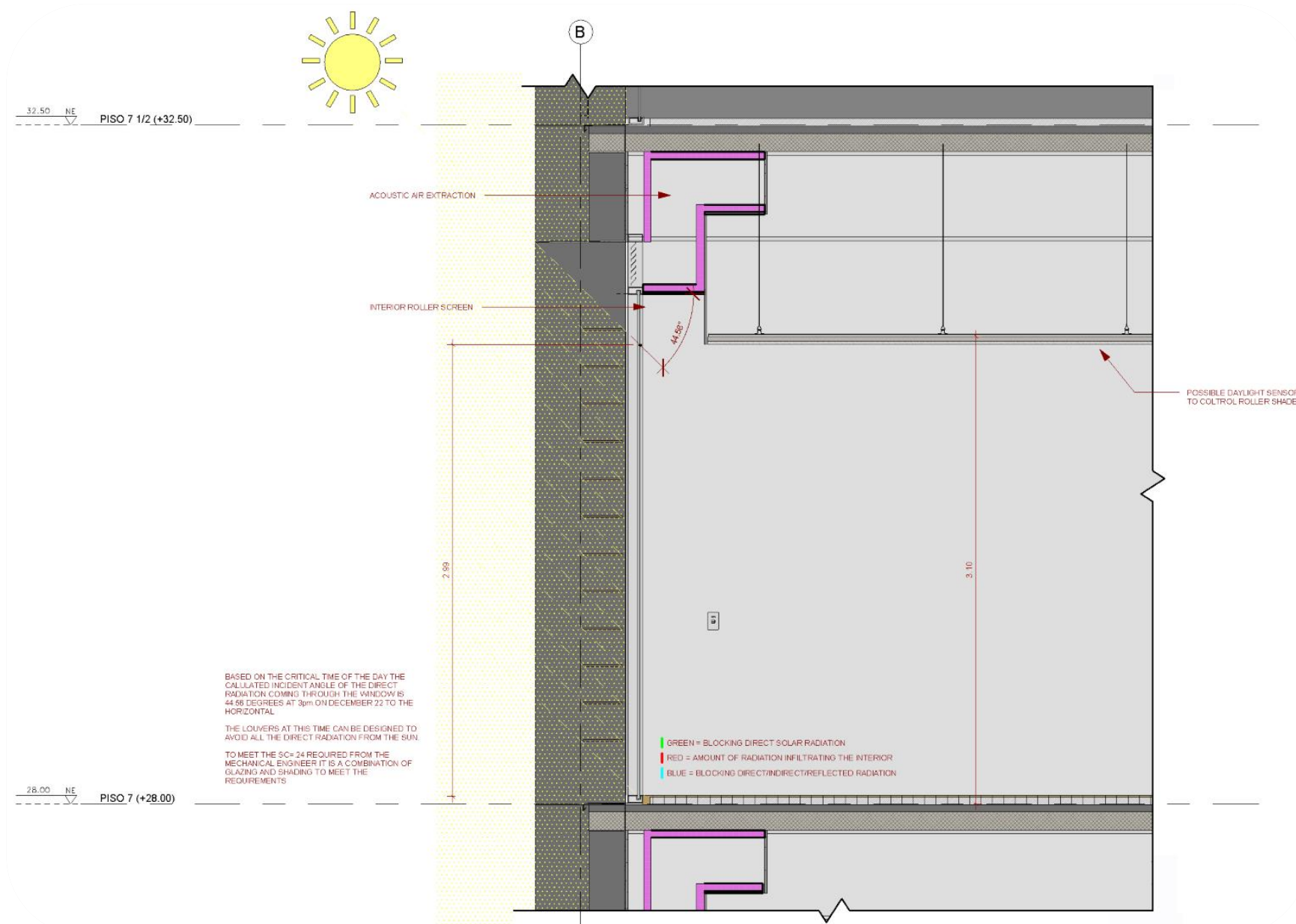
Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de arriba hacia abajo.



# Análisis Detallado de Fachadas

OPCIÓN 3:

Persianas constantes exteriores, su diseño debe garantizar un porcentaje de sombra adecuado para el correcto funcionamiento del sistema HVAC



# Análisis Detallado de Fachadas

Cálculo de ángulos de proporción de sombra sobre aleros horizontales:

NORTE				
	Mar. 21	Jun. 21	Sept. 23	Dic. 22
Min	11,60	14,64	11,60	11,60
03:00 p.m.	11,60	15,01	11,60	11,60
Max	39,98	65,80	40,60	11,60
SUR				
	Mar. 21	Jun. 21	Sept. 23	Dic. 22
Min	11,60	11,60	11,60	23,38
03:00 p.m.	19,19	11,60	18,80	44,56
Max	46,54	11,60	45,94	71,92
OESTE				
	Mar. 21	Jun. 21	Sept. 23	Dic. 22
Min	11,60	11,60	11,60	11,60
03:00 p.m.	43,99	47,00	44,03	40,53
Max	74,49	74,21	74,49	74,83

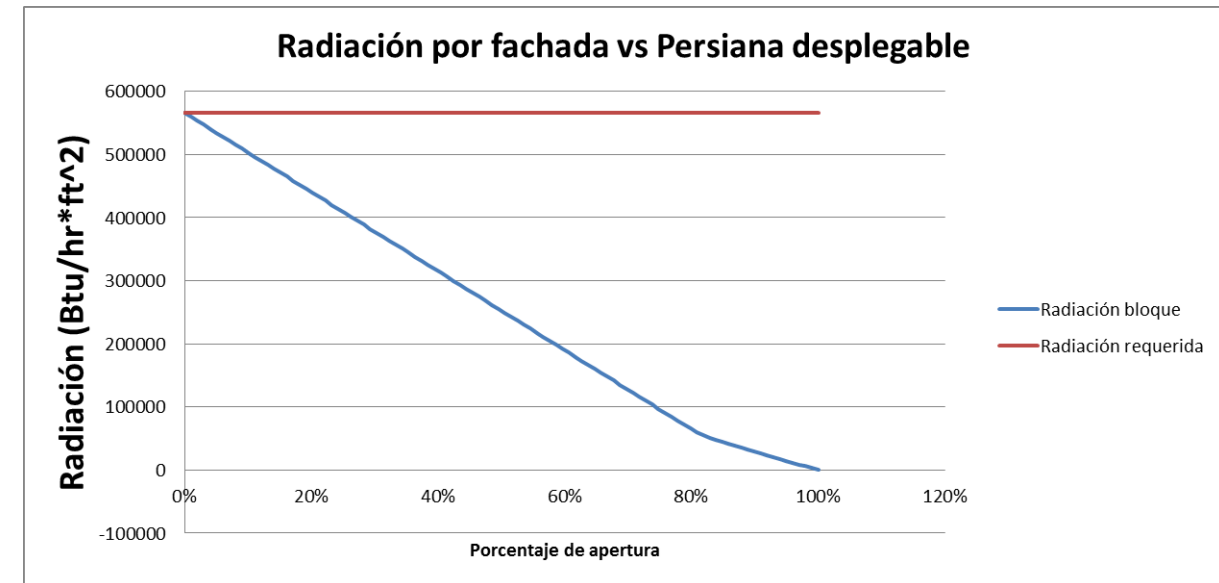
Tabla 8. Ángulos de sombra de aleros horizontales

**Nota:** el SC del vidrio varía a partir del 0,24 requerido por el sistema HVAC.

## RESULTADOS OPCIONES 1, 2 Y 3:

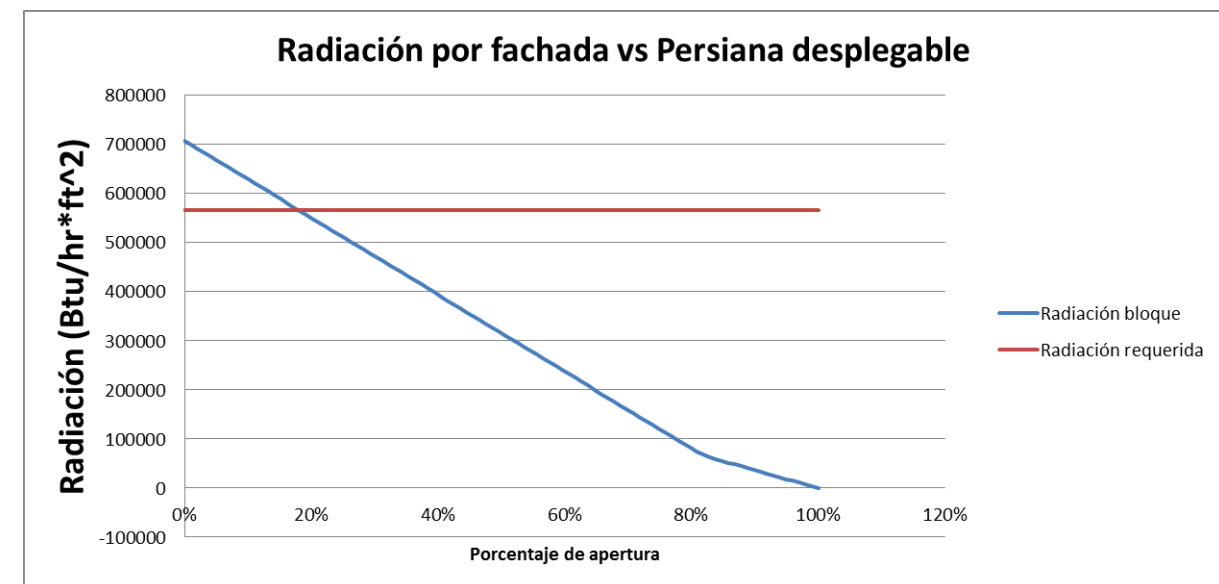
RESULTADOS OPCIÓN 1: Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de abajo hacia arriba.

SC 0,24



Gráfica 33. Opción 1 con SC 0,24

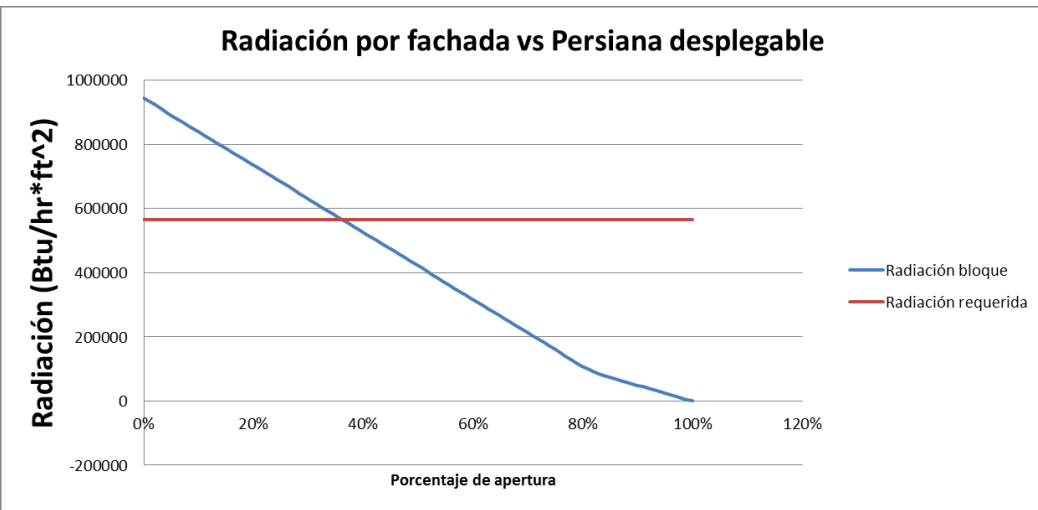
SC 0,30



Gráfica 34. Opción 1 con SC 0,3

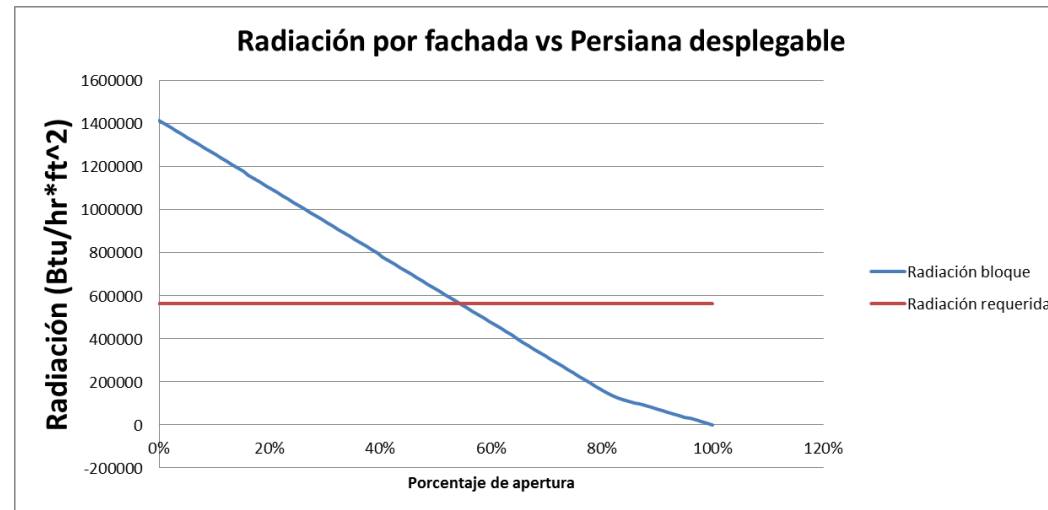
# Análisis Detallado de Fachadas

SC 0,40



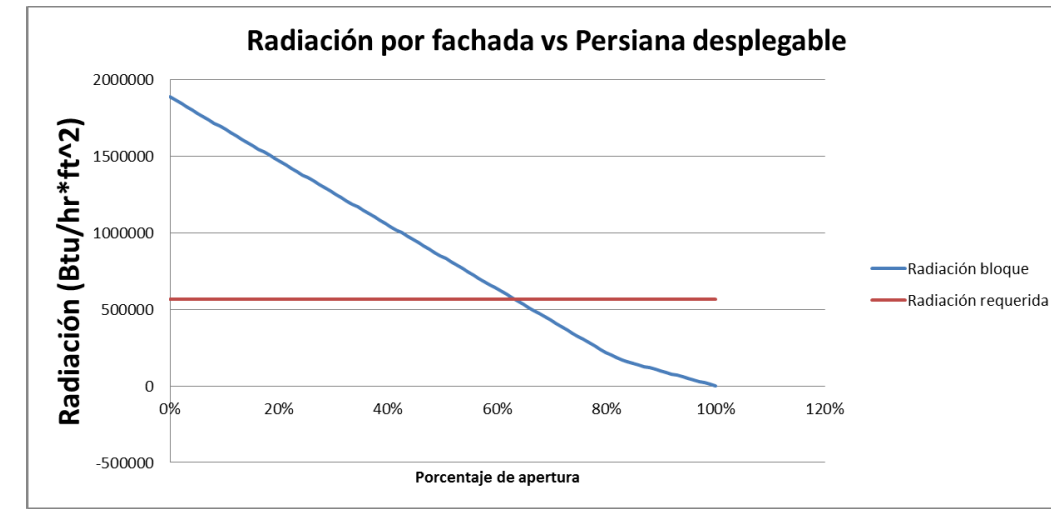
Gráfica 35. Opción 1 con SC 0,4

SC 0,60



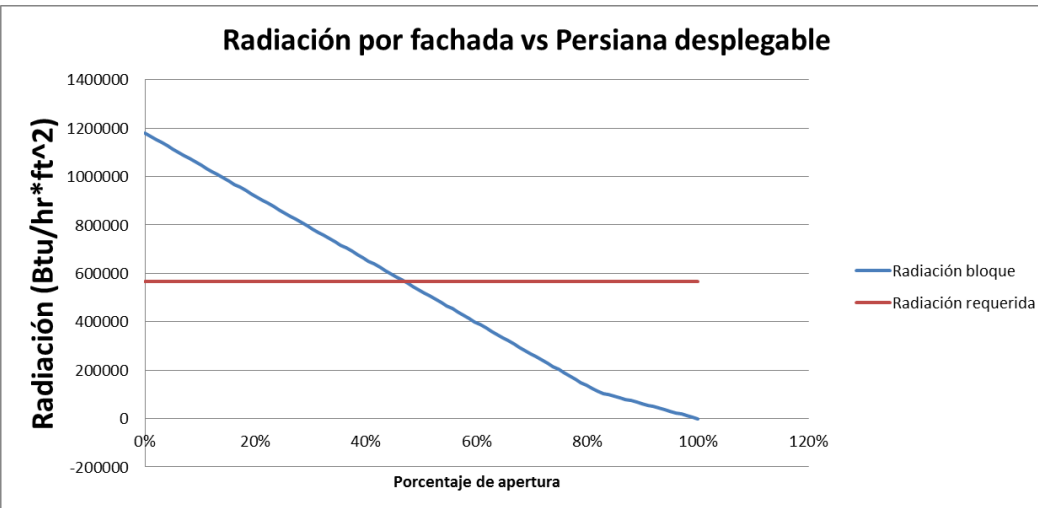
Gráfica 37. Opción 1 con SC 0,6

SC 0,80



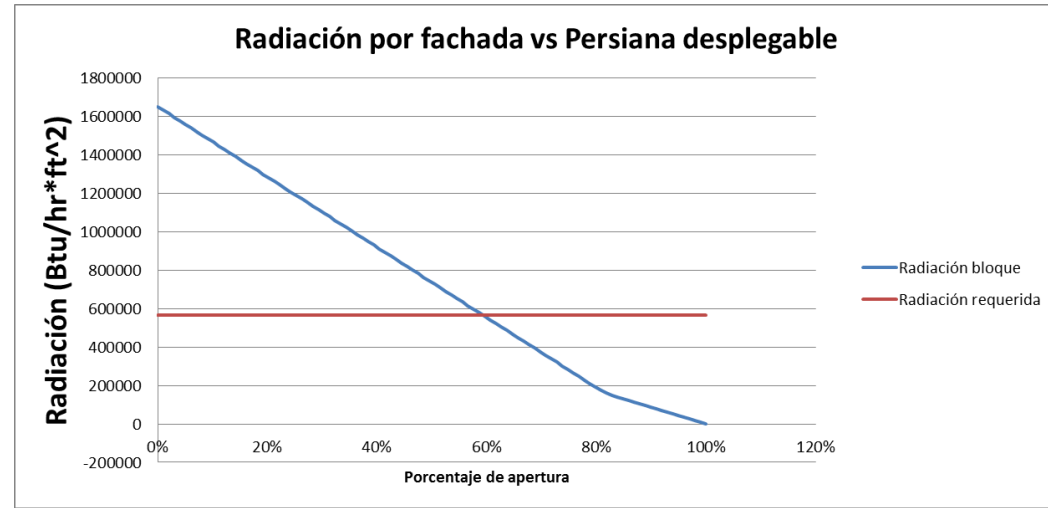
Gráfica 39. Opción 1 con SC 0,8

SC 0,50



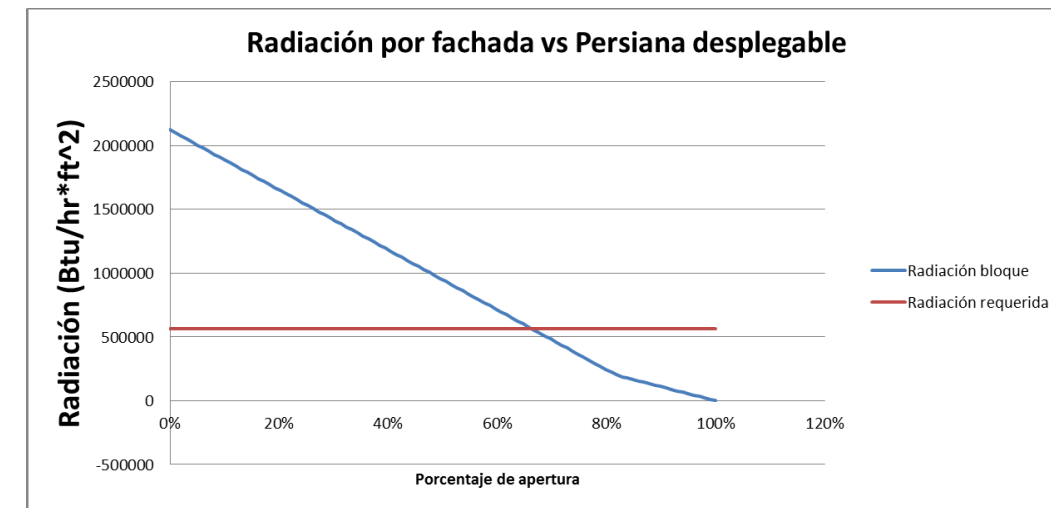
Gráfica 36. Opción 1 con SC 0,5

SC 0,70



Gráfica 38. Opción 1 con SC 0,7

SC 0,90

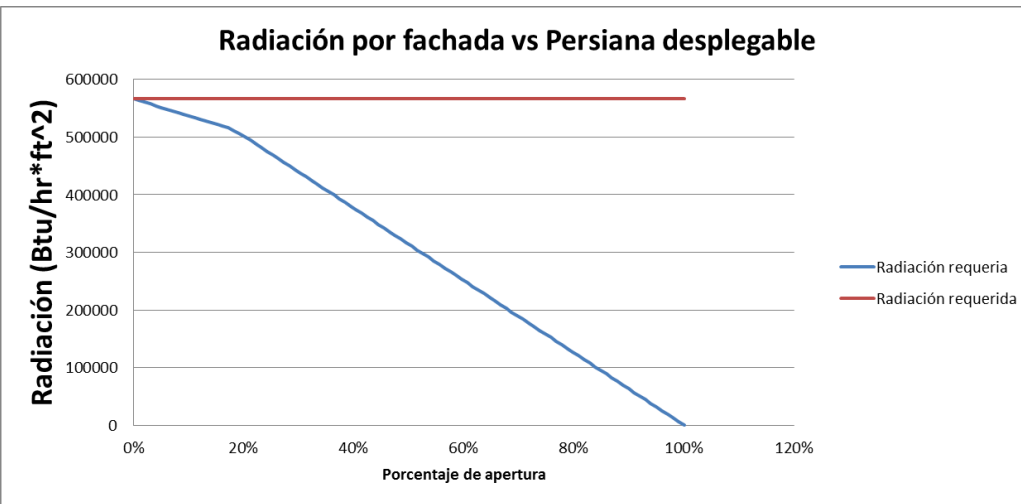


Gráfica 40. Opción 1 con SC 0,9

# Análisis Detallado de Fachadas

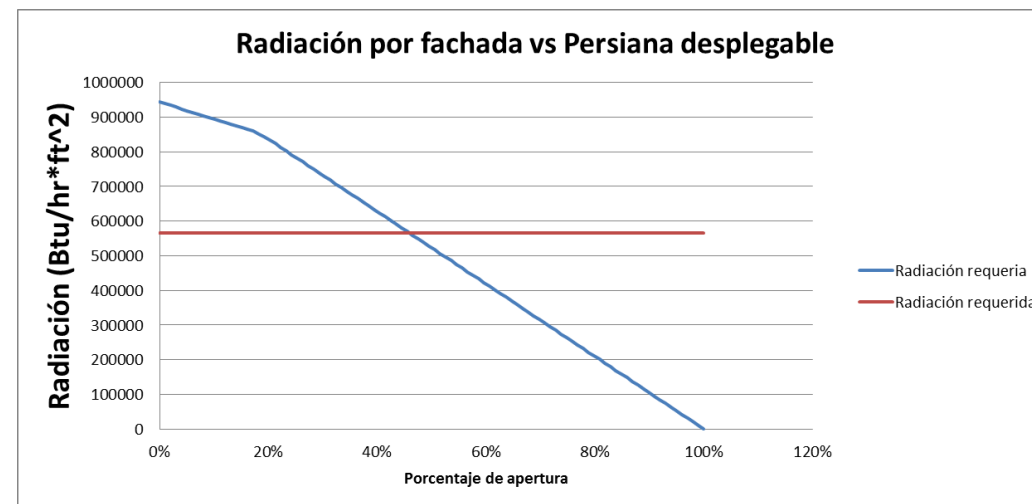
RESULTADOS OPCIÓN 2: Persiana exterior con cubrimiento total de radiación directa, difusa y reflejada. Esta persiana cubre su área de arriba hacia abajo.

SC 0,24



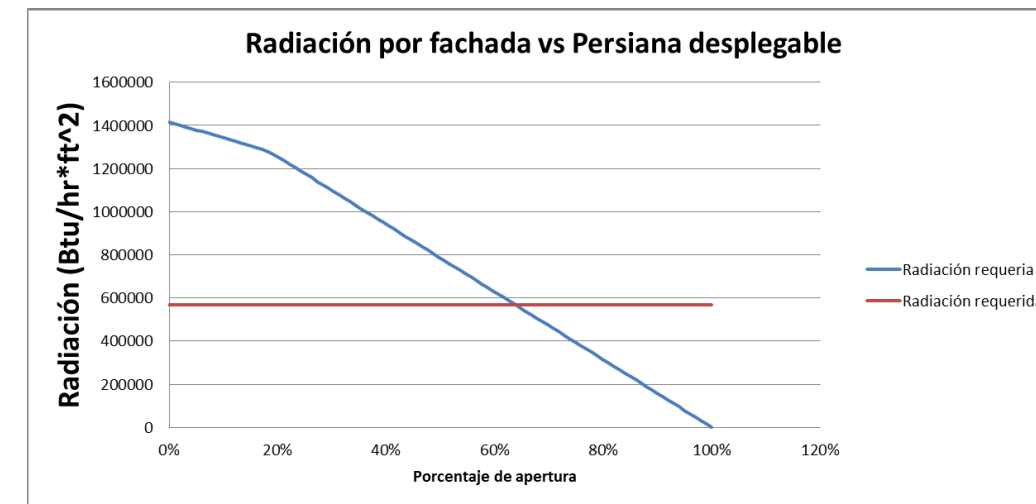
Gráfica 41. Opción 2 con SC 0,24

SC 0,40



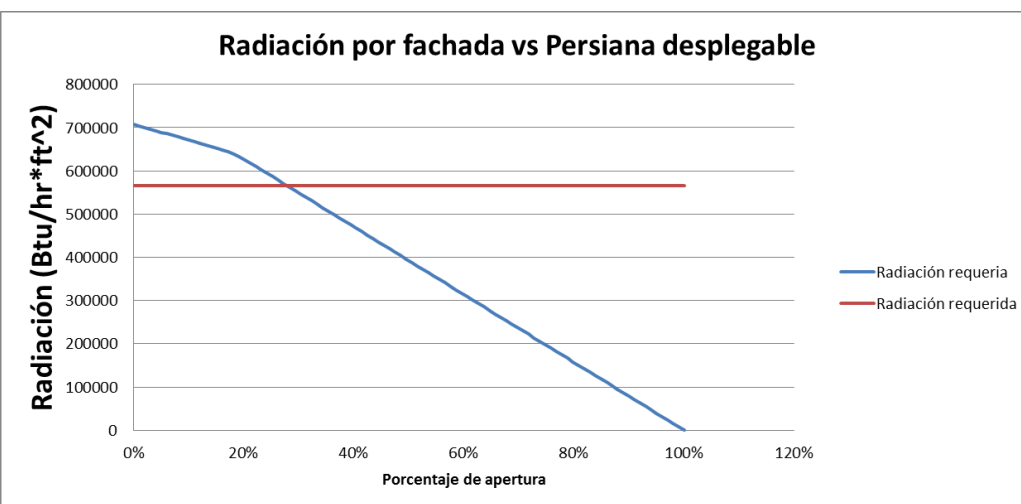
Gráfica 43. Opción 2 con SC 0,4

SC 0,60



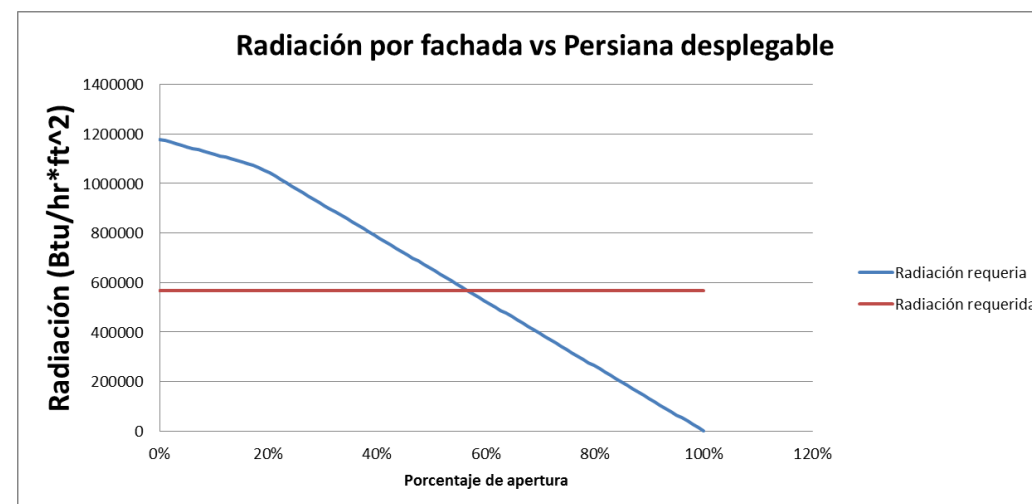
Gráfica 45. Opción 2 con SC 0,6

SC 0,30



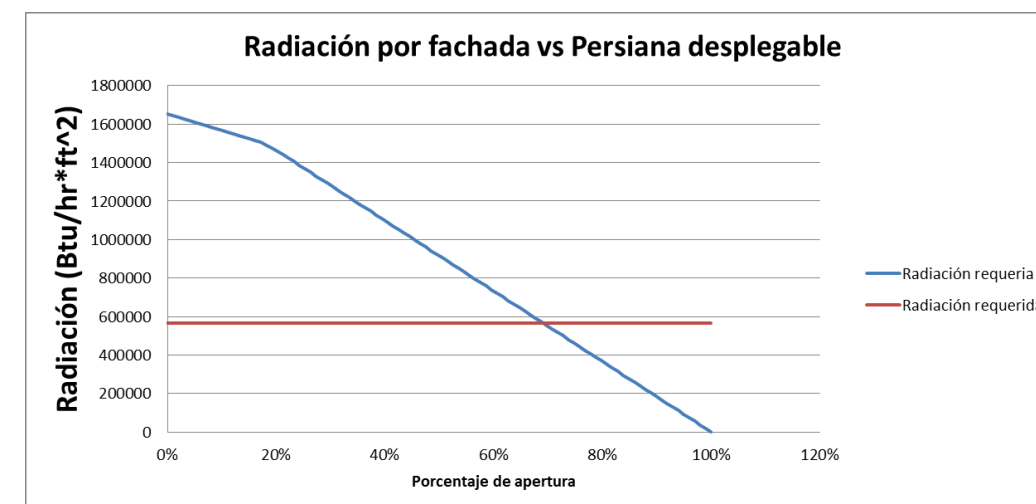
Gráfica 42. Opción 2 con SC 0,3

SC 0,50



Gráfica 44. Opción 2 con SC 0,5

SC 0,70

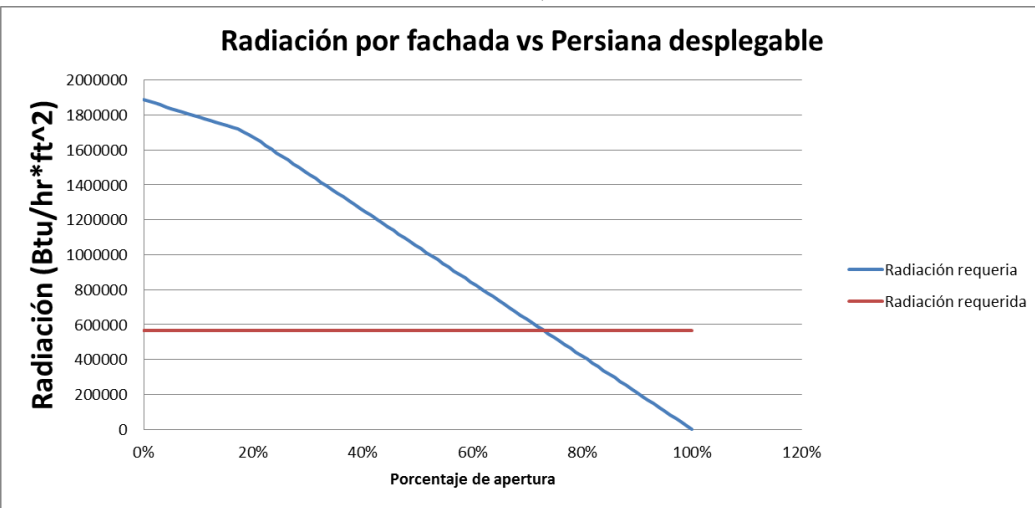


Gráfica 46. Opción 2 con SC 0,7

# Análisis Detallado de Fachadas

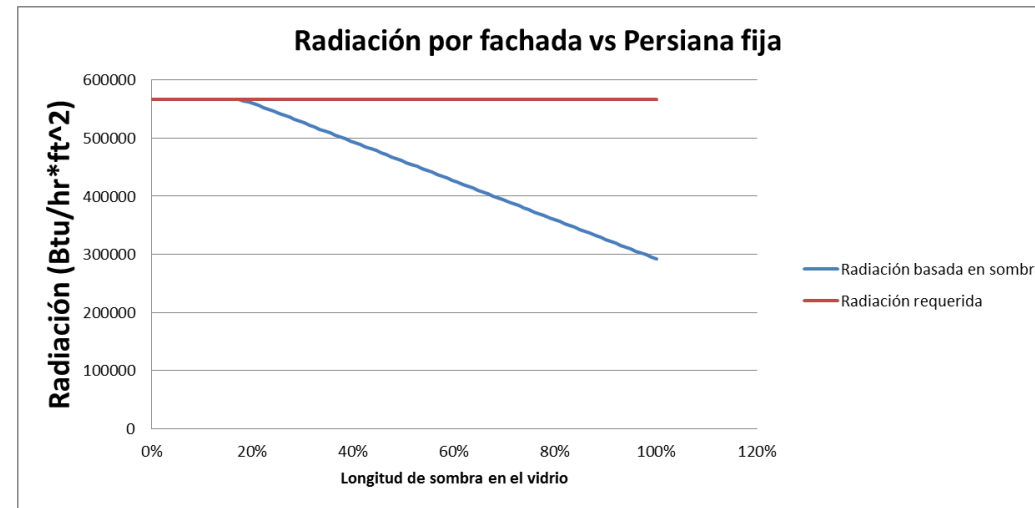
RESULTADOS OPCIÓN 3: Persianas constantes exteriores, su diseño debe garantizar un porcentaje de sombra adecuado para el correcto funcionamiento del sistema HVAC:

SC 0,80



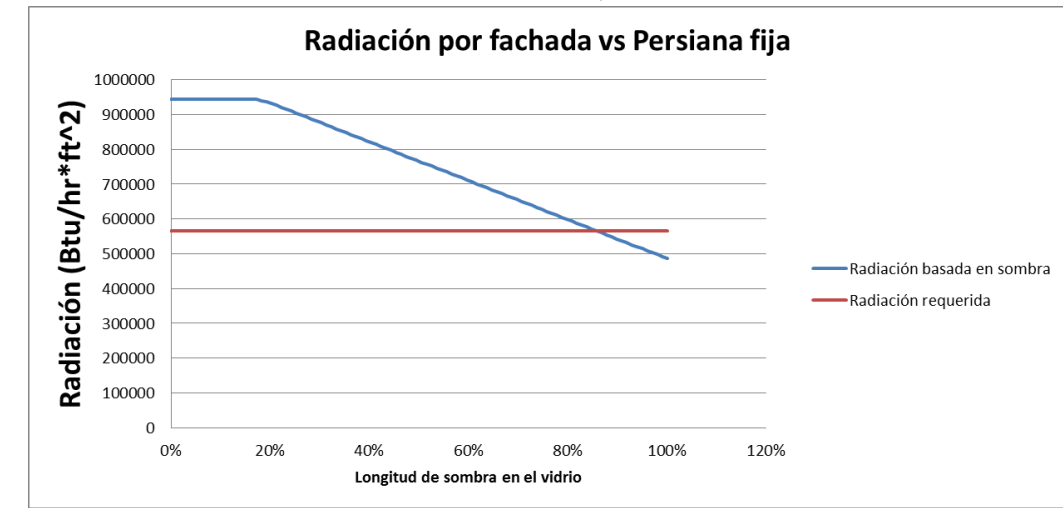
Gráfica 47. Opción 2 con SC 0,8

SC 0,24



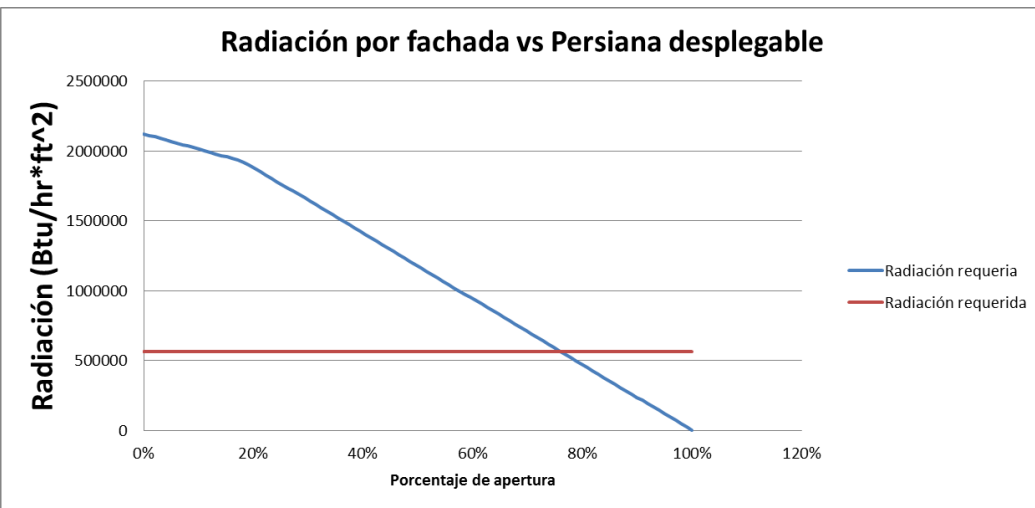
Gráfica 49. Opción 3 con SC 0,24

SC 0,40



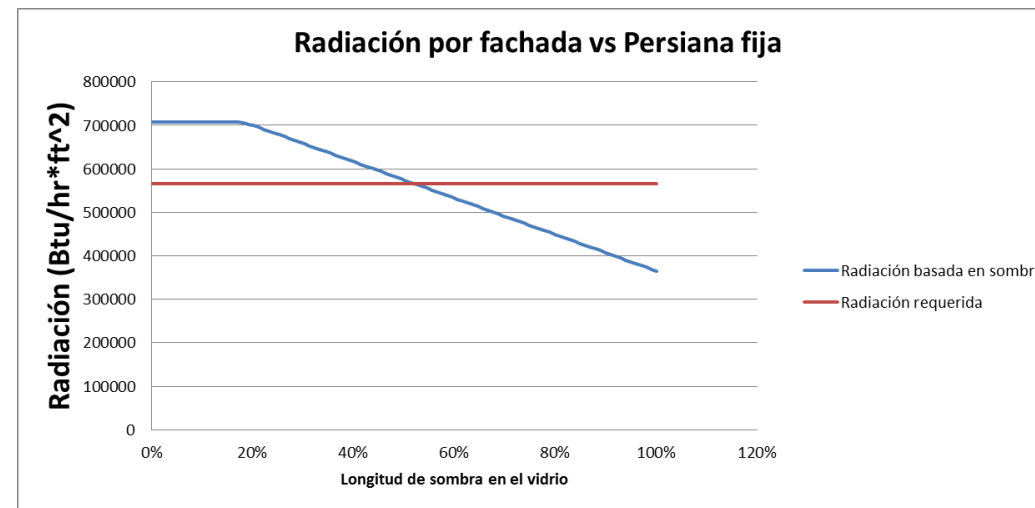
Gráfica 51. Opción 3 con SC 0,4

SC 0,90



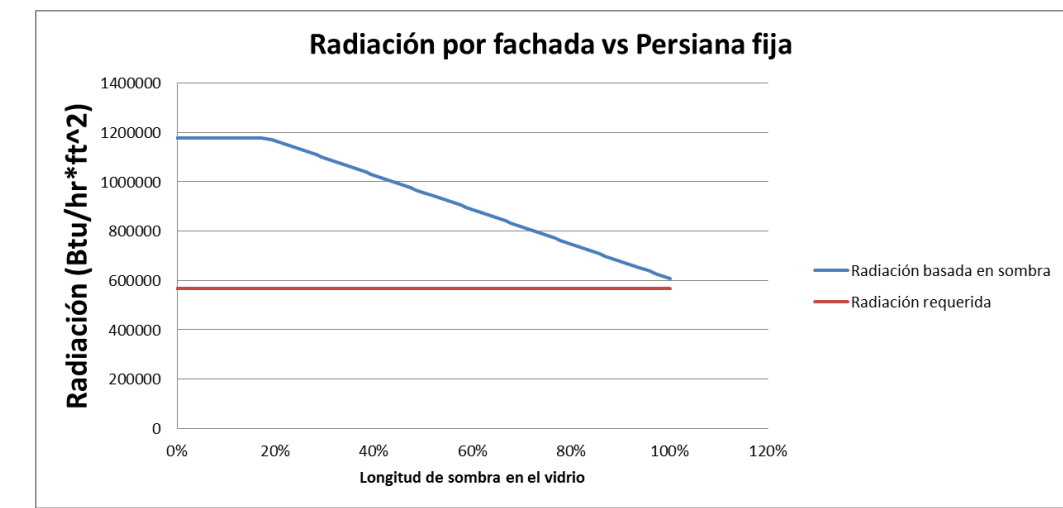
Gráfica 48. Opción 2 con SC 0,9

SC 0,30



Gráfica 50. Opción 3 con SC 0,3

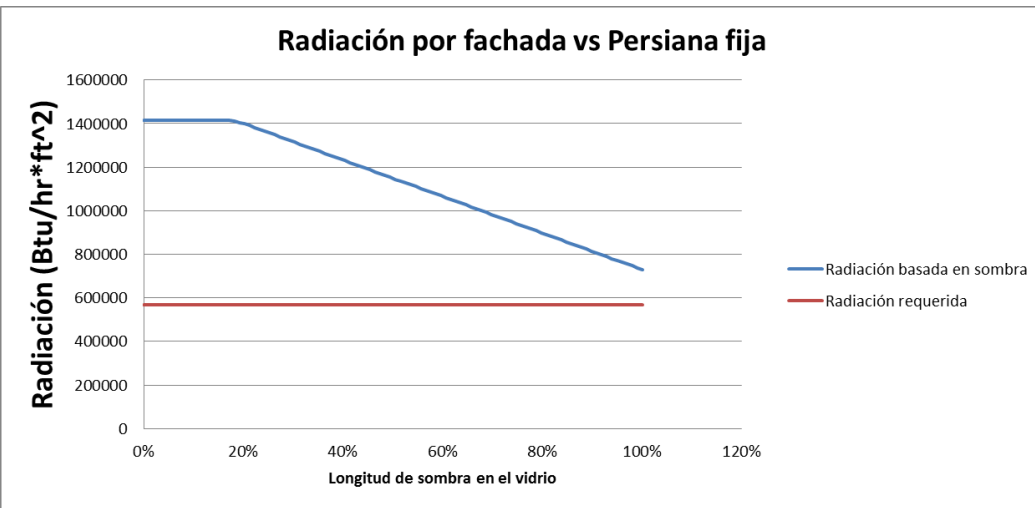
SC 0,50



Gráfica 52. Opción 3 con SC 0,5

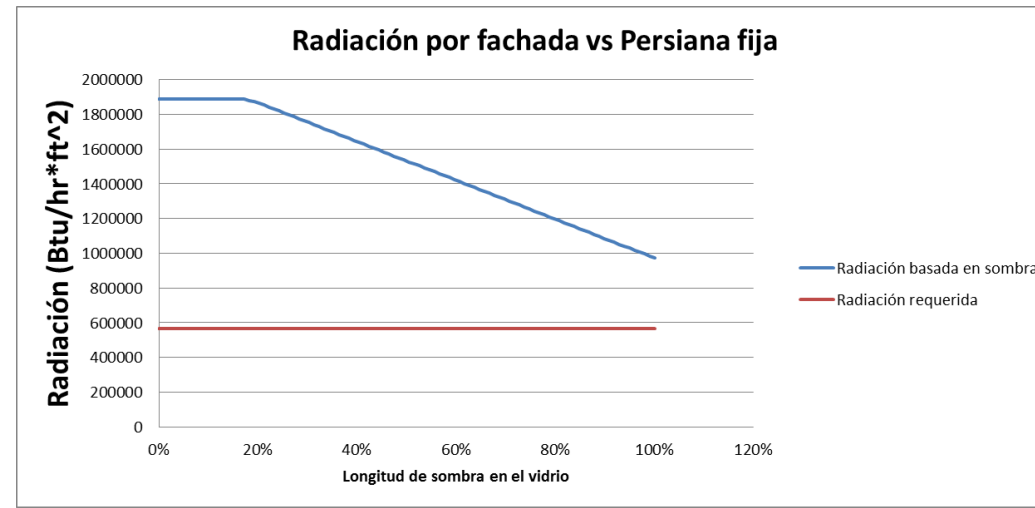
# Análisis Detallado de Fachadas

SC 0,60



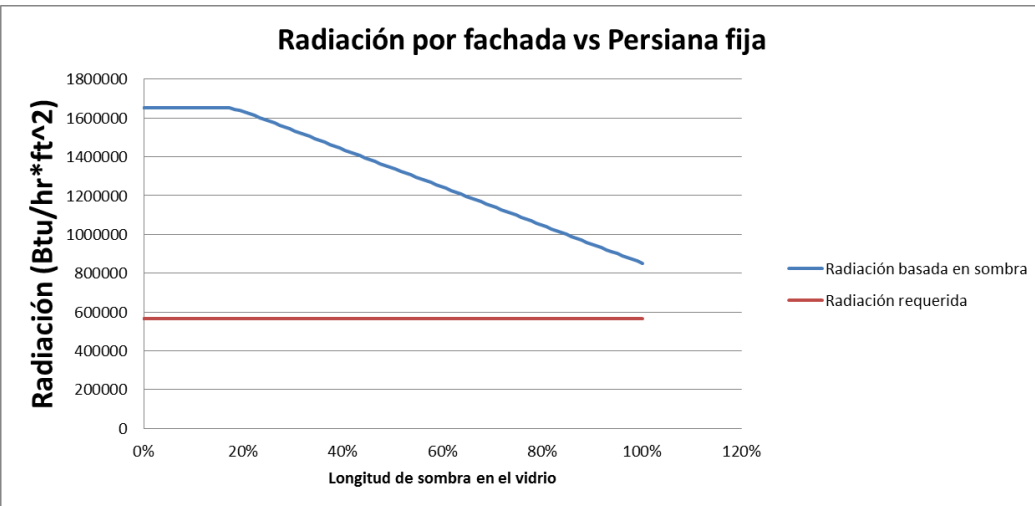
Gráfica 53. Opción 3 con SC 0,6

SC 0,80



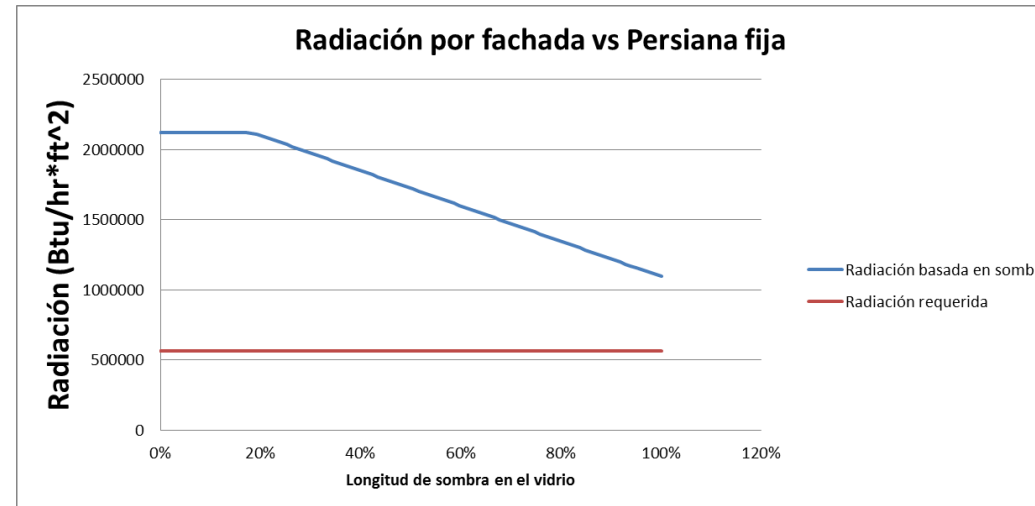
Gráfica 55. Opción 3 con SC 0,8

SC 0,70



Gráfica 54. Opción 3 con SC 0,7

SC 0,90



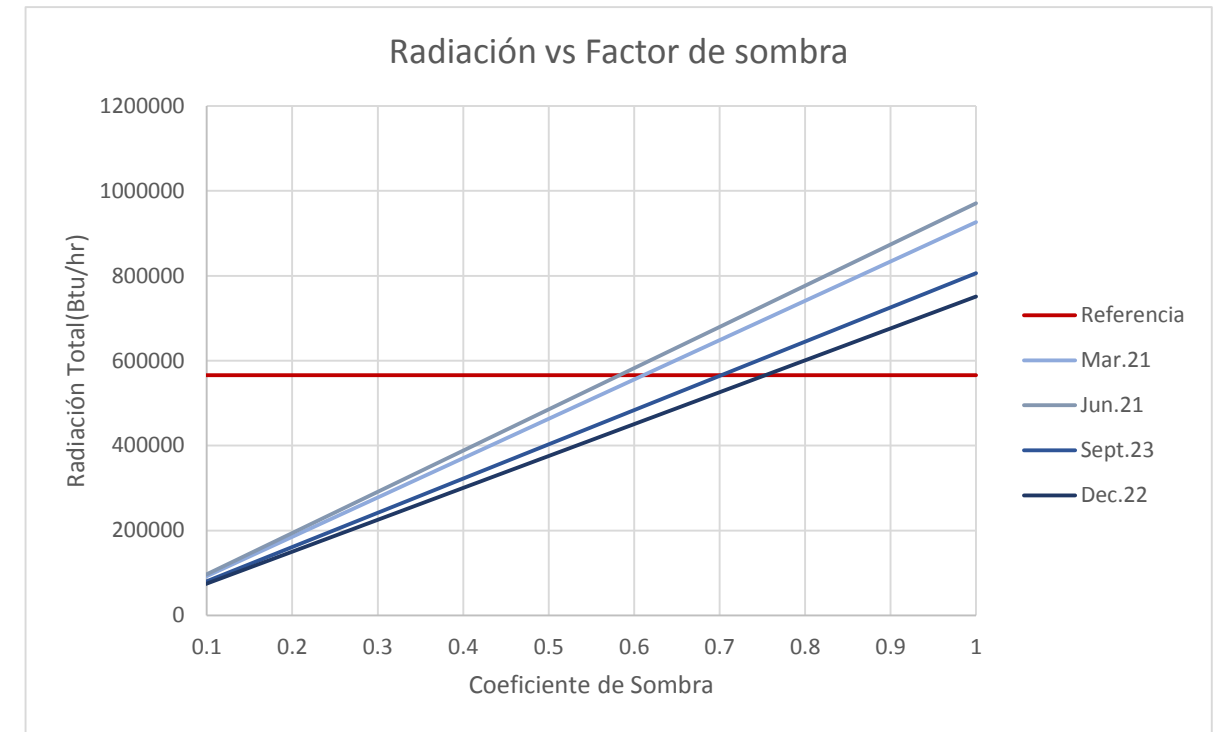
Gráfica 56. Opción 3 con SC 0,9

# Análisis Detallado de Fachadas

## OPCIÓN FINAL:

Debido a las implicaciones en el aspecto de la fachada que supone emplear ventanas con coeficientes de sombra menores a 0.3, se decidió analizar una opción que permita cumplir con los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de aire acondicionado empleando ventanas con coeficiente de sombra menor a 0.57, para este análisis se tiene en cuenta que la fachada norte cuenta con un blackout interno con un SC de 0.4 o menor y que las persianas exteriores tienen un coeficiente de sombra de 0.7, los resultados obtenidos se resumen en la gráfica 57 y tabla 9.

Nota: si no hay un punto de intersección entre la línea roja y la azul, significa que el sistema HVAC no funcionará de acuerdo a lo establecido en los parámetros del sistema completo HVAC.



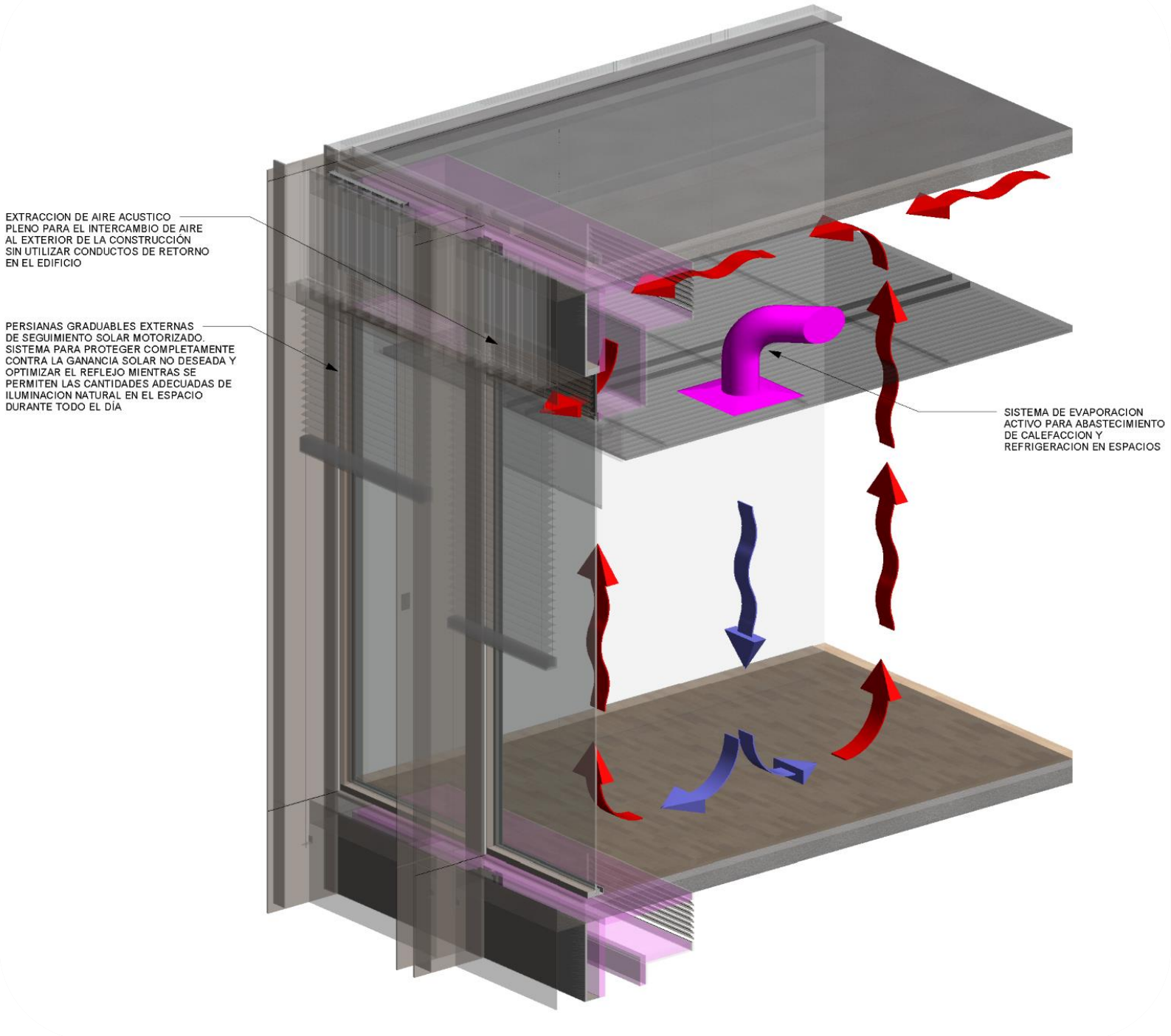
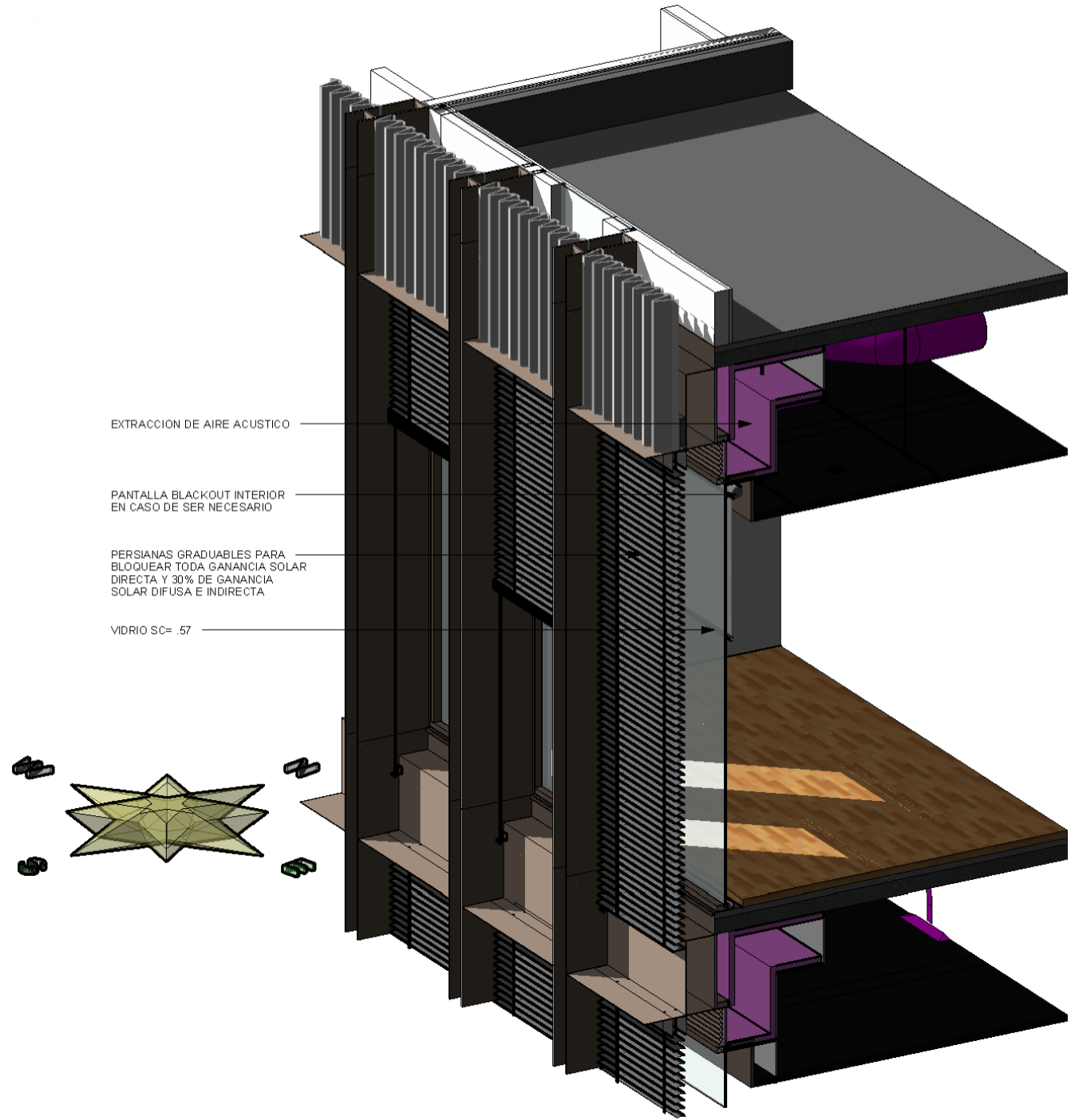
Gráfica 57. Opción final

	Fachada		
	Oeste	Norte	Sur
Area	6.730,00	13.616,00	8.007,00
FACTOR SOMBRA	0,57	0,23	0,57
Area Reducida	3836,10	3104,45	4563,99
Factor Nubes	0,90	0,90	0,90
Factor persiana	0,70	1,00	0,70

