

CONSULTORÍA DISEÑO BIOCLIMÁTICO

**FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL MEDIAN-
TE LA ADECUACIÓN Y DOTACIÓN DE ESPACIOS
ACADÉMICOS EN LA ETAPA INICIAL DE LA USM
DE SANTA MARTA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE SANTA MARTA –
SEDE INEM SIMÓN BOLÍVAR.**

SANTA MARTA, DTO MAGDALENA

ARQ. MANUEL RAMON GUZMAN SIERRA
M.P A6192017 - 1102824353

JULIO 2026

CONTENIDO

CONTENIDO

METODOLOGÍA DE DISEÑO BIOCLIMATICO	6
CAPITULO 1.....	9
1. DESCRIPCION GENERAL DEL SITIO	9
1.1 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	9
1.2 Localización.....	9
CAPITULO 2.....	10
2. CONDICIONES METEOROLOGICAS	10
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA	10
2.1 DATOS METEOROLOGICOS	12
2.1.1 Temperaturas	12
2.1.2 Humedad relativa.....	13
2.1.3 Precipitaciones	14
2.1.4 Rosa de vientos	15
2.1.5 Radiación solar W/m2	16
2.1.6 Brillo solar	17
3 ANALISIS DEL PREDIO.....	18
3.1 DESCRIPCION DEL PREDIO.....	18
3.2 GRÁFICO DE PREEXISTENCIAS.....	21
CAPITULO 3.....	23
4 DIAGNOSTICO BIOCLIMATICO	23
4.1 CALCULO DE MEDIAS HORARIAS DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS.....	23
4.2 DEFINICION Y CALCULO DEL RANGO DE CONFORT ASHRAE ESTANDAR 55. 25	25
4.2.1 Determinación del rango de confort	25
4.3 ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS RECOMENDADAS	27
5 DISEÑO Y CALCULO BIOCLIMATICO	30
5.1 IMPLANTACIÓN	30

5.2	FORMA GENERAL DE LA EDIFICACIÓN	31
5.3	RECOMENDACIÓN DE ZONIFICACIÓN	32
5.4	DISEÑO DE DISPOSITIVOS PASIVOS DE CLIMATIZACION.....	34
5.4.1	Diseño Solar Pasivo	34
5.4.2	Determinación de ángulos de protección para diseño solar pasivo	35
5.4.3	ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA NORTE- 21 DE JUNIO 8:00 AM Y 12: 00 PM	37
5.4.4	ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA NORTE VENTANA 2 - 21 DE JUNIO 8:00 AM Y 12: 00 PM	38
5.4.5	ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA SUR- 21 DE DICIEMBRE 8:00 AM Y 12: 00 PM	39
5.4.6	ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA SUR VENTANA 2- 21 DE DICIEMBRE 8:00 AM Y 12: 00 PM	40
5.5	ANÁLISIS POTENCIA RADIACIÓN EN FACHADAS.....	41
5.6	ANÁLISIS SOMBRAS ARROJADAS POR EL VOLUMEN DEL EDIFICIO	44
6	ANALISIS VENTILACION NATURAL.....	46
6.1	ANÁLISIS EFECTOS VIENTO EN IMPLANTACIÓN PLANTA TIPO	46
6.1.1	Análisis de túnel de viento (comportamiento exterior del viento)	46
6.1.2	Metodología de análisis.....	47
6.2	CALCULO DE VENTILACION NATURAL POR ESPACIO	48
6.2.1	PRIMER PISO BLOQUE C: AULA TIPO.....	48
6.2.2	Espacio: BLOQUE G SEGUNDO PISO, AULA TIPO ALA SUR	51
6.2.3	BAÑO TIPO BLOQUE G	53
6.3	ANALISIS DE RESULTADOS CALCULO VENTILACION NATURAL Y CALIDAD DE AIRE INTERIOR SEGÚ N ASHRAE 55.	55
6.4	RECOMENDACIONES Y ESTRATEGIAS PARA VENTANERIA EN FACHADAS	56
6.5	ANEXOS CÁLCULOS VENTILACIÓN.....	57
6.5.1	REQUERIMIENTO DE VENTILACION DE ACUERDO CON ASHRAE 62.1..	57
6.6	ANEXOS CÁLCULOS VENTILACIÓN.....	58
7	ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN NATURAL	59
7.1	METODOLOGÍA.....	60
7.2.	MAPA ILUMINANCIA UTIL DE LUZ DIURNA UDI: Porcentaje de horas anuales de Iluminación útil de Luz Diurna anual.....	82
7.3.	MAPA EXPOSICION SOLAR ANUAL ASE: Porcentaje de horas anuales en las que la exposición solar anual excede los 1000 luxes.....	83

7.4.	MAPA AUTONOMIA LUZ DIURNA SDA: Porcentaje de tiempo en los que los niveles de luz diurna se encuentran por encima de la iluminancia mínima (300 luxes) .	84
7.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	84
7.5.1	RECOMENDACIONES DE OPTIMIZACIÓN LUMÍNICA Y TÉRMICA	84
8.	SIMULACION TERMICA	87
8.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE BALANCE TÉRMICO.	87
8.2.	OPCIONES DE MODELO	88
8.3.	DISEÑO DE LA ENVOLVENTE	91
8.4.	RESULTADOS DE CONFORT TÉRMICO ANUAL DEL ESCENARIO BASE: TOMANDO COMO REFERENCIA EL BLOQUE C	93
8.5.	RESULTADOS DE CONFORT TERMICO ANUAL EN AULA TIPICA	94
8.6.	RESULTADOS DE CONFORT TÉRMICO ANUAL ESCENARIO OPTIMIZADO TOMANDO COMO REFERENCIA EL BLOQUE C	95
8.7.	RESULTADOS DE CONFORT TÉRMICO ANUAL ESCENARIO OPTIMIZADO TOMANDO COMO REFERENCIA UN AULA TIPICA DEL BLOQUE C	96
8.8.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN DE BALANCE TÉRMICO.....	98
8.9.	CONSUMOS TOTALES DE ENERGIA BLOQUES C, D Y G INSTITUCION UNIVERSITARIA DE SANTA MARTA.....	98
8.9.1.	CONSUMO ELECTRICO TOTAL PARA REFRIGERACION BLOQUES C, D Y G.	100
8.10.	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	101
9.	ANEXOS.....	103
10.	NORMATIVIDAD Y REFERENCIAS	105
11.	BIBLIOGRAFIA	106

INFORME 1

ANALISIS DEL SITIO Y DIAGNOSTICO BIOCLIMATICO

SANTA MARTA, DTO MAGDALENA

OBJETIVOS

General

Analizar y evaluar el comportamiento térmico del proyecto de adecuación de espacios físicos, tecnológicos y académicos para la puesta en funcionamiento de los programas tecnológicos en la Institución Universitaria de Santa Marta, ubicada en la ciudad de Santa Marta en el departamento del Magdalena, con el fin de identificar, formular y aplicar estrategias bioclimáticas que optimicen su desempeño ambiental. Este proceso comprende la elaboración de recomendaciones técnicas orientadas a garantizar condiciones adecuadas de bienestar termo-fisiológico para sus ocupantes, promoviendo eficiencia energética, confort y sostenibilidad en el diseño arquitectónico.

Específicos

1. Analizar el clima del lugar con el fin de generar la información necesaria para la etapa de diagnóstico.
2. Diagnosticar el comportamiento del clima y generar las estrategias bioclimáticas aplicables según el rango de confort calculado.
3. Analizar el comportamiento solar en los meses y horas críticas del año, con el fin de recomendar estrategias para la protección solar que eviten ganancias de radiación al interior de los espacios.
4. Analizar el comportamiento lumínico de acuerdo con los horarios y fechas de ocupación principales del recinto y poder realizar recomendaciones que permitan tener suficiencia lumínica de manera natural durante el día.
5. Simular el comportamiento térmico y energético del diseño arquitectónico planteado, con el fin de establecer conclusiones y recomendaciones de uso de la edificación.

METODOLOGÍA DE DISEÑO BIOCLIMATICO

1. Análisis del Sitio y Diagnóstico Bioclimático

Esta fase se centra en la recopilación de datos y la caracterización de las condiciones geográficas y climáticas para establecer los parámetros de diseño pasivo.

- **Descripción General del Sitio:** Se define la **ubicación geográfica** la Institución Universitaria de Santa Marta, en el municipio de Santa Marta, Magdalena (Latitud 11.22° Norte, Longitud 74.17° Oeste, Altura media 28 msnm). Se detalla la **localización del predio**, 5 kms al noroeste se encuentran las playas más representativas de la ciudad y al suroeste a unos 13 Kms aproximadamente se encuentra el Aeropuerto Simón Bolívar, lo que es crucial para entender la influencia del entorno más cercano. También se describe el **entorno físico** del lote (topografía regular, vegetación nativa).
- **Condiciones Meteorológicas (Caracterización del Clima):** A través del análisis de los datos meteorológicos tomados del IDEAM se establecen los parámetros de comportamiento climático del sitio, se examina la clasificación climática según la resolución 0194 de 2025.
- **Fuente de Datos:** Se utilizan datos de las normales climatológicas del **IDEAM** de 1991-2020 tomando los datos de la estación meteorológica activa más cercana, específicamente de la estación meteorológica SP ubicada en el aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta (Sinóptica principal) activa más cercana con altura similar localizada a 13 kms de distancia y 10 msnm.
- **Análisis Detallado:** Se analizan datos de temperaturas (mínimas, medias, máximas), humedad relativa (octubre con el 79%), precipitaciones (octubre es el mes más lluvioso), rosa de vientos en la que la mayor frecuencia en la dirección del viento es la proveniente del Norte, con una velocidad promedio anual de 2.8 m/s, radiación solar y brillo solar (enero con mayor radiación y brillo solar).

2. Diagnóstico Bioclimático:

- **Cálculo Horario:** Se calculan las medias horarias de temperatura y humedad relativa para identificar las horas y meses críticos de diseño (Julio con un pico de 36.3°C a la 1:00 p.m., humedad reduciéndose de 8 a.m. a 4 p.m.).
- **Rango de Confort** (ASHRAE 55 - Adaptativo): Se determina la zona de confort con la temperatura exterior promedio mensual (28.6°C). El rango de confort para el 80% de los ocupantes se establece entre 23.2°C y 30.2°C.
- **Estrategias Preliminares (Carta Psicométrica de Givoni):** Mediante la ubicación de los datos climáticos en la Carta de Givoni se proponen las estrategias bioclimáticas pasivas a seguir, como la Protección Solar en todas

las fachadas, la Ventilación Cruzada como estrategia principal, la Inercia Térmica y el uso de colores recomendados para el clima del sitio.

3. Diseño y Cálculo Bioclimático

Esta fase traduce los hallazgos del diagnóstico en decisiones arquitectónicas concretas de forma, orientación y dispositivos pasivos.

- **Implantación y Forma:** Se realizan las recomendaciones de implantación y forma del objeto de estudio de acuerdo con los datos climáticos analizados.
- **Zonificación Bioclimática:** Se propone una zonificación de "colchón térmico" ubicando los espacios de servicio y circulaciones en las fachadas más soleadas (Este y Oeste). Los espacios de mayor uso (consultorios, oficinas, salas de espera) se colocan en el interior o en las fachadas Norte-Sur, más protegidas, para reducir la ganancia térmica.

4. Diseño Solar Pasivo:

Análisis de Incidencia: Se realiza un análisis de la incidencia solar en cada fachada a lo largo del año. Las fachadas Oeste y Este son las más críticas debido a la radiación de la tarde y mañana respectivamente, recomendando evitar aberturas.

Ángulos de Protección: Se calculan los Ángulos de Alero (VSA) y Parasol (HSA) para sombrear las aberturas en las fachadas Norte y Sur. Por ejemplo, en la fachada Norte, se tienen ángulos de incidencia solar VSA de 78° a las 12:00 p.m. y HSA de 22° a las 4:00 p.m. en el solsticio de junio.

- **Análisis de Radiación y Sombras:**

Análisis de Sombras: Se evalúan las proyecciones de sombra en horas clave (8:00 a.m., 12:00 p.m., 4:00 p.m.) y fechas críticas (equinoccios y solsticios), observando la mayor exposición solar de las cubiertas a las 12:00 p.m.

5. Análisis de Ventilación Natural:

Comportamiento del Viento (CFD): La simulación de túnel de viento (CFD) muestra la incidencia del viento predominante de acuerdo con la rosa de vientos del sitio.

Requerimientos de Ventilación: Se analizan los indicadores de calidad de aire interior y los requerimientos mínimos de ventilación natural (100% de espacios con ventilación, 6 ACH) según la NTC 5183 y ASHRAE 62.

Cálculo de Ventilación por Espacio (Olgyay/Givoni): Se calcula la tasa mínima de ventilación requerida (ej. Aula Tipo: 94.00 m³/h por ocupante) y la tasa de ventilación cruzada (ej. Aula Tipo: 16,303.17 m³/h), verificando que el área mínima de ventilación se cumpla (entre 5% y 20% del área del espacio). Se calcula la velocidad interior promedio del viento (ej. Aula Tipo: 0.68 m/s).

Recomendaciones de Ventanería: Se recomienda la adaptación de la ventanería a ventanería con forma rectangular u horizontal de tipo proyectante en fachadas Norte y Sur para una apertura efectiva del 50% y mayor protección hacia las corrientes del viento dominante.

6. Análisis de Iluminación Natural:

Requerimientos de Iluminancia: Se establecen los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP (Resolución 40150 de 2024), como 500 Lux para aulas, 300 luxes para espacios de oficinas y 150 Lux para baños.

Simulación: Se simula la distribución de luz natural (en Luxes) con Design Builder tomando como referencia el peor escenario del año: Un día con cielo nublado (10.000 luxes) en las fechas importantes de posicionamiento del sol en la bóveda celeste y teniendo en cuenta el horario y meses de uso en aulas, oficinas y baños.

7. Simulación Energética y Comprobación

Esta fase final valida las estrategias pasivas y los materiales mediante simulación térmica avanzada.

Parámetros del Modelo: Se definen los parámetros de simulación (Radiación solar completa y ventilación natural). Se establecen las actividades de uso (Teaching áreas, office áreas y bathrooms áreas: 0.60 personas/m², 07:00–17:00 Hrs) y los cerramientos (Cubierta Lamina termo acústica, mampostería con materiales del sitio) con sus respectivos valores U, LT y SHGC.

Análisis del Balance Térmico: Se analizan ganancias internas y solares, pérdidas de cerramientos, y la Temperatura Operativa. Se utiliza el índice de confort PMV Fanger.

Resultados de Confort Térmico: La simulación evalúa la temperatura operativa anual en diferentes espacios (Laboratorio, oficinas y aulas) para validar el desempeño de la envolvente y las estrategias pasivas.

CAPITULO 1.

1. DESCRIPCION GENERAL DEL SITIO

1.1 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La ciudad de Santa Marta está ubicada en el departamento del Magdalena al norte del país, a 70 kilómetros de la ciudad de Barranquilla. La ciudad se encuentra bordeado al noroeste por el Mar Caribe, un entorno muy urbanizado que cuenta con vegetación nativa y por el noreste a aproximadamente 15 Kms se encuentra el Parque Nacional Natural del Tayrona. Posee una población de más de 580 mil habitantes.

Municipio	Santa Marta
Latitud	11.22° Norte
Longitud	74.17° Oeste
Altura media	28 msnm
GMT	UTC -5
Población	580 mil hab.
Superficie	

1.2 Localización

Departamento del Magdalena

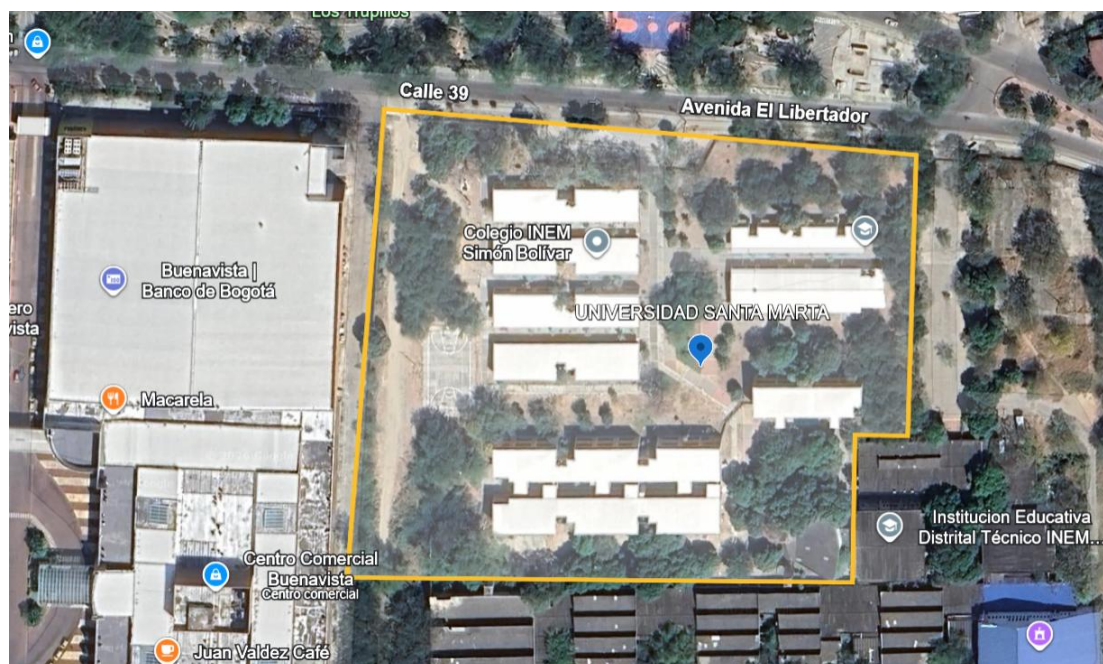


Municipio Santa Marta



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital Google Earth.

El predio objeto de estudio se localiza a una distancia aproximada de 13 kms del aeropuerto Simón Bolívar.



Fuente: Elaboración propia, Predio Colegio INEM Simon Bolivar. Imagen satelital.

CAPITULO 2.

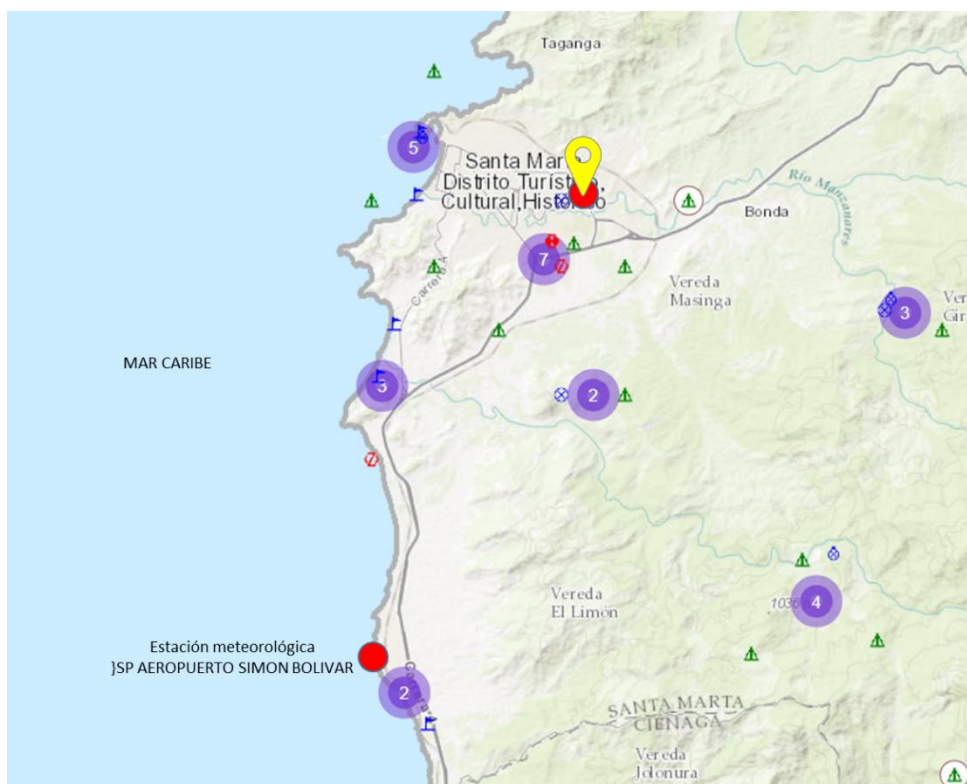
2. CONDICIONES METEOROLOGICAS

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA

La ciudad de Santa Marta está ubicada en el Departamento del Magdalena, se encuentra dentro de la Clasificación Caldas-Lang como clima cálido húmedo. Este clima presenta variaciones con algunas estaciones mayormente secas, la temperatura media es de 28,6°C. La humedad relativa promedio es de 81.8%. Por lo general se presentan altos niveles de radiación solar incidente durante todo el año.

La vegetación está compuesta normalmente de arbustos que pierden las hojas en los meses más secos, así como de paisajes que también se secan en los períodos de verano. Los datos del clima presentados para el caso de estudio son tomados del archivo histórico del instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales IDEAM, para lo cual se consultó en el mapa de la página Web IDEAM estaciones meteorológicas activas más cercanas al predio encontrándose la Estación Meteorológica del **Aeropuerto Simón Bolívar** de la ciudad de Santa marta, a unos 13 km de distancia del lote.

Mapa estaciones meteorológicas IDEAM municipio de Santa Marta



Fuente: Pagina web IDEAM <http://institucional.ideam.gov.co>

Como criterio de determinación de la estación meteorológica, se tomó la que tiene altura sobre el nivel del mar más cercano al predio, tomándose la estación Meteorológica Aeropuerto Simón Bolívar que se encuentra a una altura de 4 msnm, siendo la más cercana respecto al lote que se encuentra a 28 msnm. De acuerdo con lo anterior se toma la estación meteorológica **(SKSM) Aeropuerto Simón Bolívar** código **15015050 (SP)** sinóptica principal, ubicada en la ciudad de Santa Marta a unos 13 km de distancia del lote, medidos en línea recta, con la siguiente posición Geográfica.

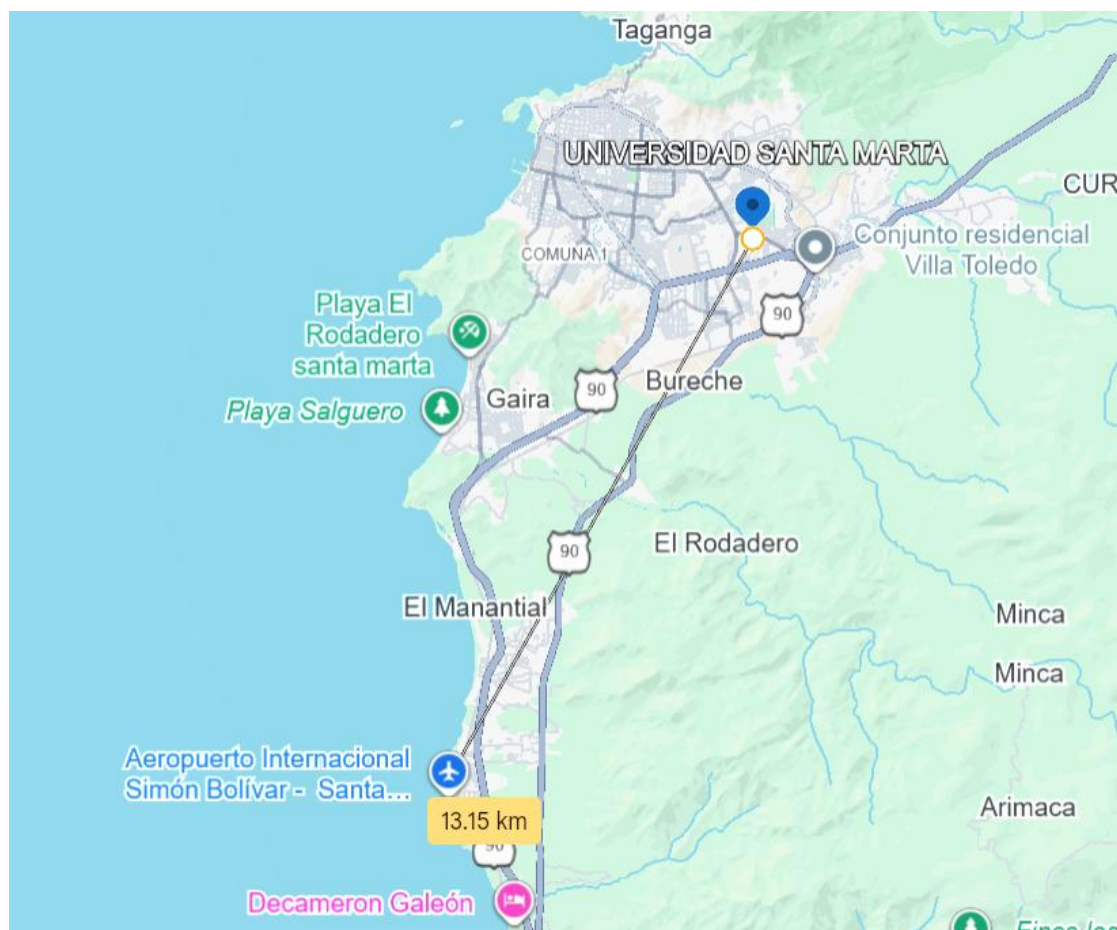
Latitud: 11.22 Norte

Longitud: -74.17 Oeste

Altitud: 28 MSNM

Huso Horario: GMT (-5:00)

Localización estación meteorológica Aeropuerto Simón Bolívar, municipio de Santa Marta.



Fuente: Adaptado a partir de Google Earth pro.

2.1 DATOS METEOROLOGICOS

2.1.1 Temperaturas

Valores mensuales de temperaturas mínimas, máximas y promedio °C

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura mínima °C	22.6	23.5	24.5	25.5	25.7	25.4	25.0	24.8	24.7	24.4	24.0	23.1
Temperatura Media °C	27.6	28.1	28.5	29.2	29.3	29.4	29.2	28.9	28.6	28.2	28.0	27.8
Temperatura máxima °C	33.1	33.7	33.9	33.8	33.2	33.3	33.4	33.1	32.9	32.4	32.4	32.7

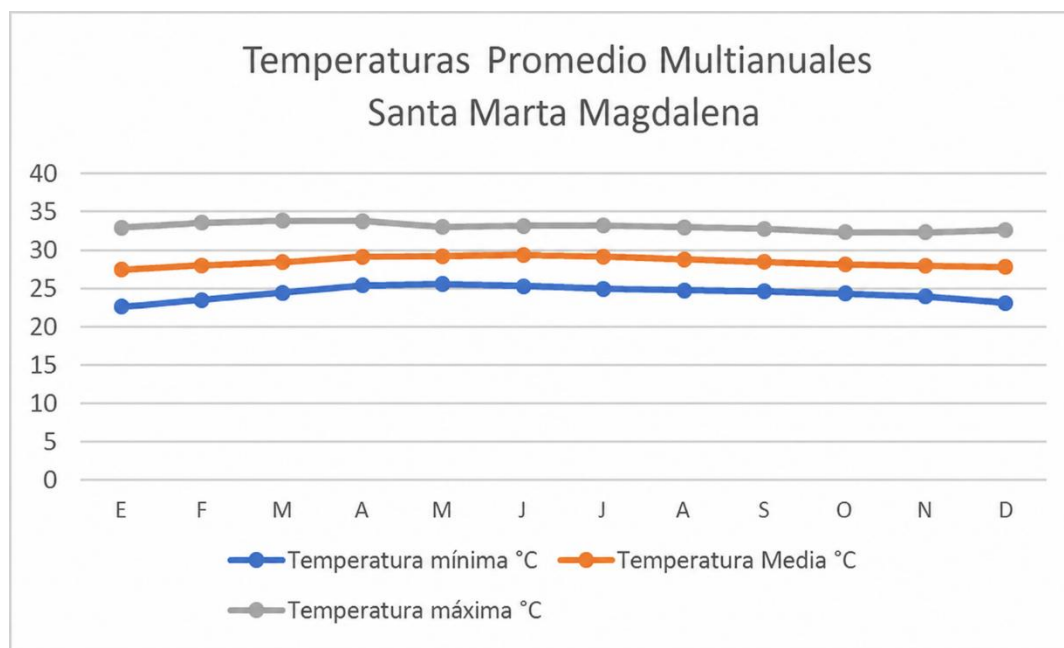
Fuente: Adaptado a partir de los datos suministrados por el IDEAM.

Según la tabla de registro de temperaturas promedio mensual, Ciénaga presenta una temperatura media de **28,6 °C**, el mes de **junio** presenta la temperatura media más elevada, las máximas temperaturas promedio se presentan en **marzo** con **33.9°C**, la temperatura mínima de las mínimas promedio se presenta en el mes de **enero** con **22.6 °C**.

Promedio temperatura mínima: 22.6 °C

Promedio temperatura media: 28.6 °C

Promedio temperatura máxima: 33.9 °C



Fuente: Adaptado a partir de los datos suministrados por el IDEAM.

2.1.2 Humedad relativa

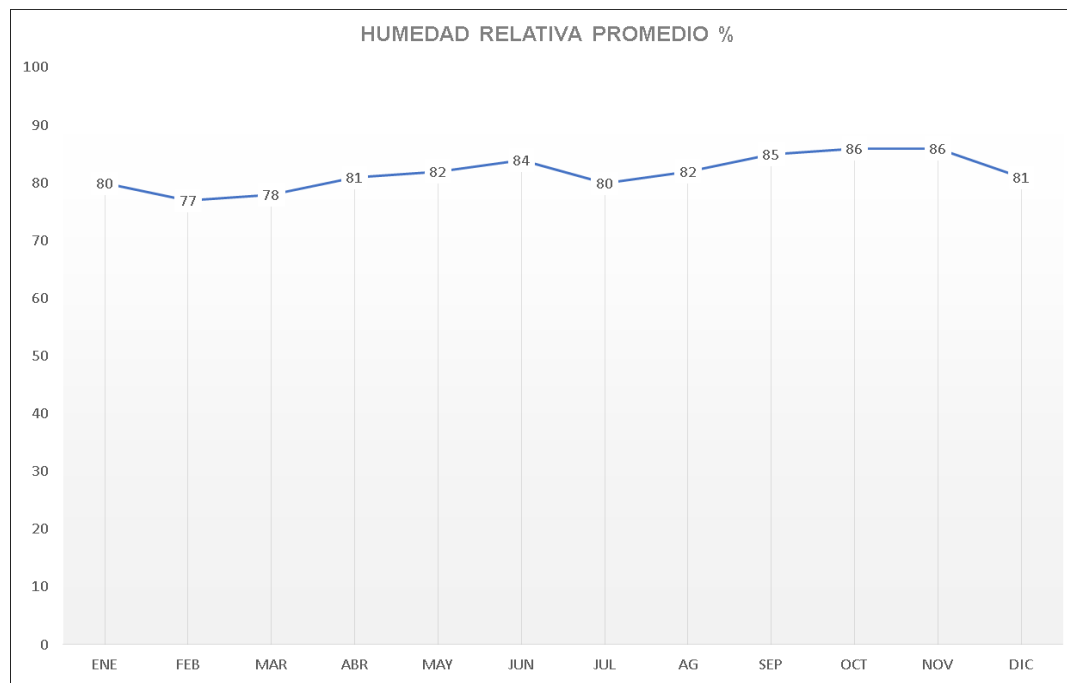
Tabla humedades mensuales promedio

TABLA DE HUMEDADES MENSUALES %												
	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG	SE P	OC T	NO V	DIC
HUMEDAD RELATIVA PROM %	80,0	77,0	78,0	81,0	82,0	84,0	80,0	82,0	85,0	86,0	86,0	81,0

Fuente: Adaptado a partir de los datos suministrados por el IDEAM.

Se refiere a la cantidad de vapor de agua disuelto en el aire. El aire al disminuir su temperatura es capaz de contener una mayor cantidad de vapor de agua. Este contenido de agua es entendido como humedad relativa del aire. Según los datos obtenidos por las estadísticas climáticas en Santa Marta

los meses que presentan mayores niveles de humedad promedio son **octubre** y **noviembre** con un 86% en promedio mensual, en% promedio humedad relativa anual es de **79.8%**.



Fuente: Adaptado a partir de los datos suministrados por el IDEAM.

De acuerdo a la gráfica anterior se puede inferir que todo el año se mantienen altos valores de humedad relativa, siendo octubre y noviembre los meses que presentan los registros más elevados de la curva de humedad con 86%. Debe analizarse el comportamiento horario para determinar las estrategias que deban tenerse en cuenta en el diseño de la edificación.

2.1.3 Precipitaciones

Tabla media mensual precipitaciones.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Total días	0.1	0.2	0.3	1.4	3.9	5.4	6.2	8.5	8.8	8.9	5.6	1.1
Total mm/mes	0.1	1.3	2.2	13.6	51.8	60.2	62.0	62.5	99.0	126.9	74.3	8.3

Fuente: Adaptado a partir de los datos suministrados por el IDEAM.

Las precipitaciones son escasas por debajo de 562.1 mm al año, siendo enero el mes más seco con 1mm de lluvia y el mes de octubre es el mes que presenta mayores precipitaciones con 126.9 mm.

Grafica de precipitaciones media mensual



Fuente: Adaptado a partir de los datos suministrados por el IDEAM.

2.1.4 Rosa de vientos

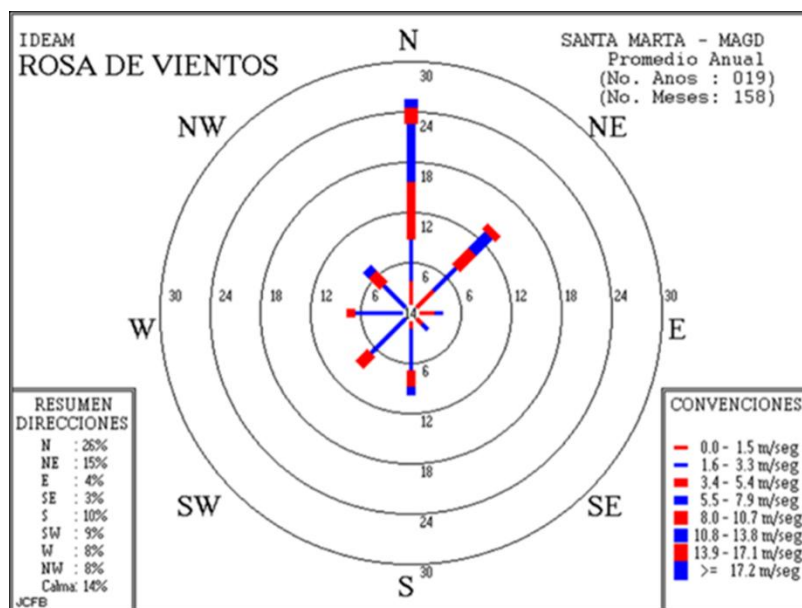
La mayor incidencia de los vientos proviene del norte con vientos que alcanzan velocidades promedio de 2.8 m/s representando el 26%, en segundo orden de incidencia se encuentran los vientos provenientes del noreste con un 15% de incidencia y por último hay un porcentaje de calmas del 14%, lo cual servirá como referencia para tomar decisiones de diseño más adelante.

Tabla velocidad media y dirección vientos predominantes

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Dirección vientos	100	70	80	90	100	110	70	130	90	90	70	70	Grados
Velocidad media	3.1	3.4	3.4	3.2	2.8	2.5	2.4	2.5	2.4	2.3	2.2	2.5	m/s

Fuente: Atlas de viento de Colombia del instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales IDEAM.

Grafica Rosa de Vientos de santa marta.



Fuente: Atlas climatológico de Colombia del instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales IDEAM.

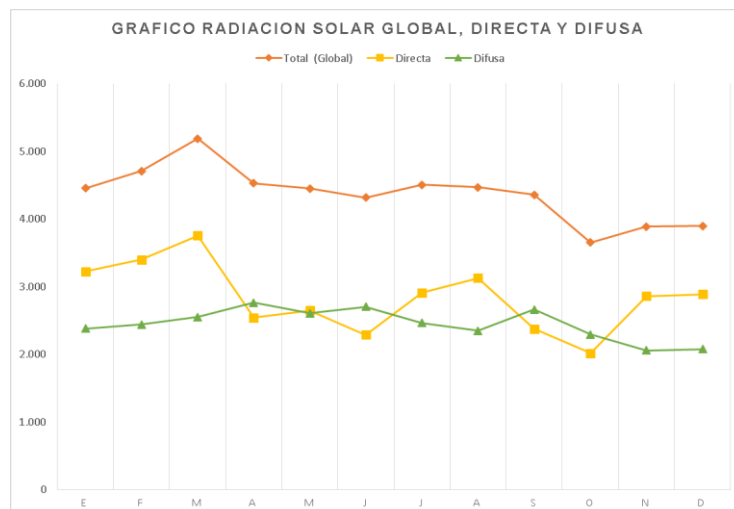
2.1.5 Radiación solar W/m2

Tabla de radiación directa, global y difusa media mensual

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Total (Global)	4.45 5	4.70 9	5.18 6	4.52 7	4.44 9	4.31 7	4.50 3	4.46 9	4.35 8	3.65 5	3.88 8	3.89 6
Directa	3.22 6	3.40 0	3.75 5	2.54 5	2.64 8	2.29 1	2.91 1	3.13 0	2.37 8	2.01 9	2.86 1	2.88 8
Difusa	2.38 4	2.44 4	2.55 3	2.76 6	2.60 9	2.70 5	2.46 3	2.35 2	2.66 2	2.29 5	2.05 9	2.07 8

Fuente: Atlas climatológico de Colombia del instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales IDEAM.

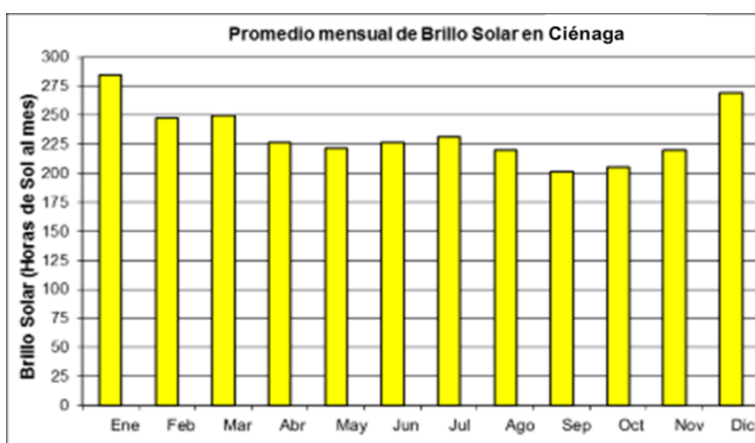
La tabla anterior indica la cantidad de radiación en W/m2 sobre la superficie horizontal terrestre para el municipio de Ciénaga, donde nos indica que los meses de **febrero y marzo** son los que presentan la mayor radiación tanto directa, como difusa y global.



Fuente: Atlas climatológico de Colombia del instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales IDEAM.

Las curvas de los meses de enero febrero y marzo deberán ser analizadas respecto a los criterios que se utilicen frente a estrategias de trayectoria solar de la edificación.

2.1.6 Brillo solar



Fuente: Información extraída del Atlas climatológico de Colombia del instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales IDEAM.

NORMAL CLIMATOLÓGICA ESTÁNDAR DEL BRILLO SOLAR PARA EL PERIODO 1991-2020 (Horas de Sol al Día)												
ENE	FEB	MAF	ABR	MAY	JUN	JUL	AGC	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUA
9.1	8.5	7.6	7.2	6.5	6.9	7.0	6.8	6.0	6.5	7.1	8.2	7.3

Fuente: Información extraída de la tabla de Excel normales climatológicas de Colombia del instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales IDEAM.

La grafica refleja los meses que presentan la mayor cantidad de horas de Brillo Solar en promedio mensual. los meses de diciembre, enero, febrero y marzo hacen parte de la curva más alta de brillo solar, siendo enero el de mayor cantidad de horas promedio mensual, lo cual representa una información importante a la hora de hacer las evaluaciones de trayectoria solar sobre el predio.

3 ANALISIS DEL PREDIO

3.1 DESCRIPCION DEL PREDIO

El predio donde se proyecta la adecuación de espacios físicos, tecnológicos y académicos para la puesta en funcionamiento de los programas tecnológicos de la Institución Universitaria de Santa Marta se encuentra ubicado en la ciudad de Santa Marta, departamento del Magdalena. Su localización estratégica en un entorno urbano consolidado le otorga una adecuada conectividad con los principales ejes viales de la ciudad, siendo la Avenida El Libertador la principal vía de acceso al predio. En las inmediaciones del lote se encuentra el Centro Comercial Buenavista, uno de los principales equipamientos comerciales de la ciudad. Asimismo, hacia el noroccidente se localizan los principales atractivos turísticos de Santa Marta, donde se concentran algunas de las playas más representativas de la costa Caribe colombiana. Desde el punto de vista físico, el predio presenta una topografía predominantemente plana y regular, condición favorable para el desarrollo del proyecto y la implantación de la infraestructura propuesta. La cobertura vegetal corresponde a especies propias del bosque seco tropical y de condiciones semidesérticas, destacándose la presencia de gran tamaño, característicos de la región.

Imagen satelital con la ubicación del predio en el sector



Fuente: Elaboracion propia, imagen satelital google earth.

El lote tiene un área aproximada de 27.000 m², en donde se proyecta la de las aulas de clases para la institución universitaria de Santa Marta en la que se ofertaran carreras tecnológicas, para lo cual se deberá tener en cuenta la influencia de las características climáticas y del medio físico.

Fotografías del predio objeto de estudio



Fuente: Fotografía tomada en visita al sitio.

En la fotografía se observa el predio y al fondo una espesa capa de vegetación de la región, la cual hace parte de los predios colindantes.

Fotografías del predio objeto de estudio



Fuente: Fotografía tomada en visita al sitio.

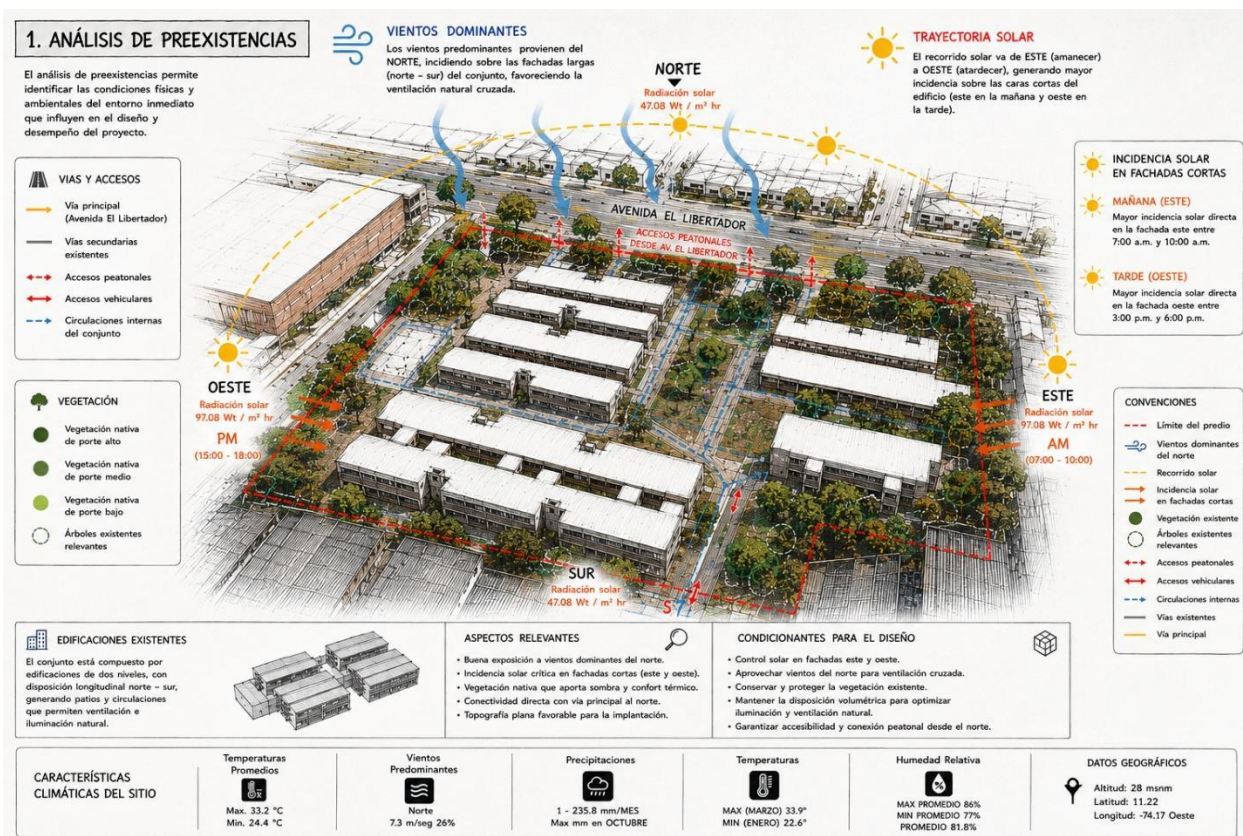
Fotografías entorno del lote



Fuente: Fotografía aérea tomada de la pagina web del centro educativo INEM Simón Bolívar.

3.2 GRÁFICO DE PREEXISTENCIAS

El gráfico de preexistencias describe la incidencia de todas las determinantes de carácter natural sobre el predio con el fin de determinar cuáles serán las estrategias de corrección del entorno y de climatización pasiva de la futura edificación.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de preexistencia se ha realizado con el objetivo de comprender el contexto inmediato y su potencial incidencia en el comportamiento bioclimático de la edificación propuesta. Este análisis busca abordar la estructura del entorno urbano: las edificaciones colindantes, la vegetación nativa y las condiciones climáticas específicas que modulan el comportamiento energético y ambiental.

El acceso principal se da a través de una vía ubicada hacia el noroeste, lo que facilita la conectividad con el predio, este presenta una topografía regular, en la que se ubican construcciones de uno y dos niveles con altura que no superan los 5m y distancias considerables respecto a la edificación proyectada (entre 29 y 70m), por lo que no representan una obstrucción significativa en términos de radiación solar directa ni generan sombreados

relevantes que puedan incidir sobre la misma. De manera que la mayor demanda de protección solar está determinada por la trayectoria solar en la zona que oscila entre una declinación solar más alta al norte (77° mediodía, 21 junio) y una más baja al sur (55° mediodía, 21 de diciembre), exigiendo así protecciones efectivas en las fachadas principales como lo son la norte y sur durante todo el año. Adicionalmente, debido a la altura y distancia de estas edificaciones no se generan sombras de viento que incidan o afecten la edificación planteada (en el punto de análisis de viento se aborda esta información)

Un factor positivo corresponde a la abundante vegetación nativa que bordea el lote, ya que proporciona un microclima favorable en la zona de emplazamiento contribuyendo a la generación de sombra y el enfriamiento, sin embargo, esta vegetación densa también puede llegar a actuar como barrera o filtro para los vientos dominantes, generando una disminución de la velocidad del aire, aunque su altura de aproximadamente 5m limita su capacidad de afectar masivamente la ventilación en la edificación, este efecto se debe considerarse estratégicamente para saber optimizar la captación de vientos una vez superada la barrera vegetal. Es fundamental aprovechar esta cobertura vegetal como estrategia bioclimática, ya que contribuye a mitigar la radiación solar directa y a mejorar la calidad ambiental.

Por otra parte, se registran posibles fuentes de ruido procedentes del ambiente como vías de acceso y edificaciones circundantes debido a su uso educativo y residencial. La concentración de usuarios, sin embargo, por la distancia a la que estos se encuentran no representan un gran riesgo de incidencia negativa.

Las altas temperaturas combinadas con una humedad relativa exigen un diseño enfocado en la ventilación cruzada y la protección solar para seguir al confort térmico. Por su parte, la radiación sobre las fachadas también es significativa debido a la latitud, confirmando la necesidad de protecciones en las orientaciones principales. De acuerdo a estos factores se exige un diseño arquitectónico que priorice la ventilación natural y la protección solar en toda la envolvente. Buscando optimizar la orientación para recibir los vientos predominantes del norte, utilizar dispositivos de sombras permanentes diseñados para la alta trayectoria solar local y emplear vegetación nativa como una cama protectora del microclima, manejando estratégicamente su densidad para garantizar la correcta entrada de aire.

CAPITULO 3

4 DIAGNOSTICO BIOCLIMATICO

4.1 CALCULO DE MEDIAS HORARIAS DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS.

Con los datos meteorológicos obtenidos de temperaturas y humedad relativa promedio, se realizó el cálculo del promedio mensual de temperaturas y humedad relativa horarias de acuerdo con la hoja de cálculo de Microsoft Excel desarrollada por Gómez y Tejeda (1990) y así de esta manera poder analizar el comportamiento durante las 24 horas del día mes a mes. De acuerdo con esta información arrojada por las hojas de cálculo se podrán determinar los meses y horas críticas de diseño los cuales se tomarán como el límite extremo de las condiciones climáticas del lugar, y a través de dichos parámetros se desarrollará el diseño y cálculo Bioclimático de la edificación a proyectar.

La siguiente tabla y gráfica muestran el comportamiento de las medias horarias de temperatura.

A continuación, en la tabla de cálculo de temperaturas horarias se observa un comportamiento constante durante todo el año, las máximas temperaturas se registran desde las 11am llegando a su pico más alto entre las 12 y las 14:00 horas, para luego descender hasta la noche. El mes que registra el mayor aumento de temperatura es julio con un registro de 36,3 °C a las 13:00 horas y el que registra menor temperatura es el mes de enero a las 6:00 am registrando una temperatura de 24,0 °C.

Cálculo de medias horarias de temperatura en °C

HORAS	TEMPERATURA °C											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	25.5	25.7	25.4	26.0	26.0	26.5	26.7	26.5	25.8	25.3	26.0	25.8
2	25.0	25.3	25.1	25.8	25.8	26.2	26.4	26.2	25.5	25.0	25.6	25.4
3	24.7	25.0	24.9	25.6	25.6	26.0	26.2	26.0	25.3	24.8	25.3	25.0
4	24.5	24.7	24.8	25.4	25.4	25.8	26.0	25.8	25.1	24.6	25.0	24.8
5	24.2	24.5	24.6	25.3	25.3	25.7	25.9	25.7	24.9	24.5	24.8	24.6
6	24.1	24.3	24.6	25.2	25.2	25.6	25.8	25.6	24.8	24.4	24.6	24.4
7	24.0	24.3	24.6	25.5	25.7	26.2	26.4	26.0	25.1	24.3	24.6	24.4
8	24.6	25.0	26.3	27.3	27.6	28.4	28.6	28.2	27.1	26.1	25.2	24.9
9	26.5	26.9	28.6	29.6	30.0	31.1	31.3	30.9	29.7	28.6	27.1	26.8
10	28.8	29.1	30.8	31.7	32.2	33.5	33.7	33.3	32.2	31.0	29.3	29.1
11	30.9	31.2	32.4	33.2	33.7	35.1	35.4	35.0	34.0	32.9	31.3	31.2
12	32.4	32.6	33.3	34.0	34.4	35.9	36.2	35.9	35.0	34.0	32.8	32.9
13	33.4	33.5	33.5	34.1	34.5	36.0	36.3	36.0	35.2	34.3	33.7	33.8
14	33.7	33.7	33.2	33.8	34.0	35.5	35.8	35.5	34.8	34.0	34.0	34.1
15	33.4	33.4	32.5	33.0	33.3	34.6	34.9	34.7	34.0	33.3	33.7	33.9
16	32.8	32.8	31.6	32.1	32.3	33.5	33.8	33.6	33.0	32.3	33.1	33.3
17	31.9	31.9	30.7	31.2	31.3	32.4	32.7	32.5	31.8	31.2	32.3	32.4
18	31.0	31.0	29.7	30.2	30.3	31.2	31.5	31.4	30.7	30.1	31.3	31.4
19	29.9	30.0	28.8	29.3	29.4	30.2	30.5	30.3	29.7	29.1	30.3	30.4
20	29.0	29.0	27.9	28.5	28.6	29.3	29.6	29.4	28.7	28.2	29.4	29.4
21	28.1	28.1	27.2	27.8	27.8	28.5	28.8	28.6	27.9	27.4	28.5	28.4
22	27.2	27.4	26.6	27.2	27.2	27.8	28.1	27.9	27.2	26.7	27.7	27.6
23	26.5	26.7	26.1	26.7	26.7	27.3	27.5	27.3	26.6	26.1	27.0	26.9
24	25.9	26.1	25.7	26.3	26.3	26.8	27.1	26.9	26.2	25.7	26.4	26.3
Promedio	28.3	28.4	28.3	29.0	29.1	29.9	30.2	30.0	29.2	28.5	28.7	28.6

Fuente: Elaboración propia a partir de hoja de cálculo de Microsoft Excel desarrollada por Gómez y Tejeda 1990. Universidad Colima mexicana, y datos meteorológicos del IDEAM.

El mismo procedimiento se realizó con el cálculo de Humedad relativa horaria mes a mes. En donde se establece el mes con el mayor registro de humedad relativa.

Ciénaga tiene una humedad relativa promedio anual de 81.8 %, siendo un lugar de humedad relativa alta generada por los focos vegetales creados en el entorno, la humedad se reduce hacia la mitad del día cuando las temperaturas empiezan su ascenso, reduciéndose a valores que van desde el 56% y 72% de humedad relativa, entre las 8 a.m. a 4 p.m.

Cálculo de medias horarias de Humedad Relativa en %

	HUMEDAD %											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	82.6	80.2	84.3	86.8	87.3	82.7	79.1	86.1	93.1	94.8	91.5	86.1
2	84.1	81.6	85.3	87.7	88.2	83.6	80.0	87.2	94.3	96.0	93.1	87.7
3	85.3	82.7	86.0	88.5	89.0	84.4	80.8	88.0	95.2	97.0	94.4	89.0
4	86.2	83.6	86.6	89.0	89.6	85.0	81.3	88.6	95.9	97.7	95.4	90.0
5	87.0	84.3	87.1	89.5	90.0	85.4	81.8	89.1	96.5	98.2	96.3	90.8
6	87.6	84.9	87.4	89.8	90.3	85.7	82.0	89.4	96.9	98.7	96.9	91.4
7	87.8	85.0	87.4	88.6	88.5	83.6	80.1	87.8	95.9	98.7	97.0	91.6
8	85.6	82.4	80.8	81.8	81.2	76.0	72.8	80.1	88.2	91.6	94.6	89.5
9	78.7	75.6	72.4	73.0	72.1	66.7	63.9	70.5	77.8	81.4	87.0	82.2
10	70.3	67.7	64.3	65.0	64.1	58.5	56.0	61.7	68.1	71.5	78.0	73.4
11	62.6	60.5	58.4	59.3	58.5	52.9	50.6	55.6	61.0	64.0	69.7	65.3
12	56.8	55.2	55.1	56.4	55.7	50.1	47.9	52.5	57.1	59.7	63.5	59.1
13	53.4	52.2	54.2	55.9	55.4	49.9	47.7	52.0	56.3	58.4	59.9	55.5
14	52.4	51.4	55.4	57.3	57.0	51.6	49.3	53.7	57.8	59.6	58.8	54.3
15	53.2	52.3	57.9	60.0	59.9	54.7	52.2	56.7	60.9	62.5	59.8	55.2
16	55.5	54.6	61.2	63.5	63.5	58.4	55.8	60.6	65.0	66.4	62.2	57.6
17	58.7	57.7	64.8	67.2	67.3	62.3	59.5	64.7	69.4	70.8	65.7	60.9
18	62.3	61.1	68.4	70.9	71.1	66.2	63.2	68.7	73.9	75.2	69.6	64.7
19	66.1	64.7	71.8	74.3	74.6	69.8	66.7	72.5	78.0	79.4	73.7	68.7
20	69.7	68.1	74.8	77.3	77.7	72.9	69.7	75.8	81.7	83.1	77.6	72.5
21	73.0	71.2	77.5	80.0	80.4	75.7	72.4	78.7	84.9	86.4	81.2	76.0
22	76.0	74.0	79.7	82.2	82.7	78.0	74.6	81.2	87.6	89.1	84.4	79.1
23	78.6	76.4	81.6	84.1	84.6	79.9	76.4	83.2	89.8	91.4	87.2	81.8
24	80.7	78.5	83.1	85.6	86.1	81.4	77.9	84.8	91.7	93.3	89.5	84.2

Información extraída de las tablas de cálculo medias horarias, (Gomez Azpeitia & Tejeda, 1990).