Tabla 9. Opción final

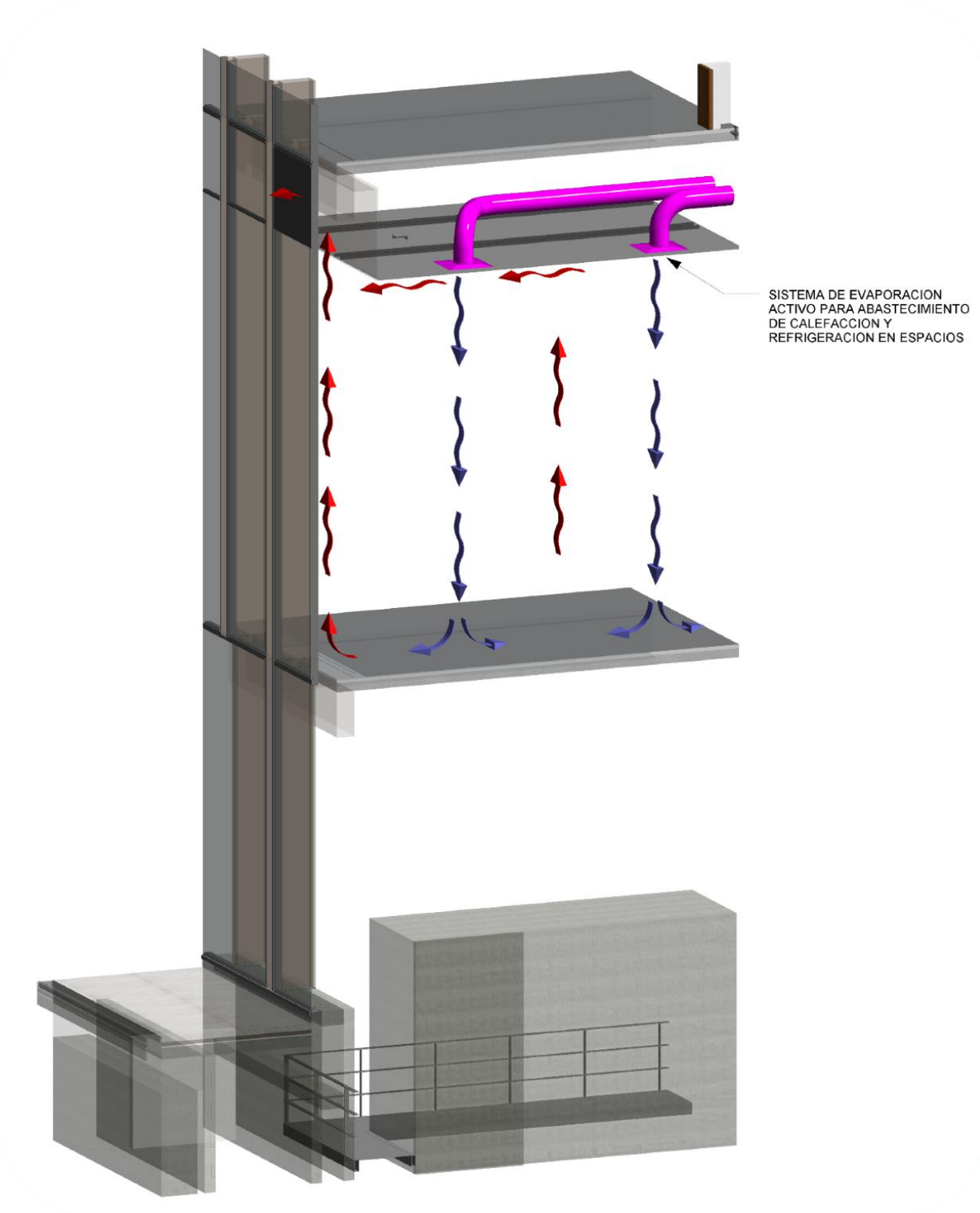
# Análisis Detallado de Fachadas

OPCIÓN FINAL: SUR Y OESTE



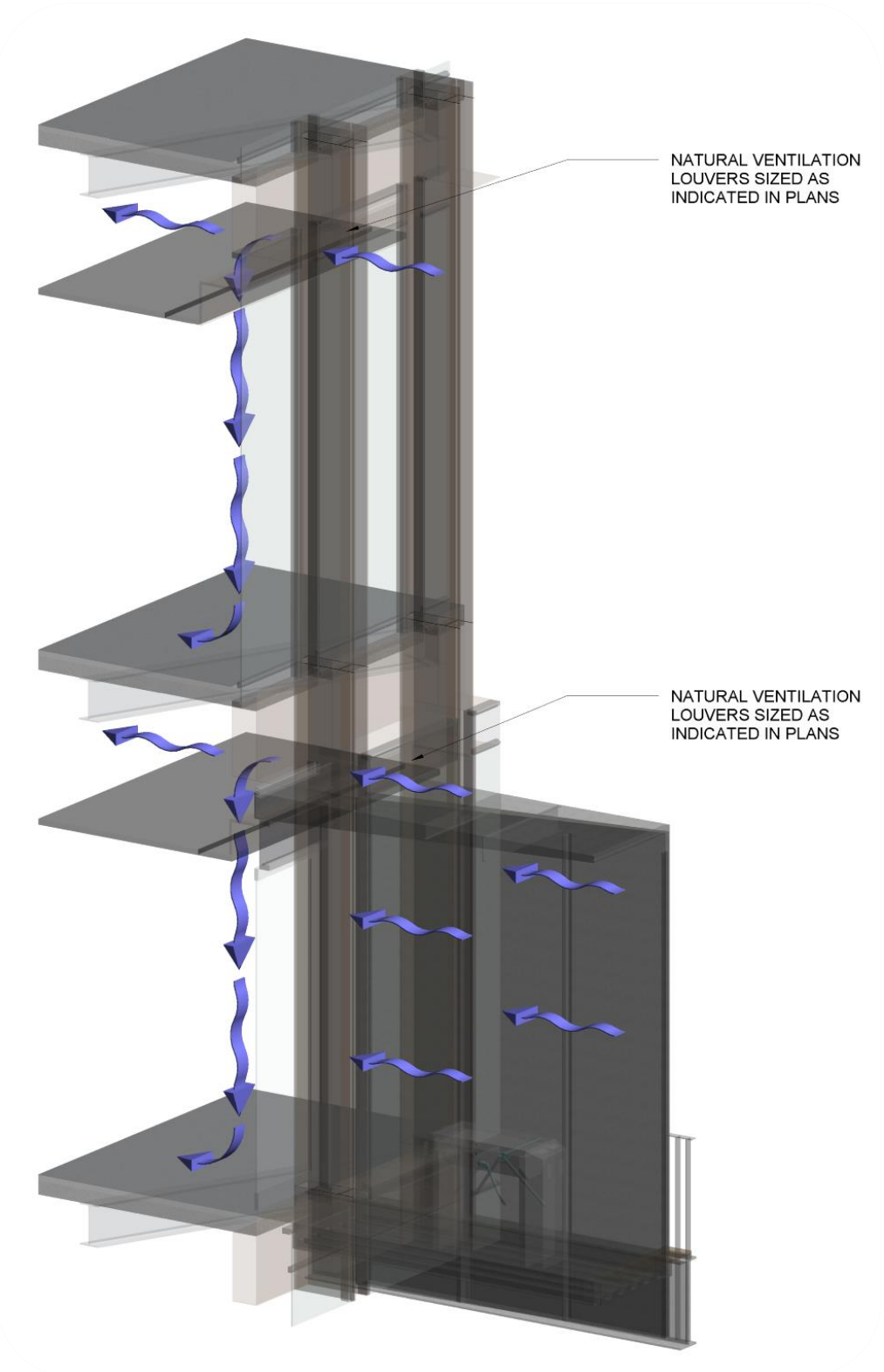
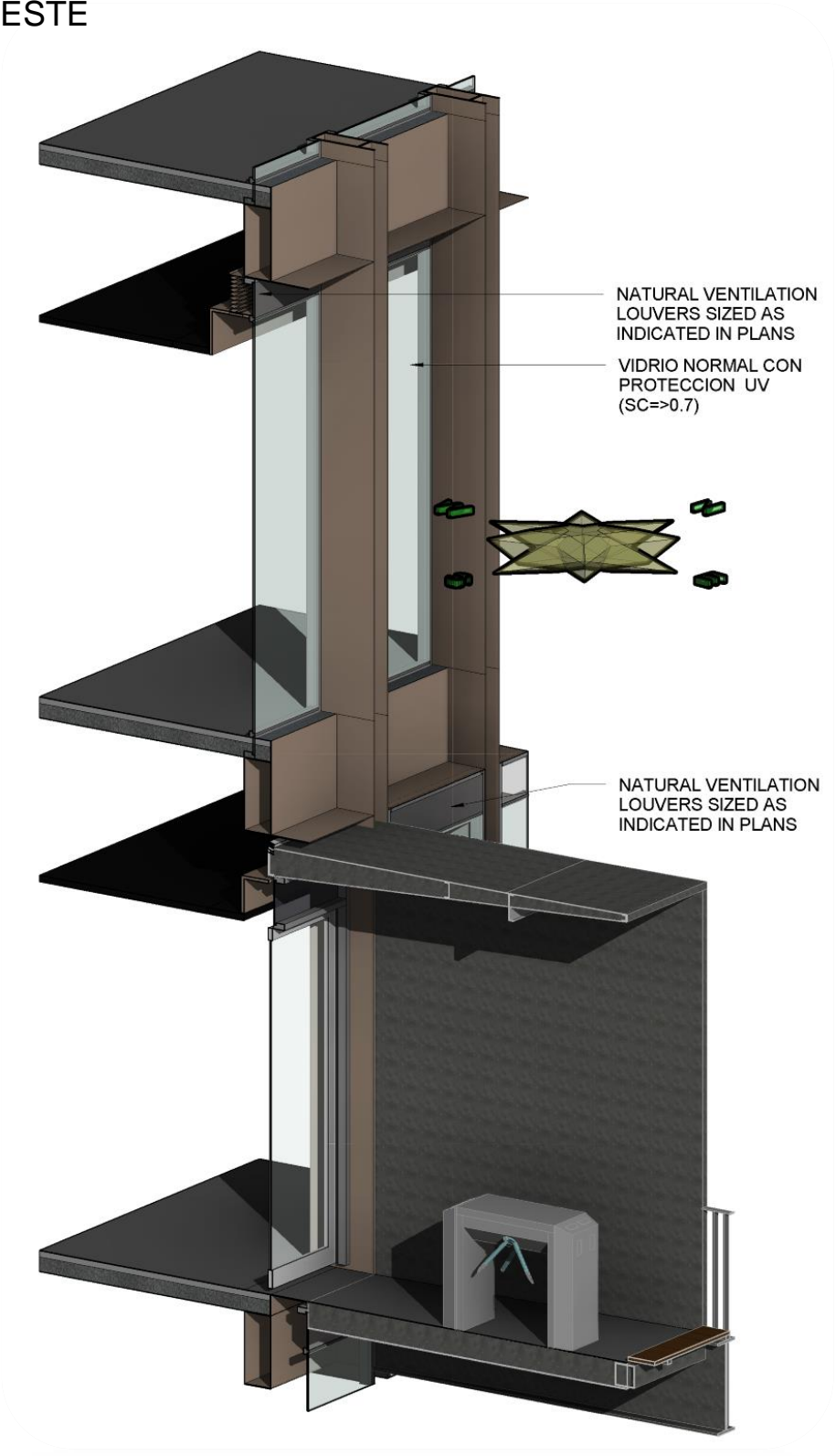
# Análisis Detallado de Fachadas

OPCIÓN FINAL: NORTE



# Análisis Detallado de Fachadas

OPCIÓN FINAL: ESTE



# Análisis Detallado de Iluminación

El Modelo de Energía se puso en dos programas diferentes BIM para analizar las condiciones de iluminación de los espacios en función de la cantidad real de luz natural cada espacio recibirá la geometría de las aberturas de fachada que determinarán si la iluminación natural en el espacio que utilizan es eficiente para los ocupantes. Basándose en los resultados del equipo de diseño puede tomar decisiones educadas para cada espacio del edificio.

1 footcandle = 10.76391 lux

La cantidad de luz necesaria para la buena visión depende de:

- La edad de las personas que utilizan la iluminación
- La reflectancia de la tarea Las personas mayores requieren más luz, (a los 65 años necesitamos el doble de luz para ver, así como lo hicimos a los 20 años) y son mucho más sensibles al deslumbramiento, así la iluminación no sólo debe ser abundante, pero bien protegido.

La siguiente tabla muestra los niveles de iluminación recomendados. En cada caso se indica un rango-el bajo valor debe ser para los jóvenes menores de 25 años, el valor medio para niños de 25 a 65 años, y el alto valor de bienestar para las personas mayores de 65 años.

Así que para el Fondo de los Laboratorios será necesario seguir la información que a continuación se basa en los ocupantes de los diferentes espacios. Los miembros de la facultad van desde 25 hasta 65 años de edad, mientras que los propios estudiantes en su mayoría en el rango de 25 y menores.

Objetivos de iluminancia recomendados en footcandles

Area or activity	Under 25	25-65	Over 65
Passageways	2	4	8
Conversation	2.5	5	10
Grooming	15	30	60
Reading/Study	25	50	100
Kitchen Counter	37.5	75	150
Hobbies	50	100	200

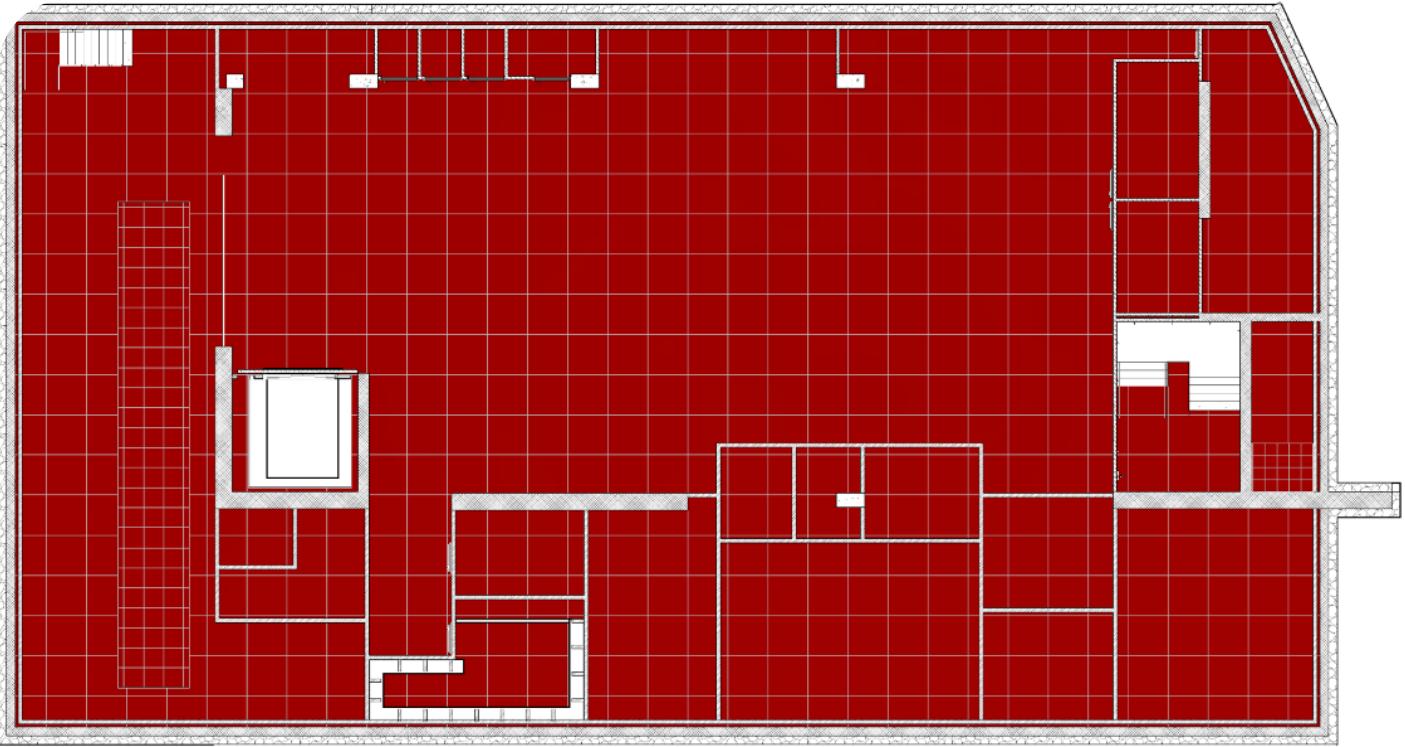
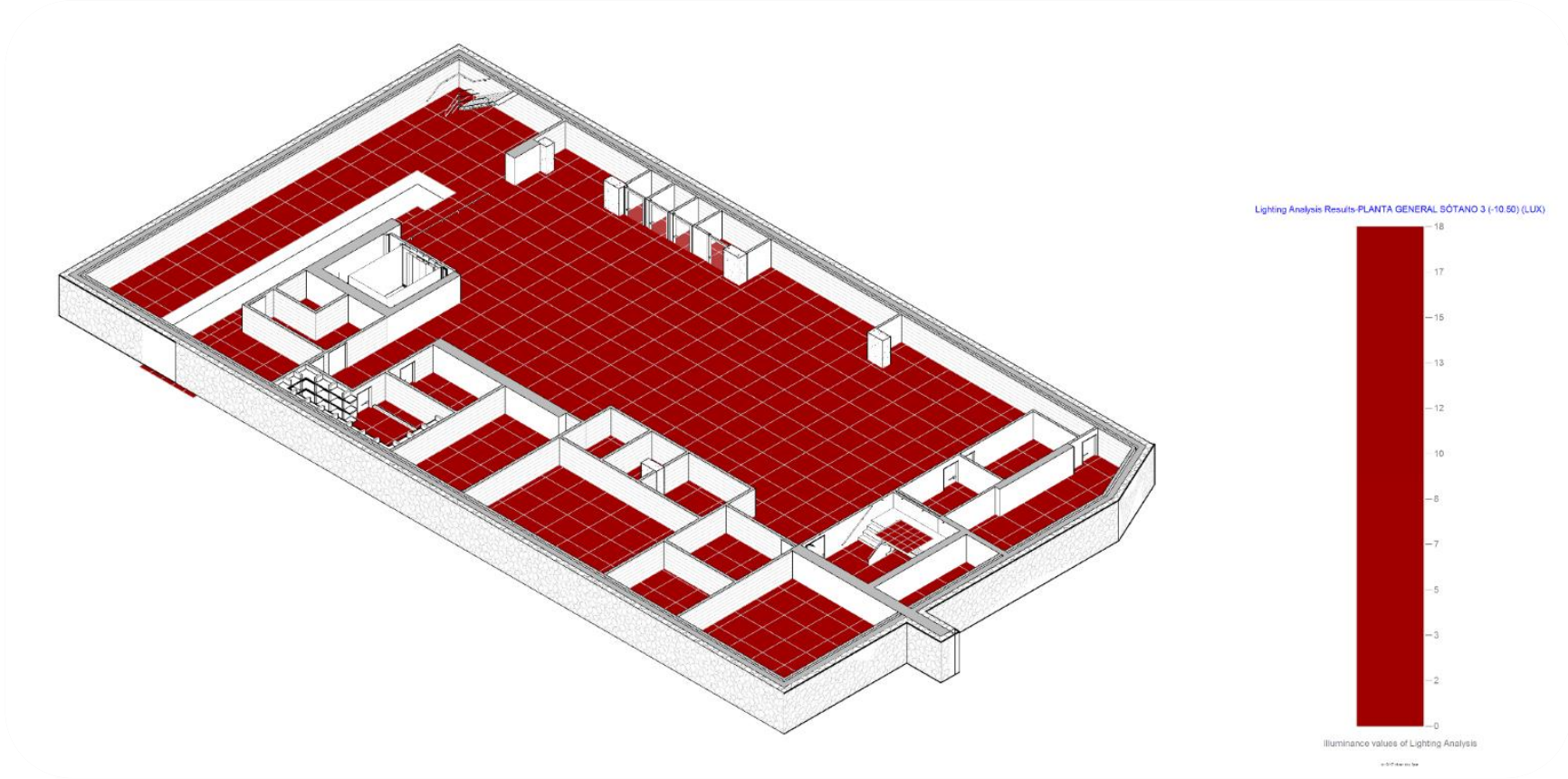
Figura 1

Area	Nominal Illumination Level in Lumens/Square Meter (lux)
<b>Office Space</b>	
Normal work station space, open or closed offices <sup>1</sup>	500
ADP Areas	500
Conference Rooms	300
Training Rooms	500
Internal Corridors	200
Auditoria	150-200
<b>Public Areas</b>	
Entrance Lobbies, Atria	200
Elevator Lobbies, Public Corridors	200
Ped. Tunnels and Bridges	200
Stairwells	200
<b>Support Spaces</b>	
Toilets	200
Staff Locker Rooms	200
Storage Rooms, Janitors' Closets	200
Electrical Rooms, Generator Rooms	200
Mechanical Rooms	200
Communications Rooms	200
Maintenance Shops	200
Loading Docks	200
Trash Rooms	200
<b>Specialty Areas</b>	
Dining Areas	150-200
Kitchens	500
Outleased Space	500
Physical Fitness Space	500
Child Care Centers	500
Structured Parking, General Space	50
Structured Parking, Intersections	100
Structured Parking, Entrances	500

Figura 2

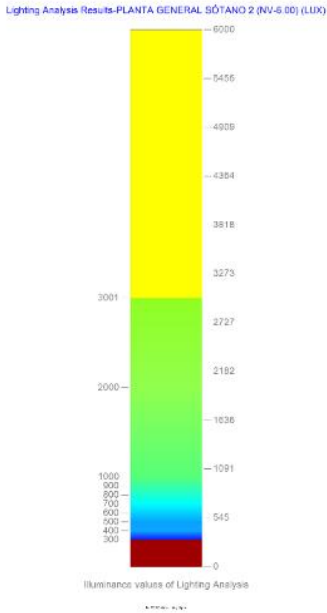
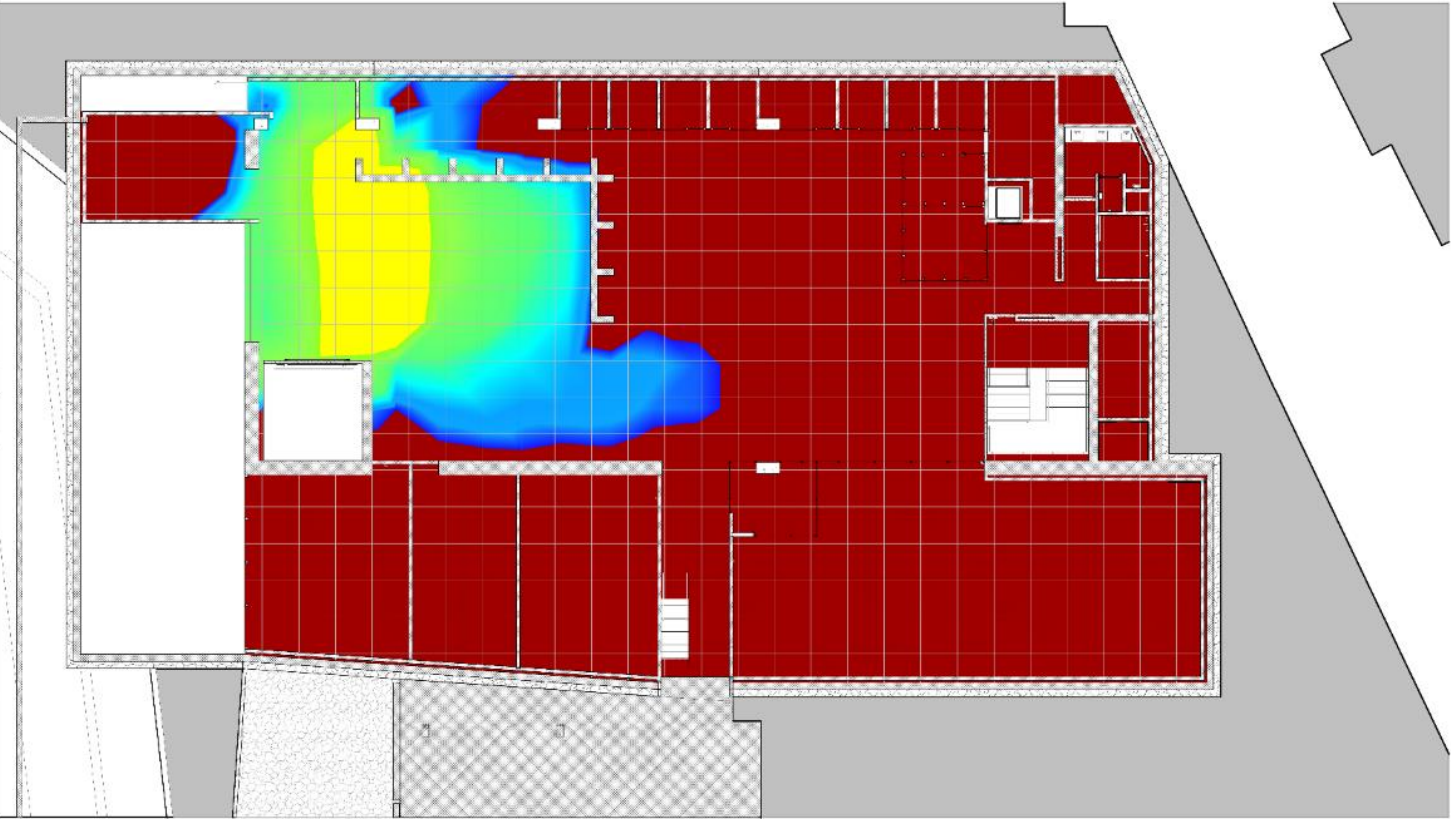
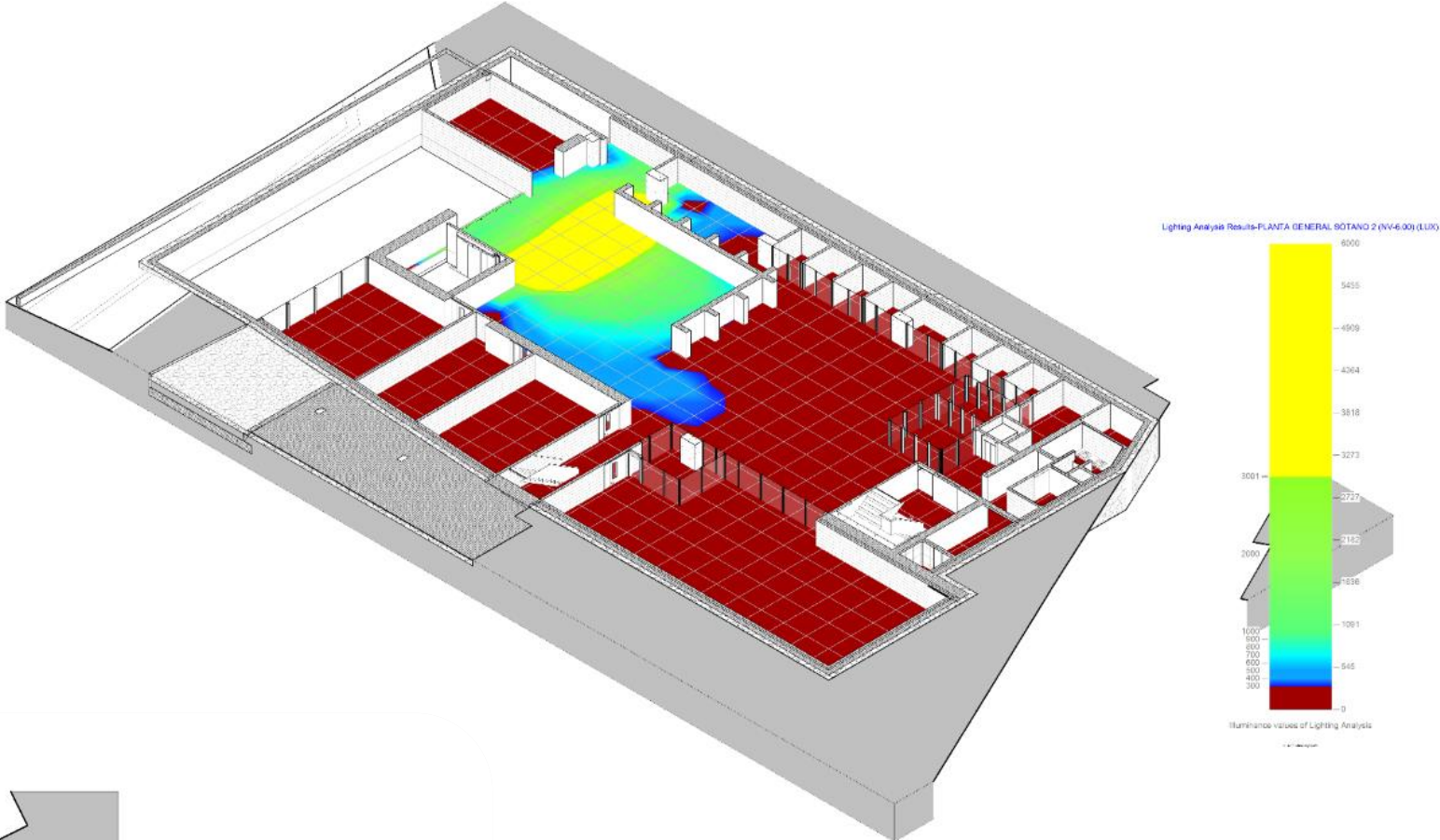
# Análisis Detallado de Iluminación – Sotano 3

SÓTANO 3: Los niveles de iluminación natural no son suficientes para las labores que se llevarán a cabo en este espacio y se necesitará del uso de iluminación artificial.



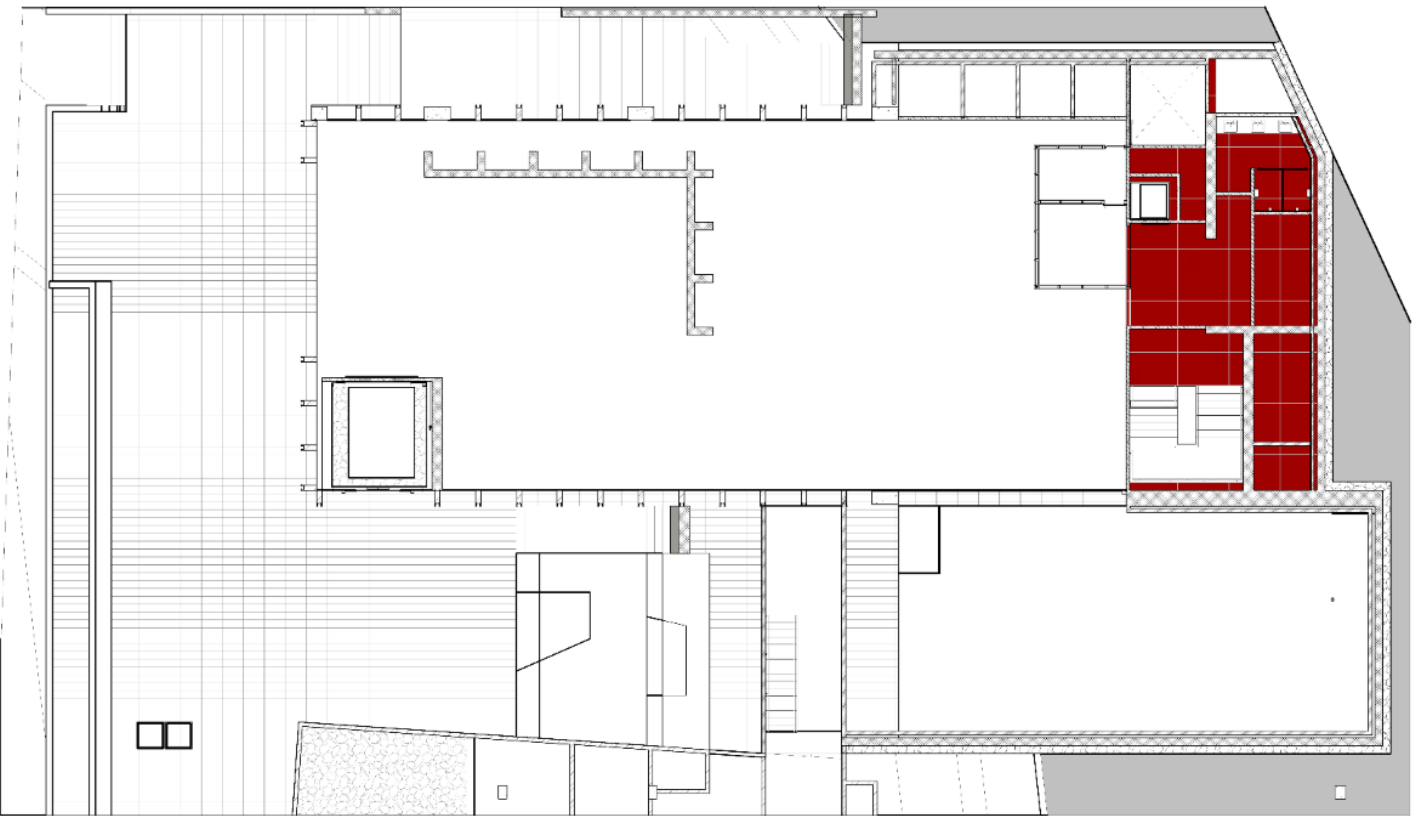
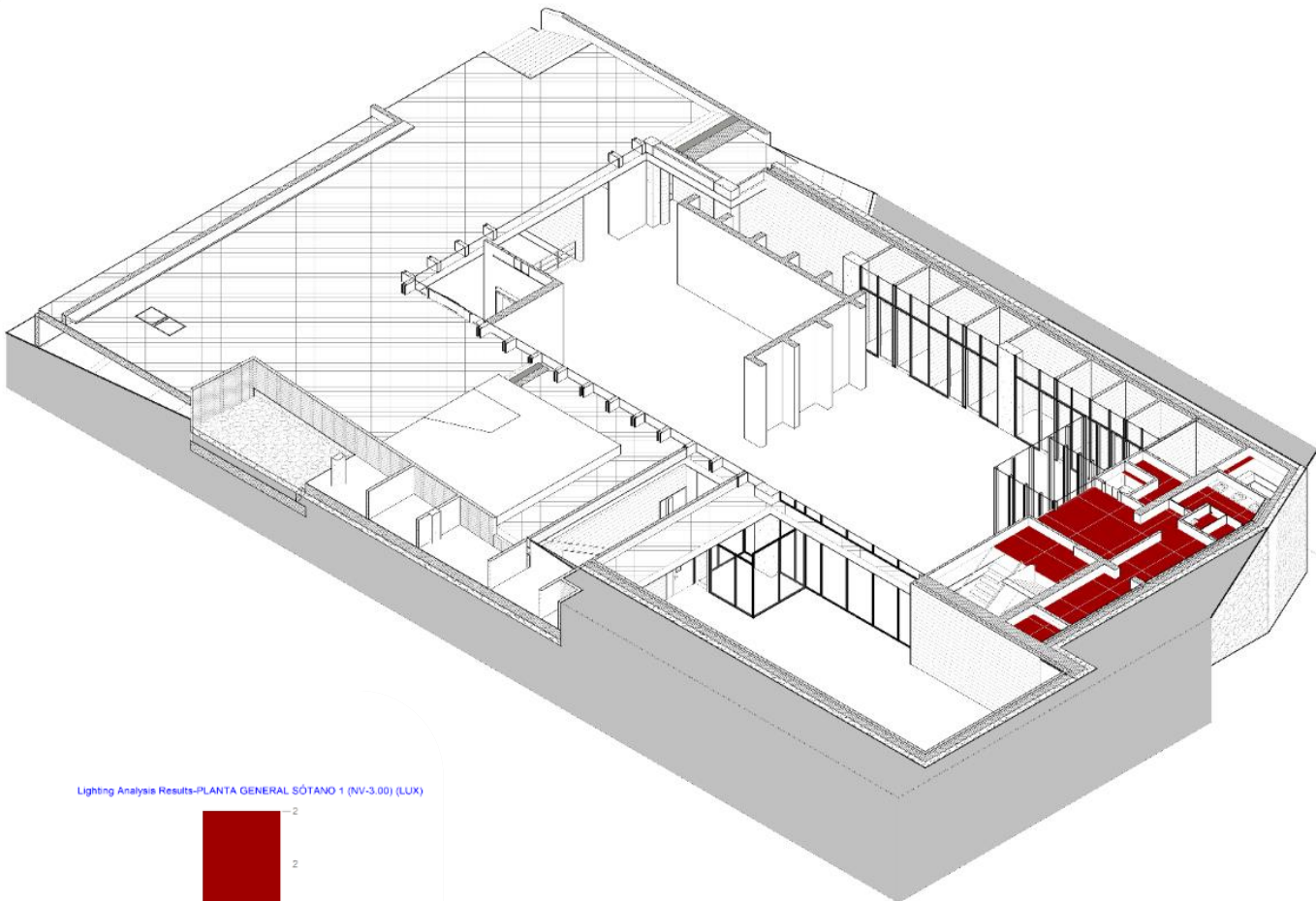
# Análisis Detallado de Iluminación – Sotano 2

SÓTANO 2: Hay algunas áreas en este nivel que se encuentran en el rango aceptable de luz natural, pero para la mayoría de espacios los niveles de iluminación natural no son lo suficientes para las labores que se llevarán a cabo en este espacio y se necesitará del uso de iluminación artificial.