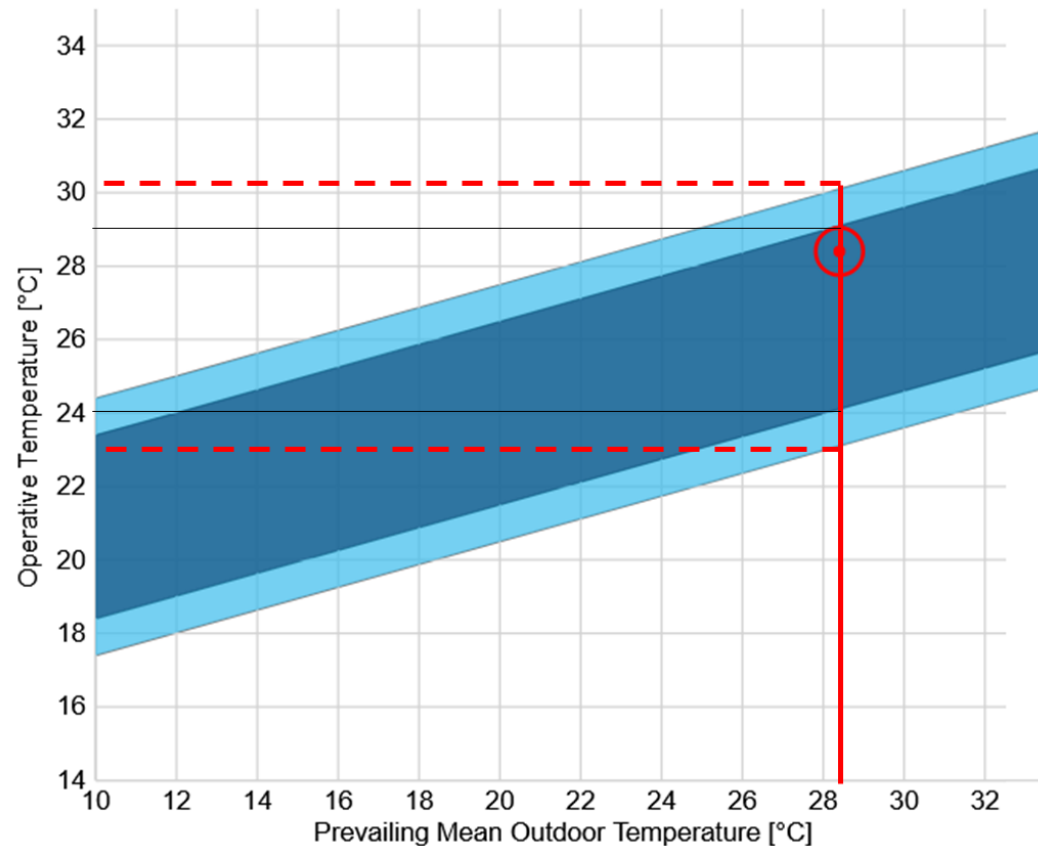
4.2 DEFINICION Y CALCULO DEL RANGO DE CONFORT ASHRAE ESTANDAR 55.

4.2.1 Determinación del rango de confort

Tomando como referencia el estándar ASHRAE 55 – Método Adaptativo, se procede a determinar la zona de confort térmico interior del proyecto con base en la temperatura exterior promedio mensual del lugar, que es de 28.6 °C.

Este rango indica las temperaturas operativas internas dentro de las cuales se espera que el porcentaje indicado de personas se sienta térmicamente confortable, considerando que el espacio no tiene sistemas de climatización mecánica activa y que los ocupantes pueden adaptarse térmicamente al clima local.

GRAFICA ESTUDIO RANGO DE CONFORT ESTANDAR ASHRAE 55

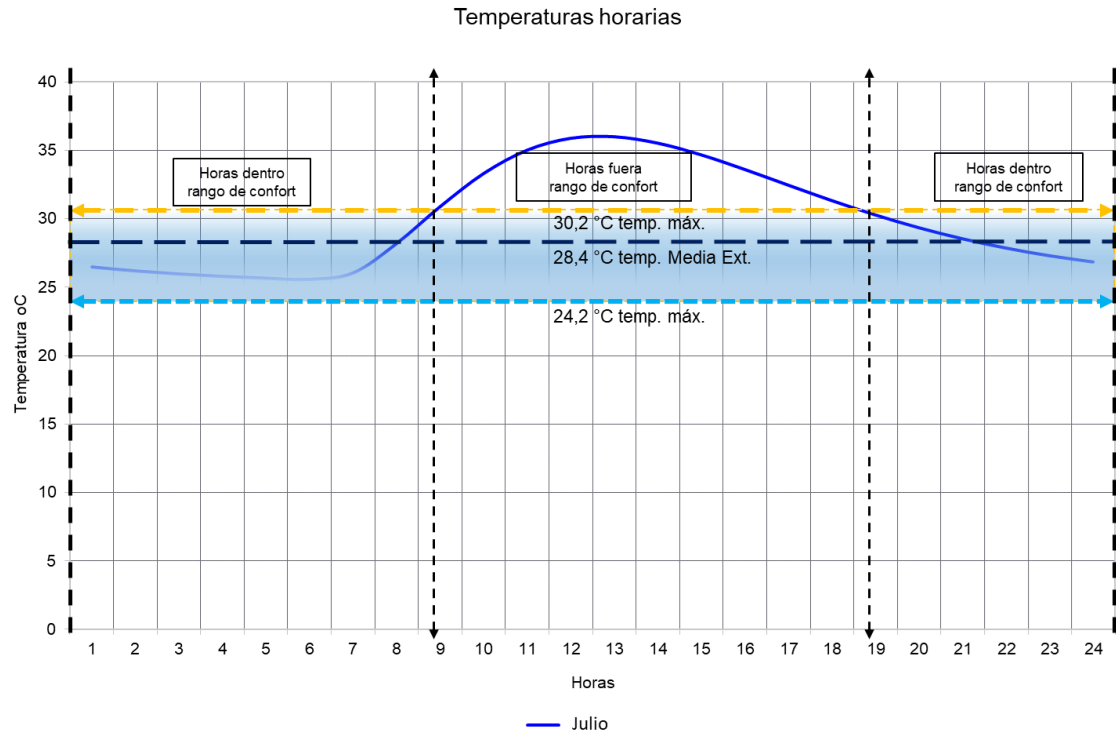


Información extraída de la herramienta de confort térmico CBE Berkeley.

De acuerdo con el gráfico y las fórmulas establecidas por el estándar, el rango de temperatura de confort para una aceptabilidad del:

- **80%** de los ocupantes se encuentra entre **23.2 °C y 30.2 °C**
- **90%** de los ocupantes se encuentra entre **24.2 °C y 29.2 °C**

Para este caso, se utilizará el rango de confort para satisfacer al 80% de los ocupantes.

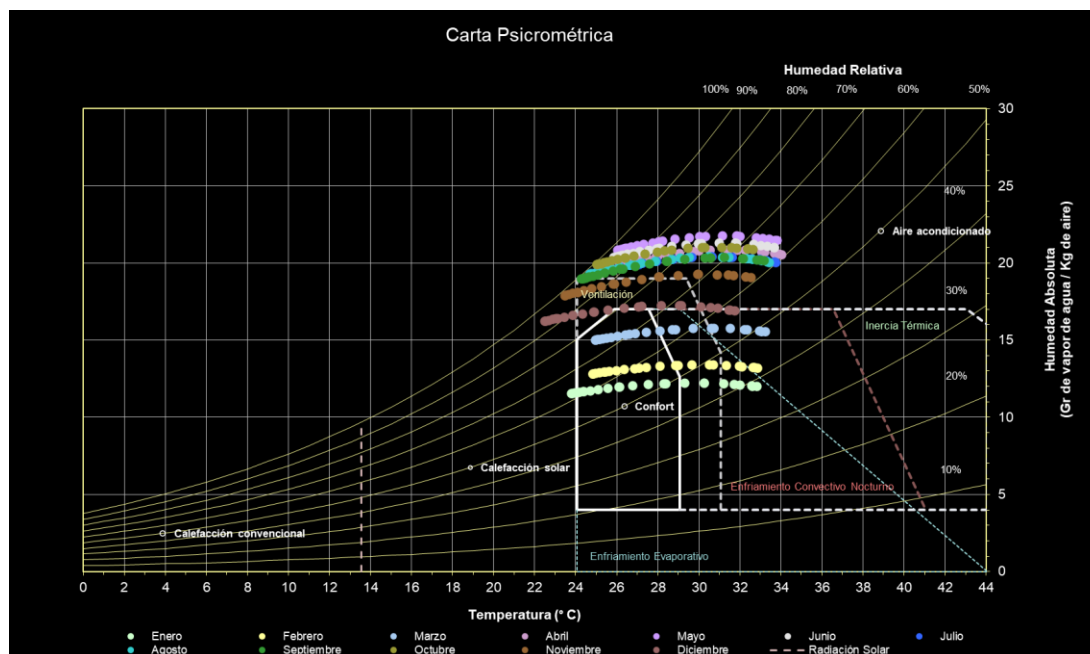


Fuente. Elaboración propia, Información extraída del cálculo de rango de Confort con la herramienta CBE y ASHRAE Standart 55.

4.3 ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS RECOMENDADAS

A través del análisis de los datos climáticos interpolados en la carta Psicométrica se establecen una lista de recomendaciones y estrategias de climatización pasiva para la futura edificación con el fin de reducir los gastos energéticos y generar el confort termo-fisiológico que los usuarios de dicha edificación requerirán para el correcto uso dentro del edificio. Sera importante tener en cuenta y aplicar las recomendaciones generadas a través de las gráficas bioclimáticas.

Carta Psicométrica de Givoni. Estrategias de climatización pasiva.



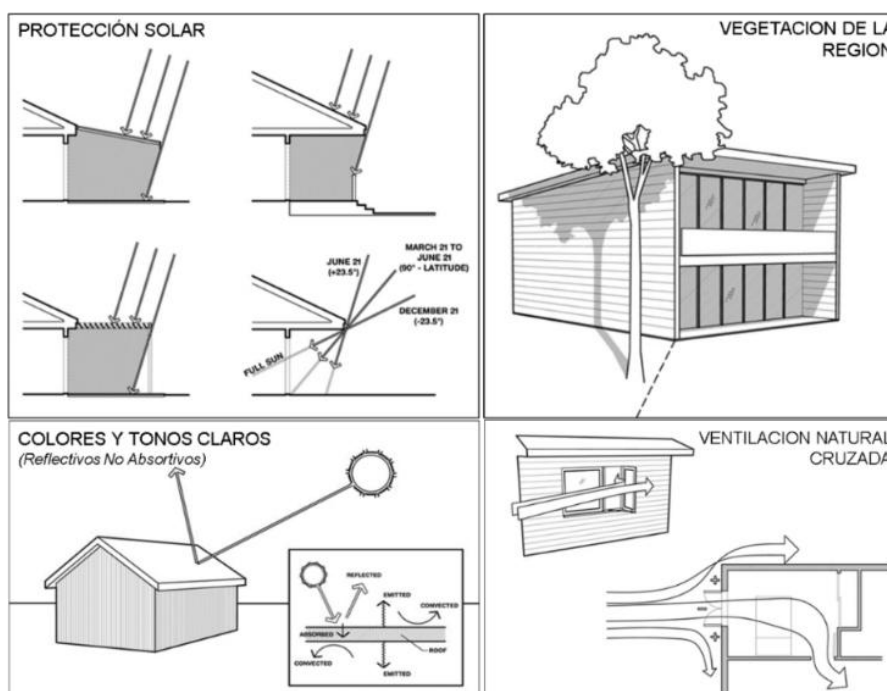
Información extraída de las tablas de cálculo medias horarias, (Gomez Azpeitia & Tejeda, 1990).

- ✓ **Protección Solar:** Se recomienda la protección solar en todas las fachadas especialmente las fachadas este, oeste y sur.
- ✓ **Ventilación cruzada:** Se recomienda ventilación cruzada como una de las estrategias principales de climatización. Con el fin de disipar la alta humedad que se pueda concentrar durante las épocas de invierno y verano. Ya que generalmente en los lugares que registran climas monzónicos las estaciones lluviosas son bastante prolongadas durante todo el año.
- ✓ **Inercia Térmica:** En el diseño de edificaciones destinadas a la infancia, la selección de materiales con adecuada inercia térmica es fundamental para garantizar el confort térmico y satisfacer los requerimientos termo fisiológicos de los niños.
- ✓ **Los materiales empleados:** deben tener la capacidad de absorber y disipar el calor de manera eficiente, evitando acumulaciones térmicas excesivas durante el día y proporcionando un retraso térmico óptimo.
- ✓ **Protección:** Este proyecto debe protegerse contra los agentes externos, radiación directa y vientos cálidos. Por tal razón se recomienda cerrar la envolvente, aumentar la masa térmica del edificio en la cubierta y manejar ventilación estratégica, alturas libres entre piso y cielorraso no inferiores a 2.80 mts.

Color: En muros y cubiertas se recomienda usar tonos claros al exterior, que reflejen la radiación y no absorban el calor solar al interior, no se recomienda inducir iluminación por cubierta, pero en el caso de que se requiera se debe implementar un tipo de vidrio opaco y con un alto SHGC, usándolo como lucarna o tragaluz, que protegen de la radiación solar directa y de la lluvia, además de aportar una alta eficiencia en control lumínico y aislamiento térmico.

Vegetación: Se recomienda el uso de vegetación principalmente de la región. Mediante el uso de este tipo de vegetación se conseguiría no solo reducir las temperaturas del ambiente sino también ayudar al sombreado de las fachadas de la edificación, sin mencionar aun los beneficios ambientales de filtración de emisiones contaminantes que aportarían al entorno inmediato de la edificación.

Finalmente se recomienda que los cristales se orienten en dirección norte y sur, teniendo en cuenta que las aperturas al sur reciben mayor cantidad de horas de radiación solar anual, para todos los casos se debe proteger el cristal de la radiación directa, usando pasillos cubiertos, remetimientos de ventanas, aleros, cortasoles y pérgolas para el sombreado de cualquier tipo de abertura sobre las fachadas.



Información extraída de la guía de recomendaciones climáticas realizadas a través del análisis del archivo EPW en CLIMATE CONSULTANT 5.4.

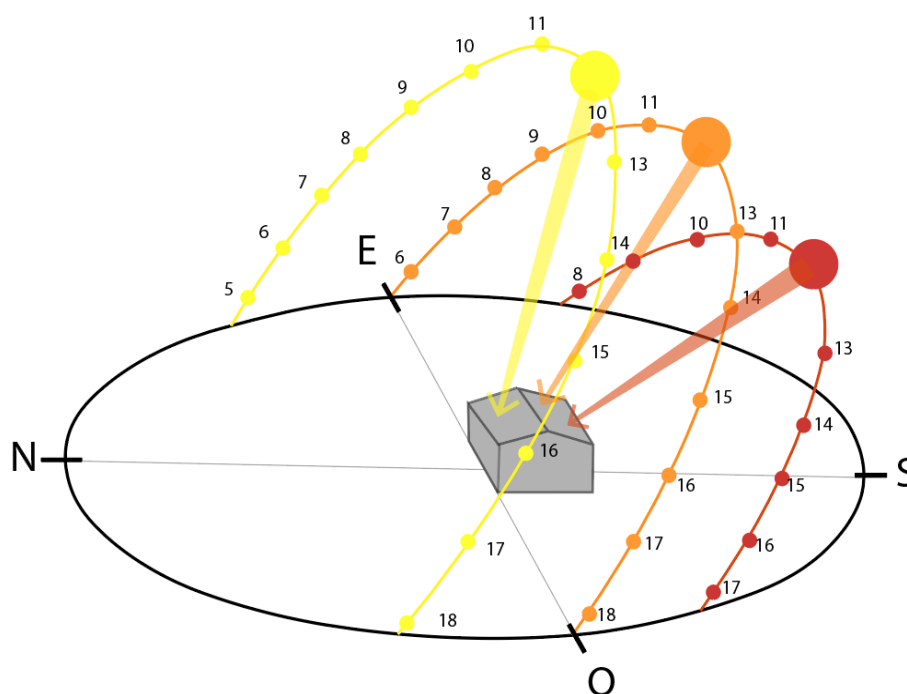
5 DISEÑO Y CALCULO BIOCLIMATICO

5.1 IMPLANTACIÓN

Considerando las condiciones de clima Cálido- muy húmedo del lugar, donde las temperaturas exteriores se mantienen fuera de los rangos generalmente favorables para el confort térmico, el diseño de la edificación debe orientarse a protegerse de la radiación solar, como estrategia esencial, junto a la ventilación natural y la inercia térmica de los materiales a implementar. Al ubicar las fachadas principales hacia el norte y sur se facilita la protección de radiación de manera controlada.

Esta estrategia, resultante de la orientación del volumen, busca estabilizar las variaciones térmicas entre el día y la noche, reduciendo la dependencia de sistemas artificiales de calefacción o enfriamiento. Asimismo, la correcta implantación favorece una adecuada iluminación natural y contribuye al confort ambiental interior, respondiendo de manera pasiva a las condiciones climáticas propias de un entorno templado.

Gráfica de trayectoria solar sobre la edificación

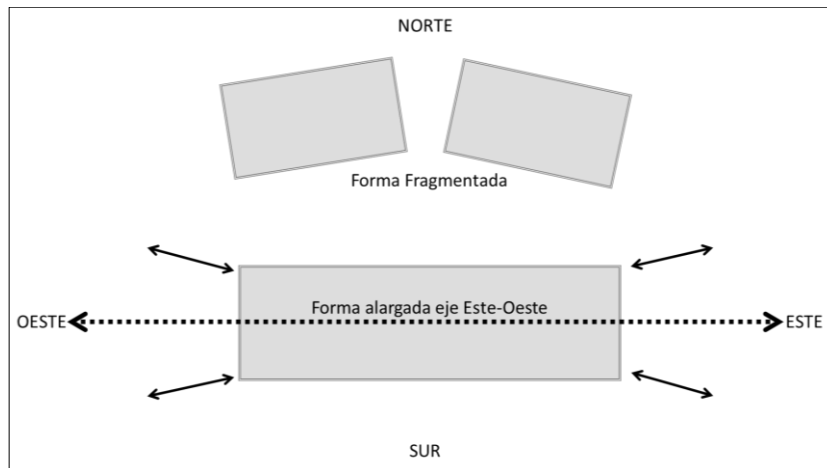


Fuente: Elaboración propia, información suministrada por Solar tool-Ecotect 2010. Gráfica solar estereográfica.

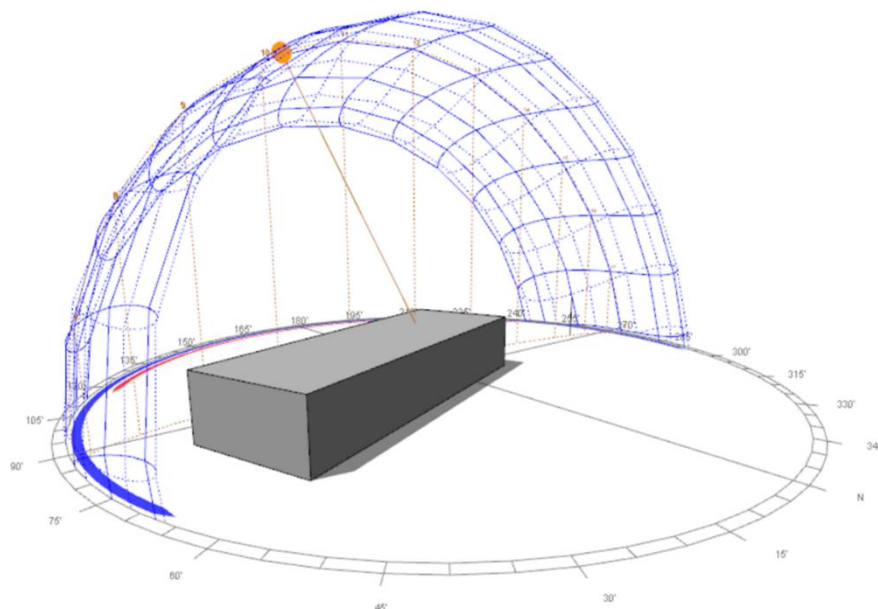
5.2 FORMA GENERAL DE LA EDIFICACIÓN

La Forma óptima es la forma alargada o rectangular en el eje Este-Oeste, en donde las caras largas son las orientadas en el eje Norte – sur y las caras cortas las Este y Oeste, se puede combinar con bloques fragmentados manteniendo el mismo concepto de orientación y forma.

Esquema explicativo de orientación y forma



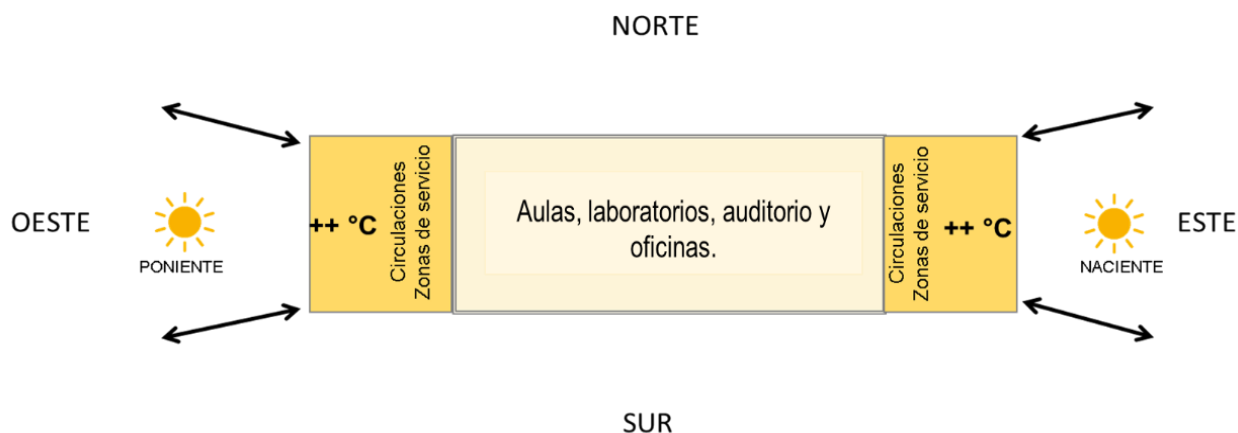
Fuente: Elaboración propia.



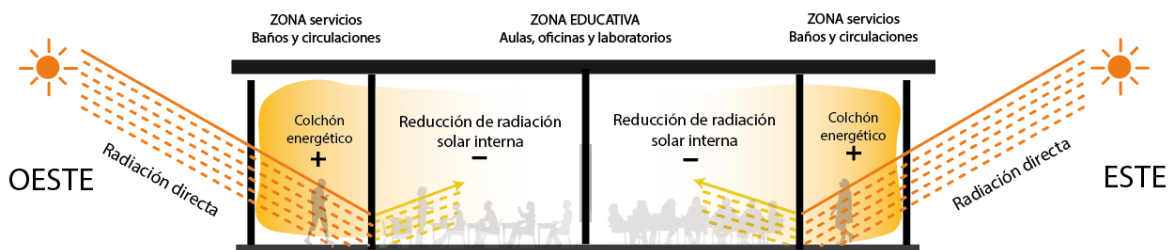
Fuente: Elaboracion propia, software Ecotect 2010

5.3 RECOMENDACIÓN DE ZONIFICACIÓN

Se debe plantear una zonificación donde se asegure la protección de los espacios de aulas y de mayor uso durante el día y los espacios de servicio y zonas de transición como lo son las circulaciones se ubiquen en las fachadas soleadas con el fin de servir de colchón térmico y amortiguar el paso de la radiación al interior de los espacios de mayor uso, favoreciendo así el confort térmico y lumínico en las áreas principales. Esta disposición contribuye a reducir la carga energética del edificio, optimiza el aprovechamiento de la luz natural y mejora la calidad ambiental interior, generando espacios más eficientes.



Fuente: Elaboración propia. Esquema de zonificación bioclimática recomendada.



Fuente: Elaboración propia. Esquema de funcionamiento colchón energético.

1 Incidencia solar



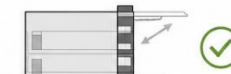
1 Las caras más cortas (este y oeste) reciben la mayor incidencia solar directa en la mañana y la tarde respectivamente.



2 La exposición prolongada al sol en las caras más cortas aumenta la temperatura interior y puede generar deslumbramiento en las tardes y mañanas.



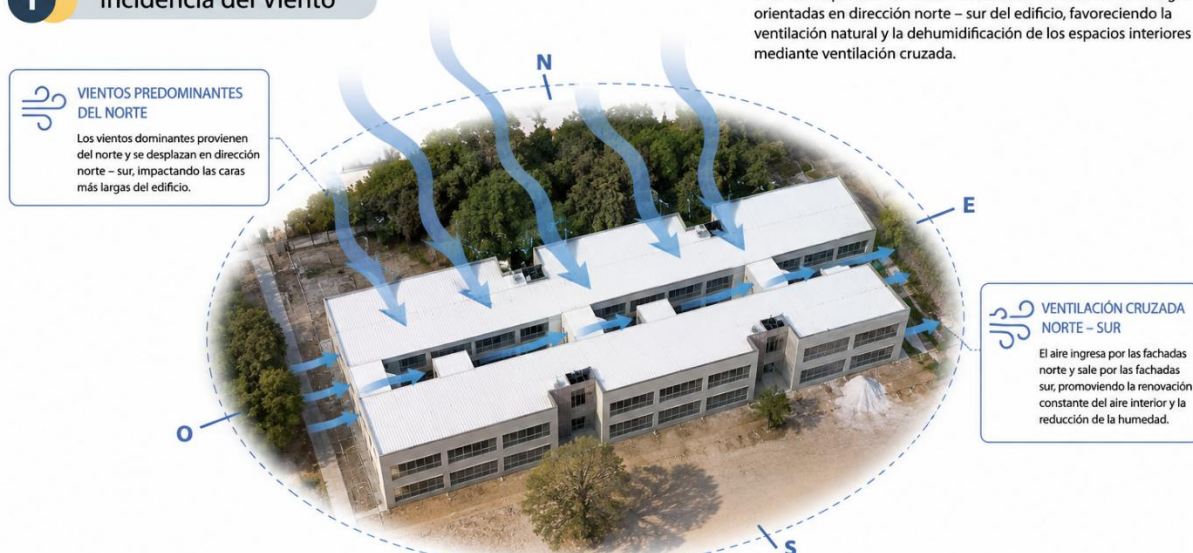
3 Una adecuada elección de materiales, protecciones solares y ventilación cruzada puede ayudar a reducir las ganancias térmicas y mejorar el confort interior.



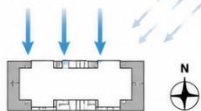
ESTRATEGIAS RECOMENDADAS

- Implementar protecciones solares verticales en las caras este y oeste (persianas, celosías, brise-soleil).
- Seleccionar materiales con alta reflectancia y aislamiento térmico en cubiertas y fachadas.

1 Incidencia del Viento



1 Los vientos predominantes vienen del norte y los vientos secundarios provienen del noreste.



2 La disposición del volumen con fachadas largas orientadas norte – sur facilita el aprovechamiento de los vientos predominantes para la renovación del aire y la dehumidificación.



3 Mediante aberturas estratégicas en fachadas opuestas se puede obtener ventilación cruzada en las aulas, mejorando el confort térmico y la calidad del aire interior.



ESTRATEGIAS DE DEHUMIDIFICACIÓN

- Ventilación cruzada permanente en aulas y espacios de uso frecuente.
- Aberturas operables en fachadas opuestas (norte – sur).
- Alturas libres adecuadas que favorezcan la circulación del aire.