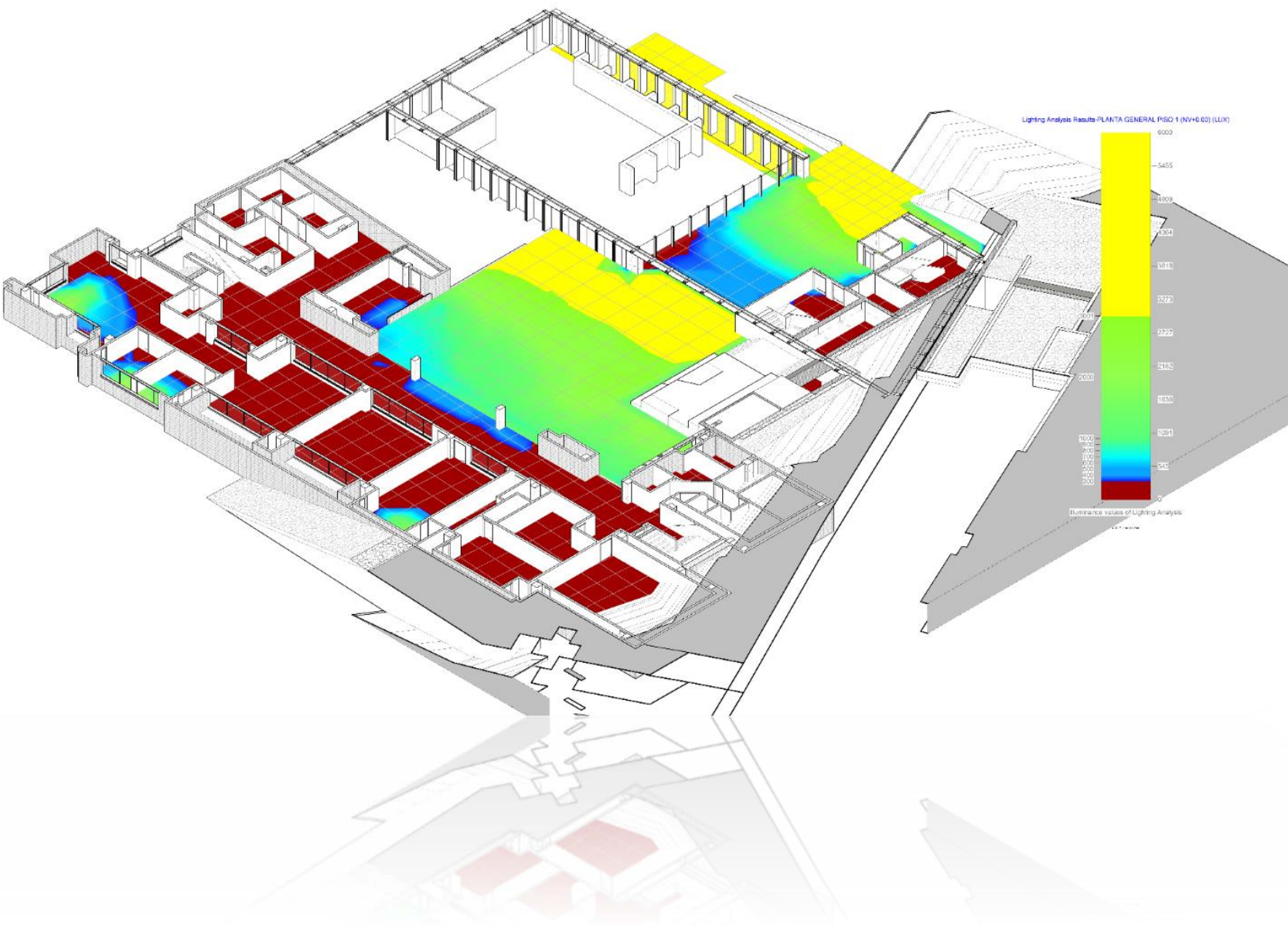
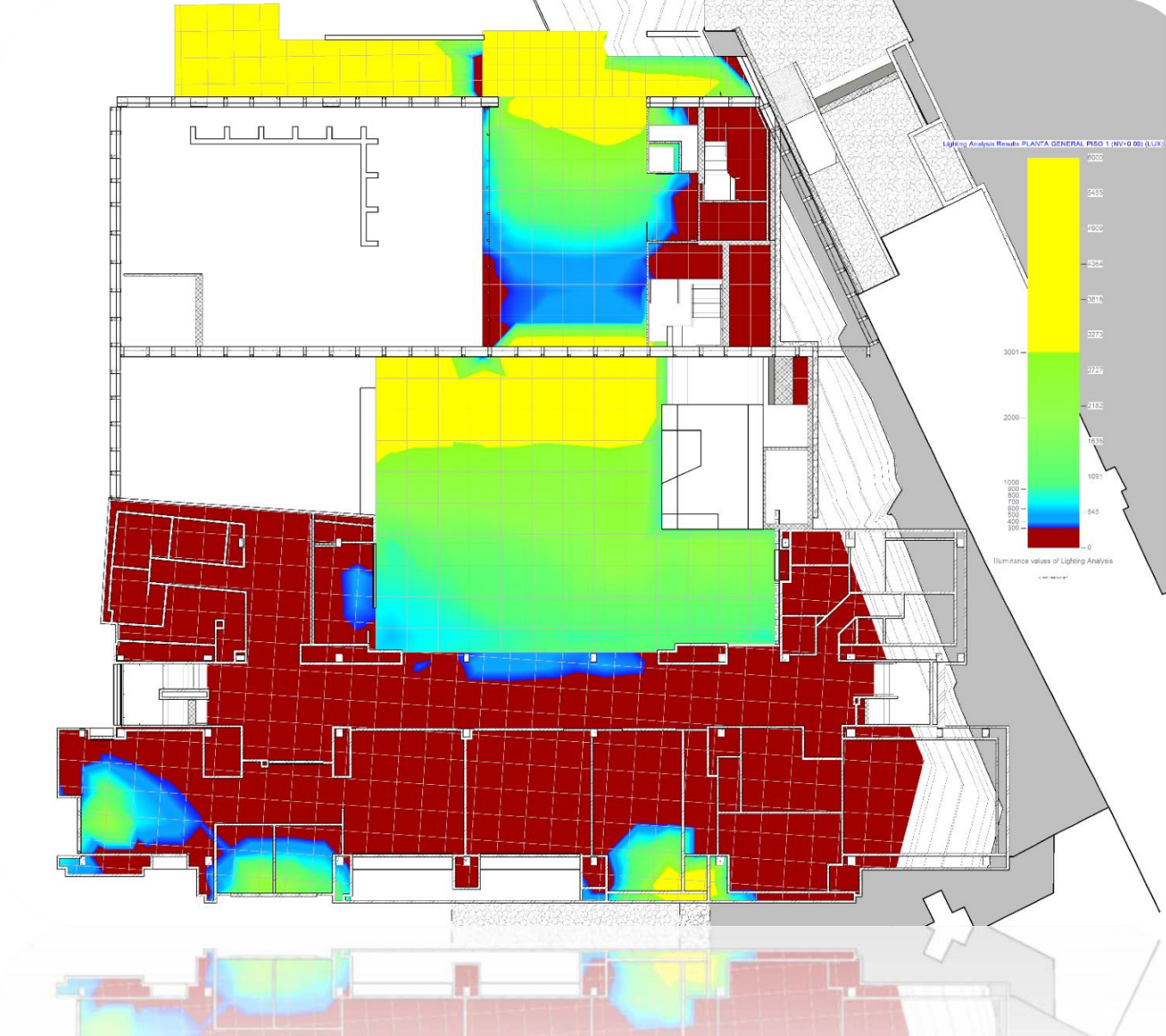
# Análisis Detallado de Iluminación – Sótano 1

Sótano 1: Los niveles de iluminación natural no son suficientes para las labores que se llevarán a cabo en este espacio y se necesitará del uso de iluminación artificial.



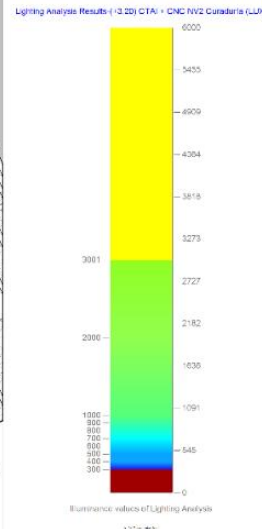
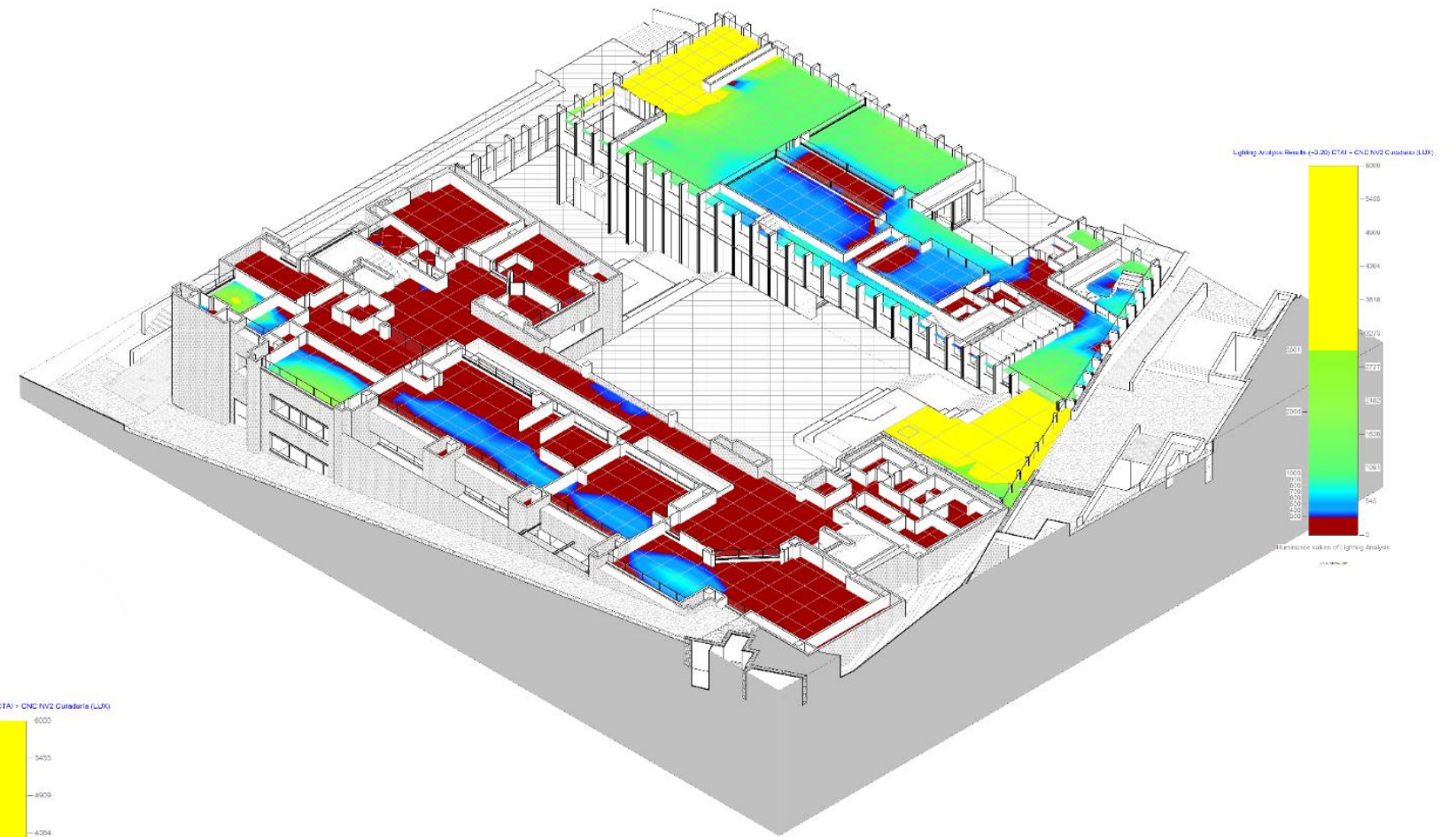
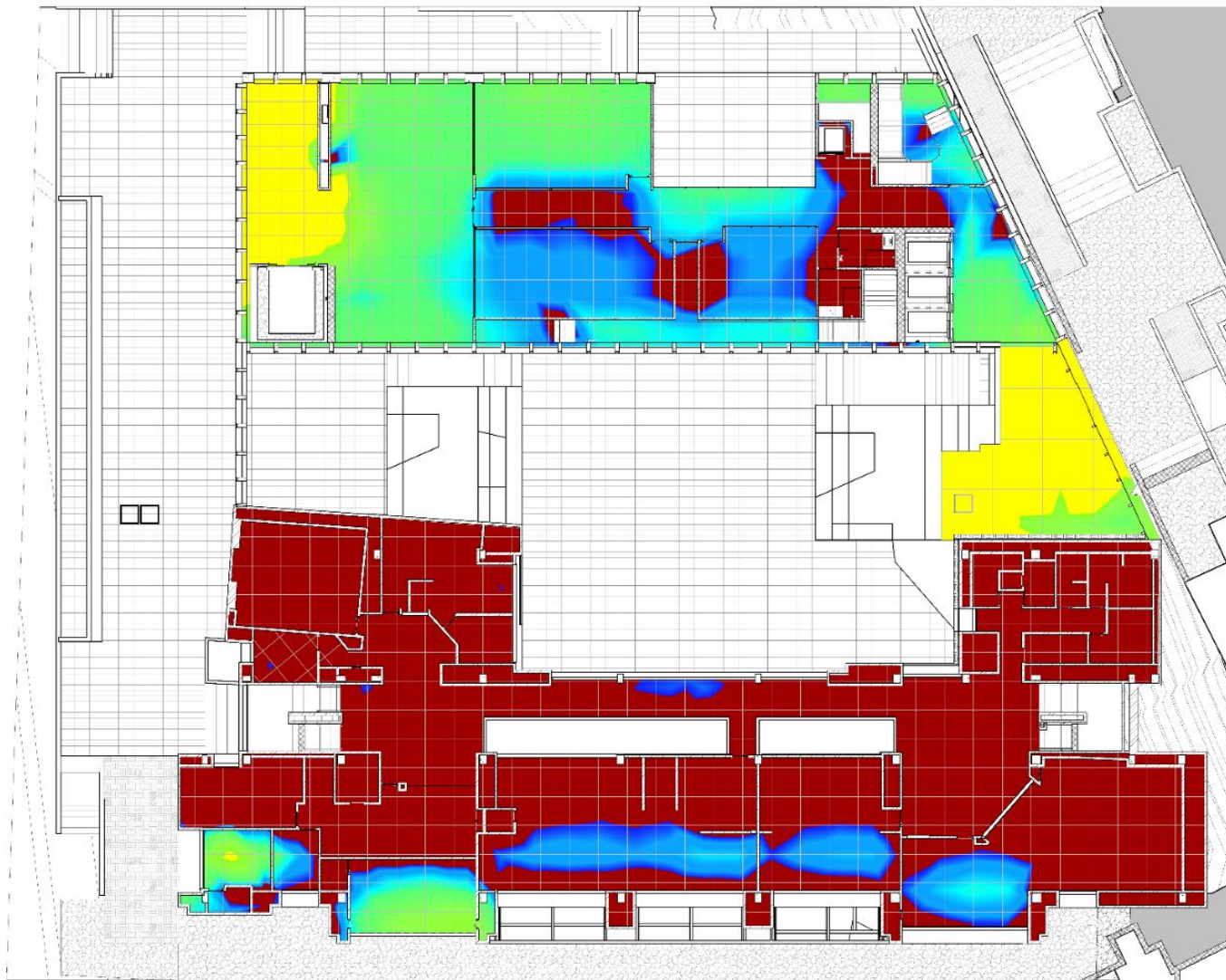
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 1

Piso 1: La niveles de iluminación natural de este piso se presentan en espacios exteriores que no requieren luz adicional, sin embargo se aconseja tener luz nocturna para la seguridad de los ocupantes. Las áreas de color rojo requerirán iluminación artificial para obtener la iluminación requerida a lo largo del día. Cabe resaltar que el edificio existente no posee una adecuada iluminación natural dado a que la mayoría de sus áreas son de color rojo.



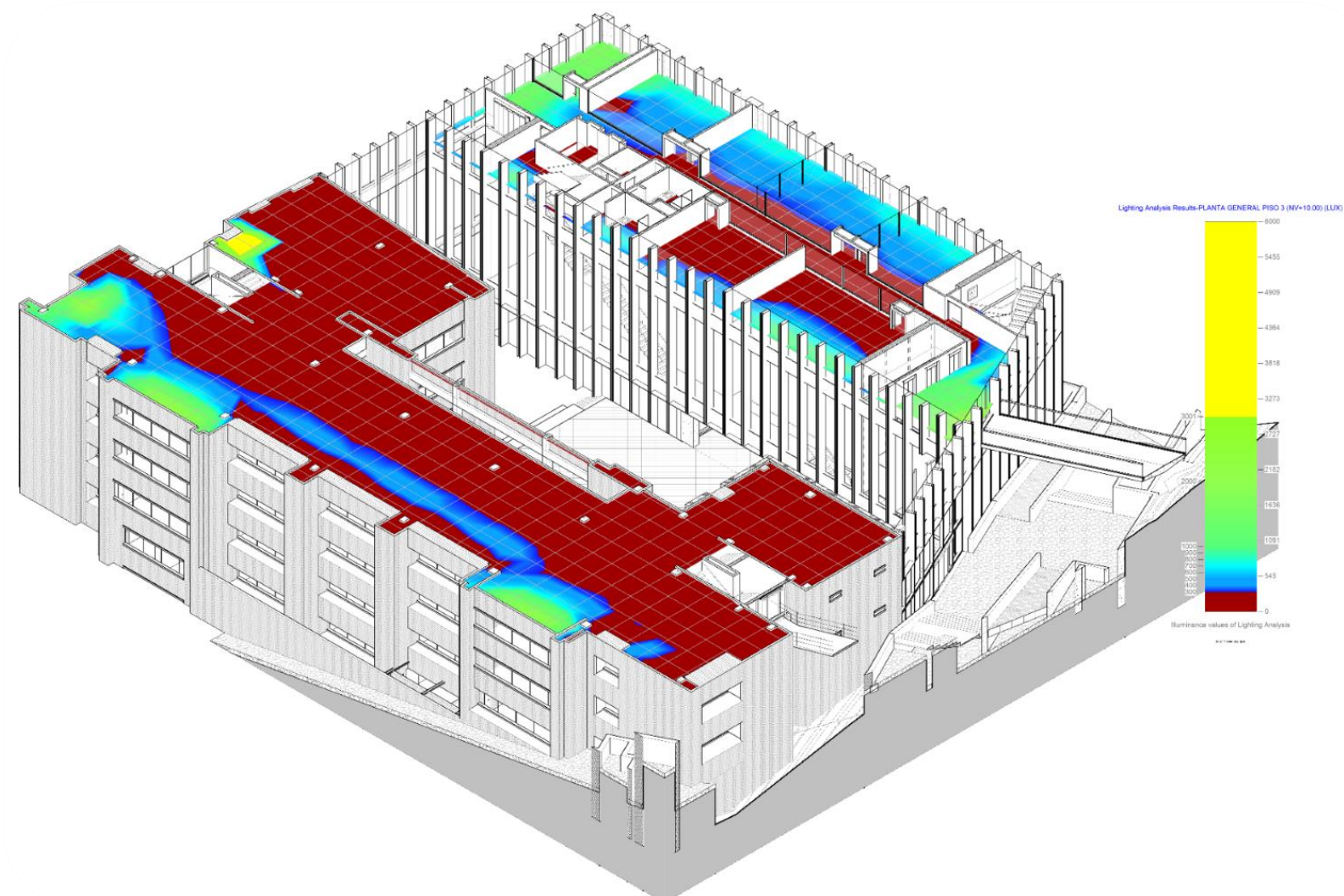
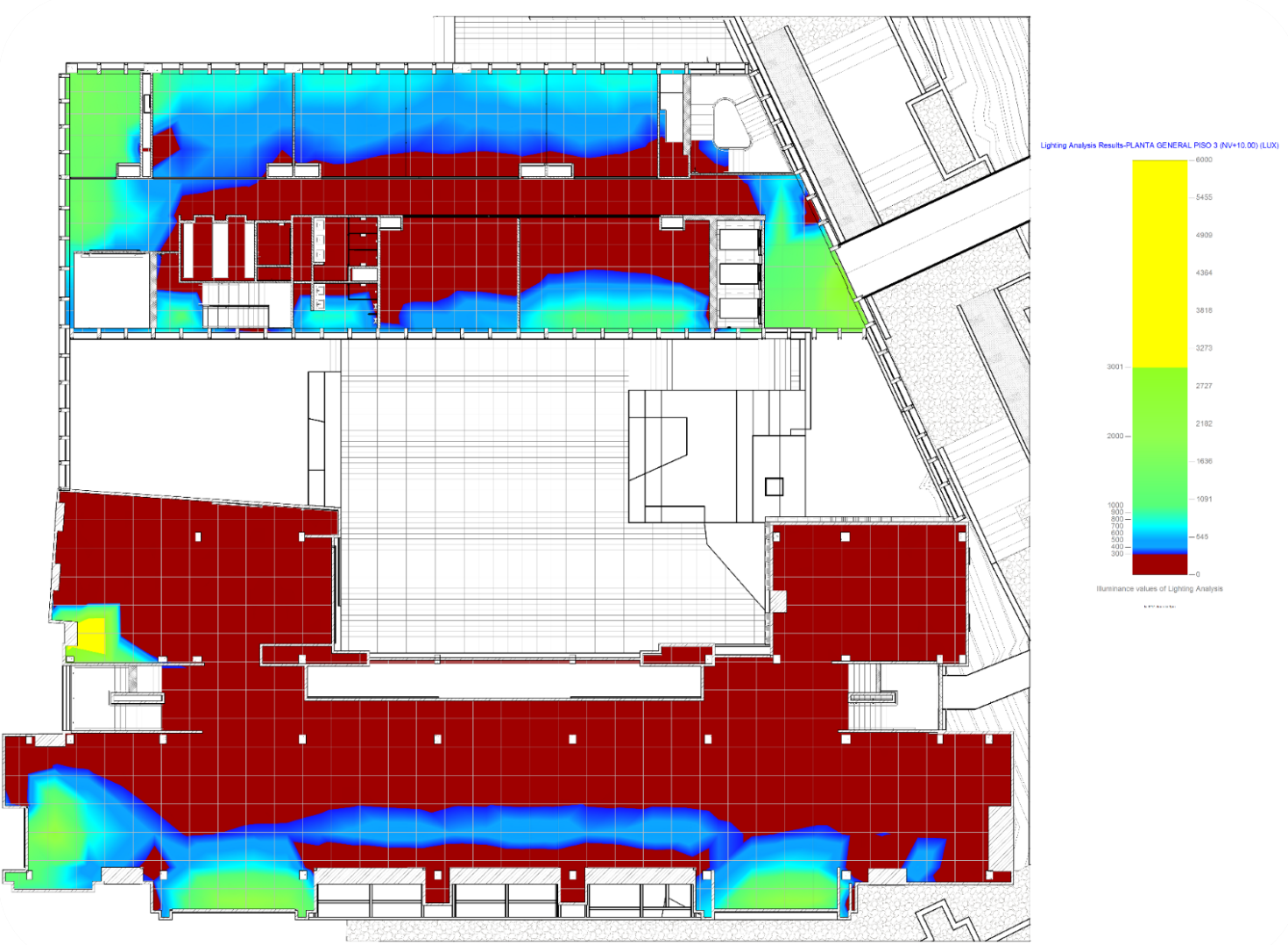
## Análisis Detallado de Iluminación – Piso 2

Piso 2: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y en los baños, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



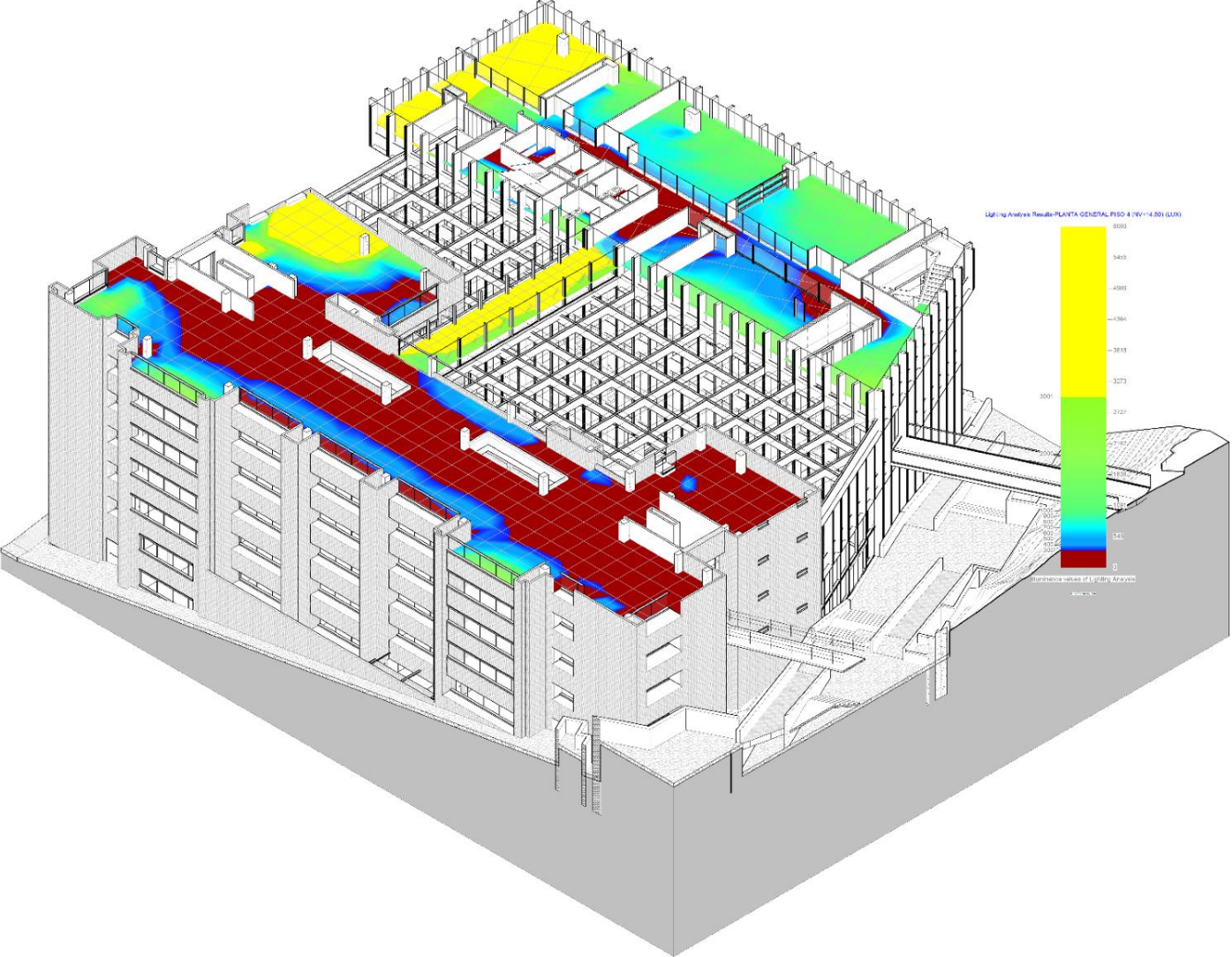
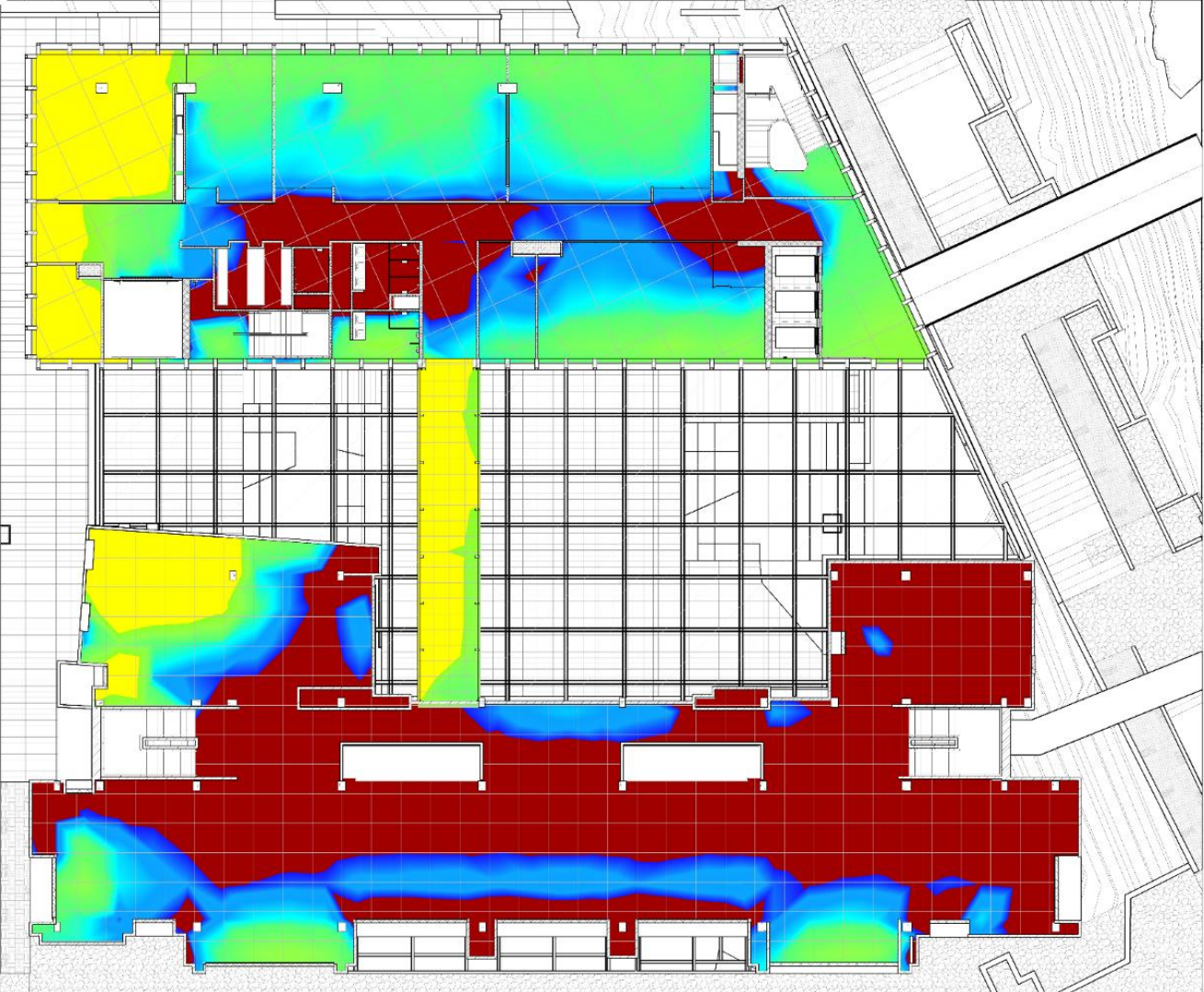
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 3

Piso 3: La iluminación natural en este piso no es buena a parte del perímetro de la planta. La mayoría de los espacios requerirán iluminación artificial para alcanzar la iluminación requerida en estos espacios. Los baños ubicados hacia el sur tienen una iluminación aceptable, sin embargo aquellos que están en el interior requerirán iluminación artificial. La fachada norte posee buena iluminación y no requerirá de dispositivos de sombra debido a la sombra que brinda el piso superior ya que sobresale de este piso.