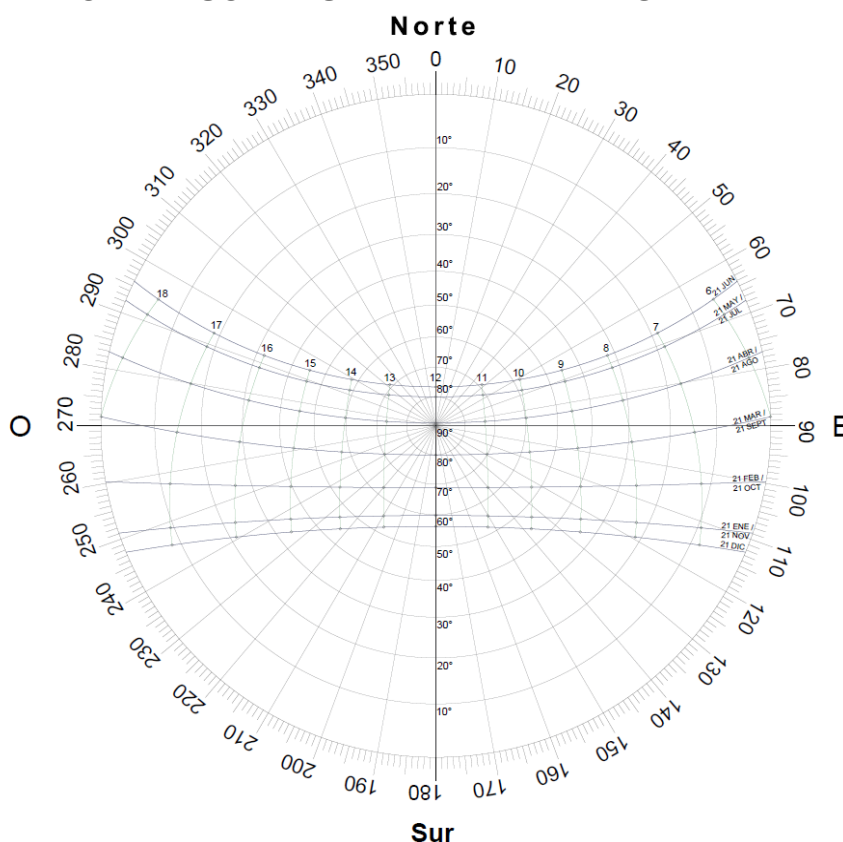
5.4 DISEÑO DE DISPOSITIVOS PASIVOS DE CLIMATIZACION

5.4.1 Diseño Solar Pasivo

A partir del estudio climático previo, se han definido las estrategias bioclimáticas a implementar con el objetivo de garantizar niveles de confort térmico con el menor consumo energético posible en el edificio. Entre las principales estrategias identificadas se encuentra el control y la protección solar.

Para lograr una climatización natural adecuada en el clima cálido seco donde se emplaza el proyecto, es indispensable la incorporación de sistemas de sombreado solar. El diseño solar pasivo se fundamenta en el uso de la geometría solar, tanto para obstruir los rayos solares directos en periodos críticos como para favorecer su captación en situaciones que aporten confort.

CARTA SOLAR SANTA MARTA - MAGDALENA



Fuente: Elaboración propia, Autodesk AutoCAD versión educativa 2025.

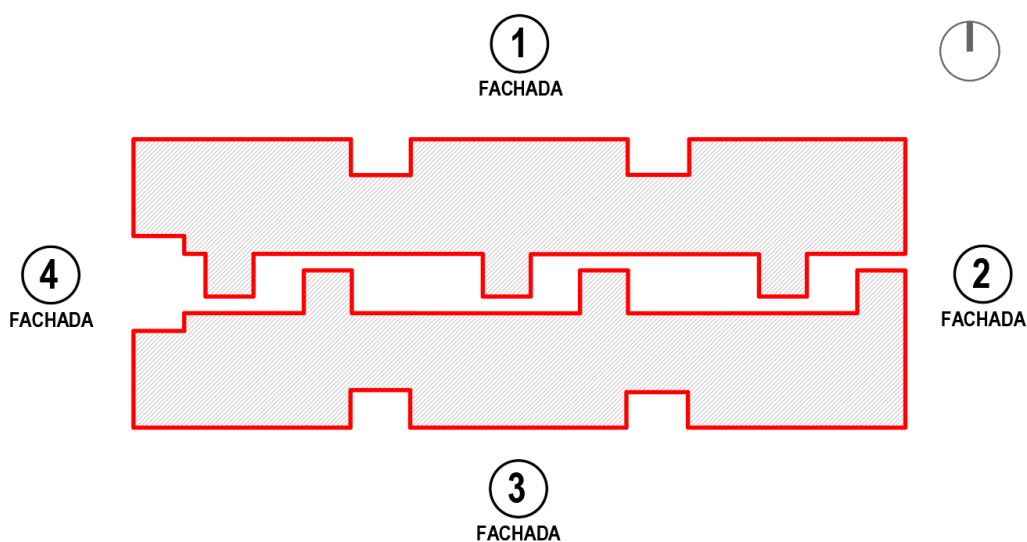
LOCACION Y ALTITUD	
ALTITUD	28 msnm
ANGULOS DE PROTECCION	
LATITUD	11,22° Norte
LONGITUD	74,17° Oeste

La comprensión de la geometría solar y la distribución de la radiación sobre las fachadas del edificio resulta fundamental para establecer los sistemas, elementos y estrategias de control solar más efectivos para este proyecto. Con este propósito, se realiza un análisis detallado de la incidencia del sol.

En una segunda fase del análisis, es necesario determinar los ángulos de protección solar correspondientes a cada orientación de las fachadas del edificio. Para ello, se calculan y representan los ángulos de alero y los ángulos de parasol o una combinación de ambos, con el fin de sombrear las áreas expuestas a radiación excesiva. Además, se evalúa el aporte energético sobre las superficies de análisis en diferentes posiciones solares y para cada orientación, lo que aporta criterios adicionales para seleccionar los ángulos óptimos de sombreado.

5.4.2 Determinación de ángulos de protección para diseño solar pasivo

PLANO DE NOMENCLATURA DE FACHADAS



Elaboración propia. Esquema orientación fachadas Bloque Tipo

FACHADA N	ORIENTACIÓN
	(N=0° / E=90°
	S=180° / O=270°)
1	0°
2	90°
3	180°
4	270°

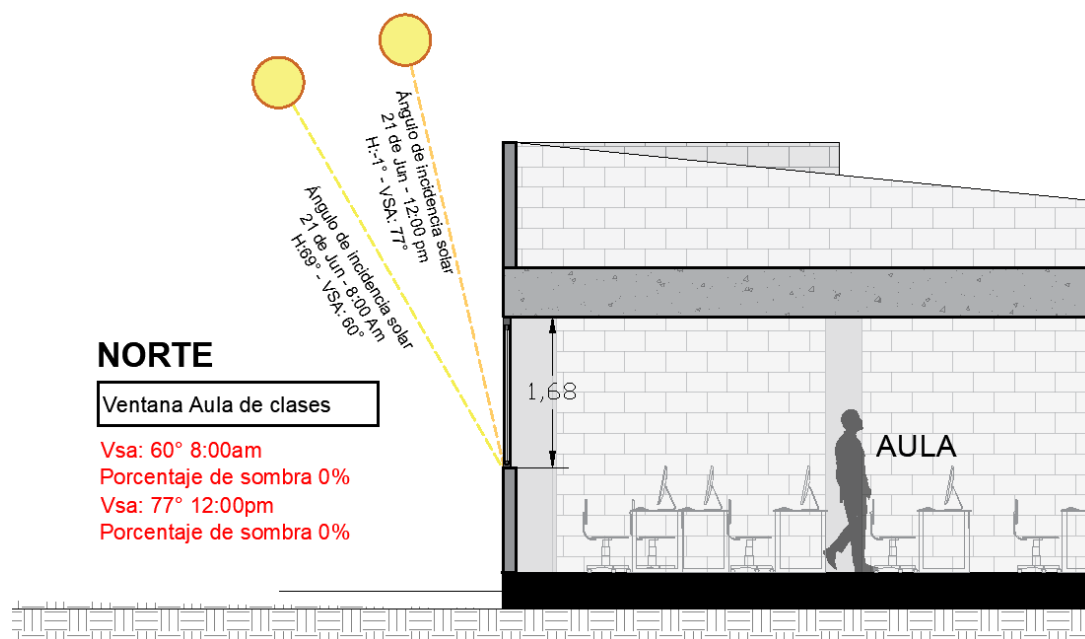
Fachada Norte: Esta es la fachada que presenta la menor irradiancia anual, registra incidencia solar durante 5 meses: Abril, mayo, junio, julio y agosto. El mes que tiene mayor **cantidad de horas** de incidencia solar es junio, de 5:50am hasta la 1:00pm. Debido a la posición del sol para esta orientación se recomienda el uso de elementos combinados de sombra, que protejan la fachada en horas de la mañana, mediodía y la tarde.

Fachada Sur: En esta fachada se tiene presencia del sol durante nueve (9) meses del año desde que nace hasta que se pone el sol, los meses de incidencia son: Enero, febrero, marzo, abril, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Registrando la menor altura solar en las horas de mediodía; 55° el 21 de diciembre. Por la orientación e incidencia solar se recomienda el uso de elementos combinados de protección solar como lo son los elementos verticales y horizontales.

Fachada Oeste: Esta fachada está expuesta a la radiación de la tarde todo el año, desde las 12:00 del mediodía hasta que se oculta el sol. Por lo tanto, no se recomienda abrir ventanas hacia esta fachada debido a la fuerte incidencia solar, en caso de tener que hacer alguna abertura se debe proteger con un dispositivo de tipo horizontal como las persianas o calados. La recomendación principal es que hacia esta fachada se ubiquen los espacios de servicios y circulaciones que permitan generar amortiguamiento térmico.

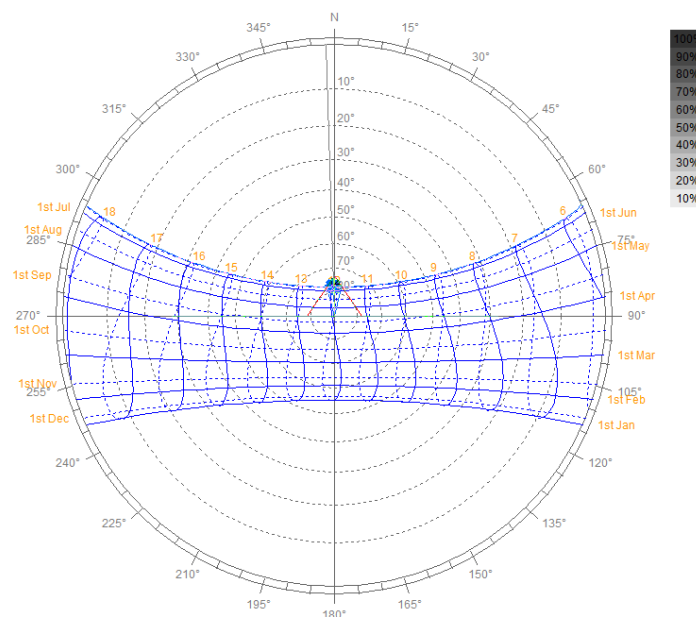
Fachada Este: Sobre esta fachada se tiene la incidencia de la radiación en las horas de la mañana todo el año; desde el naciente hasta las horas de mediodía. Por lo tanto, se recomienda la no apertura de vanos hacia esta dirección, en caso de tener que hacer alguna abertura se debe proteger con un dispositivo de tipo horizontal como las persianas o calados. La recomendación principal es que hacia esta fachada se ubiquen los espacios de servicios y circulaciones que permitan generar amortiguamiento térmico.

5.4.3 ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA NORTE- 21 DE JUNIO 8:00 AM Y 12:00 PM



Stereographic Diagram

Location: 11.2°, -74.2°
Sun Position: -1.8°, 77.8°
HSA: -1.8°
VSA: 77.8°

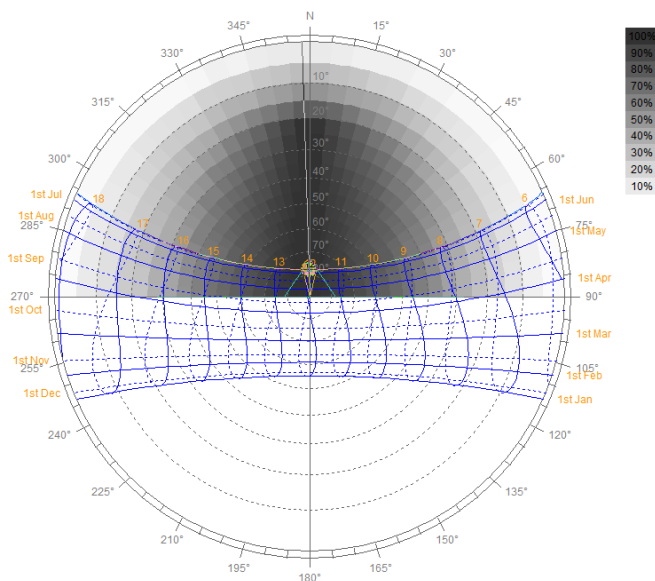
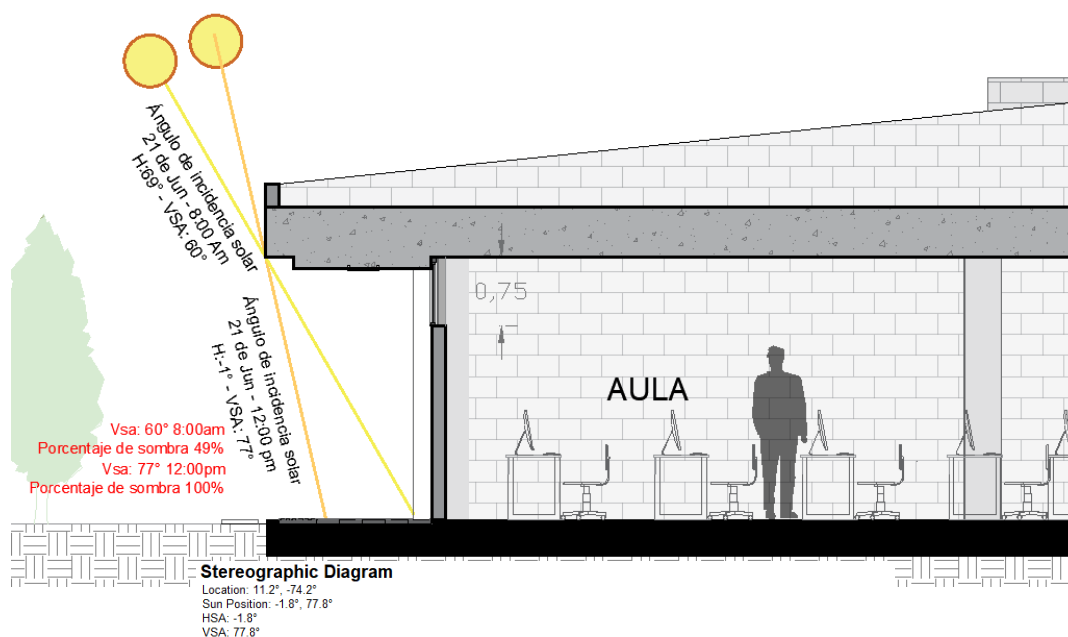


Time: 12:00
Date: 21st Jun (172)
Percentage Shading: 0%

BRE VSC: 40.0%
Overcast Sky: 50.0%
Uniform Sky: 50.0%

Elaboración propia. Análisis ángulos incidencia solar con la carta solar estereográfica.

5.4.4 ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA NORTE VENTANA 2 - 21 DE JUNIO 8:00 AM Y 12:00 PM

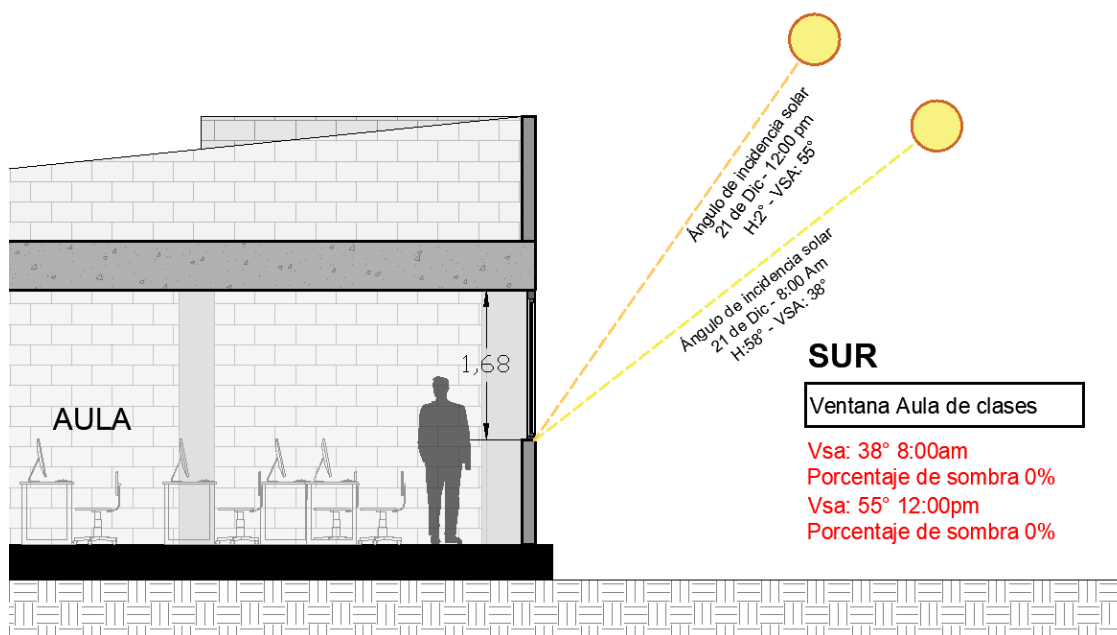


Time: 12:00
Date: 21st Jun (172)
Percentage Shading: 100%

BRE VSC: 15.3%
Overcast Sky: 11.3%
Uniform Sky: 15.4%

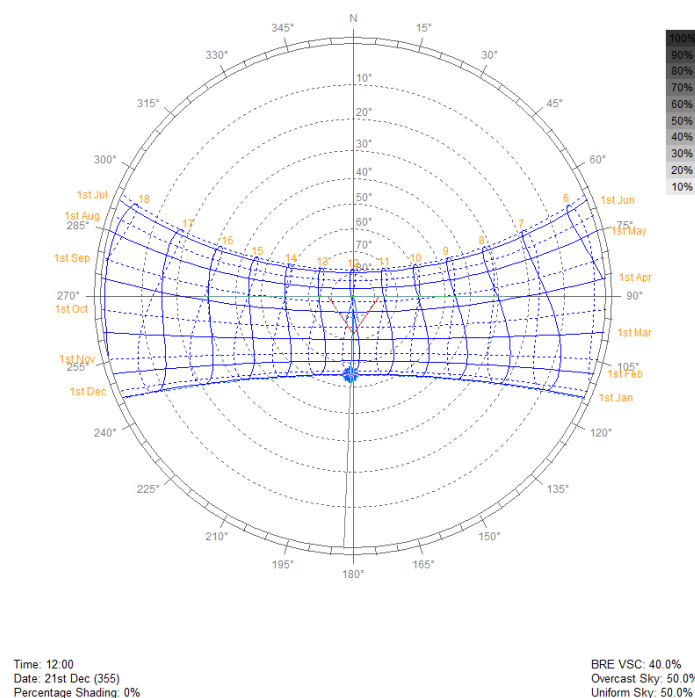
Elaboración propia. Análisis ángulos incidencia solar con la carta solar estereográfica.

5.4.5 ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA SUR- 21 DE DICIEMBRE 8:00 AM Y 12:00 PM



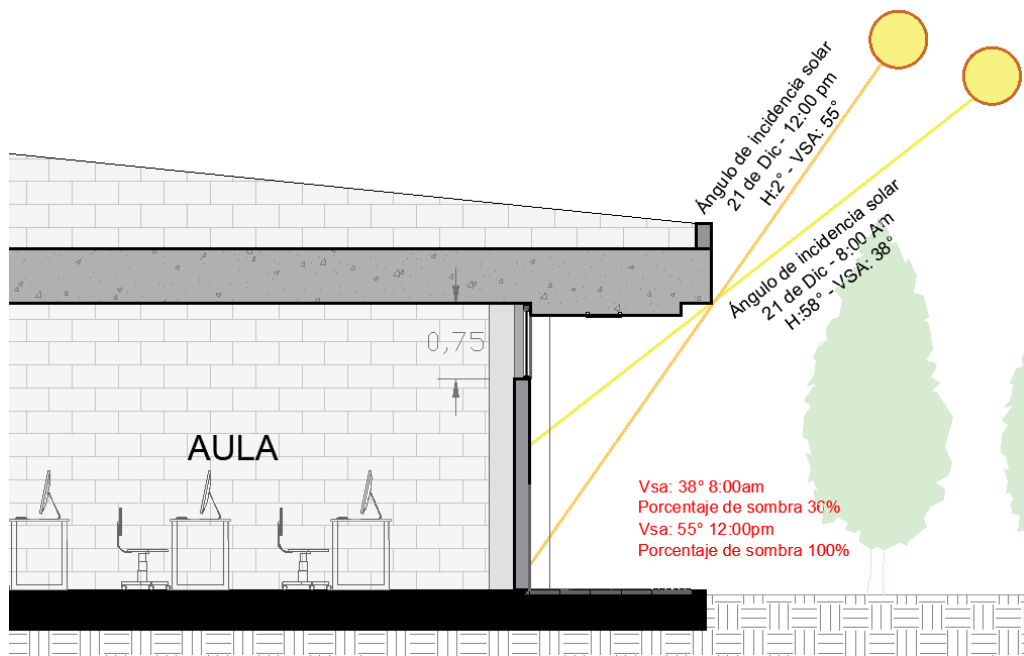
Stereographic Diagram

Location: 11.2° -74.2°
Sun Position: -177.9°, 55.3°
HSA: 2.1°
VSA: 55.3°



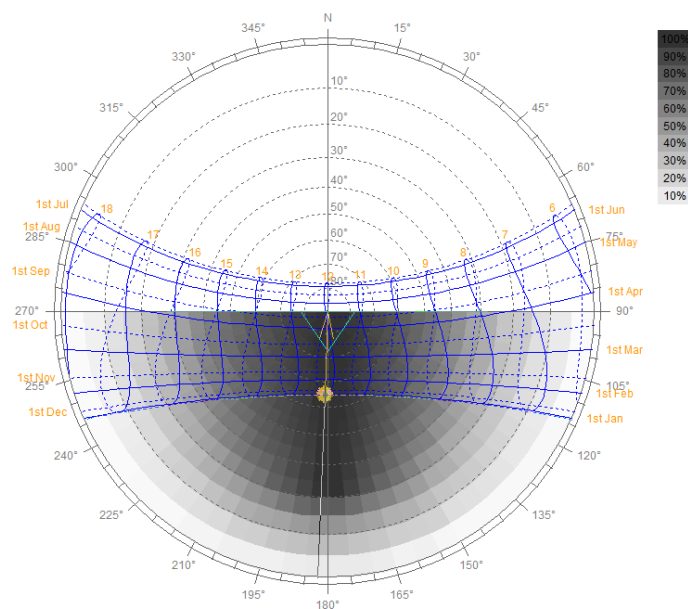
Elaboración propia. Análisis ángulos incidencia solar con la carta solar estereográfica.

5.4.6 ESQUEMA ANÁLISIS SOLAR EN FACHADA SUR VENTANA 2- 21 DE DICIEMBRE 8:00 AM Y 12: 00 PM



Stereographic Diagram

Location: 11.2°, -74.2°
Sun Position: -177.9°, 55.3°
HSA: 2.1°
VSA: 55.3°



Time: 12:00
Date: 21st Dec (355)
Percentage Shading: 100%

BRE VSC: 15.3%
Overcast Sky: 11.3%
Uniform Sky: 15.4%

Elaboración propia. Análisis ángulos incidencia solar con la carta solar estereográfica.fe

5.5 ANÁLISIS POTENCIA RADIACIÓN EN FACHADAS

El análisis de la radiación solar acumulada tanto a nivel anual como mensual, resulta fundamental para optimizar el diseño arquitectónico y mejorar la eficiencia energética de una edificación. Este estudio tiene como finalidad identificar los niveles de radiación que inciden sobre las distintas superficies del edificio, tomando como referencia los meses con mayor inclinación solar hacia el hemisferio norte y sur, es decir, junio y diciembre respectivamente.

GANACIAS TOTALES CUBIERTAS (ANÁLISIS ANUAL)



UBICACIÓN

Santa Marta, Magdalena
Latitud 11.22N, Longitud 74.17O
Clima cálido húmedo

ORIENTACIÓN

Fachadas principales:
Norte-Sur

OBSTRUCCIONES

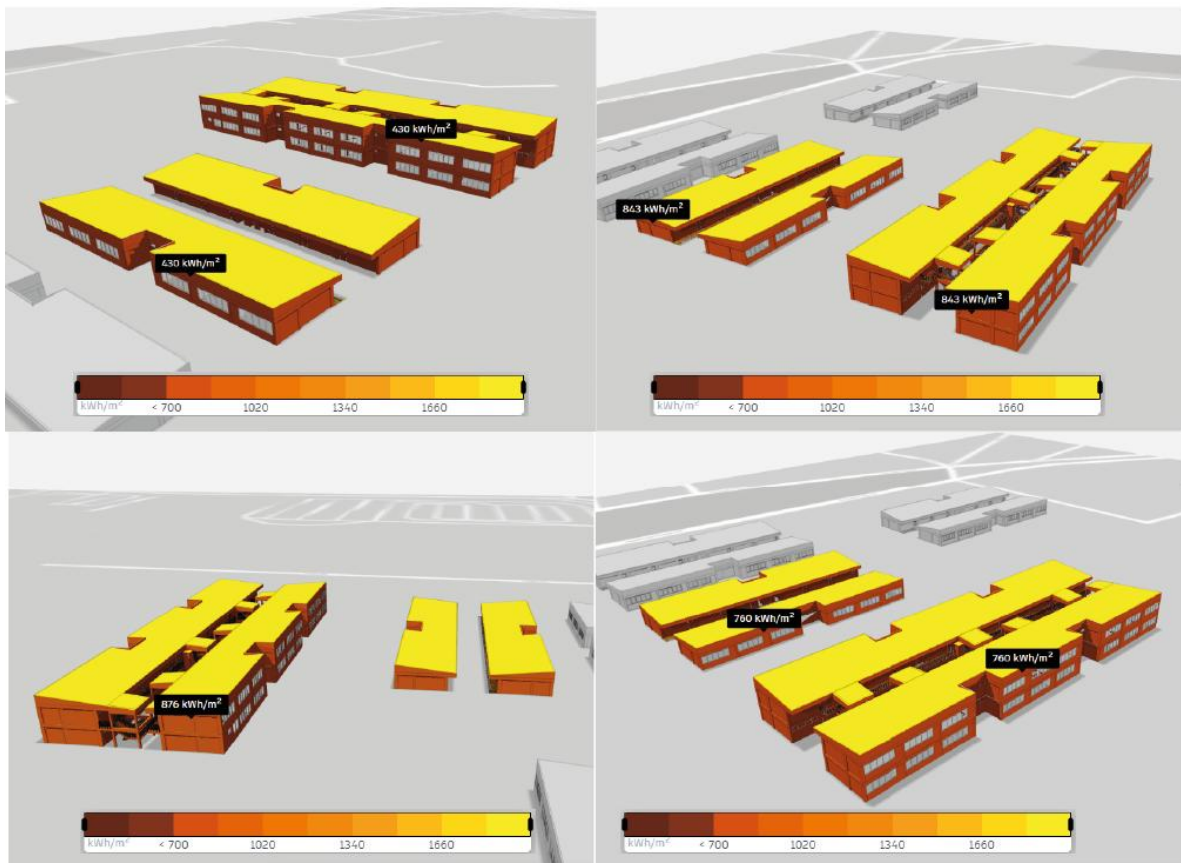
Las edificaciones existentes presentan entre 1 y 2 niveles
Distancia aprox. entre edificaciones 6m



Fuente: Elaboración propia. Análisis radiación envolvente

El análisis anual de ganancias solares en cubiertas refleja valores que oscilan entre 2.041 y 2.107 kWh/m², lo que indica una alta exposición solar en la mayor parte de la superficie. Esta condición está directamente relacionada a su posición perpendicular al sol generando una exposición directa hacia este. Las cubiertas, al estar completamente expuestas, reciben mayor radiación solar que las fachadas, especialmente en las zonas orientadas al este, sur y oeste donde la trayectoria del sol tiene mayor incidencia durante el día. Dado este comportamiento, se recomienda incorporar estrategias pasivas de control térmico como materiales aislantes que regulen la ganancia térmica y el diseño de pendientes adecuadas. En particular, se sugiere aprovechar la radiación solar constante mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos en las cubiertas. Estos paneles permitirían generar energía renovable y, al mismo tiempo, reducir la ganancia térmica al crear sombra parcial sobre la superficie expuesta. Esta solución contribuye tanto al confort térmico interior como a la eficiencia energética y sostenibilidad del proyecto

GANANCIAS TOTALES FACHADAS (ANÁLISIS ANUAL)



Fuente: Elaboración propia. Análisis radiación envolvente

El análisis de las ganancias solares de la envolvente revela valores notablemente inferiores a los registrados en las cubiertas, situándose entre 430 y 876 kWh/m². Esta diferencia se explica por la menor exposición directa de las fachadas a la radiación solar, la cual depende de su orientación y la forma de la edificación, así mismo se observa que edificaciones colindantes no representan una instrucción para la edificación

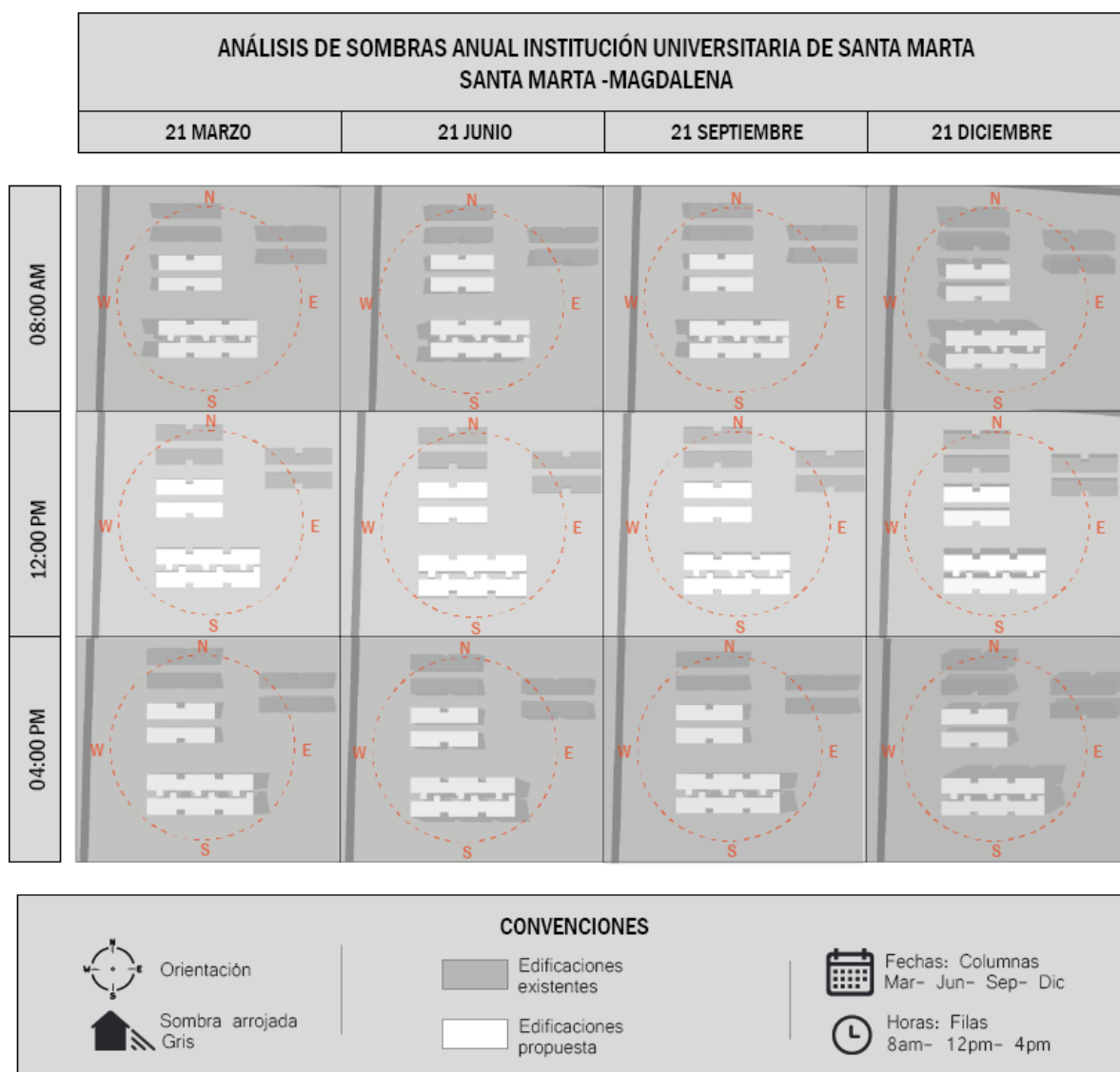
FACHADA	INCIDENCIA RADIACIÓN
	ACUMULADO ANUAL Kwh/m2
NORTE	430
ESTE	876
SUR	760
OESTE	843
CUBIERTAS	2107

Fuente: Elaboración propia. Resultados radiación envolvente

Las fachadas con mayores niveles de captación corresponden principalmente a las orientadas hacia el este y oeste dado que reciben radiación más constante a lo largo del año. En contraste con las fachadas norte y sur que presentan menores aportes solares por la variación de la inclinación solar durante su trayectoria en determinados meses del año. De este modo para las fachadas con mayores niveles de radiación se recomienda no tener aberturas que permitan el paso de esta al interior y aquellas con menor incidencia solar representan una oportunidad estratégica para el diseño de aberturas más amplias, permitiendo potenciar la iluminación y ventilación natural sin comprometer el confort térmico por sobrecalentamiento con un adecuado elemento de control solar.

5.6 ANÁLISIS SOMBRAS ARROJADAS POR EL VOLUMEN DEL EDIFICIO

El análisis de sombras permite identificar las áreas más expuestas a lo largo del día y del año, lo que resulta clave para la implementación de estrategias de control solar pasivo que mejoren el confort térmico interior y reduzcan la carga energética del edificio. Las conclusiones del presente análisis se derivan de la selección de las fechas corresponde a los solsticios y equinoccios (21 de marzo, junio, septiembre y diciembre) que en conjunto representan los cuatro escenarios solares extremos. Este criterio es indispensable y responde al diseño y dimensionamiento estructural de los dispositivos de control solar pasivo para el peor caso de incidencia solar en cada fachada a lo largo del año y las horas críticas de uso (8:00am, 12:00pm y 4:00pm) teniendo en cuenta las actividades destinadas en la edificación.



Fuente: Elaboración propia. Análisis de sombras

Se toman como periodos de evaluación las fechas correspondientes a los solsticios y equinoccios (21 de marzo, 21 de junio, 21 de septiembre y 21 de diciembre) siendo estos los escenarios solares más representativos del año, este criterio permite analizar tanto las condiciones de mayor altura solar como los momentos de menor inclinación, abarcando así los extremos de incidencia solar en el contexto de Santa Marta, Magdalena. Así mismo, se consideran las horas críticas de uso del equipamiento (8:00 a.m., 12:00 p.m. y 4:00 p.m.), coincidentes con los principales periodos de ocupación y funcionamiento. Este enfoque permite evaluar el comportamiento real de las sombras proyectadas durante los momentos de mayor incidencia y permanencia de usuarios, garantizando que las decisiones de diseño respondan a condiciones efectivas de uso y no únicamente a escenarios teóricos.

El análisis evidencia que las volumetrías propuestas generan zonas de auto sombra y recibe sombreados parciales provenientes de los propios bloques cercanos entre sí, lo que contribuye a matizar la incidencia solar directa en determinados frentes sin embargo, no reciben incidencias de sombras provenientes de las edificaciones del entorno inmediato. En marzo y septiembre el comportamiento es casi simétrico, con sombras alargadas hacia el oeste en la mañana, cortas al mediodía por la alta elevación solar y proyectadas hacia el oriente en la tarde. En junio el sol se desplaza ligeramente al norte, generando sombras mínimas al mediodía orientadas hacia el sur, mientras que en diciembre ocurre lo contrario, proyectándose hacia el norte. En términos generales, las mayores longitudes de sombra se presentan a las 8:00 a.m. y 4:00 p.m., incrementando la exposición en fachadas este y oeste, lo que confirma la necesidad de implementar estrategias de control solar pasivo, especialmente en estas orientaciones, así como soluciones para la protección térmica de cubierta en las horas centrales del día.

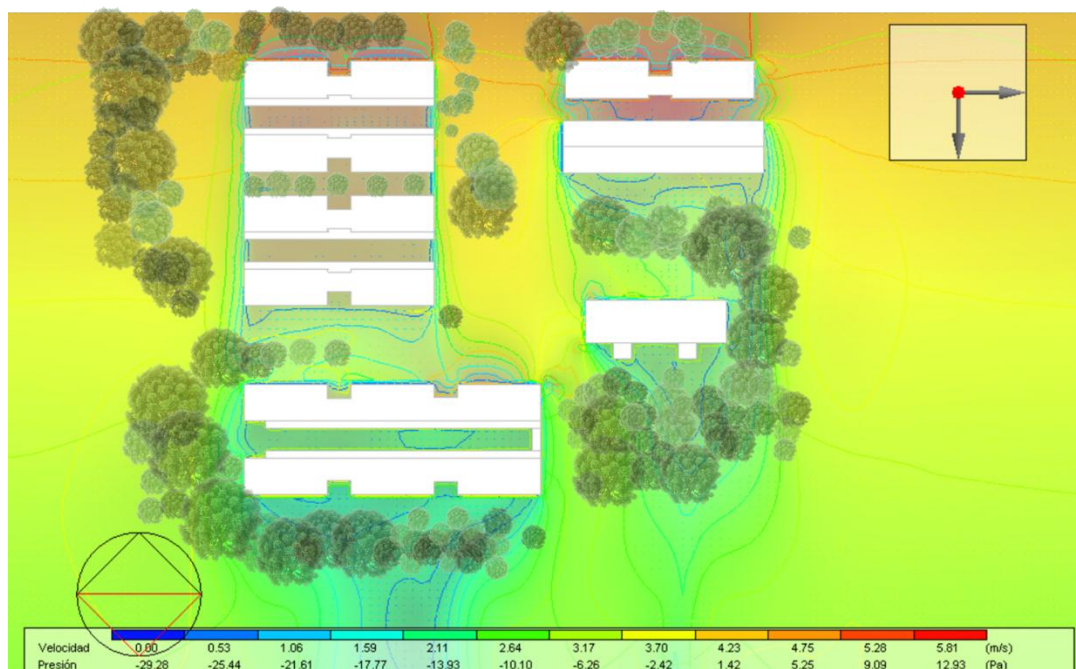
Esta información resulta clave para el dimensionamiento adecuado de elementos como aleros, parasoles y dispositivos de control solar, asegurando que cada fachada responda de manera específica a su orientación y a los momentos de mayor exigencia climática.

6 ANALISIS VENTILACION NATURAL

6.1 ANÁLISIS EFECTOS VIENTO EN IMPLANTACIÓN PLANTA TIPO

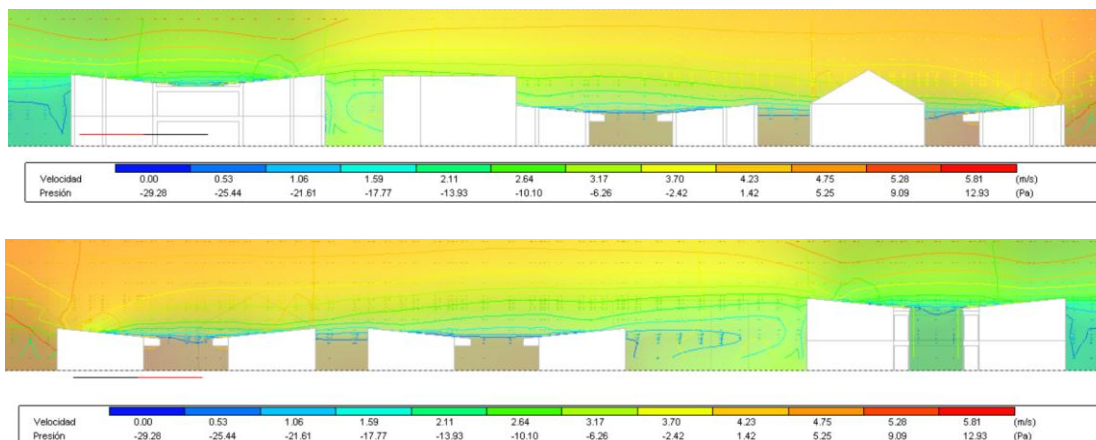
A continuación, se muestra el comportamiento de los flujos de viento de acuerdo con las velocidades, presiones y dirección del viento. Se realizó inicialmente una simulación de túnel de viento con el fin de analizar el efecto de las sombras de viento, posterior a esto se realizaron pruebas de simulación para ver el efecto del viento en las temperaturas interiores y velocidades de viento interior acompañado de un proceso de cálculo que será anexado a continuación.

6.1.1 Análisis de túnel de viento (comportamiento exterior del viento)



En esta vista se observa el efecto del viento proveniente del sur en las fachadas. Altura análisis 1.50mts CFD USM.

De acuerdo con los resultados de los análisis de CFD se observa como el viento predominante incide en las fachadas norte y noreste del proyecto, debido a su origen norte predominantemente, es decir impacta formando un ángulo de 90° con las fachadas más largas, lo que indica de manera inicial que las ventanas deberán permitir con su forma el ingreso del viento al interior de los espacios.



6.1.2 Metodología de análisis

A continuación, se analiza la planta tipo del proyecto, para establecer los parámetros mínimos de ventilación natural de acuerdo con la normativa vigente nacional e internacional. NTC 5183 y ASHRAE 62.

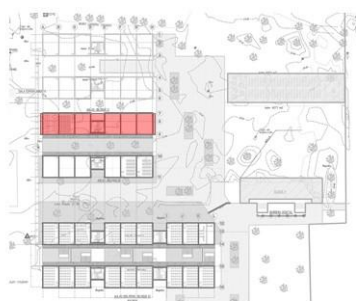
Se analizarán 3 indicadores para determinar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire interior, tomando como base los espacios ocupados del proyecto.

INDICADORES DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR		
Indicador	Unidad de medición	Requerimiento recomendado
1. Porcentaje de espacios con ventilación natural	%	100%
2. Renovaciones de aire por hora (ACH)	Cambios de aire * hora	6 ACH
3. Caudal de renovación por espacio m3/h	M3 * hora	(depende del volumen y uso del espacio)
4. Tasa mínima de ventilación NTC 4595 y ASHRAE 62.1	L/S persona	5-7.5 (Salones de clases y laboratorios)
5. Tasa mínima de ventilación NTC 4595 y ASHRAE 62.1	L/S persona	5-7.5 (Oficinas)
6. Tasa mínima de ventilación NTC 4595 y ASHRAE 62.1	L/S persona	10-12.5 (Baños)

De acuerdo con la planta arquitectónica, se evidencia que todos los espacios que permanecerán ocupados permiten el ingreso de ventilación natural mediante vanos tipo ventanas proyectantes. Asimismo, cada fachada de entrada del viento cuenta con ventanas con un área equivalente promedio entre el 5% y 20% de la superficie de cada espacio, cumpliendo con los parámetros establecidos para una adecuada circulación de aire.

6.2 CALCULO DE VENTILACION NATURAL POR ESPACIO

6.2.1 PRIMER PISO BLOQUE C: AULA TIPO



PLANTA GENERAL PRIMER PISO



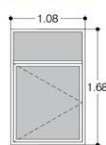
ESTRATEGIA VENTILACION NATURAL

VENTANA CORREDIZA 50% AREA EFECTIVA VENTILACIÓN
APERTURA DE ENTRADA 2.87 m²
APERTURA DE SALIDA 1.44 m²

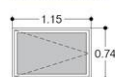
ESTRATEGIA: VENTILACION CRUZADA



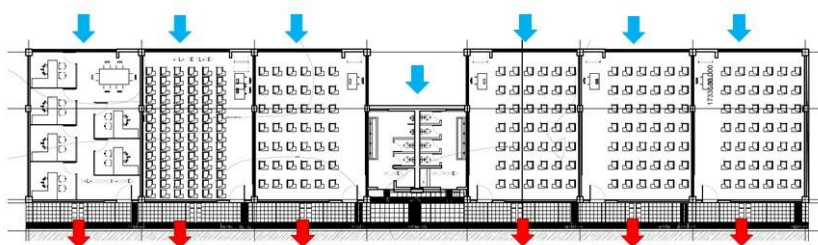
MODULO VENTANA
TIPO CORREDIZA - ENTRADA VIENTO
1.15 m² area efectiva ventilación



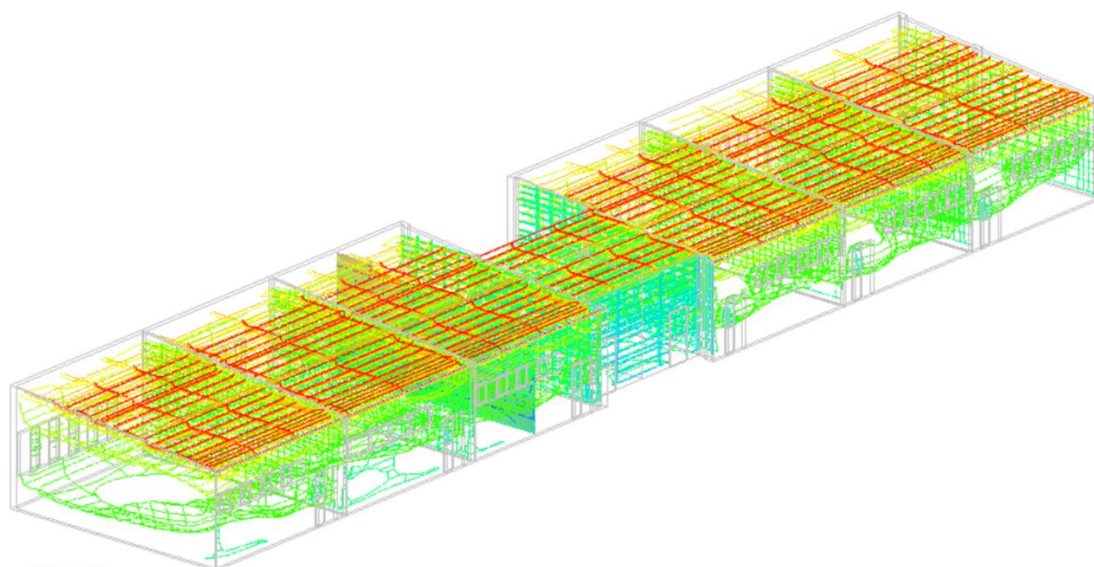
MODULO VENTANA
TIPO CORREDIZA - SALIDA VIENTO
0.72 m² area efectiva ventilación



VISTA ALZADO MODULO VENTANA
INGRESO DE VIENTO

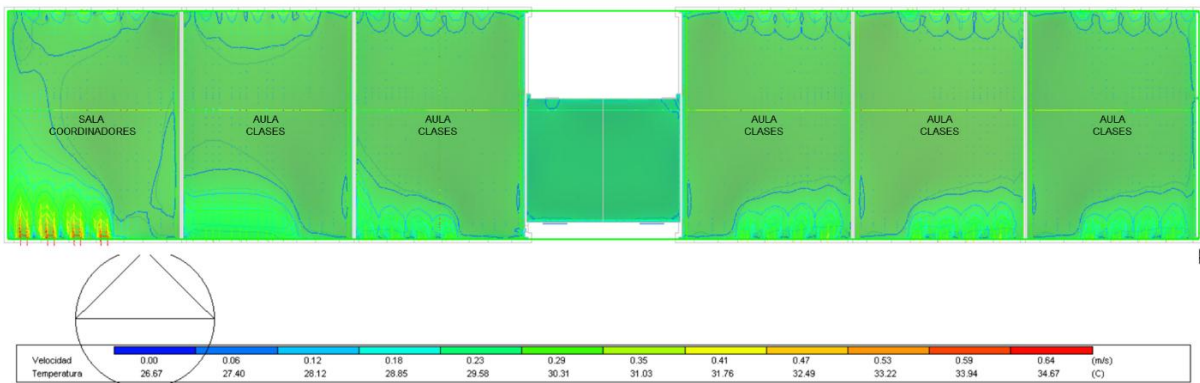


PLANTA TIPO BLOQUE C



	0.00	0.06	0.12	0.18	0.23	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53	0.59	0.64	(m/s)
Velocidad	26.67	27.40	28.12	28.85	29.58	30.31	31.03	31.76	32.49	33.22	33.94	34.67	(°C)
Temperatura	-0.69	-0.54	-0.39	-0.25	-0.10	0.05	0.20	0.35	0.50	0.64	0.79	0.94	(Pa)
Presión													

Vista Isométrica del Bloque C, análisis CFD visualización de datos de temperatura, velocidad interior del viento y presión.



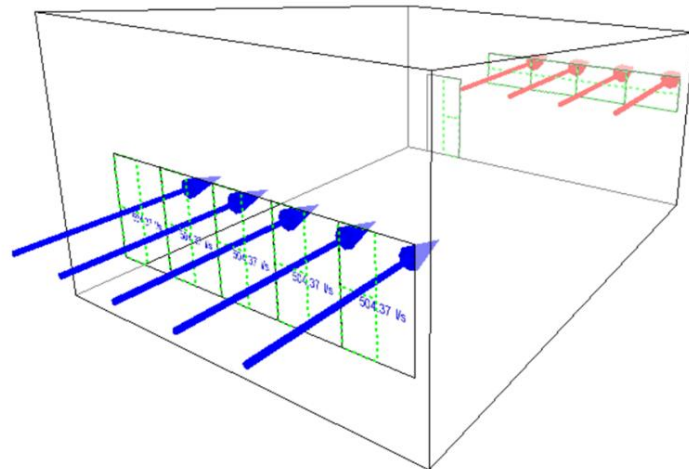
Vista en planta del Bloque C, análisis CFD visualización de datos de temperatura y velocidad interior del viento a una altura de 1.5mts.



PLANTA GENERAL PRIMER PISO

VENTANA CORREDIZA 50% AREA EFECTIVA VENTILACIÓN
APERTURA DE ENTRADA 2.87 m²
APERTURA DE SALIDA 1.44 m²
TOTAL APERTURA: 4.31 m²

ESTRATEGIA: VENTILACION CRUZADA



Wind speed = 4.58 m/s

Esquema 3d, visualización de litros/segundo que ingresar por las aberturas diseñadas en cada ventana de acuerdo con los porcentajes de apertura calculados con base en el área en m² del espacio a analizar.

Cálculo de la tasa de ventilación

Datos de la habitación

largo	9.50	m
ancho	7.20	m
alto	2.85	m
área	68.40	m ²
volumen	194.94	m ³
Área mínima de ventilación (Area ventana)	3.42	m ²

Ocupantes

Número de ocupantes	42	personas
---------------------	----	----------

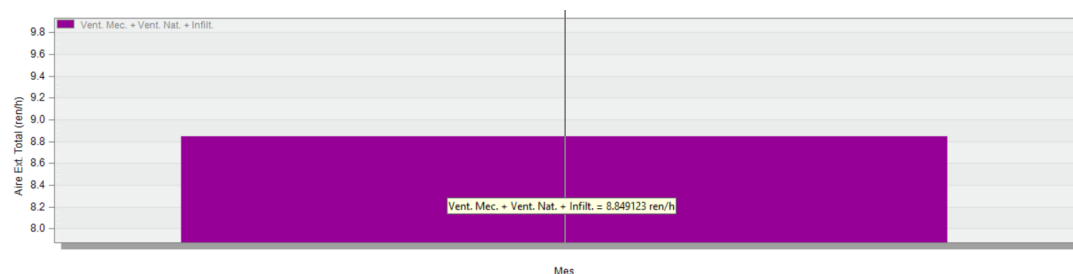
Calidad del Aire

Calidad del aire que se introducirá	0.0007	tasa de CO ₂
-------------------------------------	--------	-------------------------

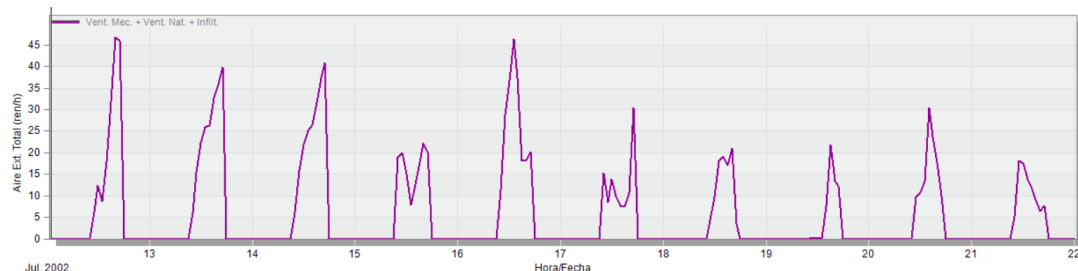
Tasa de producción de CO₂

Emisión de CO ₂ por persona	0.047	m ³ /h
--	-------	-------------------

Tabla calculo área mínima requerida ventilación según hoja de cálculo desarrollada por Víctor Armando Fuentes Freixanet.



Grafica de tasa de ventilación calculada a través de la simulación en el software Design Builder. Se toma el promedio obtenido de renovaciones de aire por hora en la semana crítica de verano.



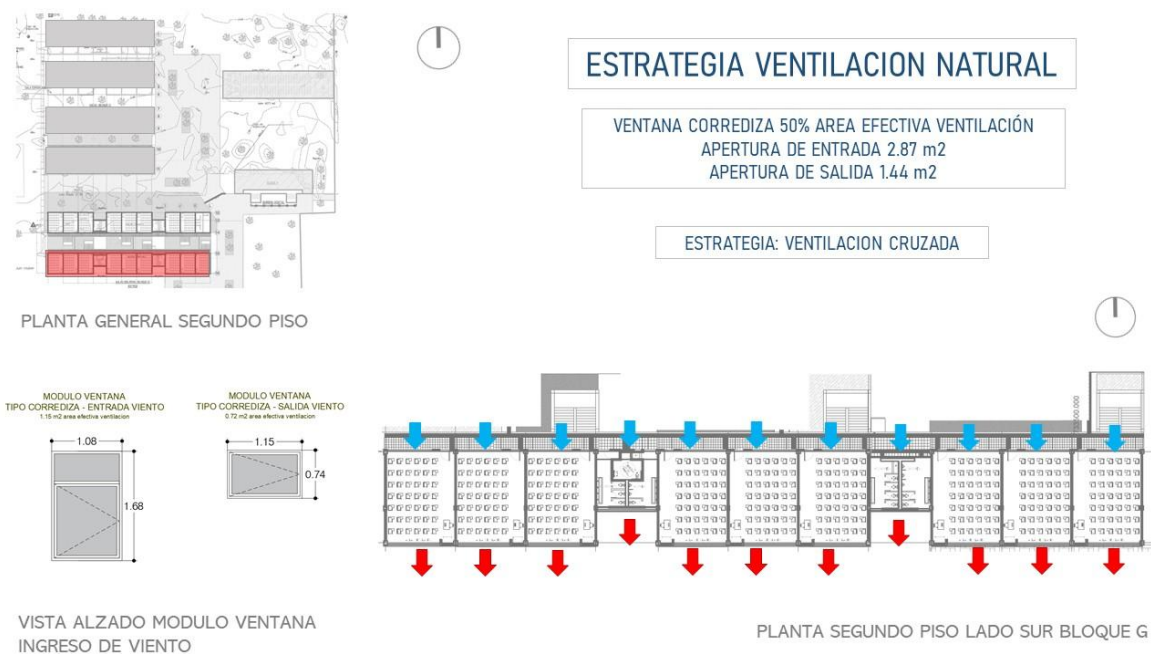
Grafica de tasa de ventilación calculada a través de la simulación en el software Design Builder. En la gráfica se muestran los datos horarios.