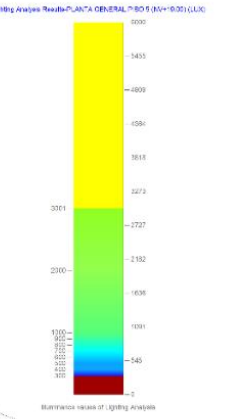
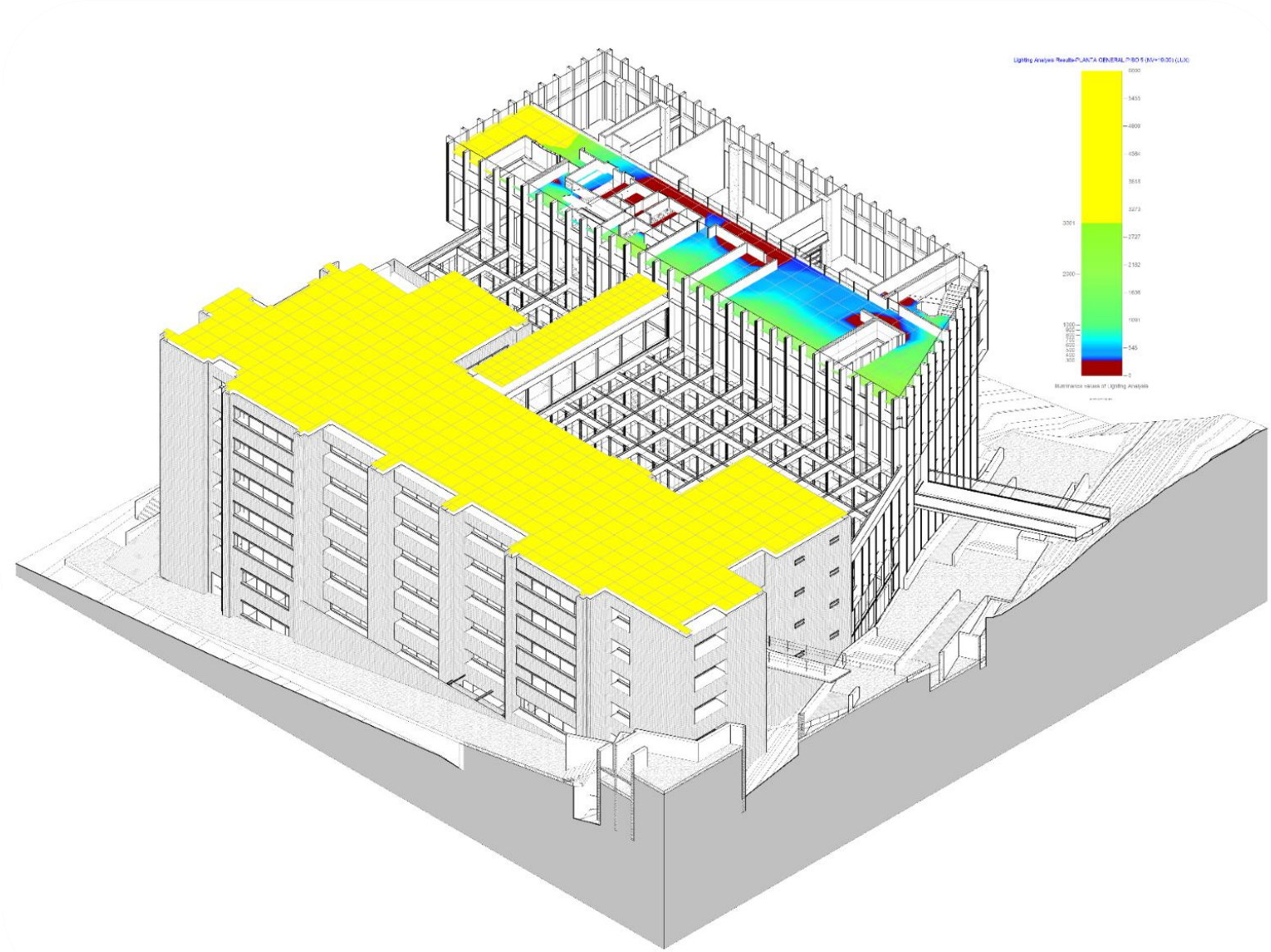
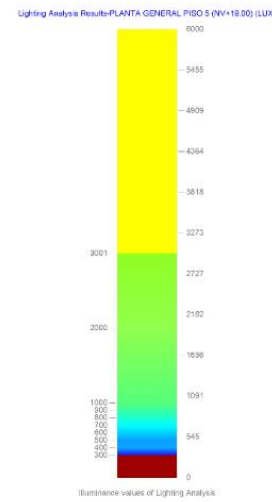
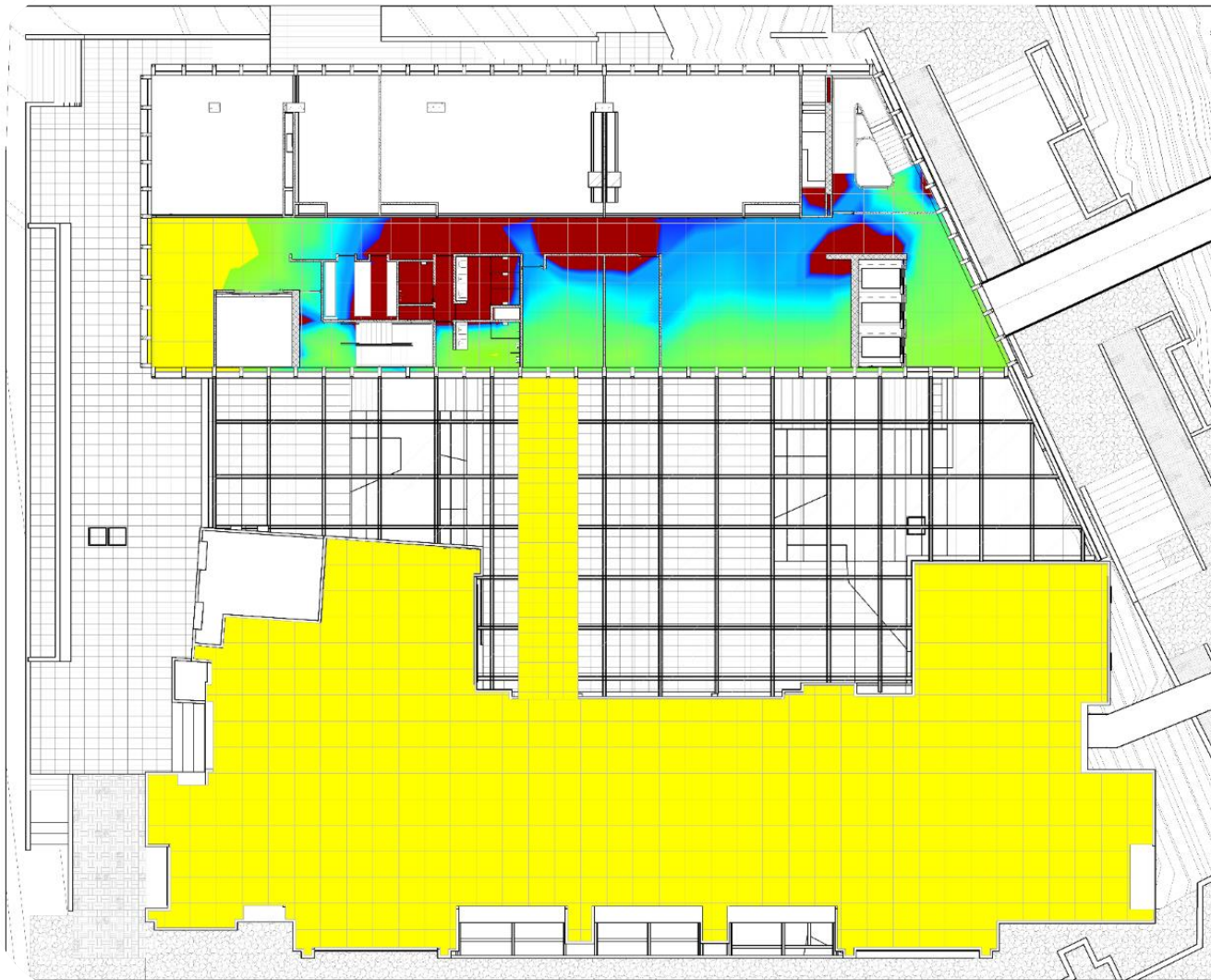
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 4

Piso 4: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y en los baños, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde. El puente también deberá tener protección solar por medio de dispositivos de sombra para garantizar un nivel de iluminación agradable para los ocupantes.



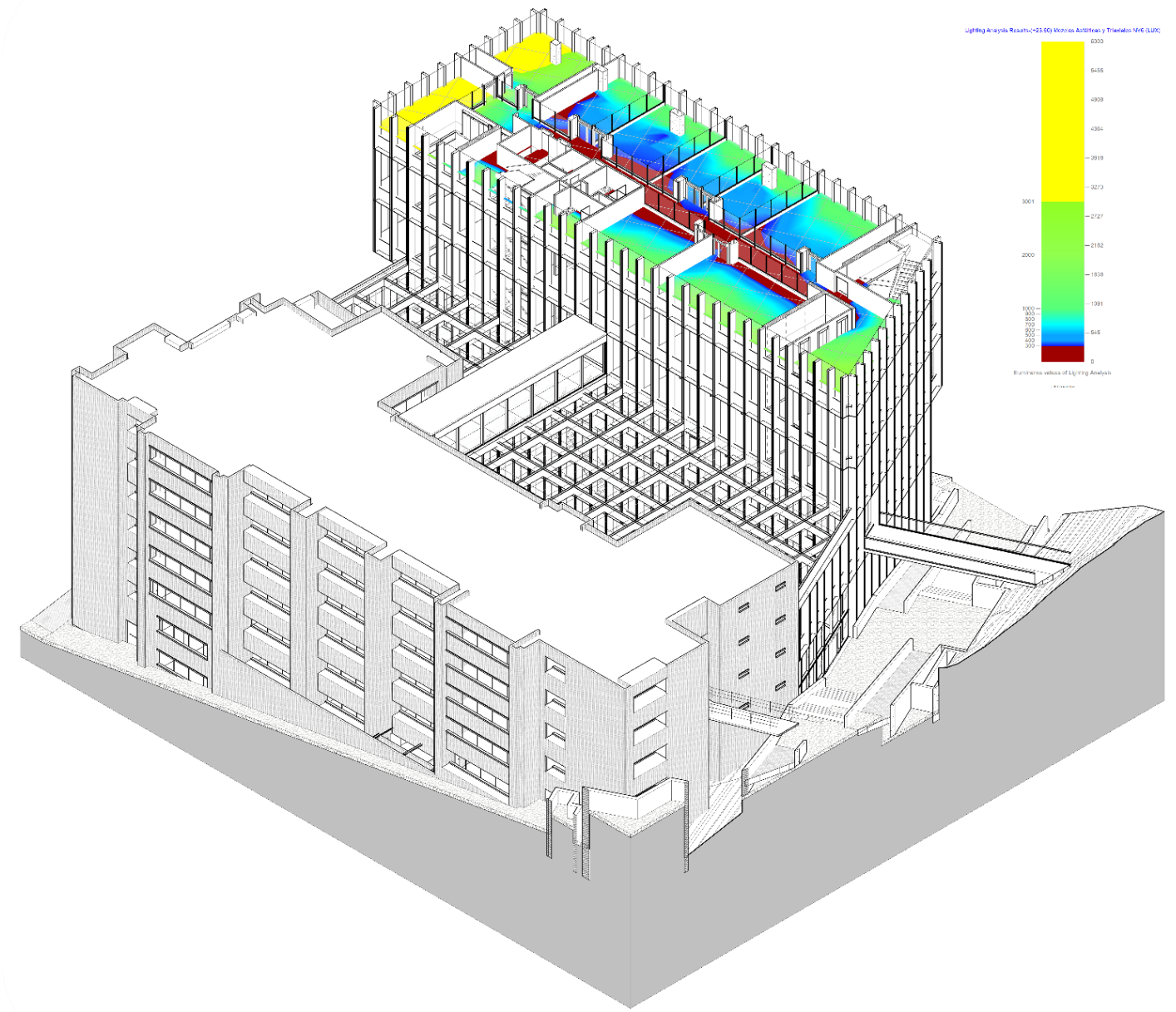
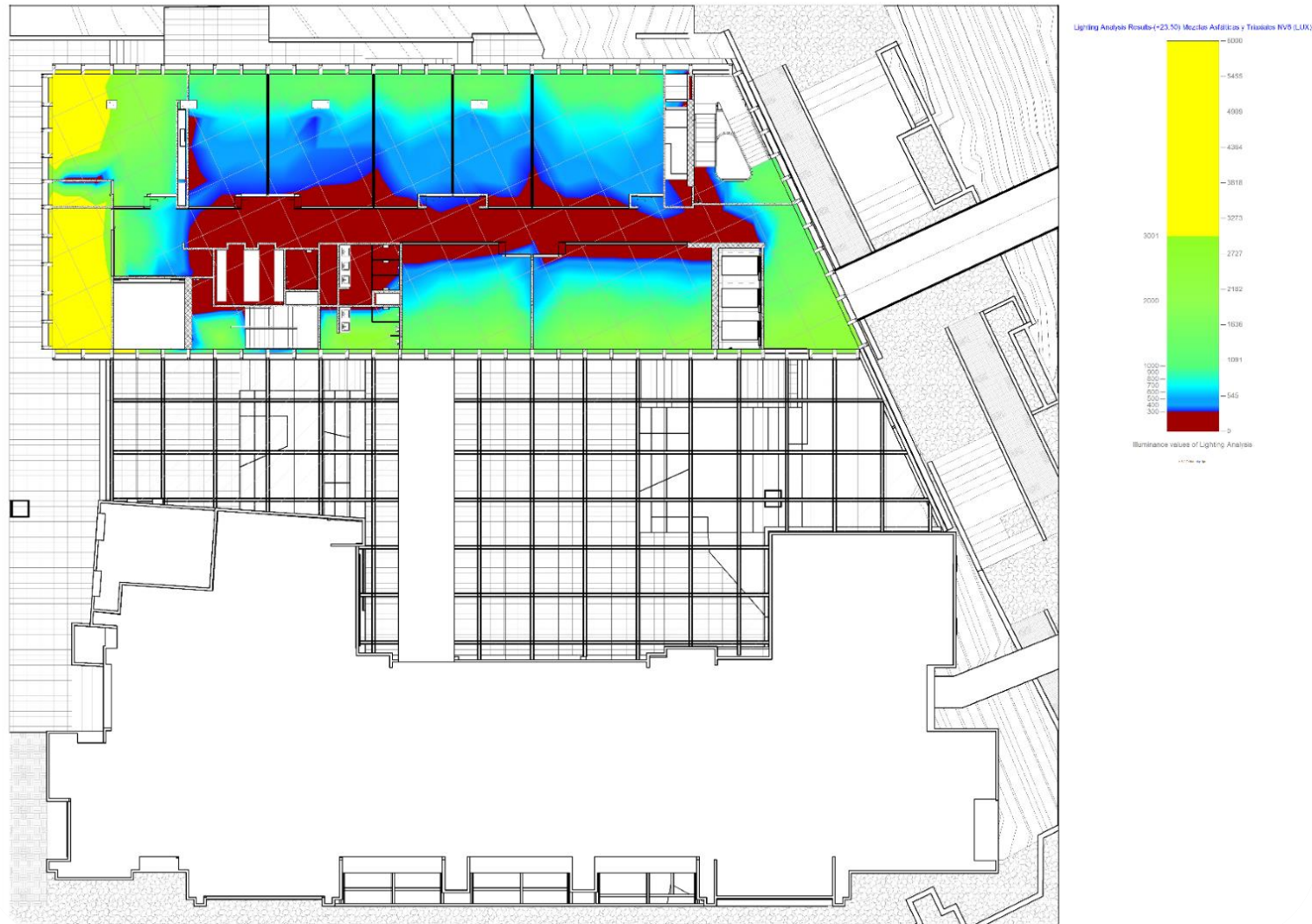
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 5

Piso 5: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y en los baños, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde. El techo del puente y los vidrios del atrio deberán ser analizados con detalle dado a que podrían generar deslumbramiento e incrementar la radiación en las áreas sino se tienen en cuenta los materiales correctos y la reflectancia.



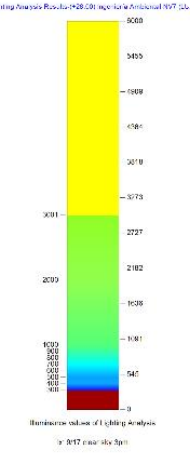
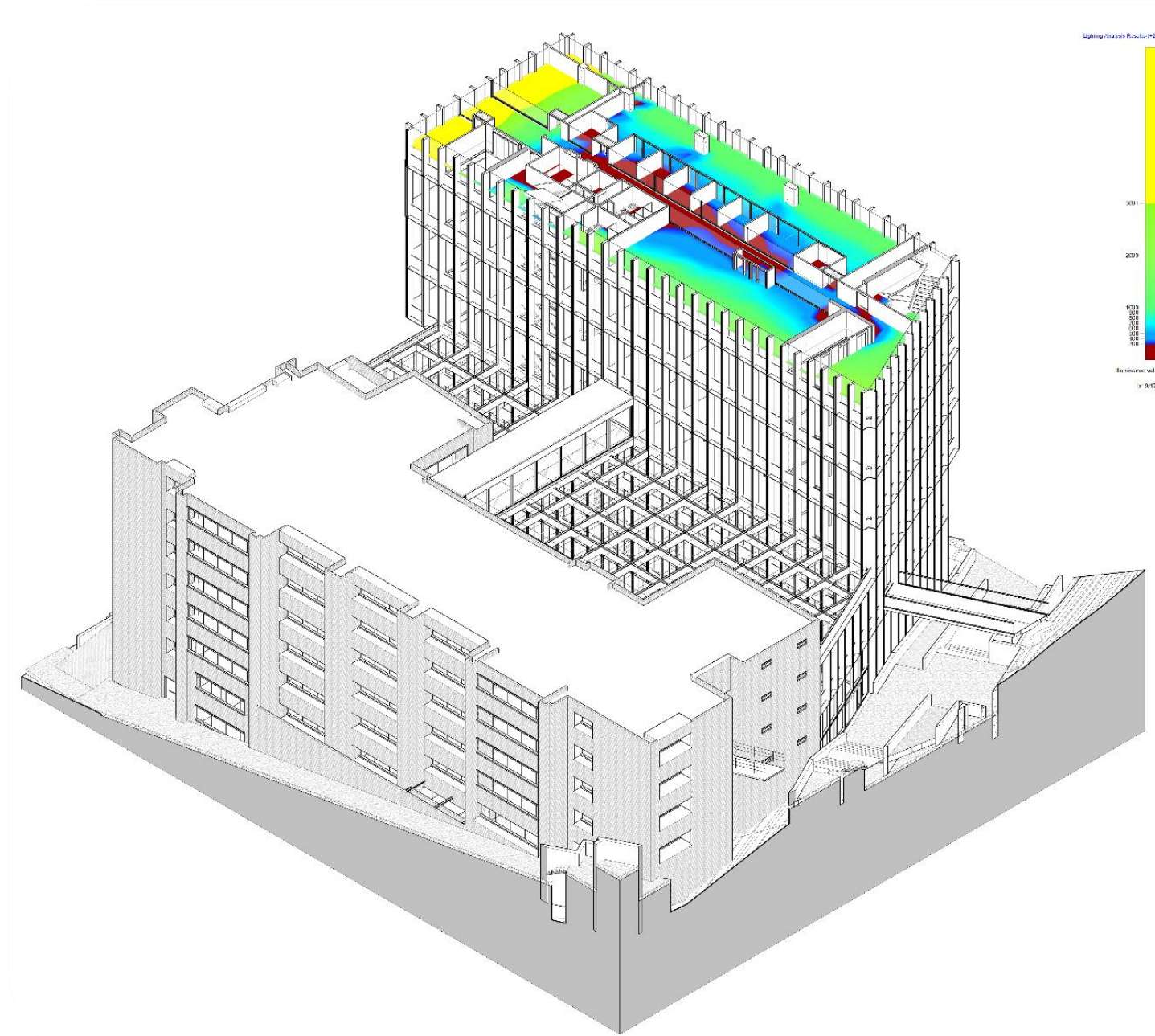
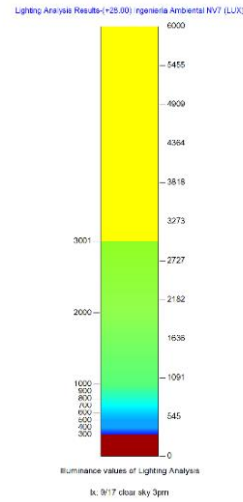
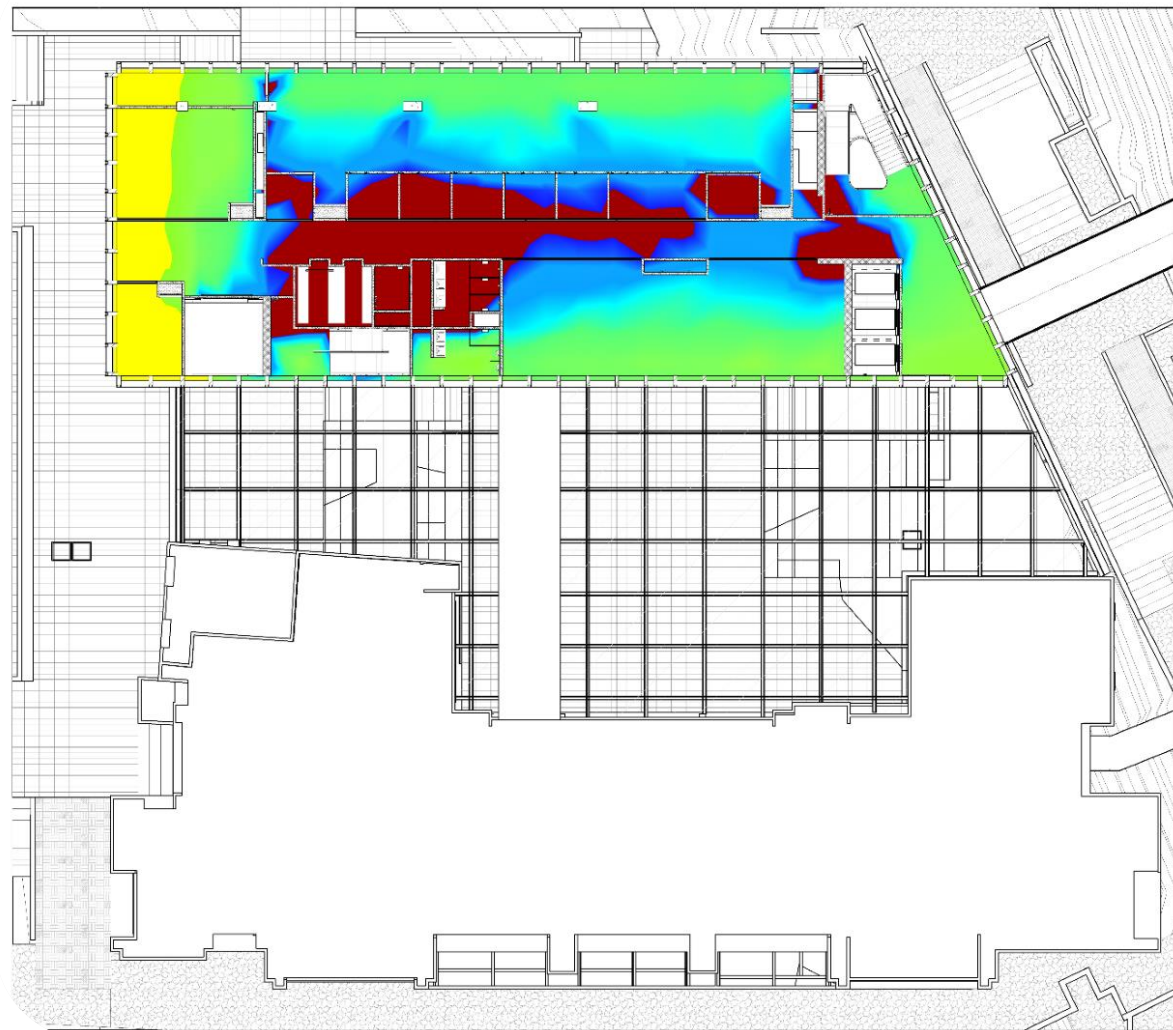
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 6

Piso 6: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y en los baños ubicados hacia el norte, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



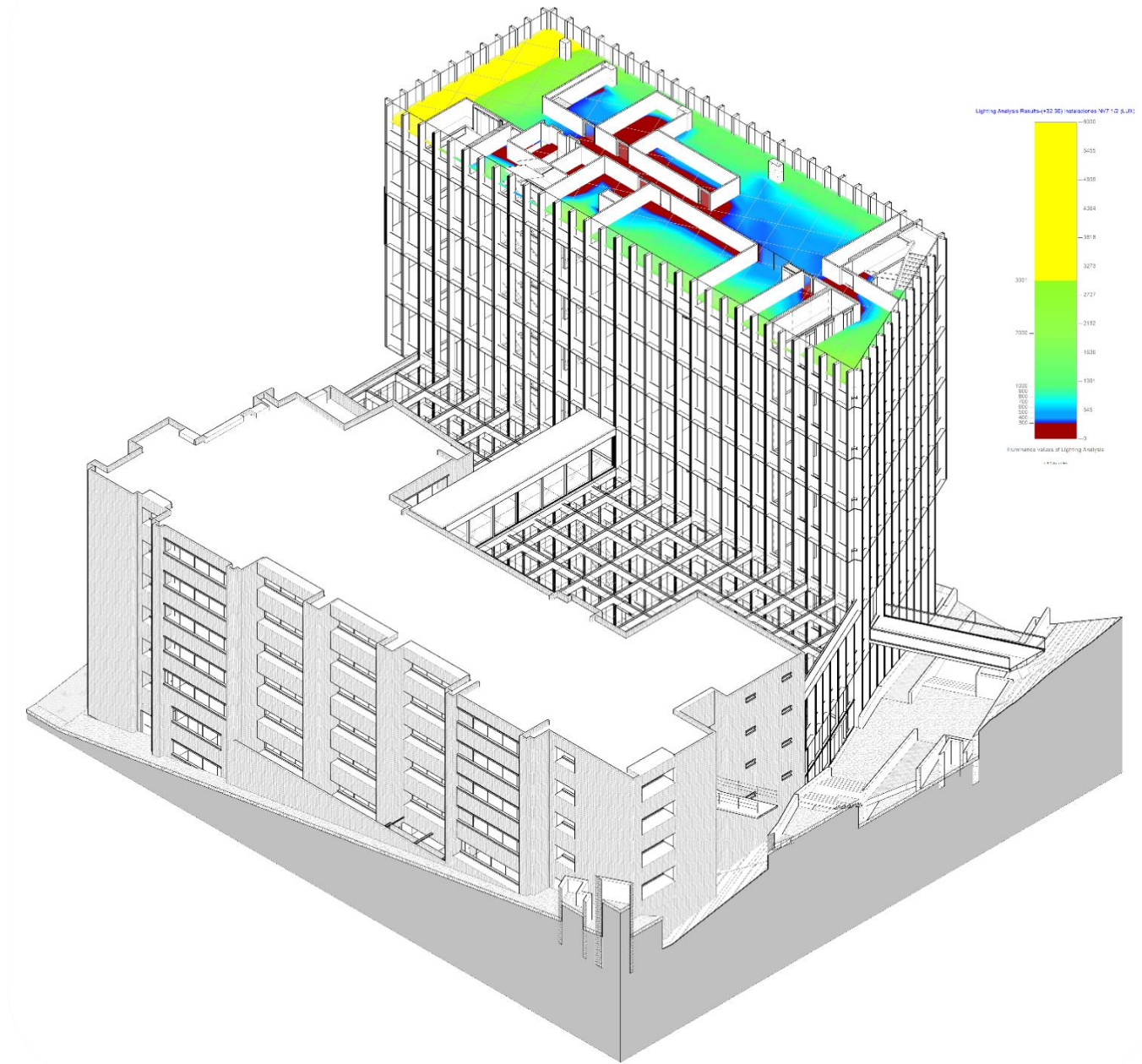
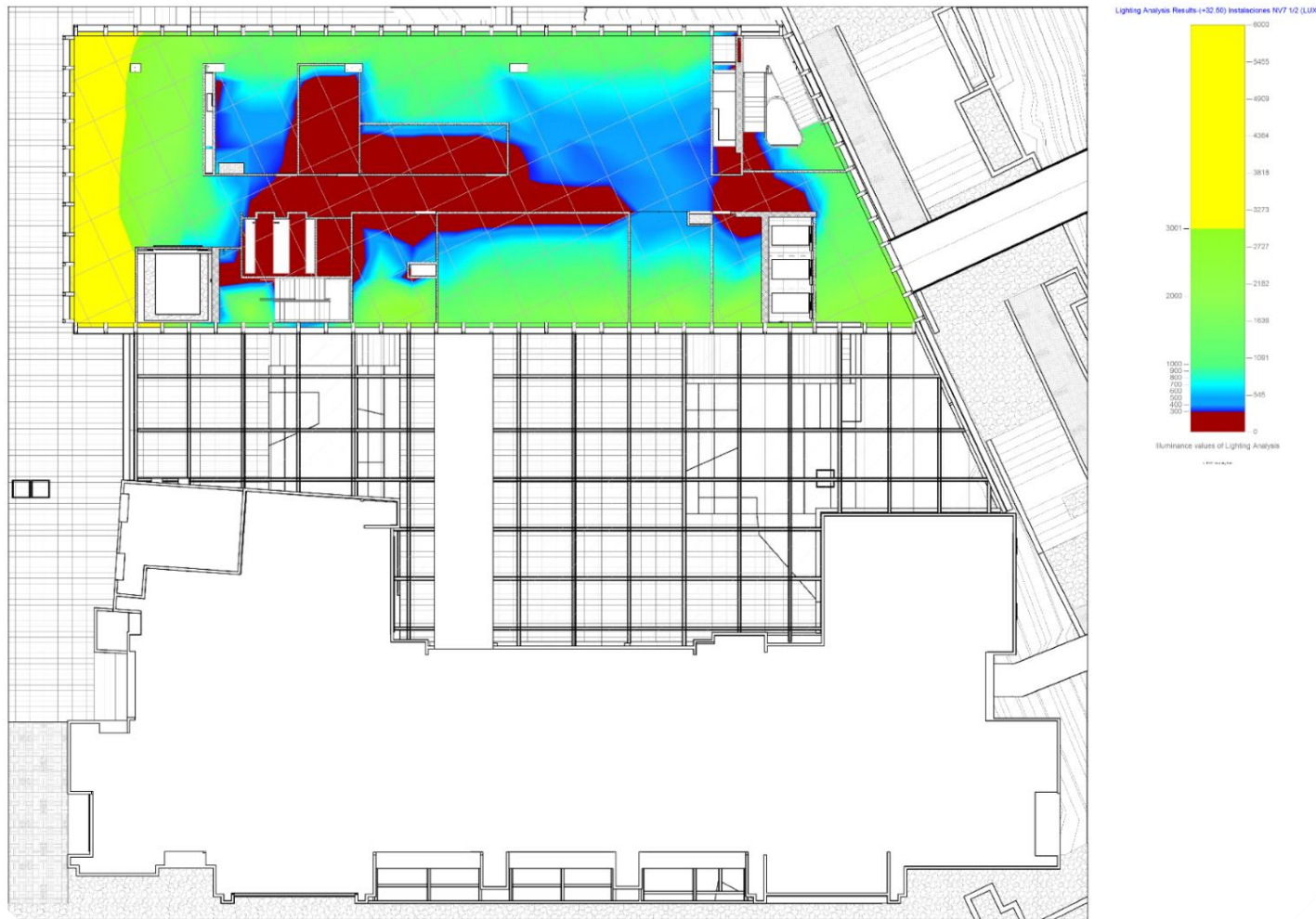
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 7

Piso 7: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y en los baños ubicados hacia el norte, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



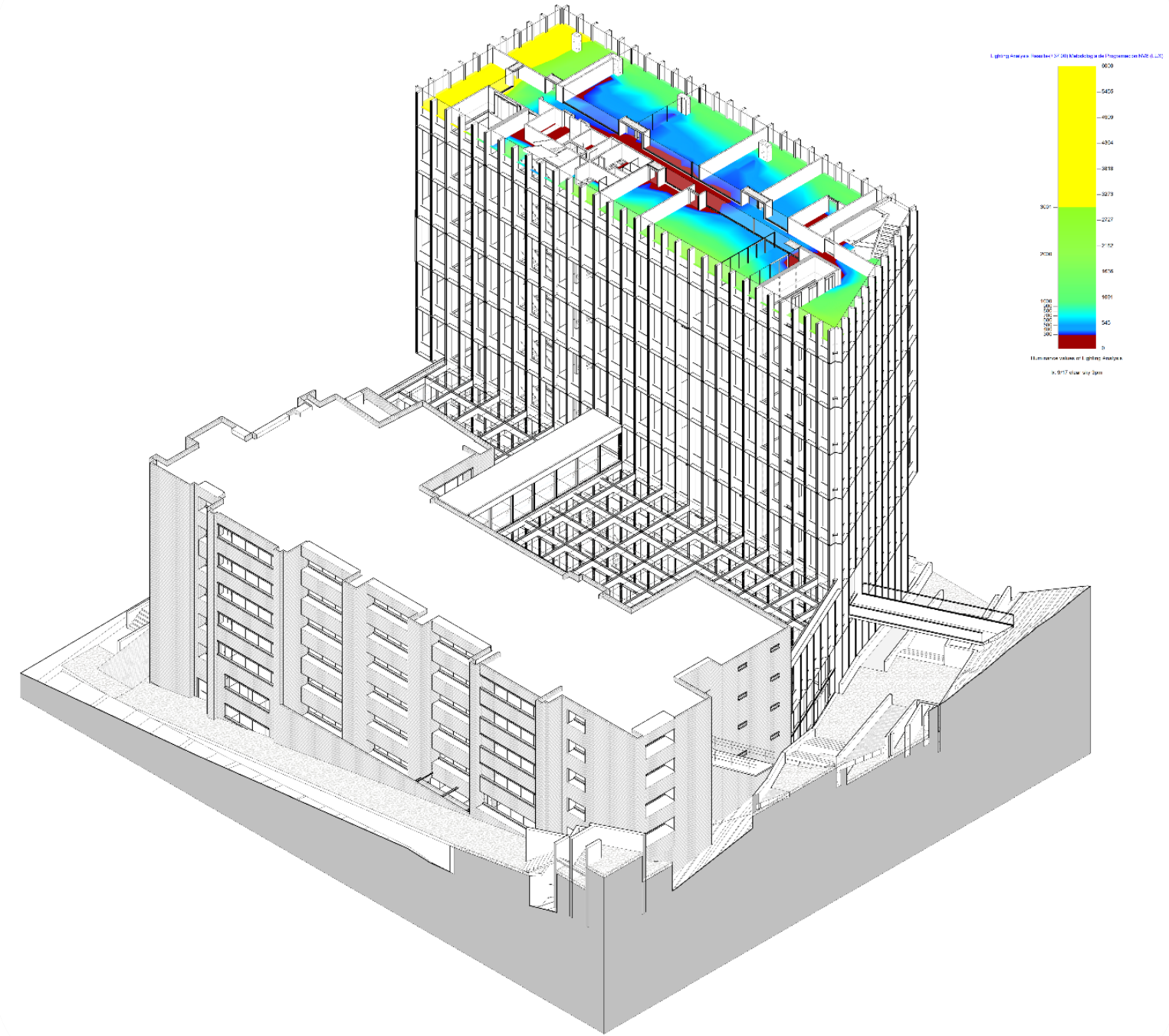
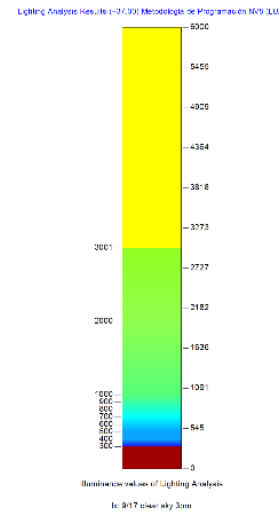
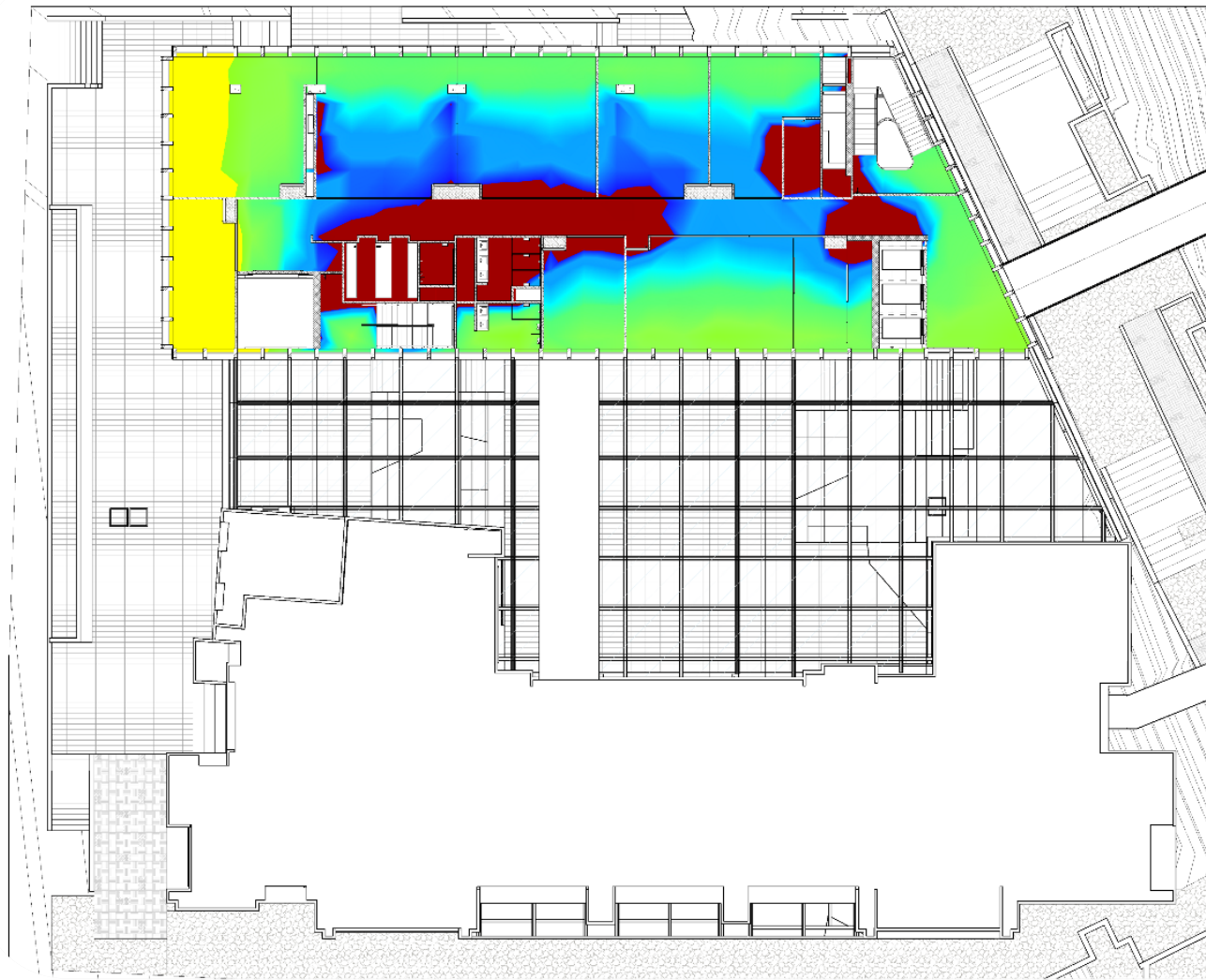
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 7 1/2

Piso 7 1/2: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y algunos cuartos al norte del corredor, que requerirán de iluminación artificial. La problemática real en este piso se debe a que todo el equipo del edificio se encuentra en este piso, por lo que se debe proporcionar sombra para evitar sobrecalentamiento de las máquinas; la iluminación no es relevante en este piso ya que su ocupación es baja. Debido a que las paredes mecánicas no estaban en este modelo en el momento del análisis, probablemente hayan áreas que necesiten de iluminación artificial para poder llevar a cabo las tareas de operaciones y mantenimiento.



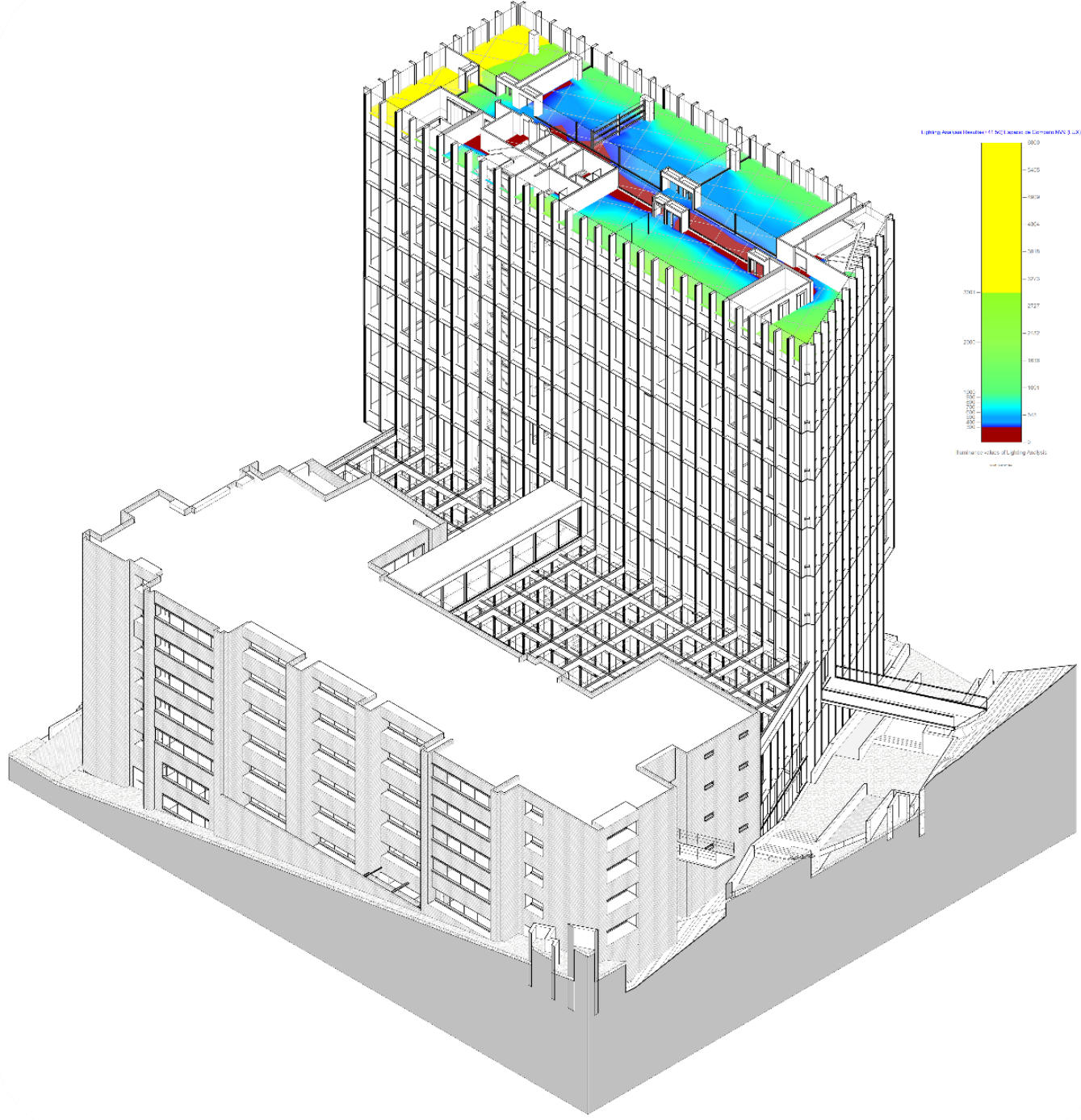
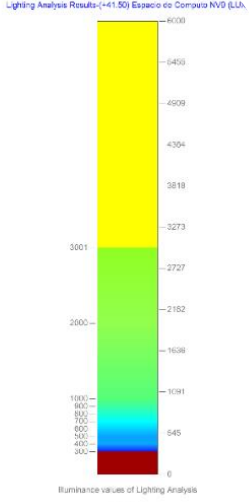
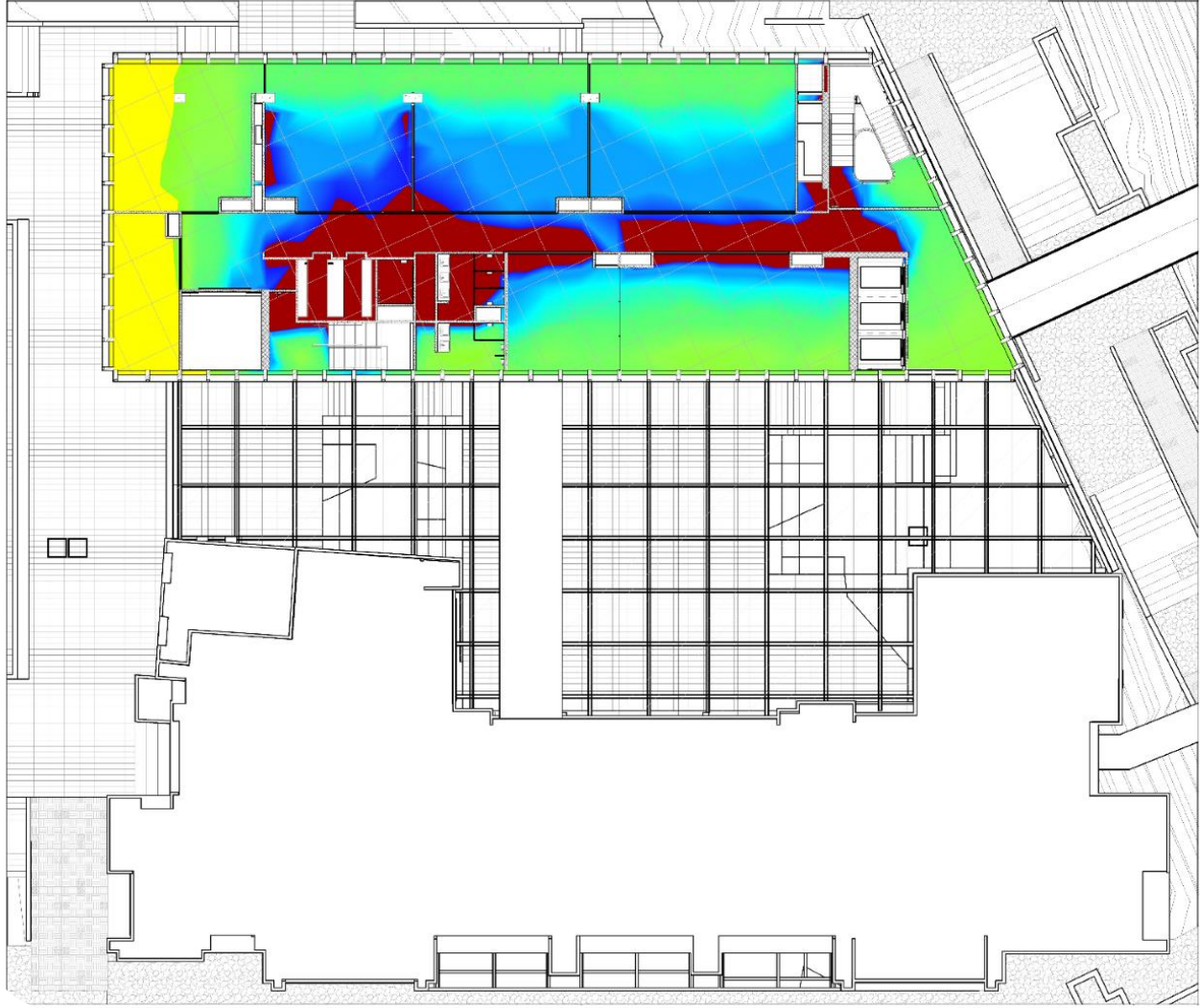
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 8

Piso 8: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores, baños ubicados al norte y algunos cuartos al norte del corredor, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



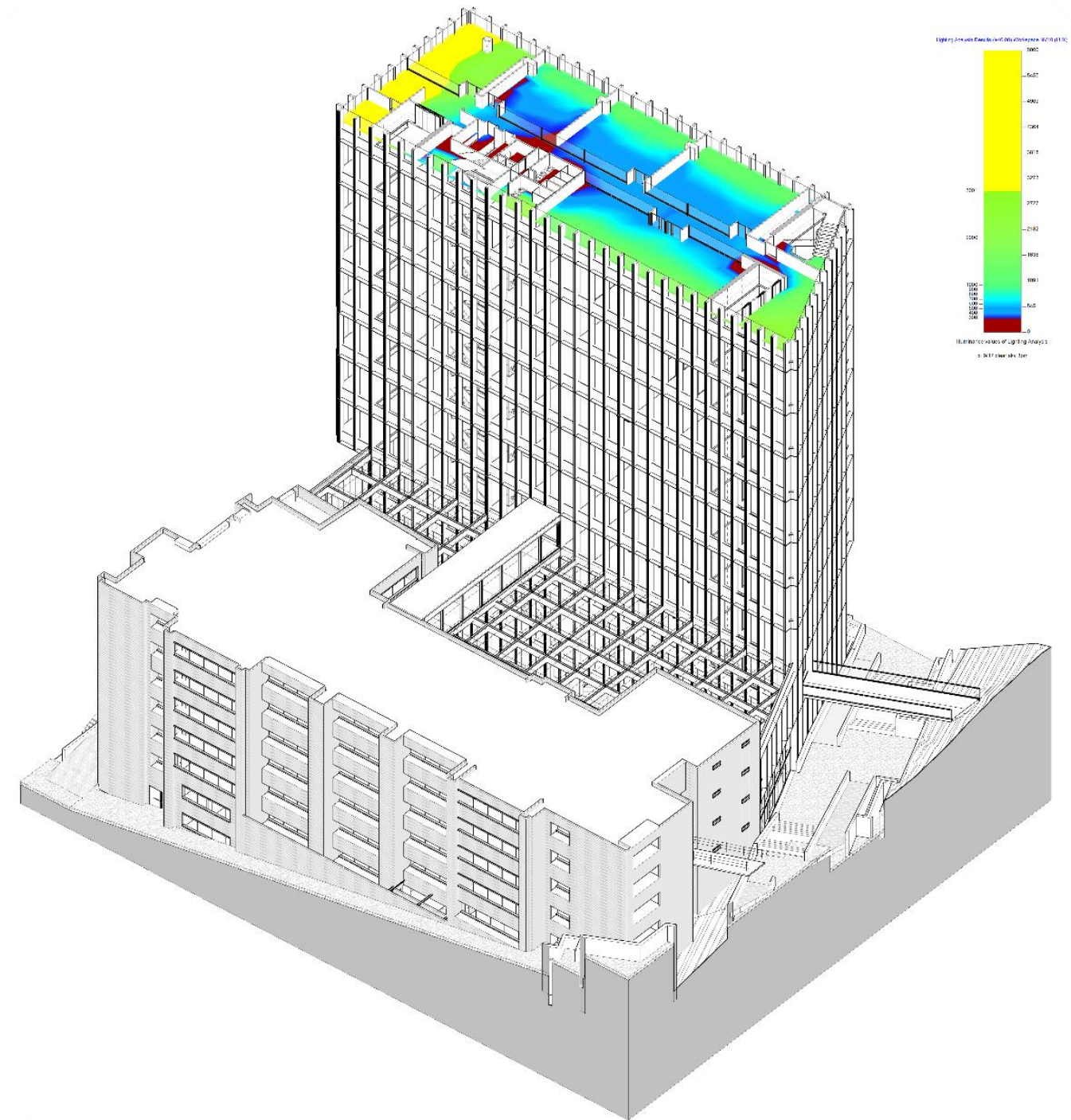
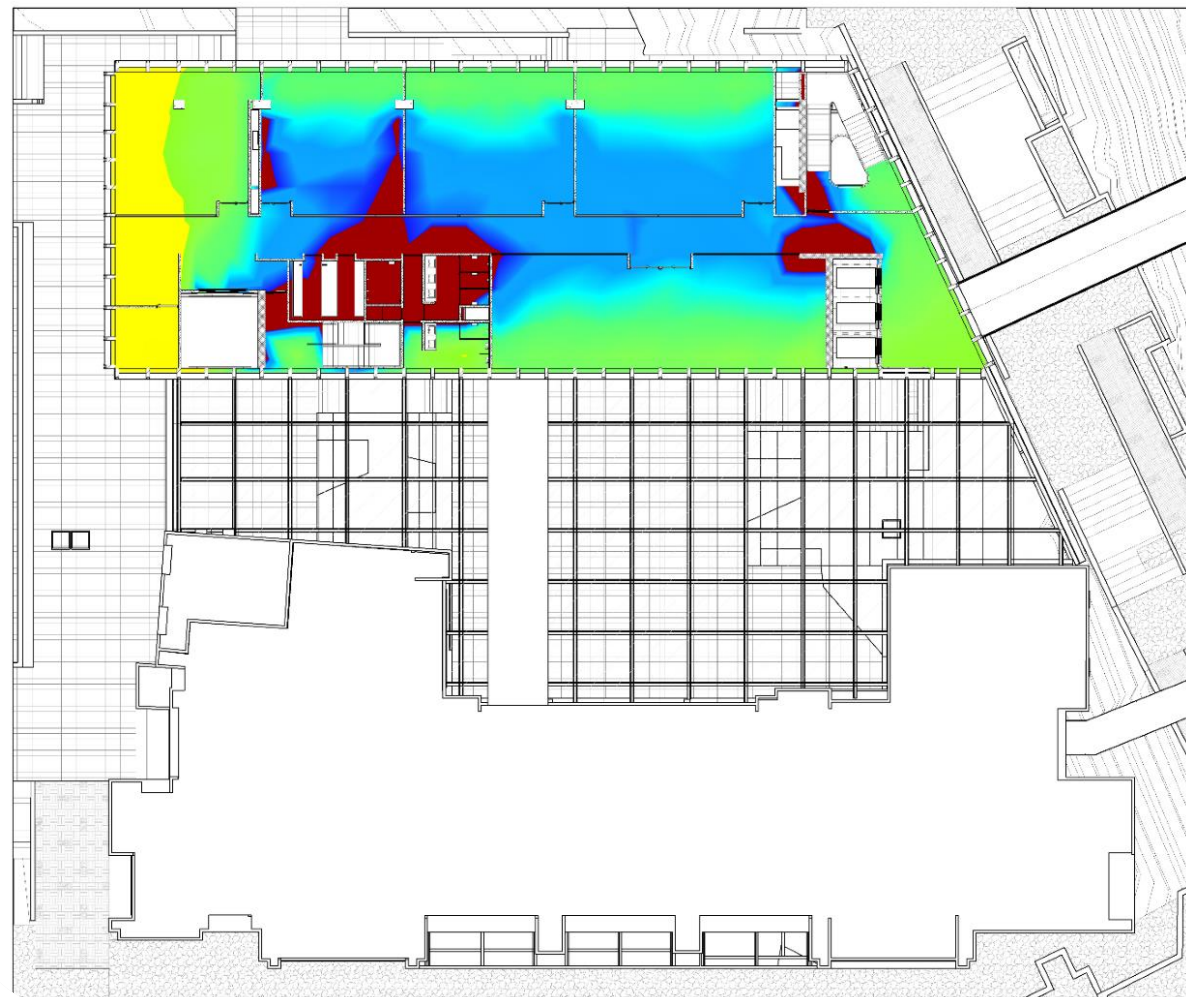
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 9

Piso 9: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores, baños ubicados al norte y algunos cuartos al norte del corredor, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



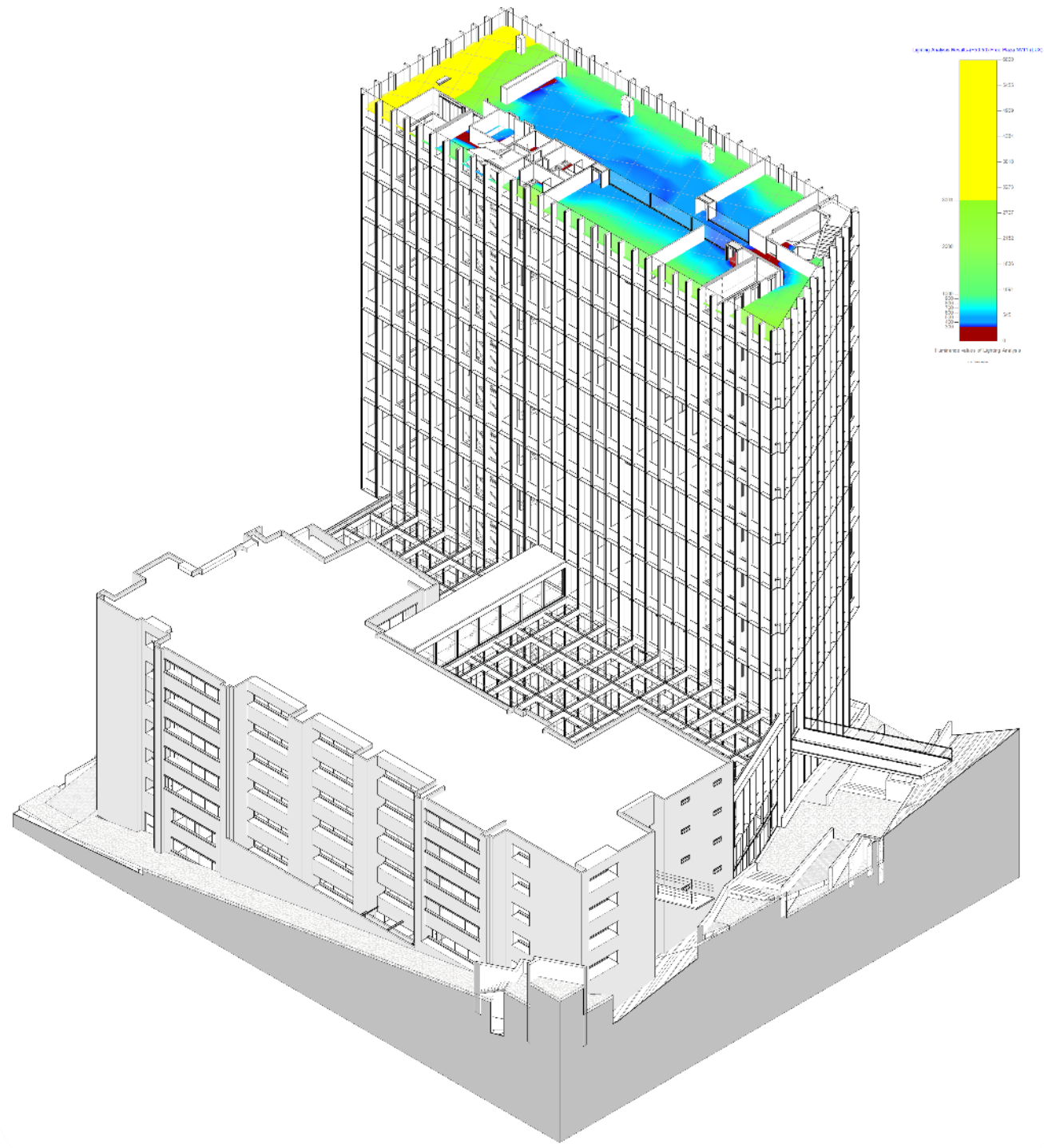
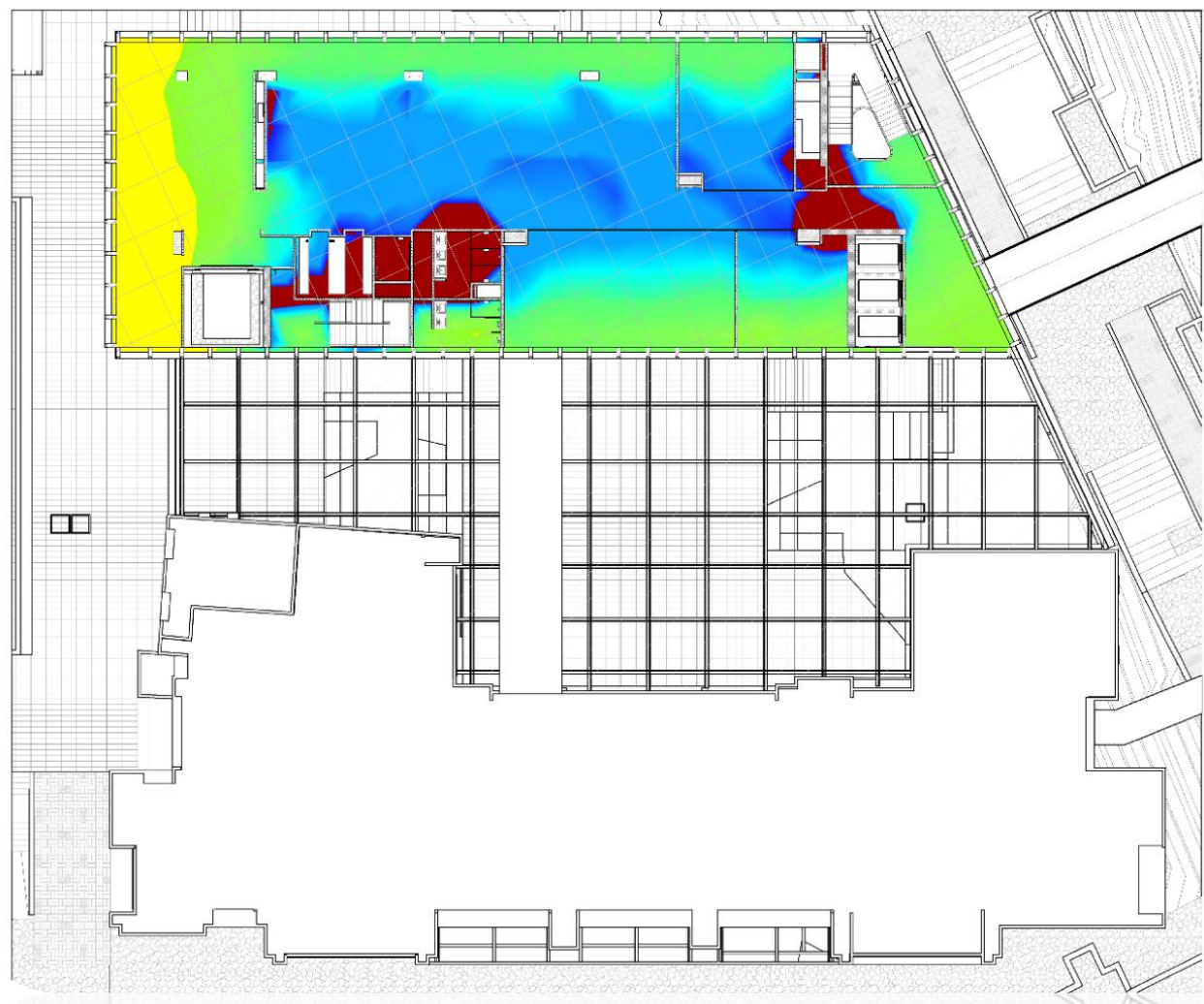
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 10

Piso 10: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores, baños ubicados al norte y algunos cuartos al norte del corredor, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