Zona Superior (Cubierta): Se observa una fuerte acumulación de calor, esto indica una elevada ganancia solar directa o indirecta por la cubierta y una

falta de renovación de aire en la parte alta del espacio (acumulación de aire caliente por efecto convectivo).

Zona Ocupada (Nivel de Ocupantes): Muestra temperaturas más bajas, aunque está por debajo de la temperatura de cubierta, en el clima de Santa Marta (con alta humedad relativa), mantener 30°C sin velocidades de aire óptimas genera incomodidad térmica.

6.2.2 Espacio: BLOQUE G SEGUNDO PISO, AULA TIPO ALA SUR



Cálculo de la tasa de ventilación

Datos de la habitación

largo	9.50	m
ancho	7.20	m
alto	2.85	m
área	68.40	m ²
volumen	194.94	m ³
Área mínima de ventilación (Área ventana)	3.42	m ²

Ocupantes

Número de ocupantes	42	personas
---------------------	----	----------

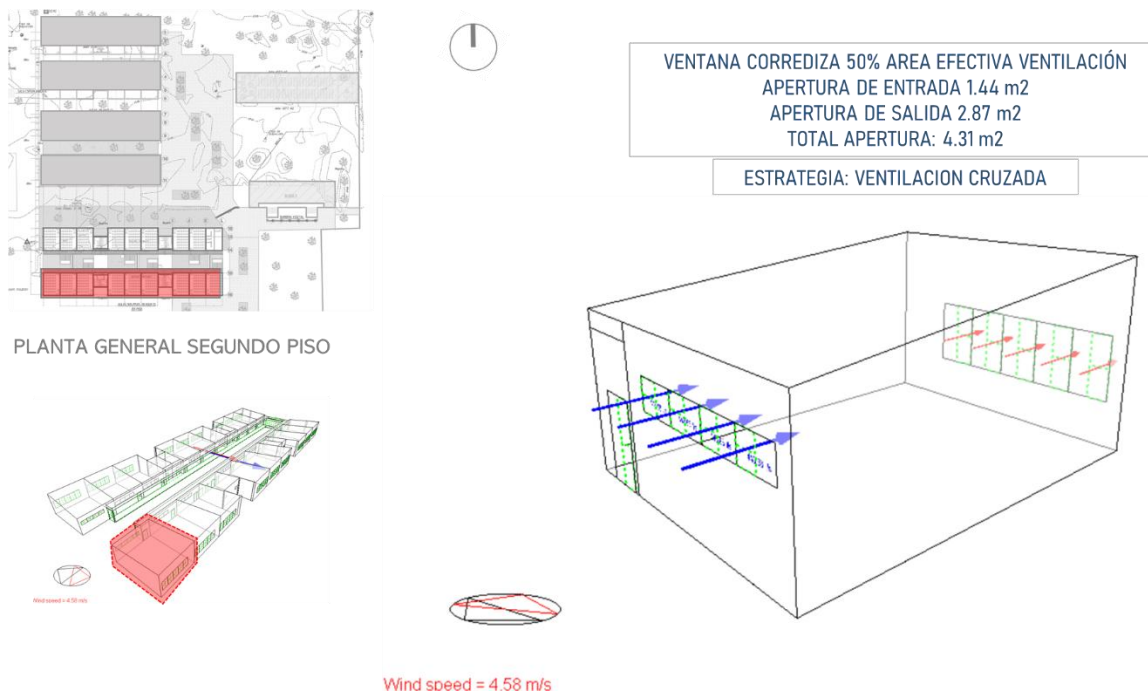
Calidad del Aire

Calidad del aire que se introducirá	0.0007	tasa de CO ₂
-------------------------------------	--------	-------------------------

Tasa de producción de CO₂

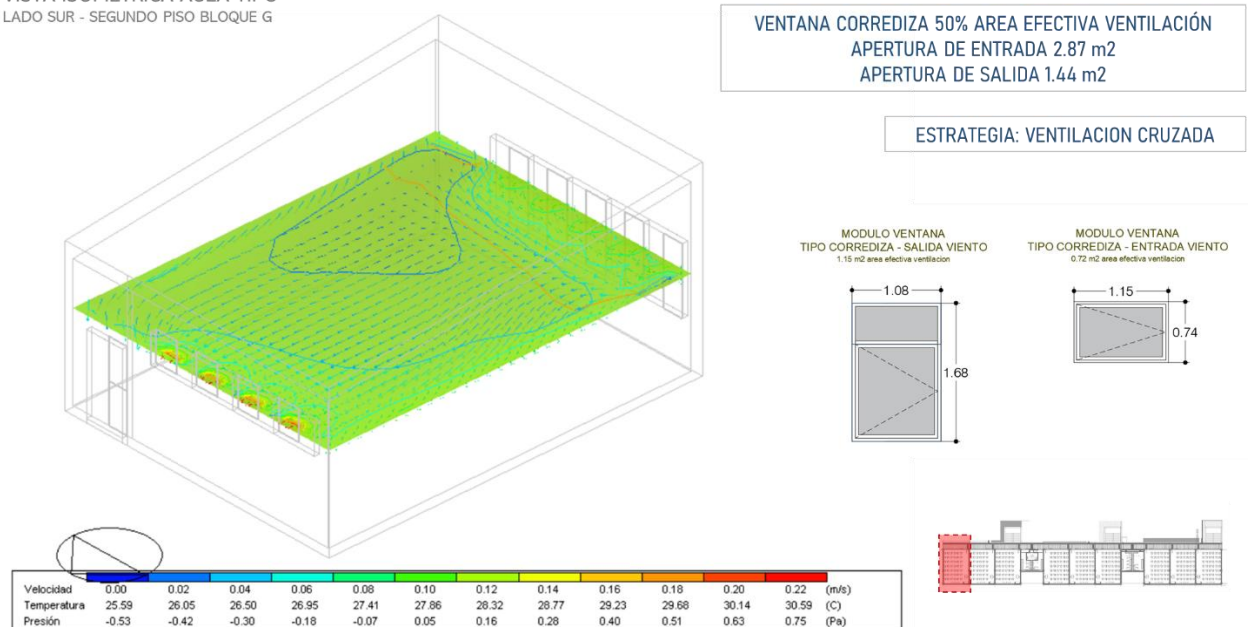
Emisión de CO ₂ por persona	0.047	m ³ /h
--	-------	-------------------

Tabla calculo área mínima requerida ventilación según hoja de cálculo desarrollada por Víctor Armando Fuentes Freixanet.

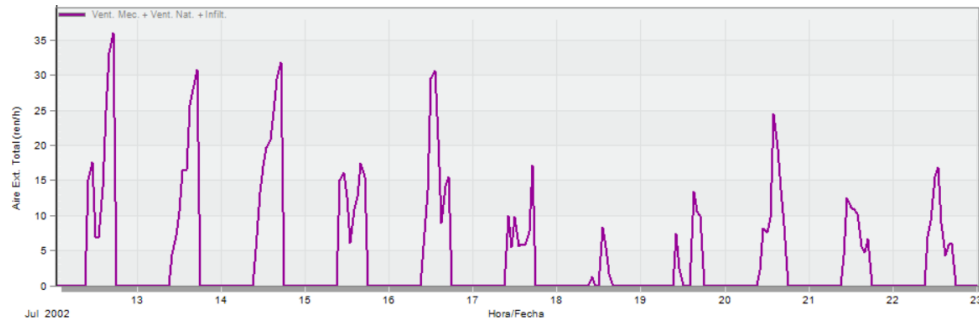


Esquema 3d, visualización de litros/segundo que ingresa por las aberturas diseñadas en cada ventana de acuerdo con los porcentajes de apertura calculados con base en el área en m² del espacio a analizar.

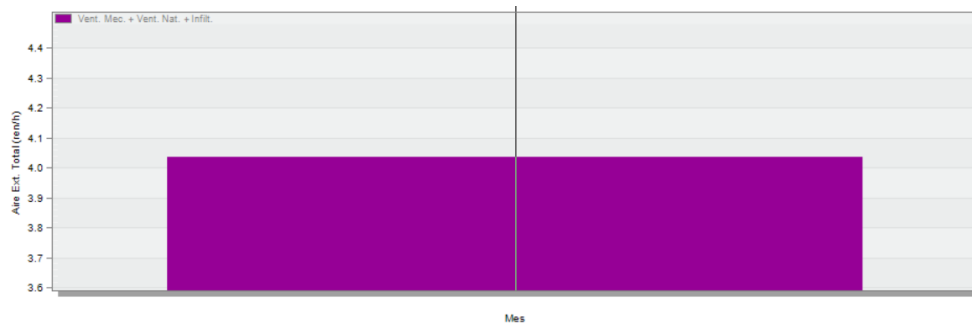
VISTA ISOMETRICA AULA TIPO
LADO SUR - SEGUNDO PISO BLOQUE G



Esquema 3d, visualización de temperatura y velocidad interior del viento.

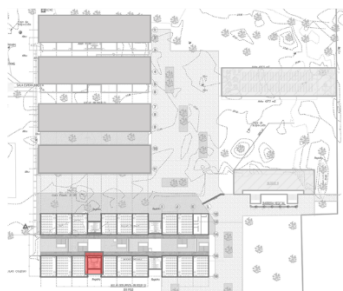


Grafica de tasa de ventilación calculada a través de la simulación en el software Design Builder. En la gráfica se muestran los datos horarios.



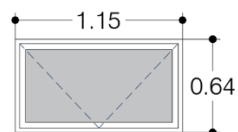
Grafica de tasa de ventilación calculada a través de la simulación en el software Design Builder. Se toma el promedio obtenido de renovaciones de aire por hora en la semana critica de verano.

6.2.3 BAÑO TIPO BLOQUE G



PLANTA GENERAL SEGUNDO PISO

**MODULO VENTANA
TIPO CORREDIZA - SALIDA VIENTO**
0.72 m2 area efectiva ventilacion



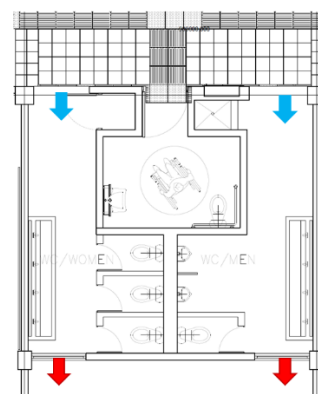
VISTA ALZADO MODULO VENTANA
INGRESO Y SALIDA DE VIENTO



ESTRATEGIA VENTILACION NATURAL

VENTANA CORREDIZA 50% AREA EFECTIVA VENTILACIÓN
APERTURA DE ENTRADA 3.00 m2
APERTURA DE SALIDA 0.72 m2

ESTRATEGIA: VENTILACION CRUZADA



PLANTA SEGUNDO PISO BAÑO TIPO BLOQUE G



Datos de la habitación

largo	5.80	m
ancho	2.10	m
alto	2.85	m
área	12.18	m ²
volumen	34.71	m ³
Área mínima de ventilación (Área ventana)	0.609	m ²

Ocupantes

Número de ocupantes	6	personas
---------------------	---	----------

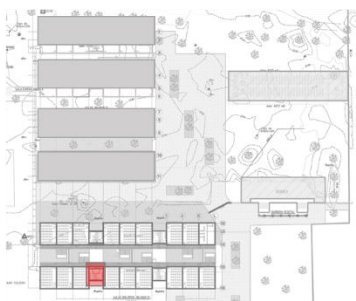
Calidad del Aire

Calidad del aire que se introducirá	0.0007	tasa de CO ₂
-------------------------------------	--------	-------------------------

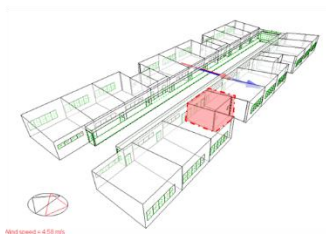
Tasa de producción de CO₂

Emisión de CO ₂ por persona	0.047	m ³ /h
--	-------	-------------------

Tabla calculo área mínima requerida ventilación según hoja de cálculo desarrollada por Víctor Armando Fuentes Freixanet.



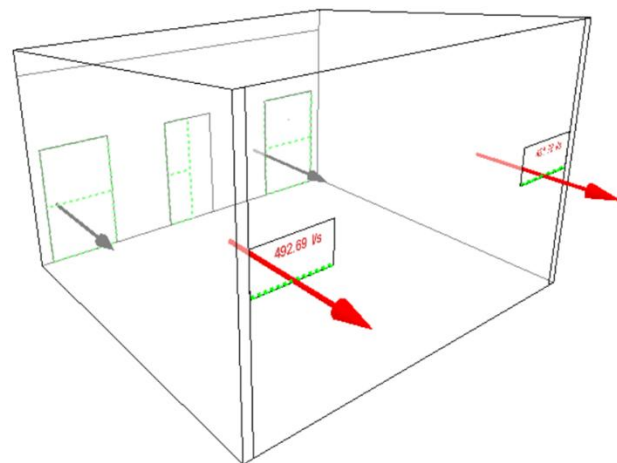
PLANTA GENERAL SEGUNDO PISO



Modulo = 4.58 m/s

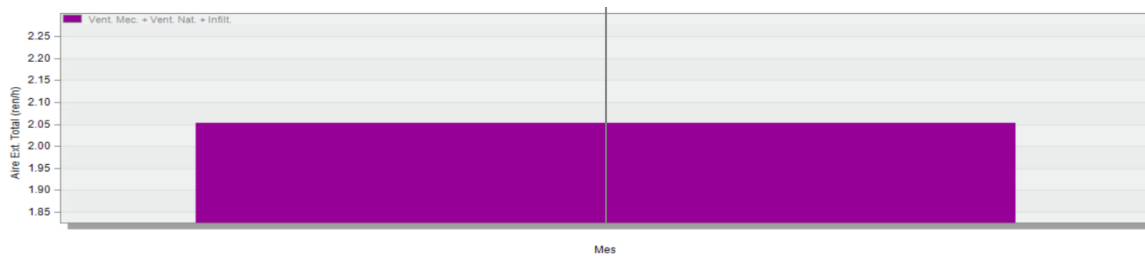


ESTRATEGIA VENTILACION NATURAL

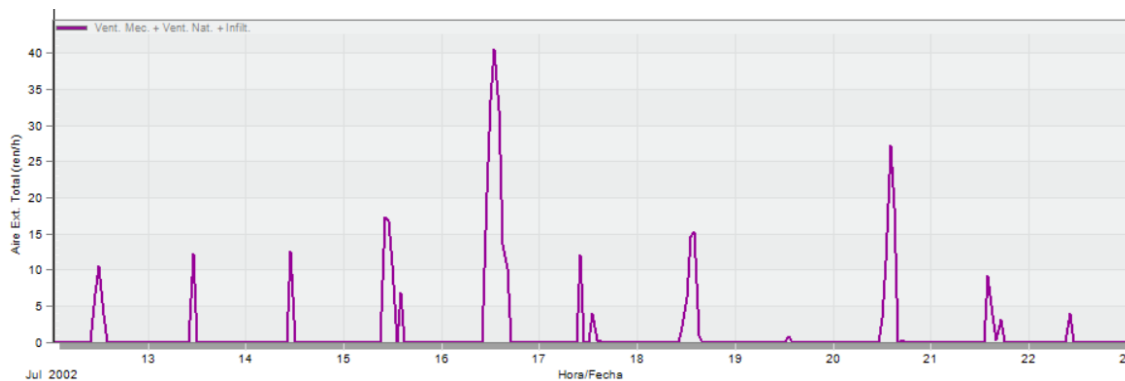


Wind speed = 4.58 m/s

Esquema 3d, visualización de litros/segundo que ingresar por las aberturas diseñadas en cada ventana de acuerdo con los porcentajes de apertura calculados con base en el área en m² del espacio a analizar.



Grafica de tasa de ventilación calculada a través de la simulación en el software Design Builder. Se toma el promedio obtenido de renovaciones de aire por hora en la semana crítica de verano.



Grafica de tasa de ventilación calculada a través de la simulación en el software Design Builder. En la gráfica se muestran los datos horarios.

6.3 ANALISIS DE RESULTADOS CALCULO VENTILACION NATURAL Y CALIDAD DE AIRE INTERIOR SEGÚN ASHRAE 55.

INDICADORES DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR ASHRAE 61.2 Y NTC 4595			
ESPACIO	ESTRATEGIA	CAMBIOS DE AIRE/HORA (mínimo 6 cambios/hora)	OBSERVACION
BLOQUE C Y D			
AULA TIPO BLOQUE C	Ventilación cruzada	8.4 cambios/hora	CUMPLE
BLOQUE G			
AULA TIPO SEGUNDO PISO BLOQUE G	Ventilación cruzada	7.5 cambios/hora	CUMPLE
BAÑO TIPO BLOQUE G	Ventilación cruzada	9.6 cambios/hora	CUMPLE

Tabla de indicadores de calidad de aire interior según ASHRAE 61.2

6.4 RECOMENDACIONES Y ESTRATEGIAS PARA VENTANERIA EN FACHADAS

De acuerdo con el diagnóstico realizado en los bloques C, D y H del centro educativo, se concluye que las aberturas destinadas a la ventilación natural, ubicadas tanto en la fachada norte como en la fachada sur, se encuentran adecuadamente dimensionadas y distribuidas, cumpliendo con los caudales mínimos de renovación de aire requeridos para garantizar una adecuada calidad del aire interior. No obstante, el correcto desempeño de esta estrategia depende de que las ventanas permanezcan abiertas durante la mayor parte de la jornada de ocupación, permitiendo el flujo continuo de aire a través de los espacios.

Por otra parte, debido a las elevadas temperaturas registradas en el sitio, sumadas a las ganancias térmicas generadas por la ocupación de los recintos y a la transmisión de calor a través de la envolvente de la edificación, se recomienda complementar la ventilación natural con un sistema activo de climatización tipo **aire acondicionado**. Este sistema deberá operar principalmente durante los periodos de calma, cuando la velocidad del viento sea insuficiente para promover una ventilación efectiva y la temperatura del aire exterior supere la temperatura de la piel de los ocupantes, reduciendo la capacidad del cuerpo para disipar calor mediante convección. La implementación de este sistema complementario permitirá mantener las condiciones de confort termo fisiológico establecidas en el estudio de rangos de confort del sitio, garantizando un ambiente interior adecuado para el desarrollo de las actividades académicas.

6.5 ANEXOS CÁLCULOS VENTILACIÓN

Tabla 3.2. Posición nacional referente a los promedios anuales de velocidad del viento.

Código	Estación	Departamento	Municipio	Corriente	Latitud	Longitud	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
14015010	Galerazamba	Bolívar	Santa Catalina	Mar Caribe	10.8	-75.3	1981 - 2009	6.7	6.8	6.2	5.9	4.5	4.1	4.7	4.4	3.7	3.9	4.5	6.3	5.14
24015220	Villa Carmen	Boyacá	Samacá	Gachaneca	5.5	-73.5	2002 - 2008	3.9	3.7	3.7	3.6	4.3	4.4	4.6	4.9	4.3	3.5	3.3	3.9	4.01
15065130	La Mina	La Guajira	Hatonuevo	Ay. Tabaco	11.1	-72.6	1988 - 2008	4.1	4.6	4.7	4.4	4.0	3.9	4.2	3.6	3.2	3.2	3.5	3.7	3.93
28035030	Apto. Alfonso López	Cesar	Valledupar	Guatapuri	10.4	-73.2	1981 - 2009	5.2	5.8	5.2	4.5	2.9	3.0	3.8	3.2	2.6	2.5	3.2	4.6	3.88
21145070	La Logiosa	Huila	Colombia	Ambica	3.3	-74.7	2002 - 2004	3.6	4.3	3.9	3.2	4.0	3.9	5.0	5.0	5.0	3.8	3.1	3.6	3.71
15065010	Apto. Almirante Padilla	La Guajira	Riohacha	Ay. Zongo	11.5	-72.9	1981 - 2009	3.8	4.0	4.0	3.9	3.6	4.1	4.6	3.9	3.1	2.7	2.8	3.4	3.66
17015020	Apto. Sesquicentenario	San Andrés	San Andrés	Mar Caribe	12.6	-81.7	2002 - 2010	4.3	3.8	3.7	3.2	4.0	3.7	4.4	3.7	2.2	2.7	3.6	4.1	3.62
52045010	Obonuco	Nariño	Pasto		1.2	-77.3	1981 - 2010	3.1	3.2	3.0	3.0	3.2	3.8	4.4	4.4	4.0	3.2	3.0	2.9	3.43
29045020	Apto. Ernesto Cortissoz	Atlántico	Soledad	Magdalena	10.9	-74.8	1981 - 2010	4.4	4.8	4.8	4.3	3.0	2.6	3.0	2.9	2.4	2.2	2.7	3.7	3.40
17025020	Apto. El Embrujo	San Andrés	Providencia	Mar Caribe	13.4	-81.4	2002 - 2009	4.2	3.4	3.4	3.0	3.1	3.9	4.0	3.4	2.4	2.5	3.2	3.7	3.35
21105060	Hidrobeltania	Huila	Campoalegre	Magdalena	2.7	-75.4	2005 - 2006	2.2	2.1	2.2	2.4	3.5	4.2	5.0	5.3	3.9	2.4	2.3	2.1	2.96
16015010	Apto. Camilo Daza	Norte De Santander	Cócuta	Pamplonita	7.9	-72.5	1981 - 2012	2.1	2.2	2.1	2.3	2.9	4.0	4.2	4.2	3.4	2.6	2.1	2.2	2.86
23495498	Apto. Palonegro	Santander	Lebrija	De Oro	9.1	-78.2	1981 - 2010	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.81
15015050	Apto. Simón Bolívar	Magdalena	Santa Marta	Mar Caribe	11.1	-74.2	1981 - 2010	3.1	3.4	3.4	3.2	2.8	2.5	2.4	2.5	2.4	2.3	2.2	2.5	2.73
11075020	Urrao	Antioquia	Urrao	Penderisco	6.3	-76.1	1981 - 2003	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6	2.8	2.9	3.0	2.9	2.5	2.6	2.5	2.71
12045010	Arboletes	Antioquia	Arboletes	Qda. Seca	8.8	-76.4	2001 - 2008	2.9	3.8	3.7	2.8	2.8	2.3	2.4	2.5	2.2	2.3	2.2	2.4	2.69
22025010	Apto. Planadas	Tolima	Planadas	Ata	3.2	-75.7	1981 - 2001	2.7	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.8	2.8	2.8	2.5	2.3	2.5	2.59
33035010	Carimagua	Meta	Puerto Gaitán	Muco	4.6	-71.3	1981 - 2003	3.8	3.6	2.8	2.1	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	2.1	2.5	3.4	2.51
44015030	Valencia	Cauca	San Sebastián	Caqueta	1.9	-76.7	2002 - 2008	2.5	2.3	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8	3.3	2.8	2.2	2.0	2.2	2.48
29035070	Repelón	Atlántico	Repelón	Cga. Guajaro	10.5	-75.1	1981 - 2008	3.0	3.1	3.0	2.8	2.2	2.1	2.3	2.3	2.1	2.0	2.1	2.7	2.48
52045020	Apto. Antonio Nariño	Nariño	Chachagüí	Pasto	1.4	-77.3	1982 - 2010	2.3	2.4	2.2	2.2	2.3	2.5	2.9	3.1	2.8	2.4	2.3	2.2	2.47
24035240	Sierra Nevada Del Cocuy	Boyacá	Guicán	Qda. Lagunillas	6.4	-72.4	2002 - 2008	2.6	2.5	2.4	2.2	2.3	2.7	2.7	2.7	2.2	2.1	2.7	5.0	2.46

Tomado de: velocidad promedio viento, atlas de viento y energía eólica de Colombia, IDEAM.

6.5.1 REQUERIMIENTO DE VENTILACION DE ACUERDO CON ASHRAE 62.1

REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN POR OCUPANTES ASHRAE Fundamentals 1977

Espacio	personas estimadas / 92.9 m² de área de piso	Ventilación requerida de aire por ocupante humano				observaciones
		Mínimo		Recomendado		
		l/s	m³/h	l/s	m³/h	

INSTITUCIONAL

Escuelas

Salones de clase	50	5	18	5 - 7.5	18 - 27	
Salas de usos múltiples	70	5	18	5 - 7.5	18 - 27	
Laboratorios	30	5	18	5 - 7.5	18 - 27	extracción y controles de contaminantes necesarios
Taller de oficios y entrenamiento vocacional	30	5	18	5 - 7.5	18 - 27	extracción y controles de contaminantes necesarios
Salas de música y ensayos	70	5	18	7.5 - 10	27 - 36	
Auditorios	150	2.5	9	2.5 - 3.8	9 - 13.7	
Gimnasios	70	10	36	12.5 - 15	45 - 54	
Bibliotecas	20	3.5	12.6	5 - 6	18 - 21.6	
Salones comunes	70	5	18	5 - 7.5	18 - 27	
Oficinas	10	3.5	12.6	5 - 7.5	18 - 27	
Baños y cuartos de aseo	100	7.5	27	10 - 12.5	36 - 45	
Vestidores y lockers	20	15	54	20 - 25	72 - 90	por locker
Cafeterías o comedores	100	5	18	7.5 - 10	27 - 36	
Pasillos	50	7.5	27	10 - 12.5	36 - 45	
Cuartos de utilería	3	2.5	9	3.5 - 5	12.6 - 18	
Dormitorios	20	3.5	12.6	5 - 7.5	18 - 27	

6.6 ANEXOS CÁLCULOS VENTILACIÓN

Cálculos

Ventilación Cruzada

Ejemplo A: Calcular la tasa de ventilación natural que se espera en los dormitorios del edificio, considerando una velocidad de viento de 1 m/s

Datos generales:

Habitación:

Largo: 8.30 m

Ancho: 7.05 m

Altura: 3.00 m

Área: 58.5 m²

Volumen: 175.5 m³

Área de Ventanas:

Área: 13.84 m²

Área de Ventilación (simétrica)

Área: 2.30 m²

Método de Szokolay:

Presión dinámica del viento en barlovento:

$p_w = 0.612 v^2$

$p_w = 0.612 (1^2) = 0.612 \text{ Pa}$

Diferencia de Presión (Δp): 1.012 Pa

Coefficiente de presión barlovento $C_p = 1$

Coefficiente de presión en sotavento $C_{p^-} = -0.4$

Presión en sotavento $p_s = -0.25 \text{ Pa}$

Por lo tanto la presión sobre la ventana es: $p = p_w - C_p$

Tasa de ventilación: $Q = 0.827 A (\Delta p)^{0.5}$

$Q = 0.827 \times 2.3 \times (0.857)^{0.5}$

$Q = 1.76 \text{ m}^3/\text{s}$

La velocidad del viento por la ventana será: $v = Q/A$

$v = 1.76 / 2.30$

$v = 0.77 \text{ m/s}$

Método Británico:

$Q = C_d A v (\Delta C_p)^{0.5}$

$Q = 0.65 \times 2.30 \times 1 (1.4)^{0.5}$

$Q = 1.77 \text{ m}^3/\text{s}$

Método de Olgyay:

$Q = C_v A v$

$Q = 0.6 \times 2.30 \times 1$

$Q = 1.38 \text{ m}^3/\text{s}$

Considerando un flujo de ventilación de 1.76 m³/s:

El número de cambios de aire por hora es: $N = 3600 Q / \text{volumen}$

$N = (3600 \times 1.76) / 175.5$

$N = 36 \text{ cambios de aire por hora}$

Ejemplo B. Calcular los flujos de ventilación esperados en la torre de secado de mangueras, debido al efecto Stack partiendo de la temperatura media anual de 15° C.