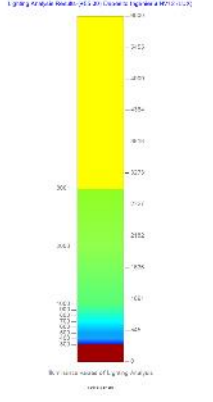
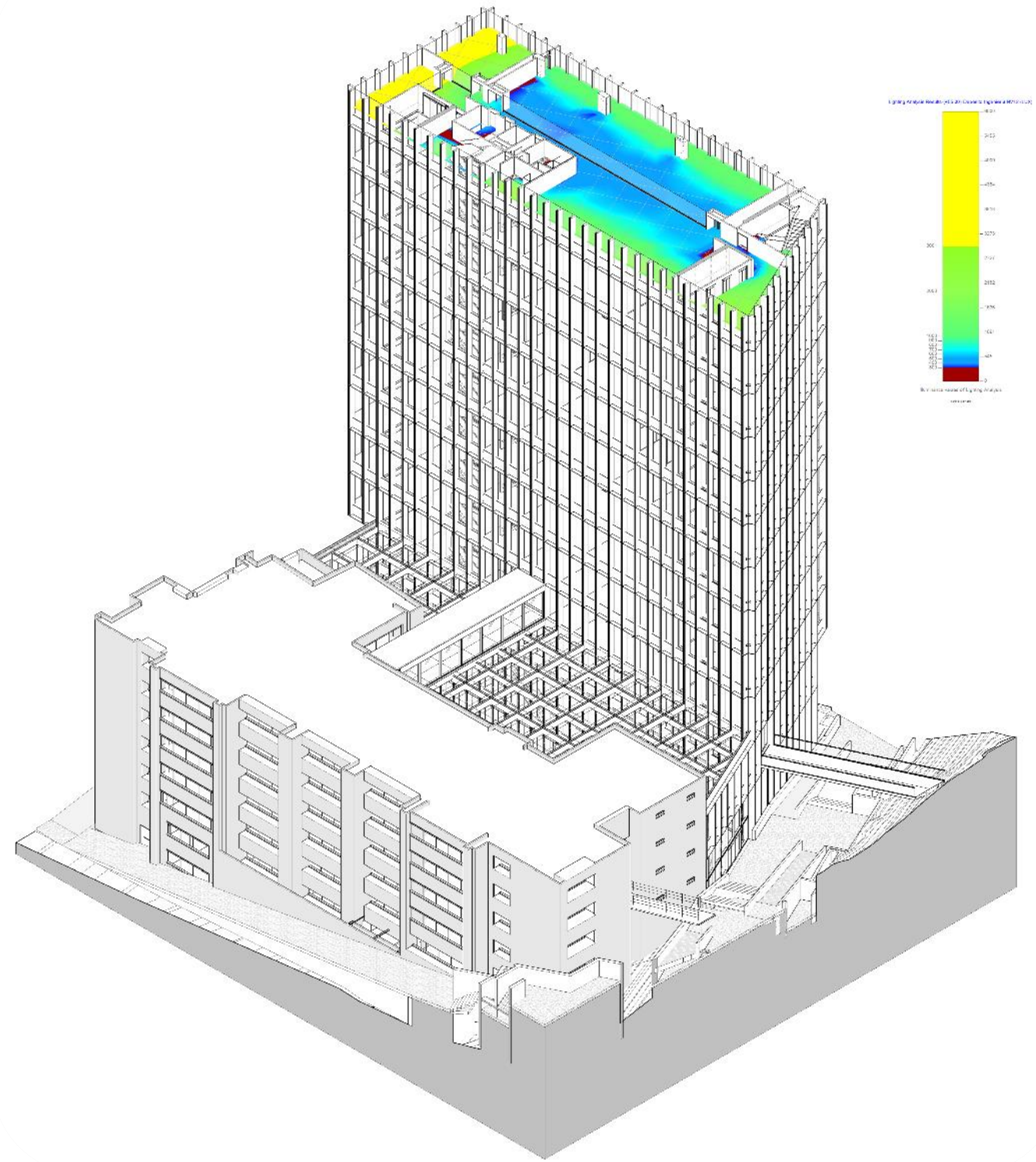
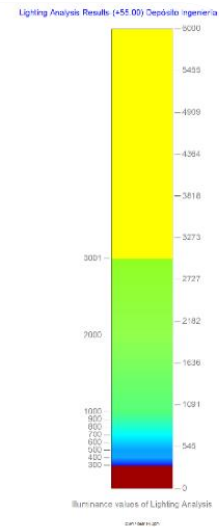
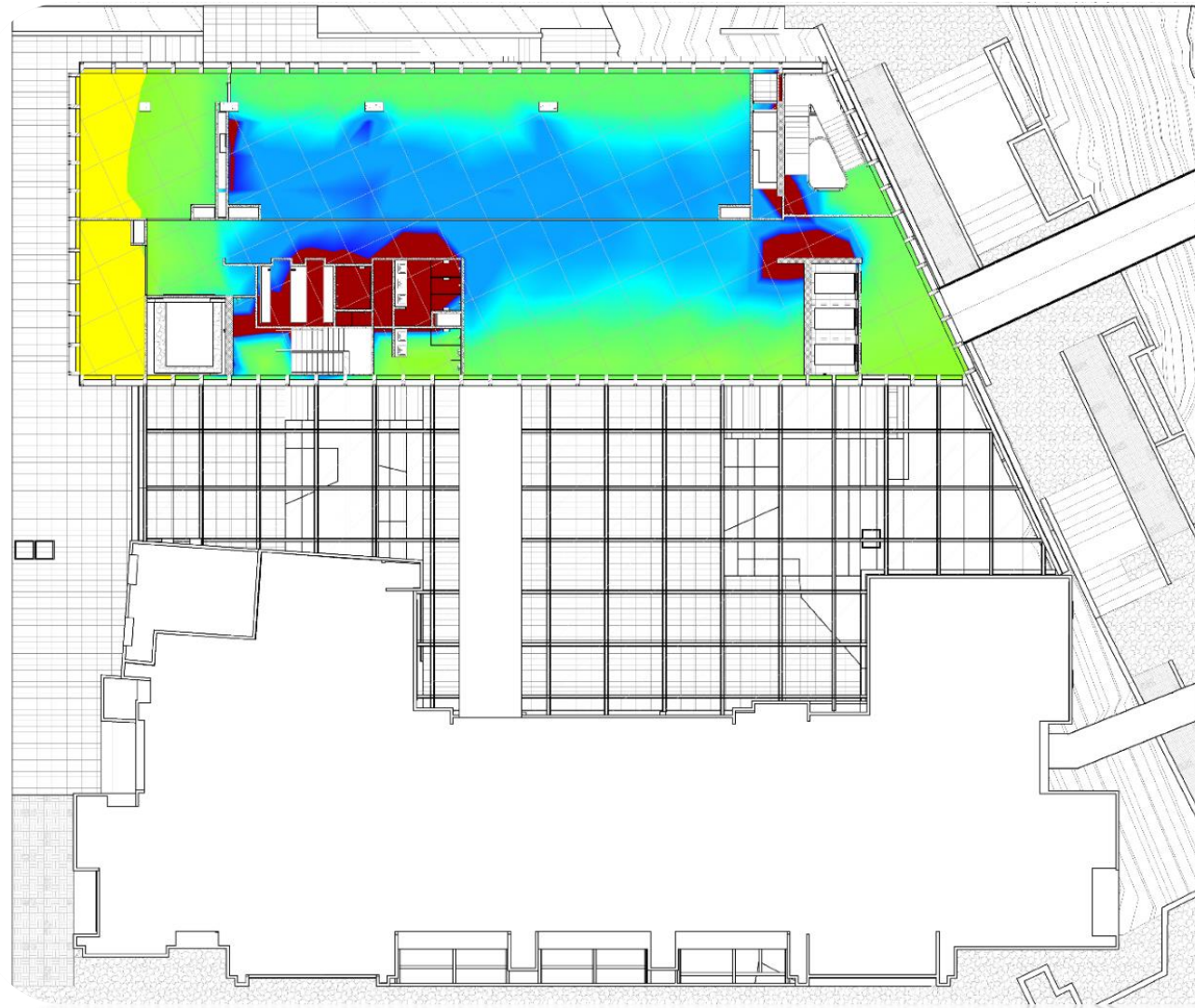
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 11

Piso 11: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y baños ubicados al norte, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



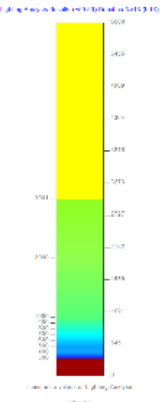
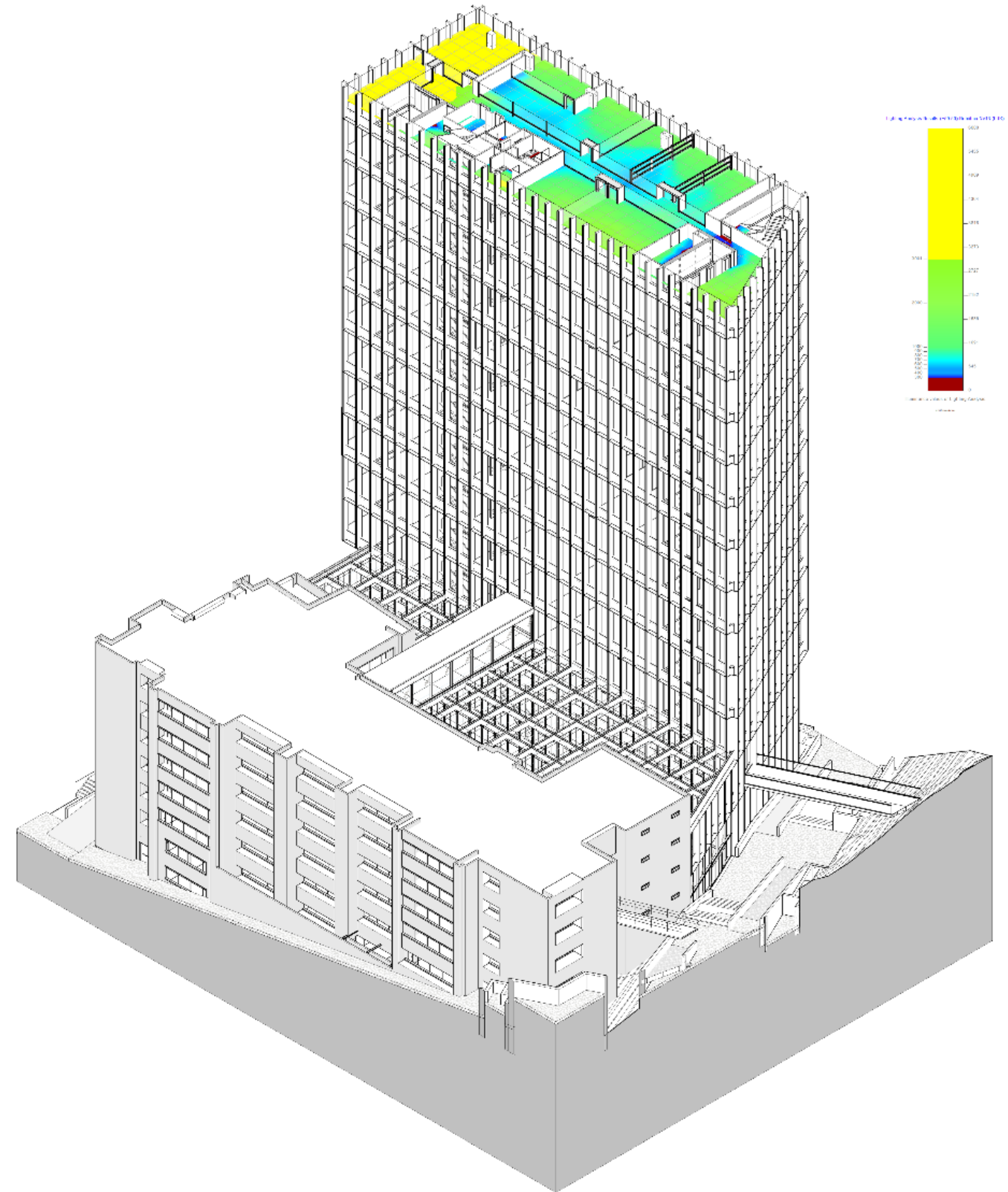
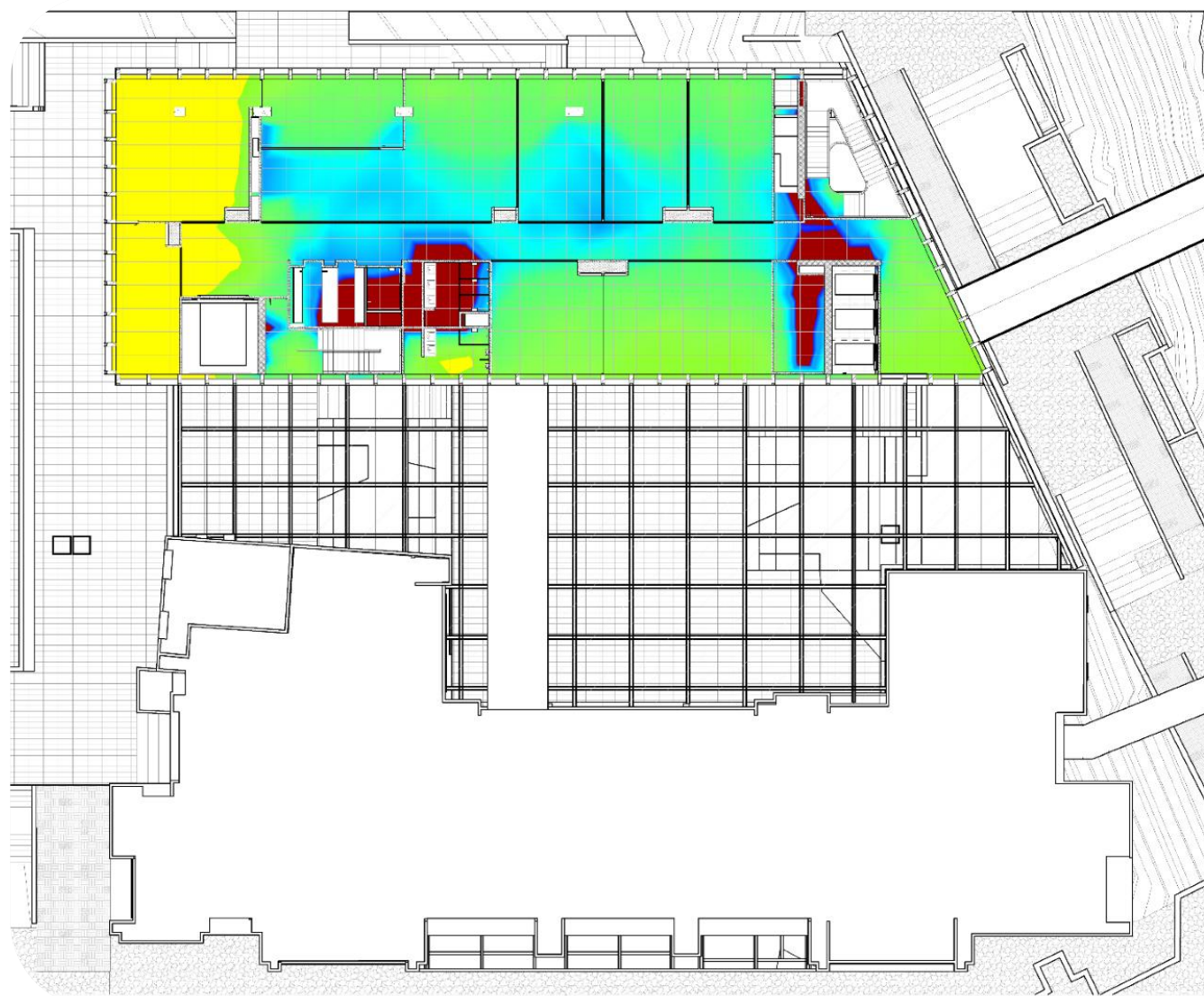
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 12

Piso 12: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción de algunas áreas en los corredores y baños ubicados al norte, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



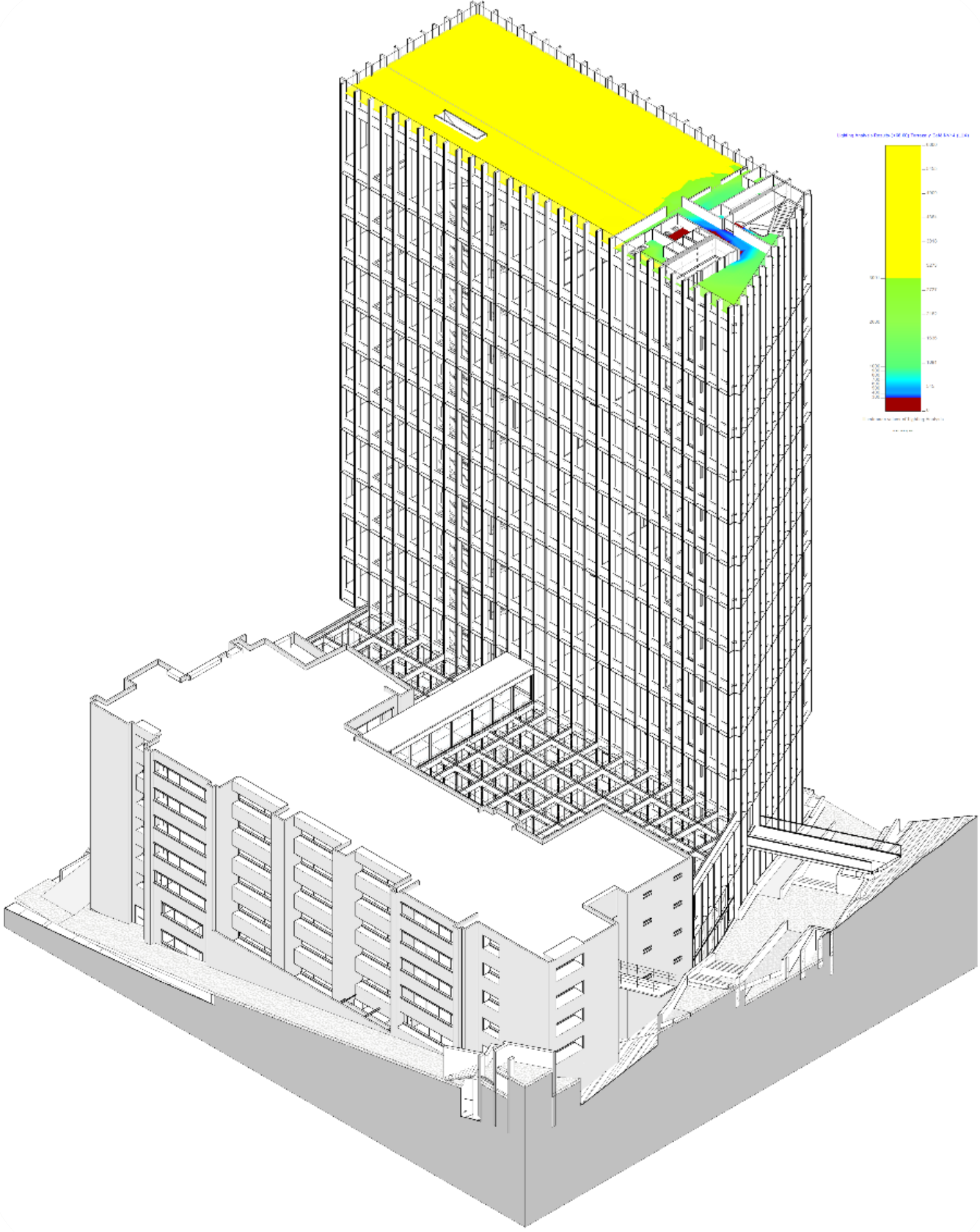
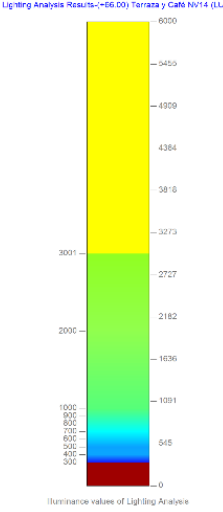
# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 13

Piso 13: La iluminación natural en este piso es buena en la mayoría de espacios a excepción del cuarto cerca al ascensor en la fachada sur, los baños ubicados hacia el sur y parte del corredor, que requerirán de iluminación artificial. La principal preocupación radica en la cantidad de iluminación en la fachada oeste de la estructura. Debido a los niveles de iluminación se recomienda tener dispositivos que proporcionen sombra y bloqueen los altos niveles de iluminación que producirán altos niveles de deslumbramiento en las horas de la tarde.



# Análisis Detallado de Iluminación – Piso 14

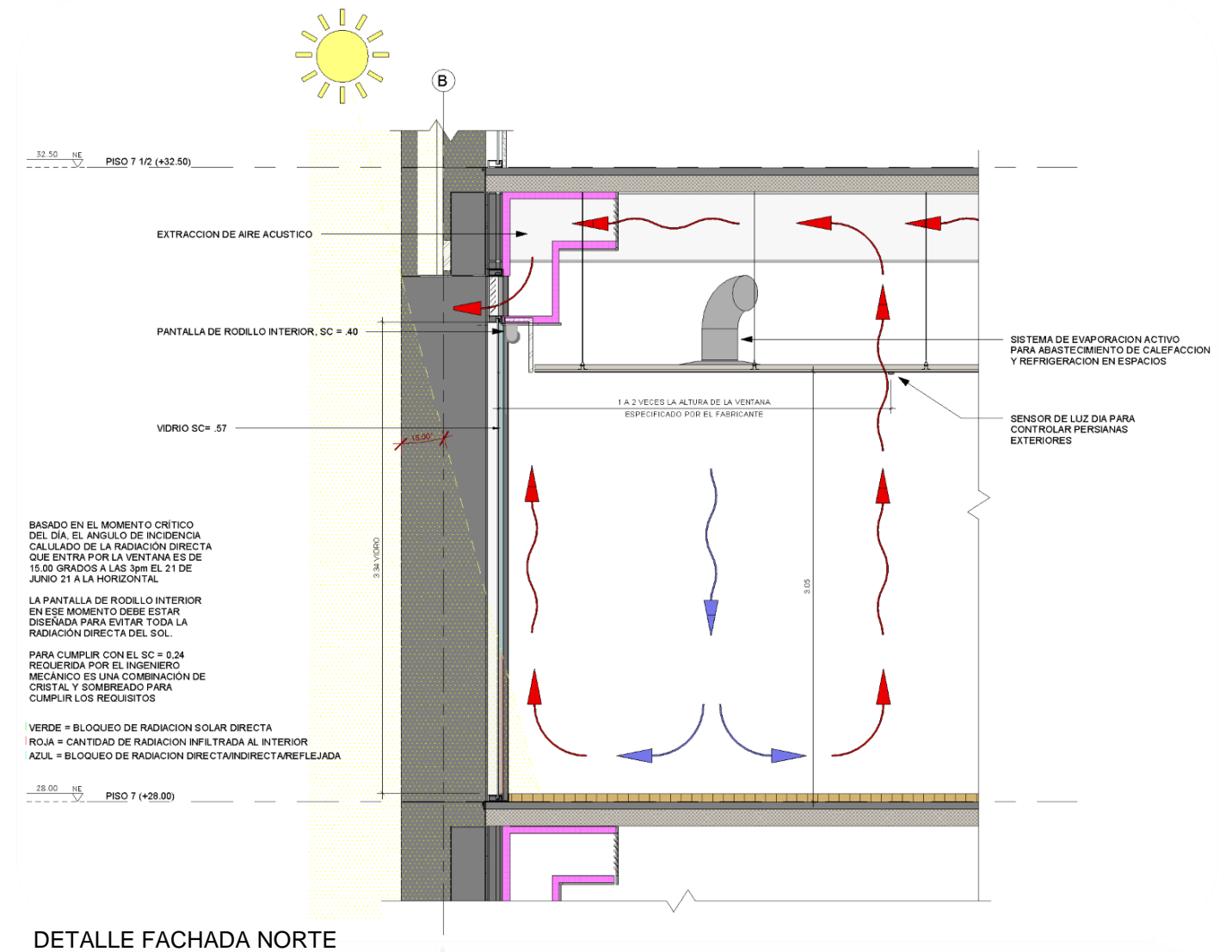
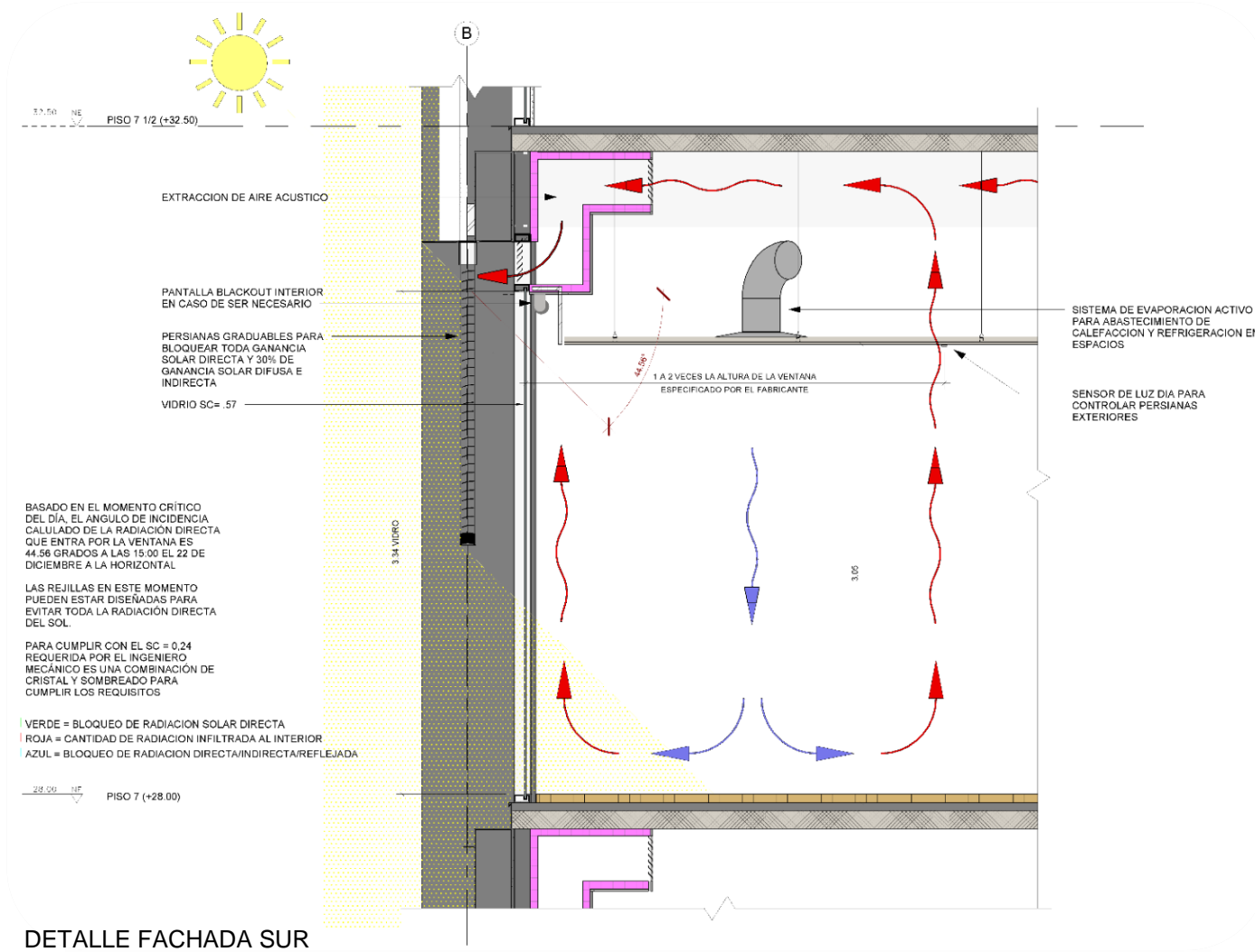
Piso 14: Los niveles de iluminación natural en este piso están bien distribuidas en los espacios cubiertos a excepción de los cuartos cerca del ascensor que requerirán iluminación artificial. El espacio del patio exterior tiene una cantidad considerable de luz y se recomienda el uso de sombrillas o un dosel de tensión si esta área se utiliza como espacio social con una alta frecuencia de ocupación.



# Información De Elementos Pasivos

ECOPHI trabajara bien los detalles pasivos del diseño, optimizando cada espacio según proceda, para tomar ventaja de las cosas tales como la ventilación natural y la iluminación natural. Al cuantificar el confort térmico y visual, también conseguimos una mejor comprensión de los sistemas activos necesarios para complementar los sistemas pasivos. Para la creación de diseños simples de estos sistemas activos se asegurará que va a trabajar con sus sistemas pasivos. Arquitectos e ingenieros se centran más en su disciplina durante esta fase -, pero, como siempre, la buena comunicación es fundamental para las medidas de eficiencia energética (EEM). Esta comunicación y la colaboración es ayudada por tecnologías como BIM y el modelado integrado de la energía. Todas las disciplinas informan al diseño central BIM.

Los detalles de la fachada se han llevado a cabo por el equipo de diseño para asegurar que el edificio se desarrollara para cumplir con los requisitos del sistema de pasivos y activos como se muestra en los siguientes datos. El sistema de enfriamiento por evaporación activo será asistido por la ventilación natural y persianas exteriores para reducir la necesidad de conductos en un sistema de retorno y reducir la necesidad de equipos de enfriamiento innecesario y ventiladores. Esto crea un diseño muy eficiente para la calefacción y la refrigeración del edificio.

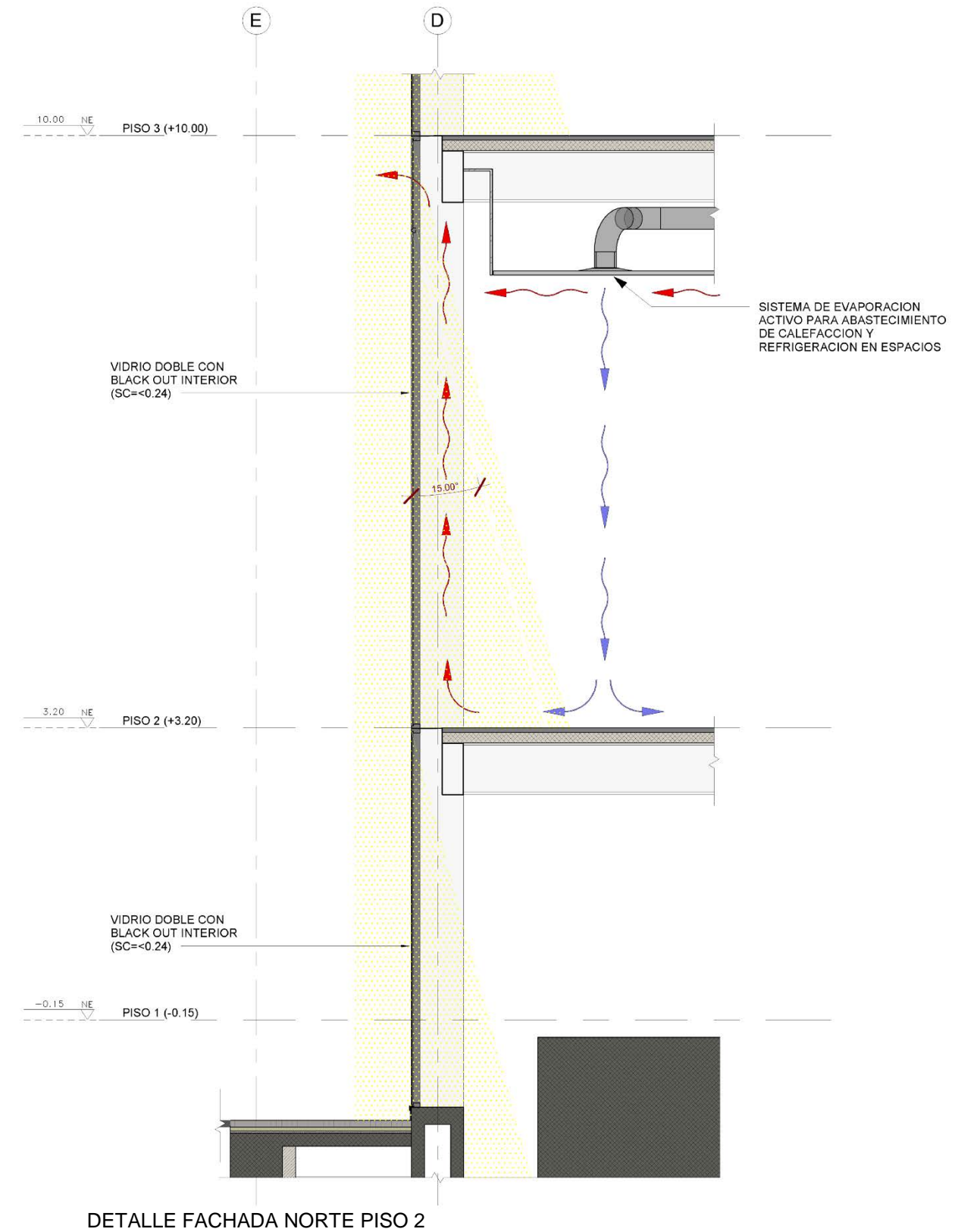
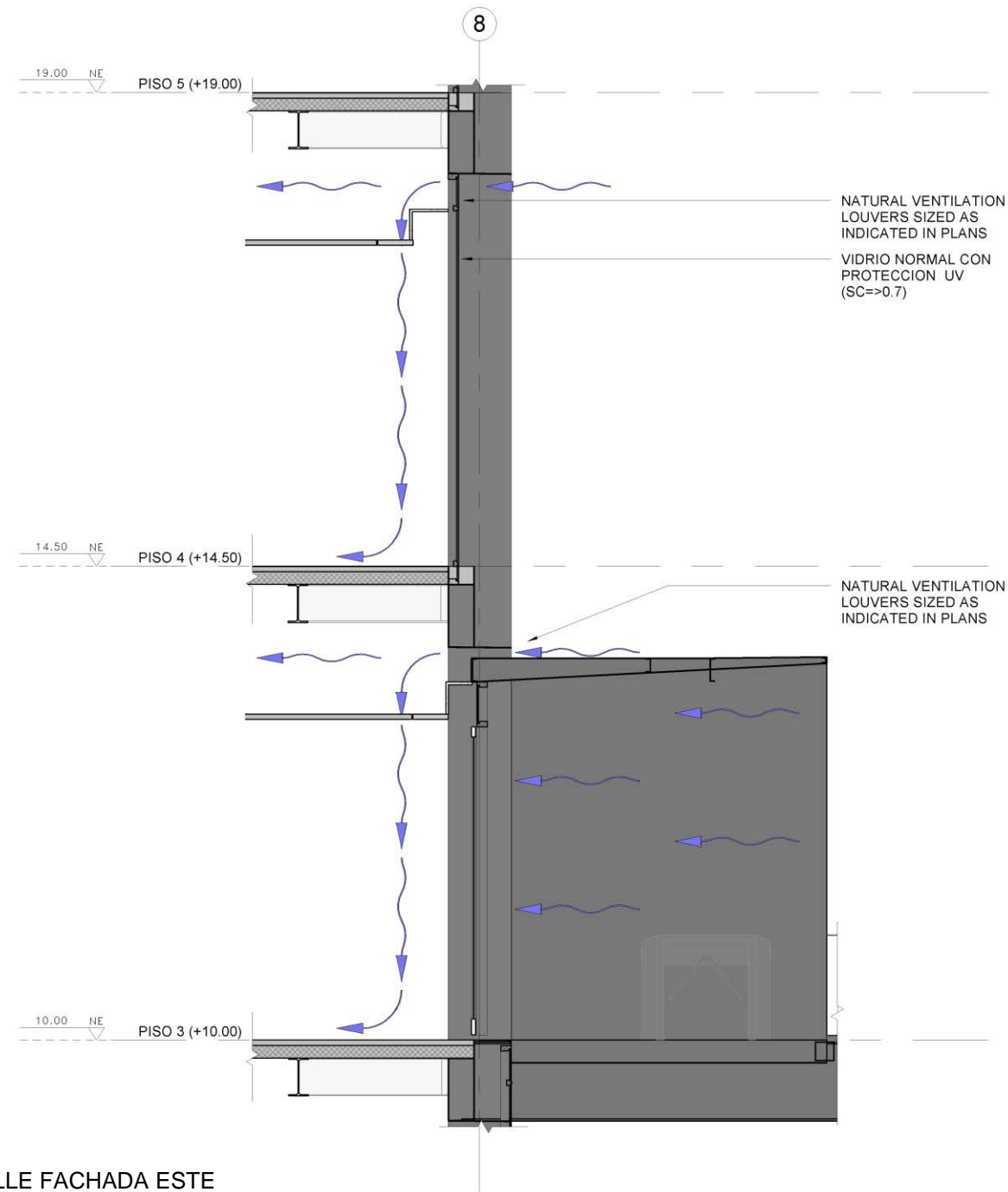


## Desarrollo Diseño: 3.3 Integración de Elementos de Diseño Pasivo



# Información De Elementos Pasivos

DISEÑO PASIVO:



Desarrollo Diseño: 3.3 Integración de Elementos de Diseño Pasivo



# Integración de Documentación

Desde los conceptos para la construcción han sido acordados procesos ahora integrados en las estrategias, en los documentos de construcción y BIM Modelo para reducir la cantidad en el diseño del sitio y los errores.