Datos generales de la torre:

Longitud: 3.00 m

Ancho: 1.5 m

Altura: 13.05 m

Área: 2.36 m²

Volumen: 30.75 m³

Altura efectiva de ventilación 11.85 m

Abertura efectiva de entrada: 1.89 m²

Abertura efectiva de salida: 0.75 m²

Suponiendo una diferencia de temperatura de 1° C: ($T_e = 15^\circ \text{C}$; $T_s = 16^\circ \text{C}$)

Densidad del aire: $\rho = 1.293 \times 273.15 / T_k$

Temperatura de entrada $= 15 + 273.15 = 288.15 \text{ K}$

Temperatura de salida $= 16 + 273.15 = 289.15 \text{ K}$

Densidad del aire de entrada: $\rho_e = 1.293 \times 273.15 / 288.15 = 1.22569 \text{ Kg/m}^3$

Densidad del aire de salida: $\rho_s = 1.293 \times 273.15 / 289.15 = 1.22145 \text{ Kg/m}^3$

Diferencia de presiones: $\Delta p = h g (\rho_e - \rho_s)$

$\Delta p = 11.85 \times 9.81 \times (1.22569 - 1.22145) = 0.04238946$

$\Delta p = 0.49277 \text{ Kg/m}^3$

Flujo de viento: $Q = 0.827 \times A (\Delta p)^{0.5}$

$Q = 0.827 \times 0.75 (0.49277)^{0.5}$

$Q = 0.4354 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocidad del flujo: $V = Q/A$

$V = 0.4354 / 0.75$

$V = 0.5805 \text{ m/s}$

Velocidad Interior

La velocidad interior en los locales depende de varios factores, entre ellos están las dimensiones y proporción del local, la velocidad y dirección del viento, el tamaño de las aberturas en relación al muro (relación vano-macizo), y la relación entre las aberturas de entrada y salida. Para estimar la velocidad interior es necesario efectuar pruebas en túnel de viento. De acuerdo estudios experimentales, Givoni⁴⁶ encontró una relación entre la velocidad promedio interior y el tamaño de las ventanas. Esta relación matemática asume una habitación de planta cuadrada con aberturas (ventanas) de igual tamaño, ubicadas de manera opuesta en los muros de barlovento y sotavento con viento perpendicular.

$$V_i = 0.45 (1 - e^{-3.48x}) V_e$$

donde:

V_i = velocidad interior promedio (m/s)

e = constante de Euler o número e (aproximadamente 2.71828)

x = relación del área de la ventana con respecto al área del muro (vano-macizo)

V_e = velocidad del viento exterior (m/s)

7 ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN NATURAL

En edificaciones destinadas a instituciones educativas, es fundamental garantizar altos niveles de seguridad y confort en sus instalaciones para promover un entorno adecuado de aprendizaje y formación. Esto incluye la creación de espacios que cuenten con una adecuada iluminación natural y artificial, razón por la cual se desarrolló un análisis de la iluminación en las áreas académicas y de uso común. Según la RETILAP, a través de la Resolución 40150 de 2024 expedida por el Ministerio de Minas y Energía, en la tabla de “niveles de iluminación y distribución lumínica de espacios” se establecen los rangos mínimos y máximos recomendados y exigidos para el óptimo desarrollo de las actividades educativas.

Ref.	36. Locales educativos. Edificios educativos.	$\bar{E}_m$ (Lx)	U_o	R_a	UGR_L	$\bar{E}_{m,z}$ (Lx)	$\bar{E}_m$, pared (Lx)	$\bar{E}_m$, techo (Lx)	Requisitos específicos
	Tipo de tarea o área de actividad					$U_o \geq 0,10$			
36,1	Aula o salón de clases, salas de lectura - Actividades generales	500	0,60	80	19	150	150	100	La iluminación debe ser controlable, para diferentes actividades y ajustes de escena.
36,2	Auditorio, salas de conferencias	500	0,60	80	19	150	150	50	La iluminación debe ser controlable para satisfacer las necesidades de presentaciones audiovisuales.
36,3	Áreas para sentarse en auditorios y salas de conferencias	200	0,60	80	19	75	75	50	1. La iluminación debe ser controlable 2. Para el trabajo con pantallas VDT, véase el numeral 3.2.1.8.

Fuente: resolución 40150 de 2024, página 40 RETILAP.

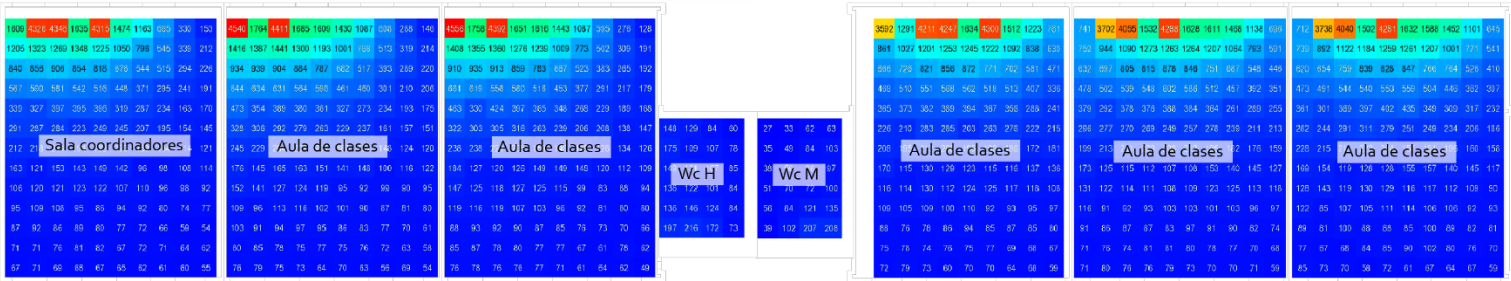
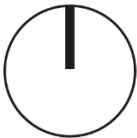
REQUERIMIENTO DE ILUMINANCIA PROMEDIO	
ESPACIO	LUX
AULAS	500
BAÑOS	150

7.1 METODOLOGÍA

Se realizaron simulaciones con el Design Builder para determinar la cantidad de luz natural en las zonas de mayor permanencia. Las zonas que se eligieron para este estudio corresponden a los espacios ocupados de aulas que podrían implementar de manera complementaria la luz natural; los cuales también fueron tomados para el estudio de balance térmico. Los mapas de iluminancia de luz diurna que se muestran en este informe expresan la distribución disponibilidad de luz natural sobre un plano de corte a 0.70 m (plano de trabajo), con un modelo de cielo CIE día nublado (10000 lux). Los niveles de luz diurna se indican en Luxes. Además, se presenta el escenario en que pone a prueba la afectación que tiene el uso de protección solar tipo alero de las cubiertas sobre las ventanas.

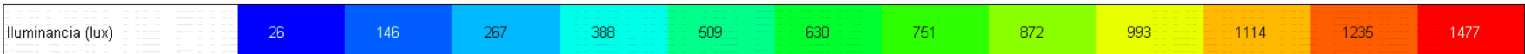
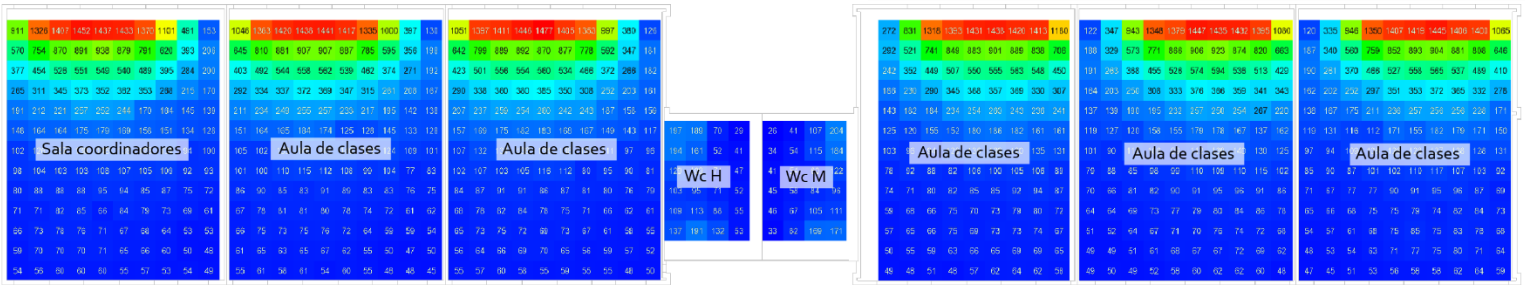
Los colores y acabados interiores usados para la simulación son color gris en muros, cara inferior de cubierta (blanco), pisos con enchape cerámico tono claro. Los análisis se realizaron en horas estratégicas en un día despejado, a las 8:00am y 12:00pm (21 junio y 21 diciembre).

SOLSTICIO 21 JUN 8:00 AM UNIVERSIDAD - BLOQUE C

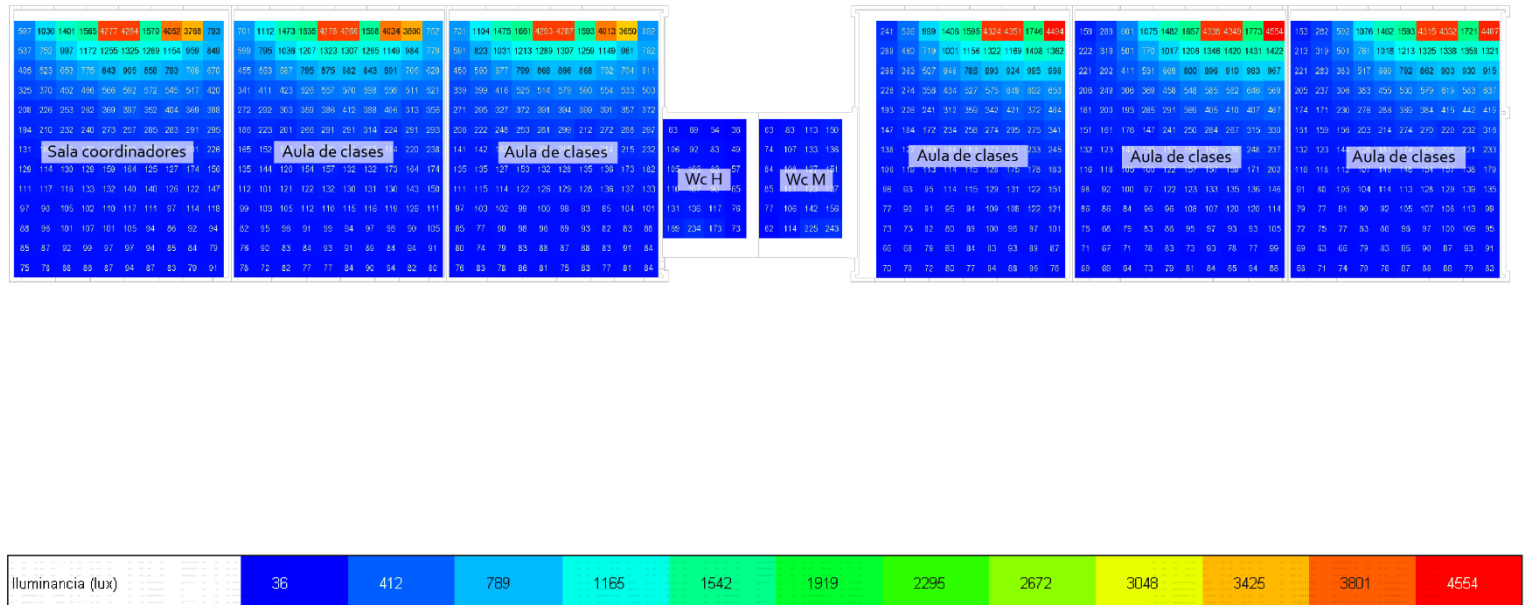


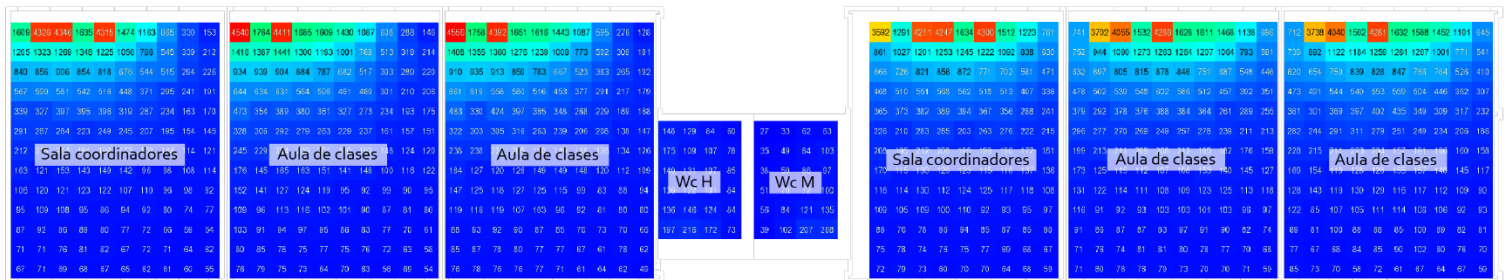
Iluminancia (lux)	27	404	782	1159	1537	1914	2291	2669	3046	3423	3801	4556
-------------------	----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

SOLSTICIO 21 JUN 12:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE C

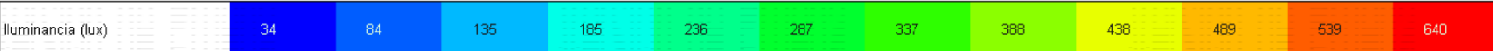
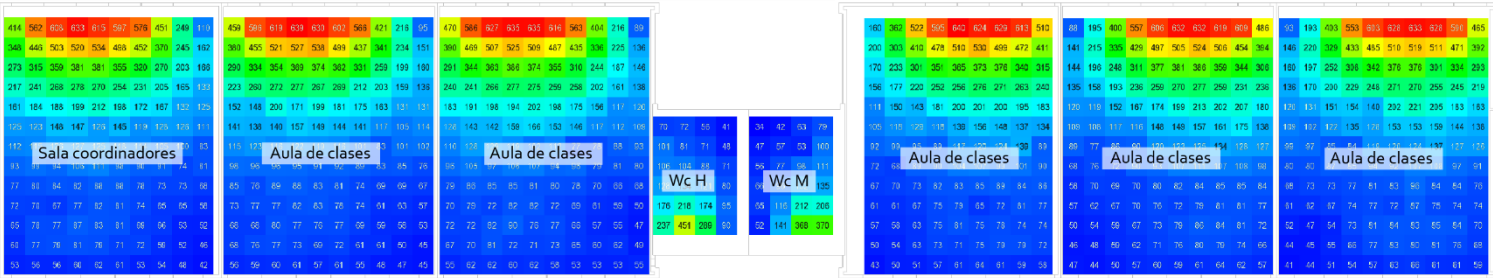


SOLSTICIO 21 JUN 4:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE C

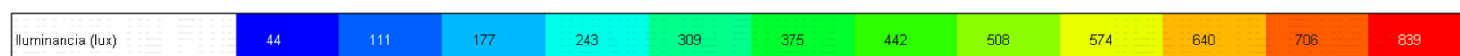
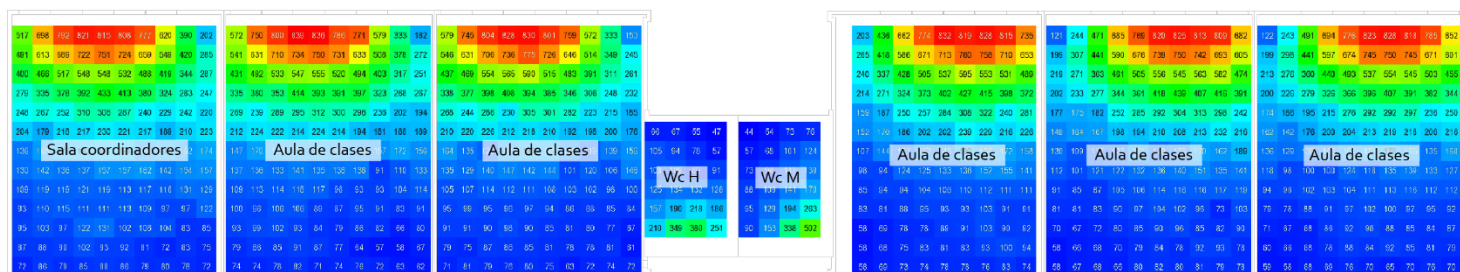
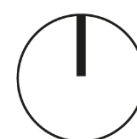




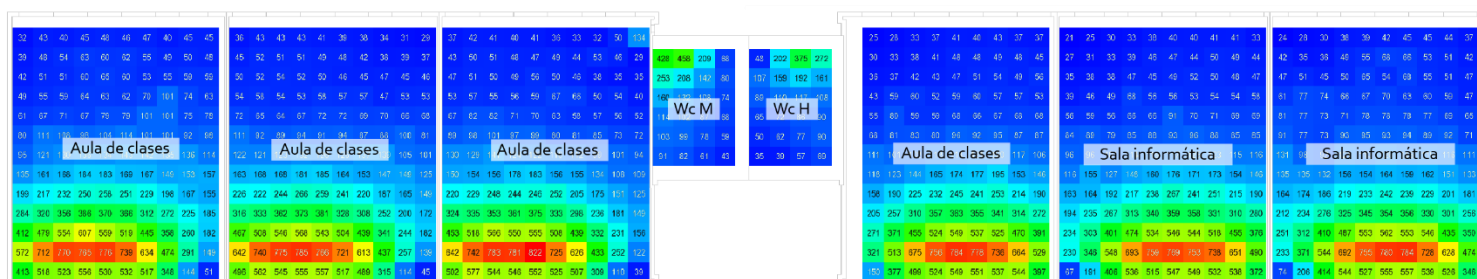
SOLSTICIO 21 DIC 12:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE C



SOLSTICIO 21 DIC 4:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE C

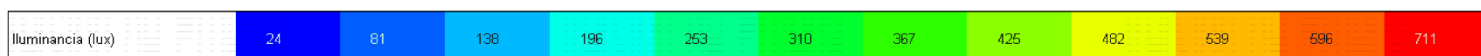
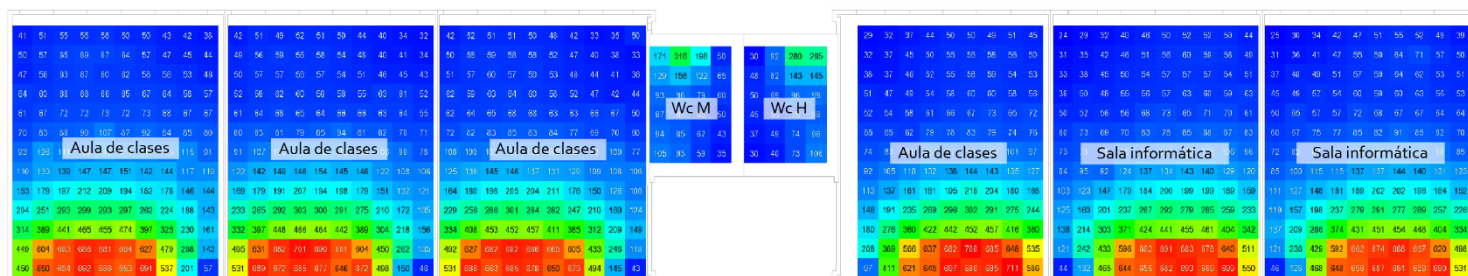
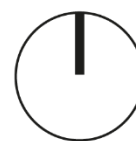


SOLSTICIO 21 JUN 8:00 AM UNIVERSIDAD - BLOQUE D

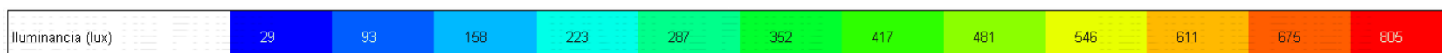
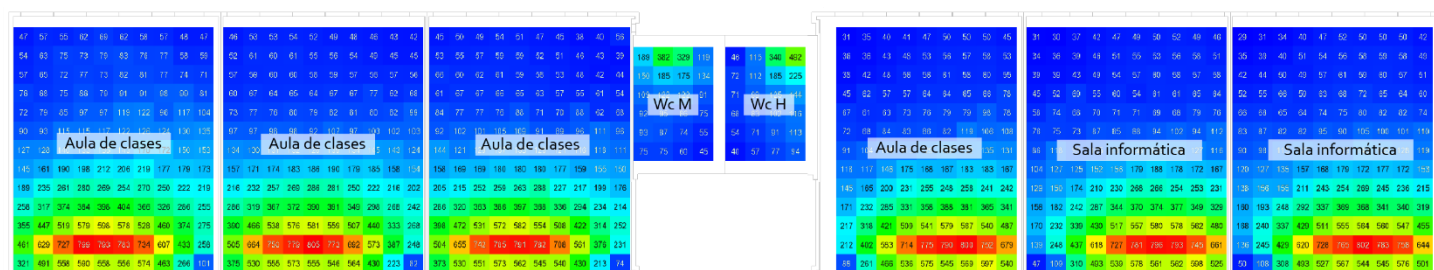
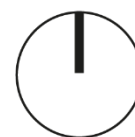


Iluminancia (lux)	27	404	782	1159	1537	1914	2291	2669	3046	3423	3801	4556
-------------------	----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

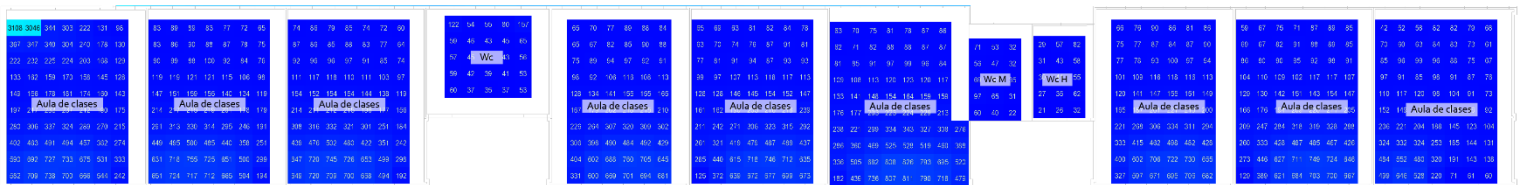
SOLSTICIO 21 JUN 12:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE D



SOLSTICIO 21 JUN 4:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE D

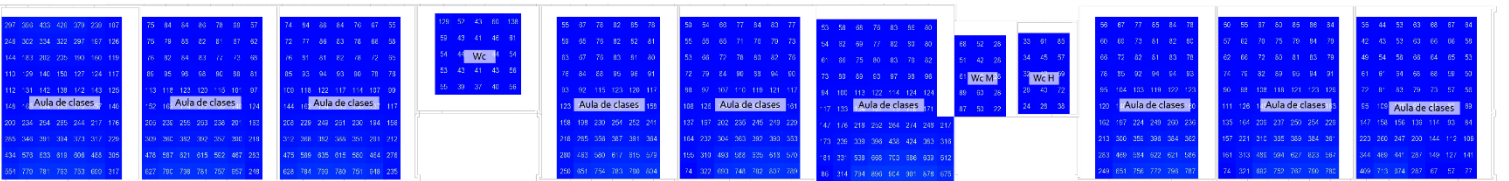
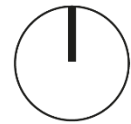


SOLSTICIO 21 JUN 8:00 AM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 1



Iluminancia (lux)	16	1126	2236	3346	4456	5566	6676	7786	8896	10006	11116	13335
-------------------	----	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------

SOLSTICIO 21 JUN 12:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 1



Iluminancia (lux)	18	1370	2721	4073	5424	6776	8127	9479	10830	12182	13533	16236
-------------------	----	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------

SOLSTICIO 21 JUN 4:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 1

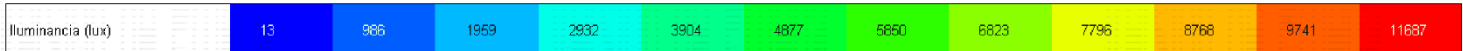


102 1140 1533 1633 1705 4225 3055	14 1531 1545 1552 1556 4149 3605	675 690 685 1187 1552 1559 375 130	258 755 1163 1265 1295 1265 1265	219 246 816 1265 1301 4396 4166	215 438 468 1307 1301 4396 4166	36 814 1333 1357 4307 1707	214 257 489 1561 1623 4386 4375	559 157 1353	56 111 184
904 715 516 1000 1073 1014 902	534 725 617 1025 1380 370 619	551 692 639 1065 1050 1007 855 771	322 407 710 699 1089 1136 1081	250 375 517 613 664 1368 1258	219 373 552 861 905 1035 1161	147 550 733 966 1862 1117	251 362 937 854 864 1136 1110	465 552 730	75 111 152
101 457 505 636 650 657 650	856 447 563 565 625 854 557	544 418 505 577 830 613 505 538	246 354 441 534 613 651 686	233 234 350 474 599 574 654	218 250 377 463 553 625 653	276 503 400 506 652 643	238 251 365 511 600 644 375	268 544 39	72 69 696
154 703 105 152 155 457 436	252 252 339 371 395 384 369	273 252 315 316 331 327 343	185 229 250 338 339 359 403	183 211 252 303 346 452 454	165 269 253 313 363 364 391	211 261 310 372 395 366	204 213 332 351 381 402 405	167 216 391	64 66 17
63 183 187 182 185 186 186	183 183 187 182 185 186 186	183 183 187 182 185 186 186	143 127 127 127 127 127 127	147 147 147 147 147 147 147	147 147 147 147 147 147 147	147 147 147 147 147 147 147	147 147 147 147 147 147 147	147 147 147 147 147 147 147	147 147 147 147 147 147 147
44 172 188 211 230 202 238	136 143 150 172 186 186 186	136 143 150 172 186 186 186	107 123 127 127 127 127 127	113 116 119 143 163 138 175	123 124 134 151 155 164 107	131 133 153 153 153 153	131 133 153 153 153 153 153	131 133 153 153 153 153 153	131 133 153 153 153 153 153
37 172 365 234 235 214 234	116 118 124 112 102 125 146	104 11 117 124 86 114 137	84 97 16 16 16 135 124	64 97 123 103 103 132 103	58 58 186 124 119 122 120	145 11 23 146 144 141	111 113 132 130 144 115 153	167 59 166	53 57 51
14 217 236 243 236 203 181	122 123 138 132 35 103 119	84 85 75 124 87 87 83	85 75 84 83 86 86 103	69 76 84 100 86 101 86	36 81 82 84 101 106 106	120 85 84	85 82 86 113 121 105 114	35 114 85	17 85 46
71 212 236 236 243 211 137	87 86 86 81 86 86 86	49 75 99 75 73 65 39	53 62 66 73 62 78 62	60 62 64 75 72 75 75	63 64 76 80 74 71 71	267 241 43	17 85 84 94 95 89	96 95 81 81 102 105 105	71 106 118
68 195 118 108 122 119 98	88 79 70 73 77 75 72	59 68 64 62 65 65 65	54 55 64 66 66 66 64	50 57 61 65 66 62 64	69 63 79 68 76 69 61	18 31 50 53 52 87	17 80 87 86 83 82 102	11 59 305	693 201 38

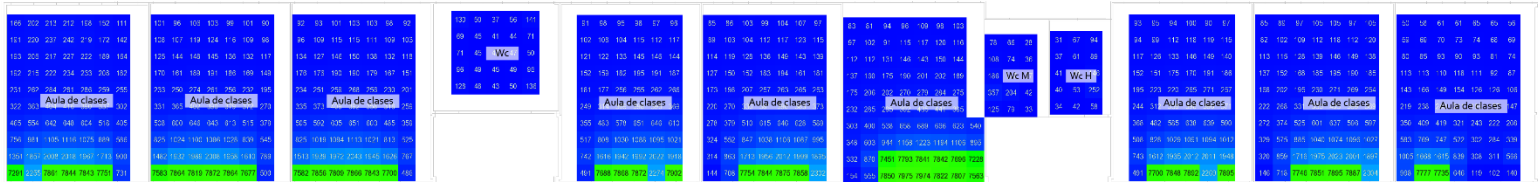
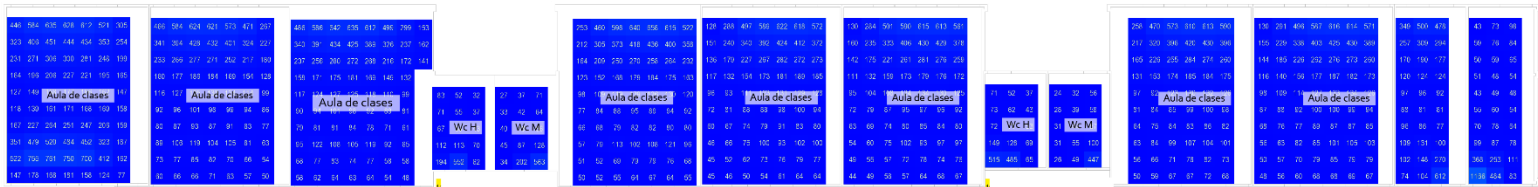
19 249 197 112 137 220 206	12 167 102 92 91 12 75	31 62 60 60 91 12 62	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
222 222 363 132 132 63 355	13 97 101 157 62 62 75	37 69 62 69 78 61 73	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
111 223 202 375 375 712 289	17 133 196 111 91 162 85	37 69 62 69 78 61 73	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
43 112 165 211 223 221 209	14 116 123 121 29 117 111	12 114 117 120 111 111 105	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
12 105 105 105 105 105 20	17 133 196 111 91 162 85	17 133 196 111 91 162 85	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
17 256 139 157 259 152 225	31 212 122 122 217 152 171	16 203 113 113 113 113 197	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
157 357 344 351 346 332 367	173 307 325 336 318 335 233	387 302 292 331 303 264 232	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
97 441 563 563 571 446 363	125 444 465 465 465 465 324	392 441 450 467 410 395 312	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
482 633 532 733 733 846 449	511 655 734 734 739 652 618	512 648 721 726 711 603 360	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19
146 674 727 713 397 584 403	655 661 706 713 672 660 341	402 675 714 667 663 593 315	19 19 19 19 19 19	67 73 64 62 58 57	65 67 71 62 63 65 61	62 64 72 77 63 63 65	68 21 20	19 19 19	19 19 19