4.1 El equipo de diseño se preparará para la construcción mediante la creación de un diseño totalmente articulado e información del modelo de la construcción.

Cada sistema del edificio ha sido modelado en BIM. El proceso de coordinación ha sido muy eficiente y ha resuelto diversos problemas, los cuales habrían causado considerables sobrecostos y tiempo durante la ejecución de la obra.

4.2 El equipo se instalará en construcciones precisas y especificará materiales particulares y productos de construcción o especificaciones de rendimiento que cumplen con los requisitos de modelo energético. Los sistemas de climatización e iluminación activos serán diseñados y especificados en detalle por los ingenieros MEP.

Todos los requerimientos para el modelo energético han sido incorporados dentro de la documentación constructiva por los profesionales del diseño mecánico y de iluminación. El sistema mecánico es uno de los más sostenibles disponibles para edificios; en cuanto a la iluminación, el uso de luminarias LEDs, tienen una necesidad energética reducida mientras que proporcionan la cantidad lumínica requerida.

4.3 ECOPHI se asegurará de que el diseño se articule lo suficientemente bien como para ser construido con precisión (es decir, entregado al contratista) y que los sistemas se integren adecuadamente para el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso de diseño, Ecophi ha estado evaluando los documentos constructivos para la precisión y la constructibilidad, así como ha estado involucrado directamente en la modelación BIM.

Ha habido varios contratiempos debido a la falta de información por parte de algunos equipos de diseño, lo que genera una dificultad en la evaluación del todo en detalle ya que aún hacen falta algunos diseños. Pero en general, los diseños están trabajando juntos para lo que será un gran proyecto sostenible. Por lo que es de suma importancia que el constructor siga concienzudamente las especificaciones durante de la obra para asegurar que el edificio se construya adecuadamente.

Para sustitución de materiales, durante el proceso normal de la construcción, se debe consultar estrictamente con los arquitectos o Ecophi para obtener una adecuada asesoría en la toma de decisiones de esta índole. Esto asegurará que el edificio es medioambientalmente sano y seguro para las personas de Universidad durante las próximas décadas.

4.4 Arquitectos e Ingenieros se centrarán en su disciplina, pero el equipo puede utilizar BIM y modelización integrada de energía para ayudar a asegurar la integración de diseño apretado.

Desde que EKOOBIM ha sido contratado para el proyecto, la coordinación ha sido ciertamente un éxito. El enfoque holístico, de traer todos los sistemas juntos es un gran ejemplo de cómo el proceso de diseño debe ser ejecutado en los proyectos. Una vez la obra empieza, el constructor tendrá a la mano las suficientes herramientas para lograr una gran edificación, gracias a toda la información proporcionada por el modelo 3D. Por lo que es recomendable contratar a un equipo de construcción con la experiencia en procesos BIM y que cuente con una "BIM Cave" en el sitio, para asistir mejor el proceso.

# Modelo de Análisis de Energía Final

4.5. Una versión final del análisis de simulación y energía documentará el rendimiento de energía objetivo y proporcionará un punto de referencia para la validación durante las fases de construcción. Con esta información ECOPHI también estará listo para finalizar muchos de los documentos necesarios para la construcción de sistemas de certificación como LEED y así sucesivamente.

A través del proceso de diseño del equipo se ejecutaron muchas decisiones que contribuyeron a los valores finales que se muestran a continuación para el modelo energético. Como se puede ver en las opciones el equipo de diseño ha realizado en este proyecto reducción del consumo de energía del edificio en un 38% de un típico edificio construido con técnicas y las opciones tradicionales de construcción. El uso del agua en el edificio se reduce en un 65% mediante el uso de los baños de agua eficientes, urinarios, y grifos en todo el edificio. El carbono anual emitido en el medio ambiente se redujo en un 45% la eliminación de 263.506 kgCO<sub>2</sub>, que se compara con la eliminación de 43 coches de la carretera cada año según la EPA.<sup>12</sup>

También es importante tener en cuenta que estas cifras son en relación con un edificio de este tamaño y con la información que hemos entrado en la simulación del modelo de energía y no está tomando en cuenta todos los equipos de alto consumo de energía que se incorporarán en el edificio, ya que es basado en un laboratorio típico.

Los valores de referencia:

Energía usada: 1.431.905 kWh

El agua usada: 4779 m<sup>3</sup>

Carbono emitido: 755.460 kgCO<sub>2</sub>

Valores finales:

Energía usada: 880.616 kWh      **38% de ahorro**

El agua usada: 1693 m<sup>3</sup>      **65% de ahorro**

Carbono emitido: 491.954 kgCO<sub>2</sub>      **45% de ahorro**

12. EPA - <http://www.epa.gov/otaq/consumer/420f08024.pdf>

# Modelo de Análisis de Energía Final

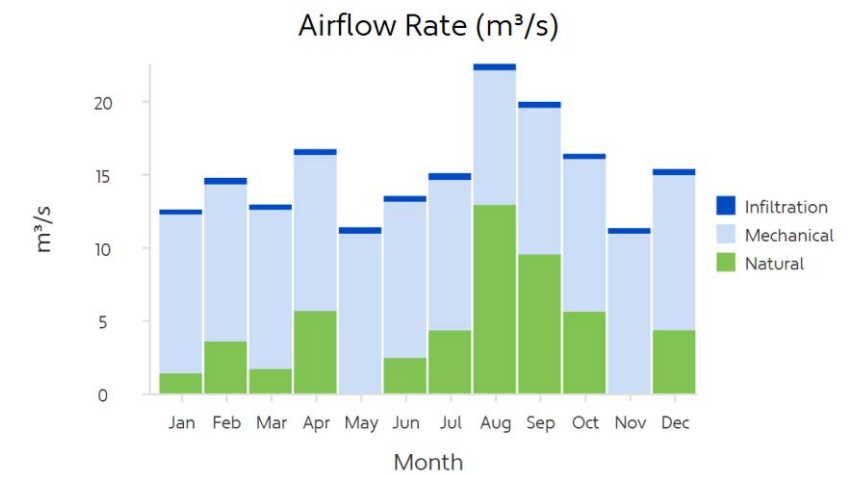
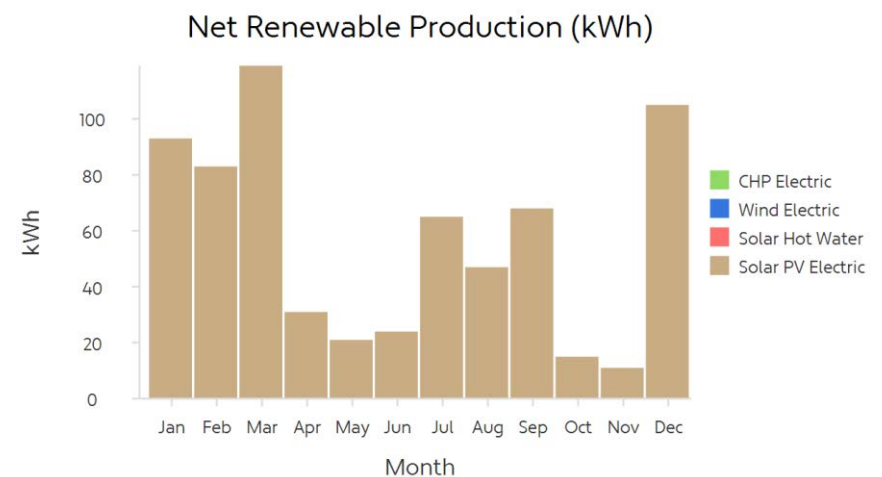
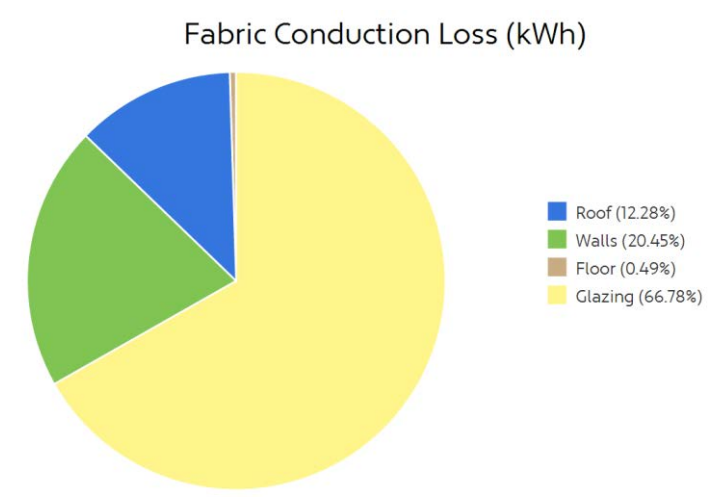
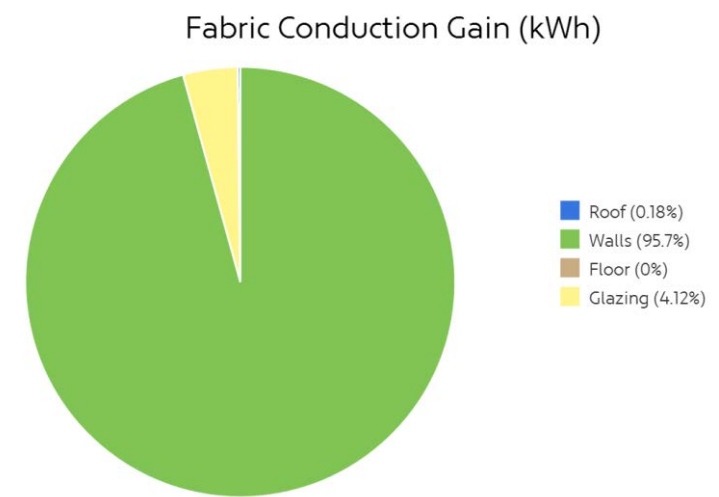
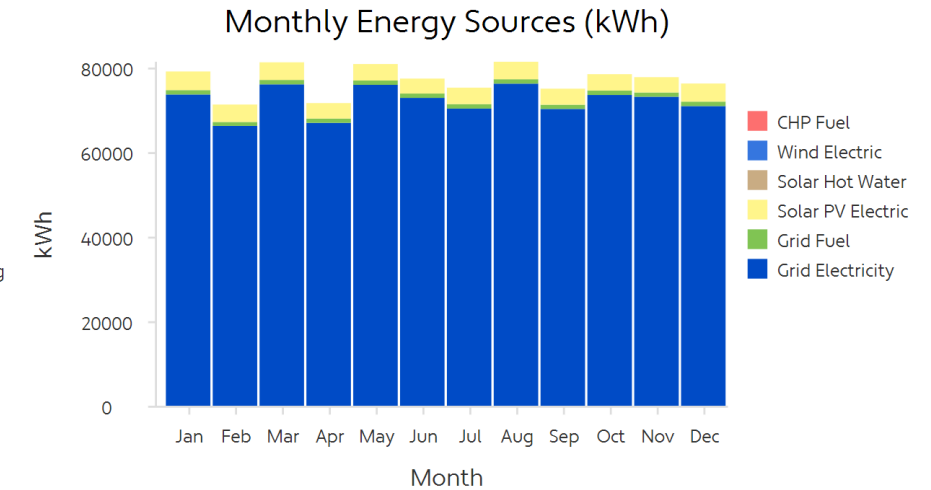
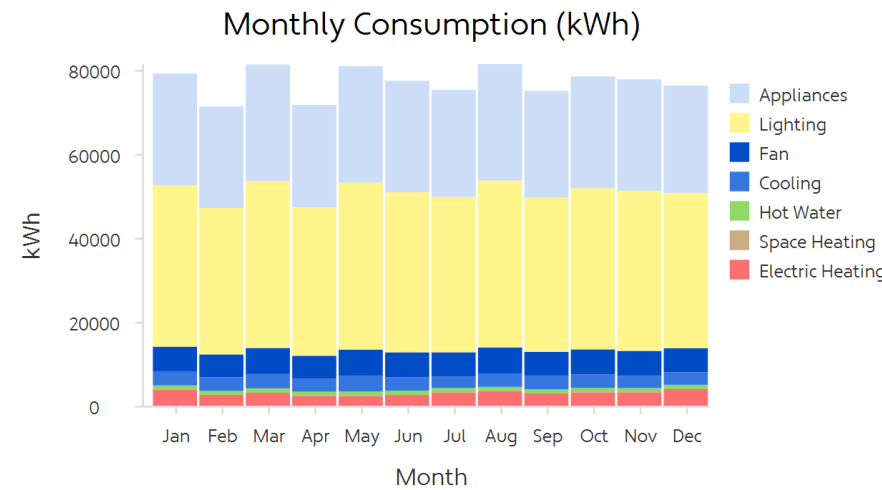
**Consumo mensual:** Para el diseño final todavía tenemos que tener en cuenta que los aparatos pueden ser una enorme cantidad de consumo de energía en el edificio junto con la iluminación. Hemos reducido la carga de refrigeración en el edificio dramáticamente mediante la reducción de la SHGC a 0,20 para cumplir con los sistemas de HVAC.

**Fuentes de Energía Mensuales:** Como se puede ver todavía somos muy dependientes de la red eléctrica y colocando unos paneles solares en la cubierta hemos reducido el consumo de energía por una fracción del consumo total de energía de edificios.

**Ganancia y Pérdida en Conducción por Material:** Estos dos gráficos no han cambiado ya que los materiales no han cambiado, pero hay valores han bajado considerablemente en el consumo real debido a mejores opciones en dispositivos de acristalamiento y sombreado.

**Red de Energía Renovable:** En el modelo de la línea de base no teníamos ninguna energía sostenible y en este gráfico se muestra la cantidad de energía renovable que se incorpora en el edificio debido a la adición de paneles solares en el techo del edificio y los pérgola en la terraza. Se sugiere utilizar paneles solares en el Maldonado para cubrir la cubierta poco atractiva y es la mejor ubicación posible para producir la mayor cantidad de energía renovable en el sitio.

**Tasa de flujo de Aire:** Ahora en comparación con la tasa de flujo de aire desde la línea de base, es evidente que los flujos están más regulados basándose en el tiempo del año y se distribuyen un poco más uniformemente entre los sistemas activos y naturales.



# Modelo de Análisis de Energía Final

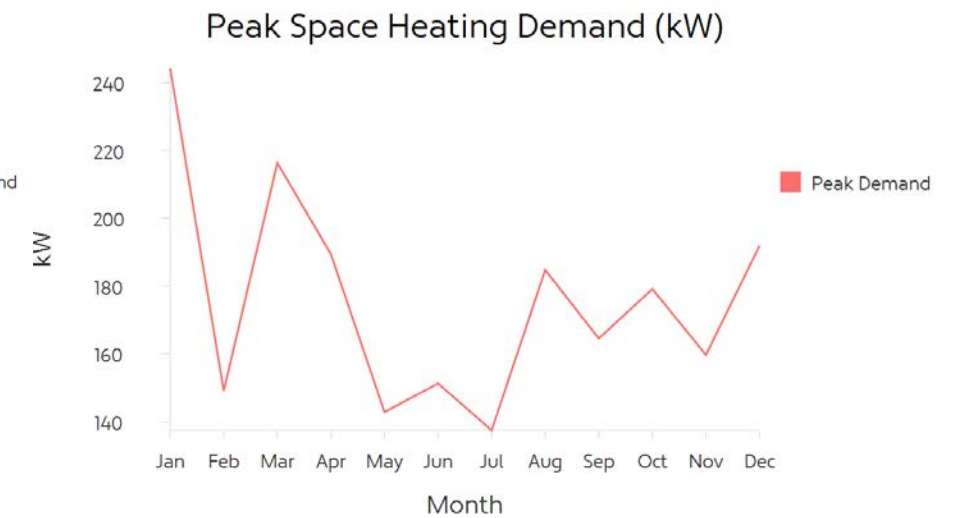
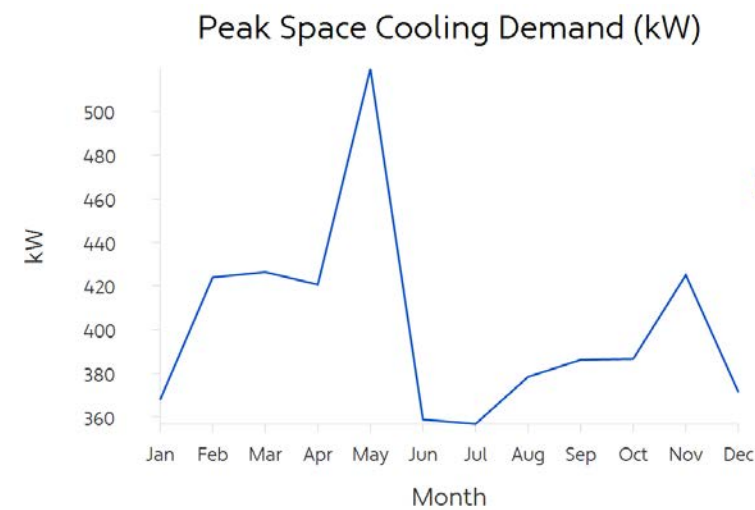
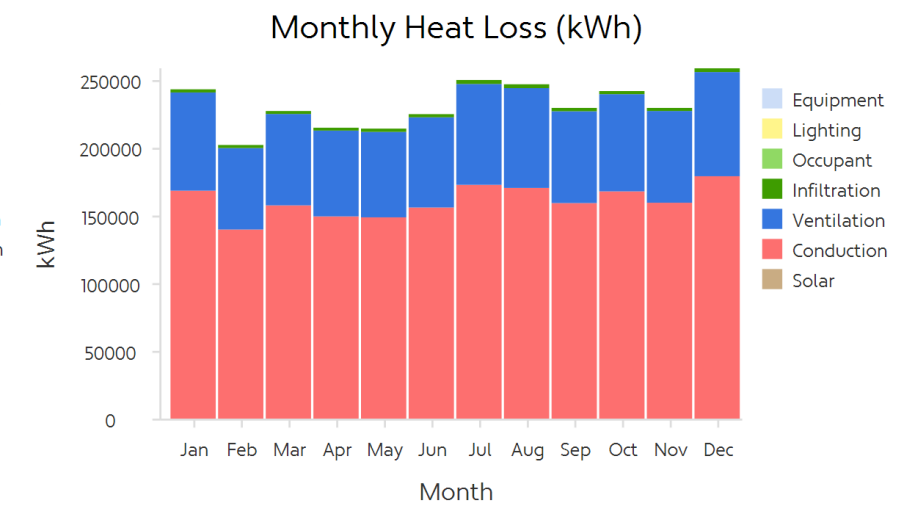
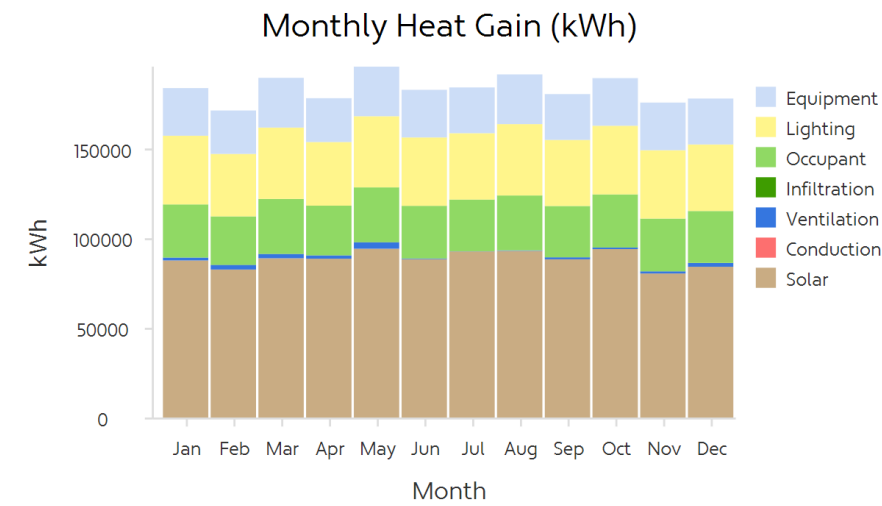
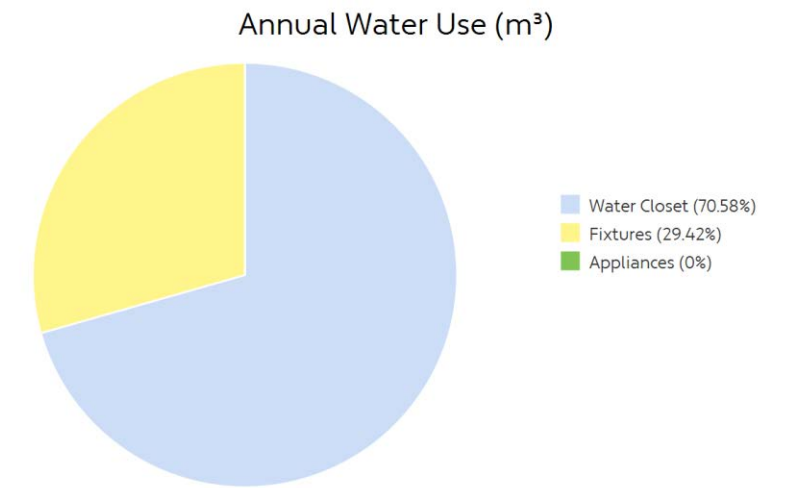
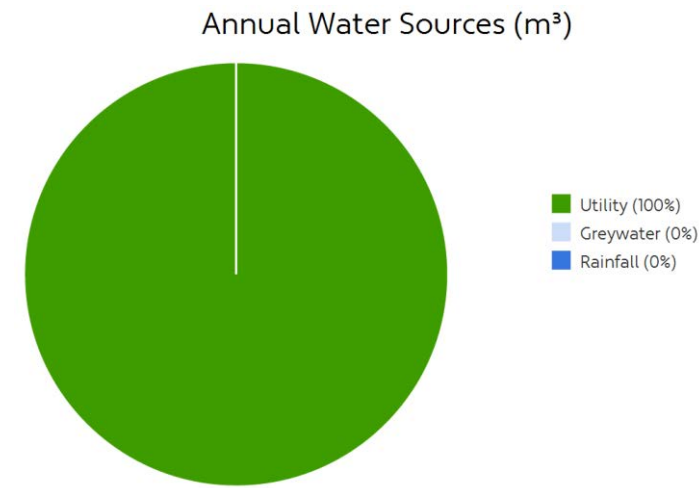
Fuentes de agua anual: El gráfico muestra que no se han utilizado estrategias sostenibles para reciclar el agua o recoger en el sitio. Uso Anual de agua: El gráfico muestra los porcentajes de uso en el edificio. Podemos reducir el uso de agua en un 65% si se siguen las directrices para los accesorios de bajo flujo. (Figura 1. pg. 37)

Ganancia de Calor mensual: Como se puede ver en el gráfico, ha habido una reducción considerable de la línea de base para la cantidad de ganancia de calor del Sol. El valor de iluminación puede bajar considerablemente con el uso de LEDs que se han incorporado en el diseño y reducirá el consumo total del edificio considerablemente.

La pérdida de calor mensual: Este gráfico está explicando las áreas del edificio que están contribuyendo a la pérdida de calor en el edificio. Ya que tenemos altas ganancias internas es bueno dejar escapar el calor del edificio y no ha cambiado desde el diseño de línea de base.

Demanda pico de refrigeración en espacios: Desde las opciones de uso de protecciones solares exteriores y acristalamiento de bajo SHGC, la cantidad de energía necesaria para enfriar el edificio se ha reducido casi en un 50% desde el diseño original.

Demanda pico calefacción en espacios: La cantidad de la calefacción se ha incrementado en el gráfico de la línea de base, porque estamos sombreando el edificio de la ganancia de calor que recibiría si no usamos el acristalamiento de bajo SHGC, pero debido al diseño mediante una mayor SC de 0,57 y protecciones solares exteriores al sol no deseados se logra el SC de 0,24 necesario de modo que podemos programar los dispositivos de sombreado para aceptar el sol temprano en la mañana y conseguir que el espacio alcance las temperaturas deseadas que no se consideran en el cálculo de la gráfica.



# Preparación de la construcción

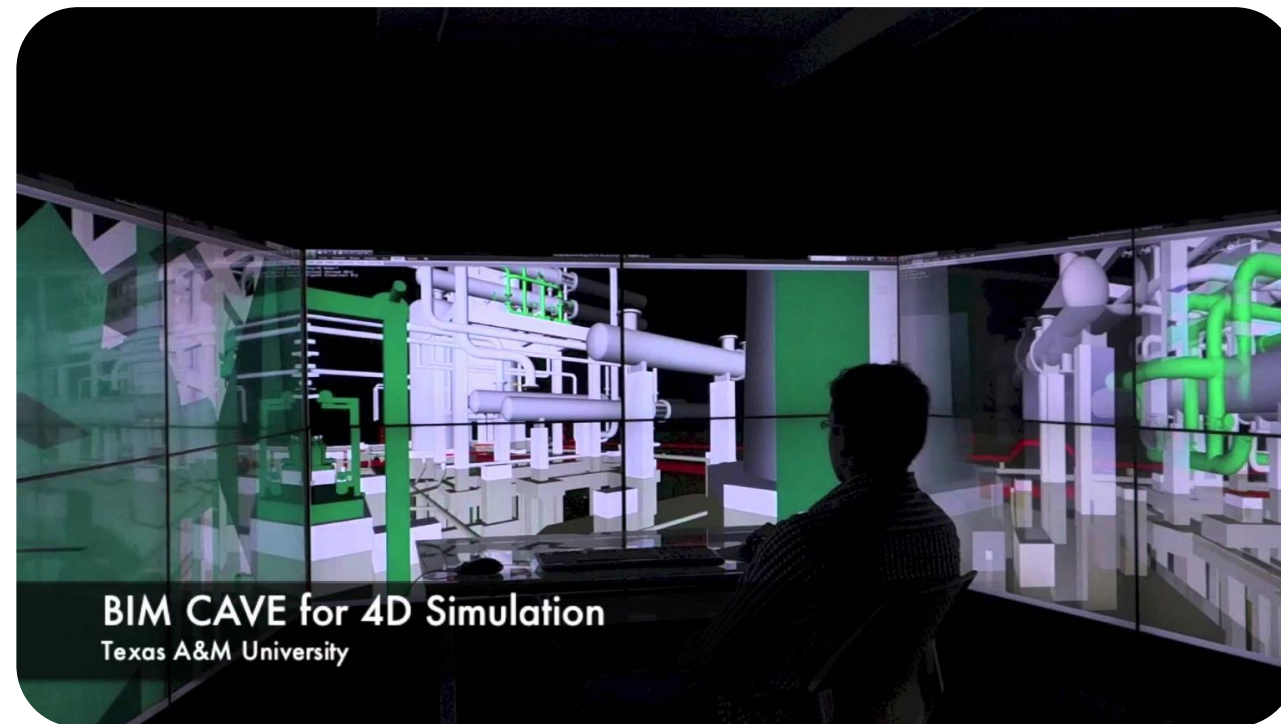
5.1 Con el diseño totalmente trabajado por los ingenieros y arquitectos, que ahora aseguran que el equipo de construcción puede edificar de manera eficiente el proyecto a las especificaciones de diseño y rendimiento.

5.2 El equipo completará planos de detalle constructivos, las conexiones y los sistemas de modo que se puede construir. El equipo también puede utilizar las herramientas digitales para organizar, coordinar, y visualizar el proceso de construcción con Navisworks; así como también artefactos tecnológicos que aseguren el adecuado proceso de construcción.

5.3 ECOPHI asegurará que el edificio está construido de manera eficiente y con las especificaciones de rendimiento. El empresario de la construcción impulsa esta fase. El resto del equipo de diseño trabajará en conjunto con ellos para asegurar que el edificio está construido según el diseño. A menudo, las especificaciones permiten "como-o-mejores" sustituciones. Un modelo BIM detallado y modelo energético coordinado ayudarán a asegurar que las sustituciones en realidad cumplan con los requisitos de rendimiento. El equipo puede modificar el diseño final detallado a lo largo del proyecto de construcción para crear un final "as-built" BIM modelo y modelo de energía para su uso en operaciones y mantenimiento.



12



13



14

## Referencias de Fotos y Créditos

1. Google Earth version 7.1.5.1557, 2015. 4°37'37.87"N, 74°03'50.78"W, eye alt 1339 mi, <http://www.google.com/earth/index.html> (Accessed 12.05.15)
  2. Google Earth version 7.1.5.1557, 2015. 4°37'37.87"N, 74°03'50.78"W, eye alt 1386 ft, <http://www.google.com/earth/index.html> (Accessed 12.05.15)
  3. rain-04 (1999) <http://globe-views.com/dcim/dreams/rain/rain-04.jpg> (Accessed on 20.06.15)
  4. humidity (2011) <http://www.aereco.com/ventilation/dcv/humidity-sensitive-ventilation> (Accessed on 20.06.15)
  5. Mnielsen Wind Energy (1999) <https://www.aip.org/sites/default/files/aippub/journal-highlights/images/JRSE-Stevens-wind%20farms-resized%202.jpg> (Accessed on 20.06.15)
  6. Average Solar Radiation (2013) <https://thestarlightwalker.files.wordpress.com/2013/10/screen-shot-2013-10-03-at-1-57-01-pm.png> (Accessed on 20.06.15)
  7. Annual Clouds (2011) <http://www.sciencedreams.eu/328-the-sunniest-darkest-places-on-earth/> (Accessed on 20.06.15)
  8. Isolation (2005) <http://home.iprimus.com.au/nielsens/Images/insolation.gif> (Accessed on 20.06.15)
  9. Water Storage (2010) <http://www.stormsaver.com/write/Images/Commercial%20-%20Non%20Pressurised%20System.jpg>
  10. Solar Wall Panel (2015) [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Fa%C3%A7ana\\_Fotovoltaica\\_MNACTEC.JPG.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Fa%C3%A7ana_Fotovoltaica_MNACTEC.JPG.jpg)
  11. Heart, Sara (2011) EcoArchitecture, (pg. 16), United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd
  12. BIM (2014) [http://www.bdcnetwork.com/sites/default/files/imagecache/article\\_image\\_sized/IMG\\_8630.jpg](http://www.bdcnetwork.com/sites/default/files/imagecache/article_image_sized/IMG_8630.jpg)
  13. BIM Cave (2014) <http://i.ytimg.com/vi/Zkhl9Rzsh7w/maxresdefault.jpg>
  14. Scan-copter (2015) <http://scan-copter.4d-it.com/gallery/scan-copter.jpg>
- A. Evaporative cooler. (2015, July 15). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 17:48, July 15, 2015, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Evaporative\\_cooler&oldid=671580214](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Evaporative_cooler&oldid=671580214)

### Créditos:

*M. Arqu. Jess Allen Glowacki, LEED AP*

*BIM Ecological Consultant & Project Manager*

*Camilo A. Galeano C.*

*Ingeniero Mecánico e Ingeniero Electrónico de la Universidad de los Andes*

*Afandí S. Fiscó C.*

*Ingeniero Mecánico e Ingeniero Industrial de la Universidad de los Andes*

*Laura Ispábel Niño*

*Traducción*

*Carolina Carrizosa*

*Traducción*