Iluminancia (lux)	19	991	1963	2935	3907	4879	5851	6823	7795	8767	9738	11682
-------------------	----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

SOLSTICIO 21 DIC 8:00 AM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 1



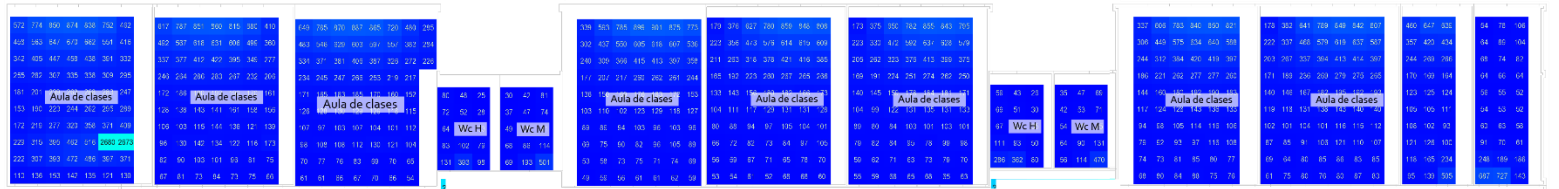
SOLSTICIO 21 DIC 12:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 1



Illuminancia (lux)

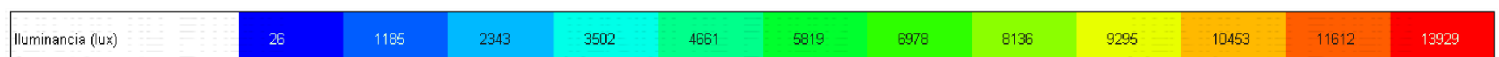
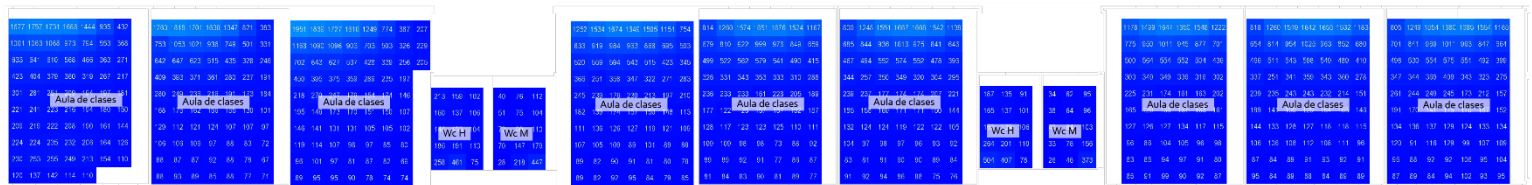
24 1220 2416 3611 4807 6003 7199 8395 9591 10787 11983 14374

SOLSTICIO 21 DIC 4:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 1

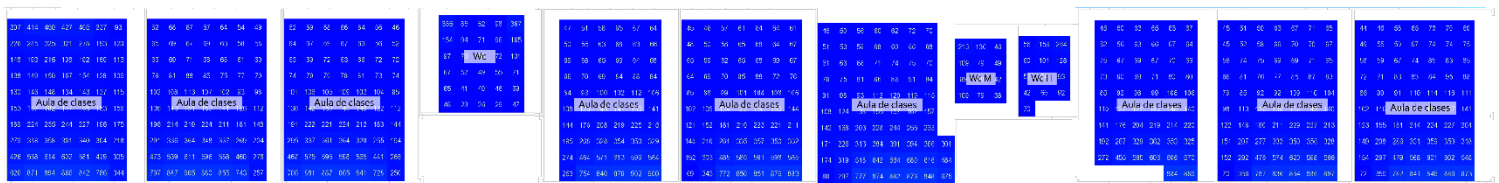
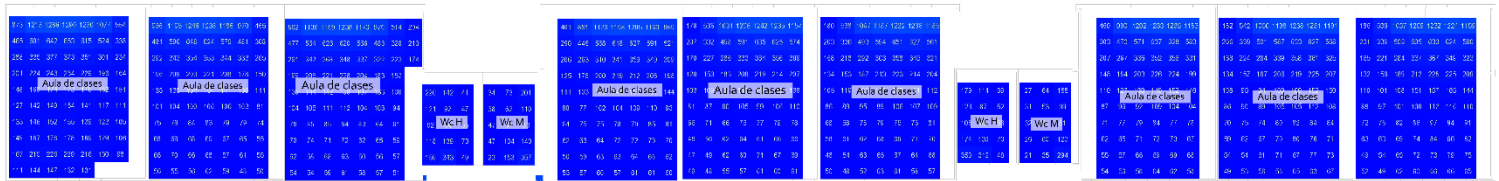
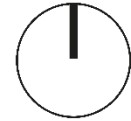


Iluminancia (lux)	24	650	1691	2625	3369	4192	5026	5860	6693	7527	8361	10028
-------------------	----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

SOLSTICIO 21 JUN 8:00 AM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 2

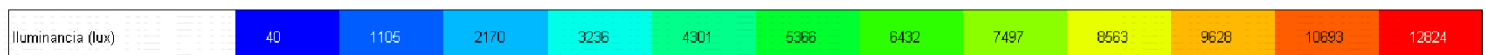
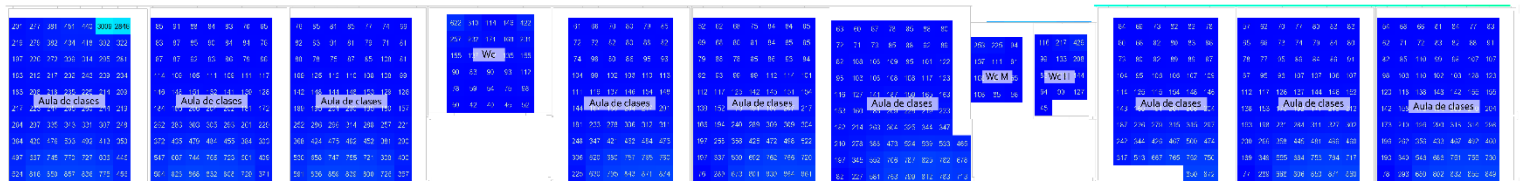
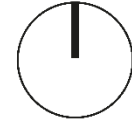


SOLSTICIO 21 JUN 12:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 2

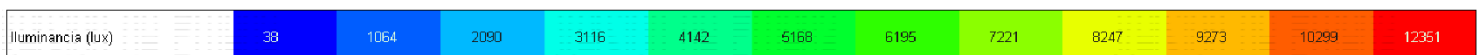
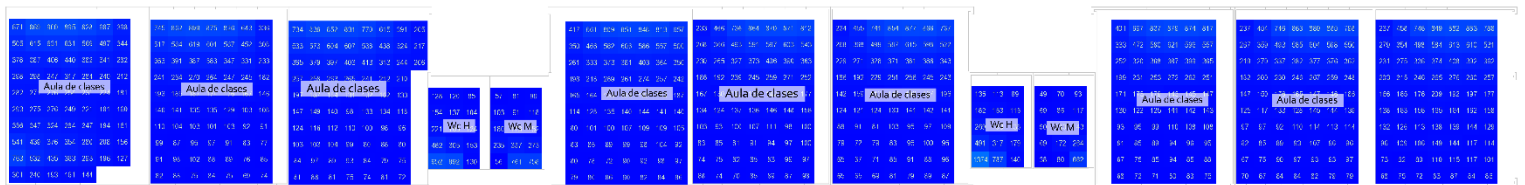
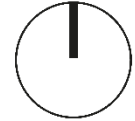


Iluminancia (lux)	21	1496	2971	4446	5921	7396	8871	10346	11821	13296	14771	17721
-------------------	----	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

SOLSTICIO 21 JUN 4:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 2

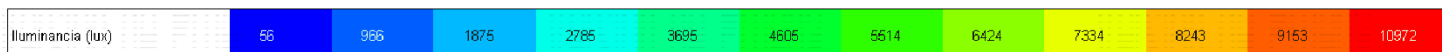
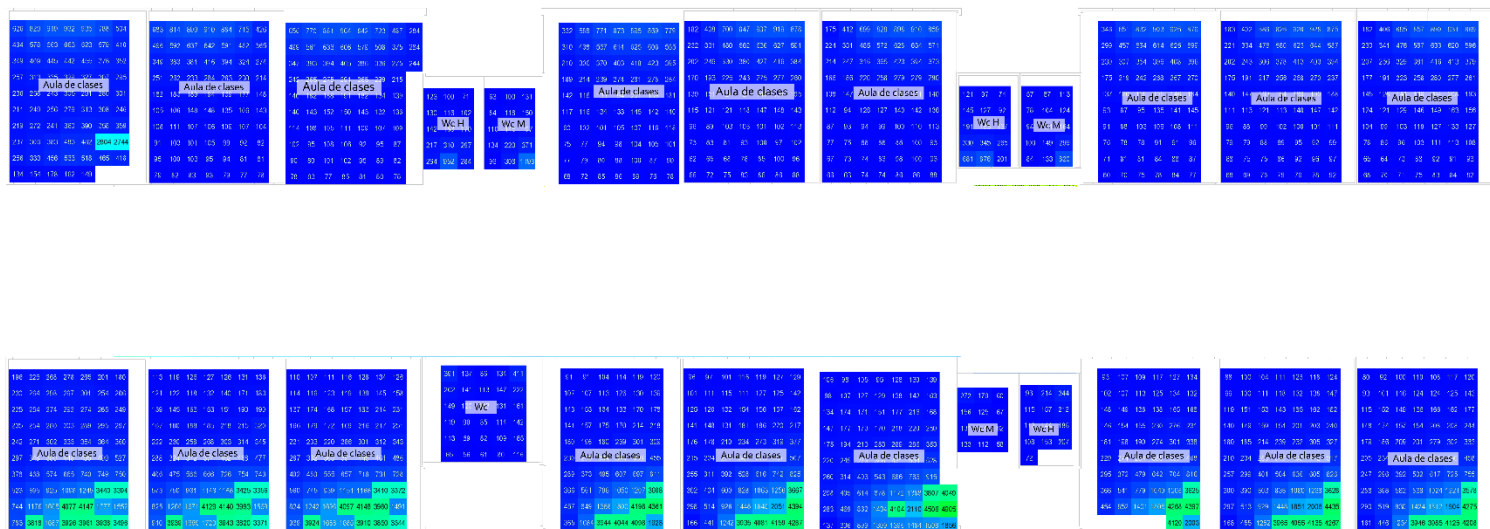
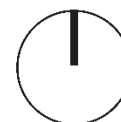


SOLSTICIO 21 DIC 8:00 AM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 2

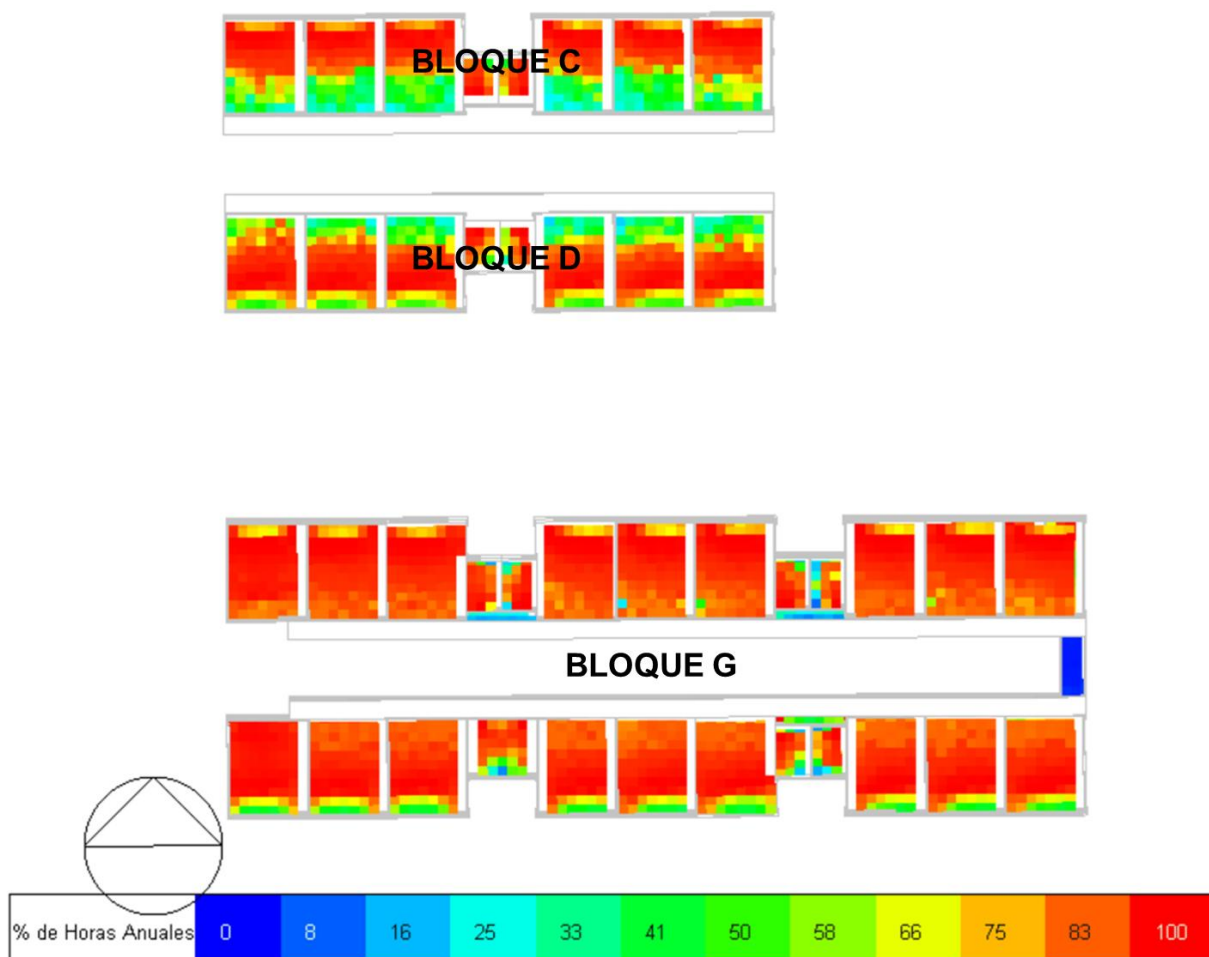




SOLSTICIO 21 DIC 4:00 PM UNIVERSIDAD - BLOQUE G PISO 2



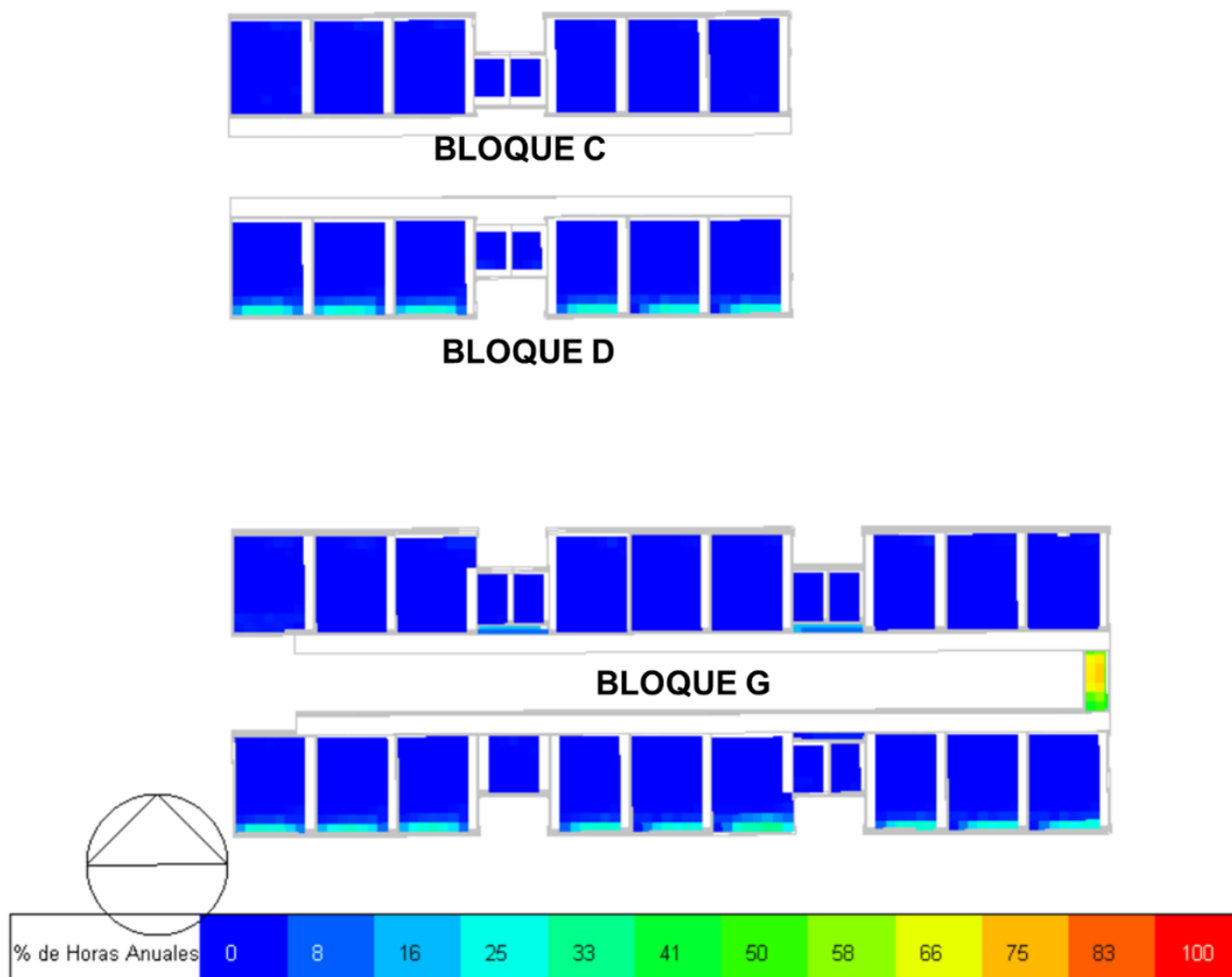
7.2. MAPA ILUMINANCIA UTIL DE LUZ DIURNA UDI: Porcentaje de horas anuales de Iluminación útil de Luz Diurna anual.



MAPA UDI en porcentaje de horas anuales de iluminación útil de luz diurna anual.

En los bloques C y D se debe complementar un mayor porcentaje del tiempo la luz natural con la luz artificial, se recomienda el uso de luces con tecnología LED, debido a su bajo consumo de energía.

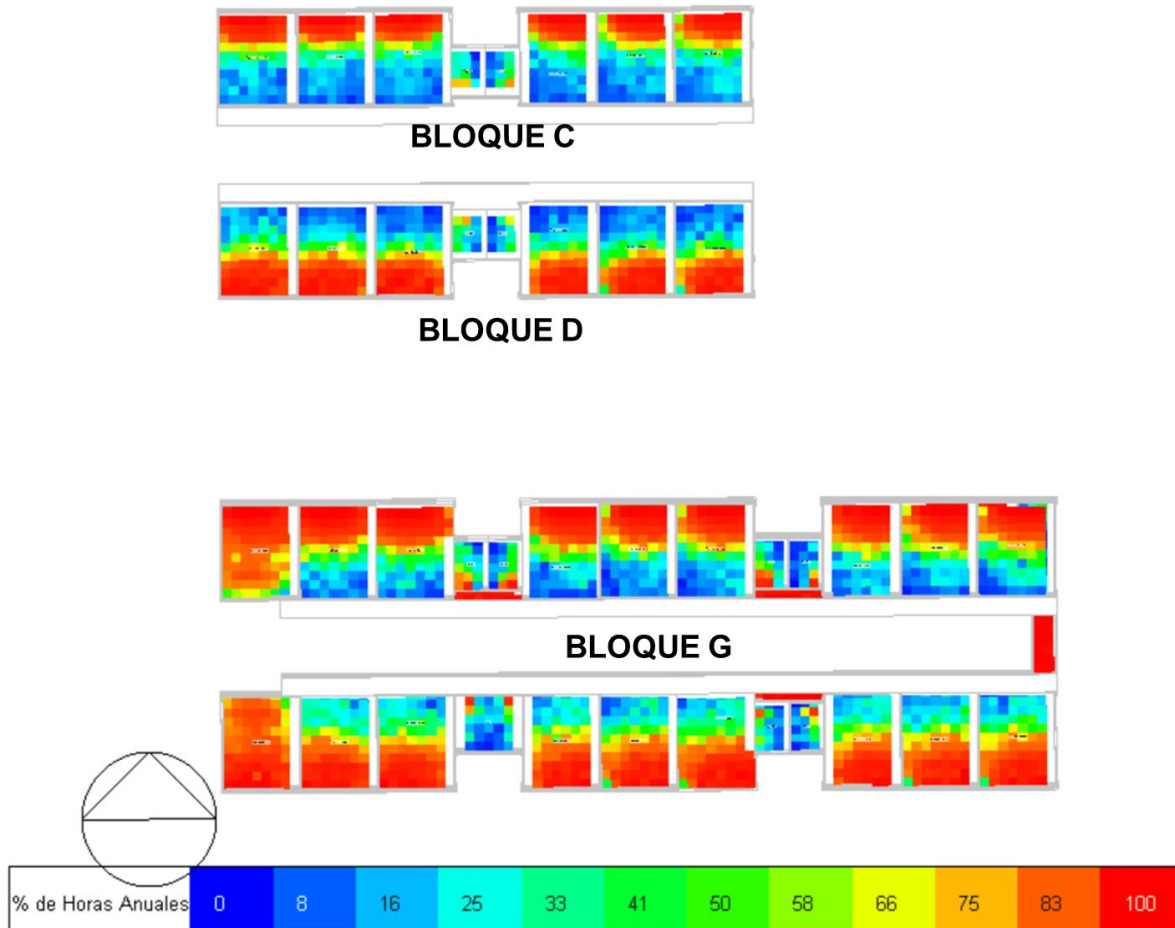
7.3. MAPA EXPOSICION SOLAR ANUAL ASE: Porcentaje de horas anuales en las que la exposición solar anual excede los 1000 luxes.



MAPA ASE en porcentaje de horas anuales en las que la exposición solar anual excede los 1000 luxes.

Debido a la latitud norte de la ciudad de Santa Marta, se tiene una mayor incidencia solar sobre las fachadas sur del proyecto, lo cual hace que se generen las manchas de color azul claro (25%) en la franja mas cercana a las ventanas con esta ubicación.

7.4. MAPA AUTONOMIA LUZ DIURNA SDA: Porcentaje de tiempo en los que los niveles de luz diurna se encuentran por encima de la iluminancia mínima (300 luxes)



7.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

En conjunto, los resultados demuestran que la edificación podría presentar un buen aprovechamiento de la luz natural en la mayoría de sus áreas, así mismo, apoyado con la implementación de estrategias pasivas de control solar se mejora el confort y previene el deslumbramiento.

7.5.1 RECOMENDACIONES DE OPTIMIZACIÓN LUMÍNICA Y TÉRMICA

Uso de películas de control solar (Polarizados / Filtros Espectralmente Selectivos) en Aulas con Alto UDI:

- Aplicación: Prioritaria en el Bloque G y las fachadas con 100% de UDI en los Bloques C y D.

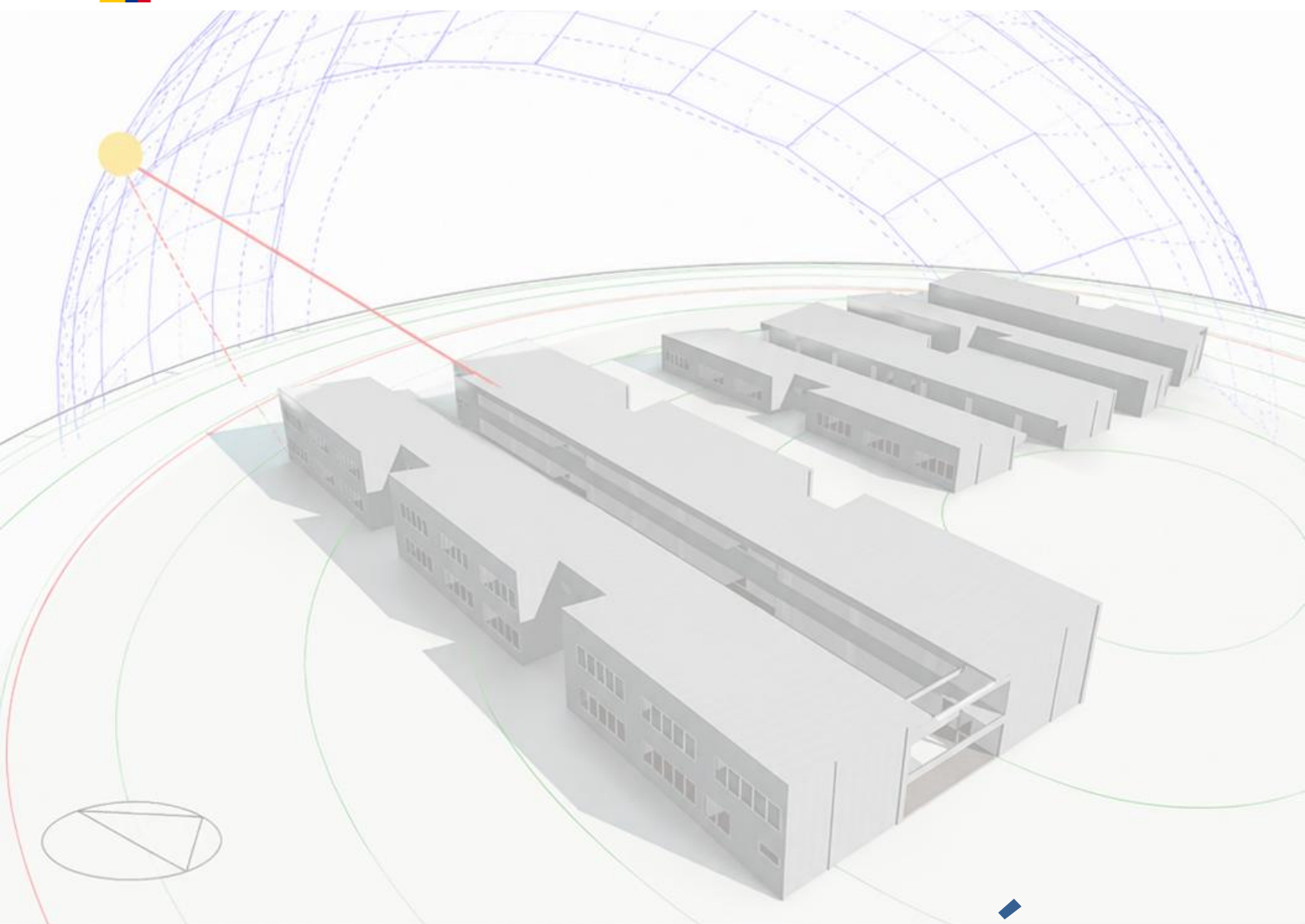
- Objetivo: Atenuar el riesgo de deslumbramiento directo y contraste excesivo en los puestos de estudio cercanos a los vanos, además de reducir drásticamente la ganancia de calor por radiación infrarroja (factor solar / SHGC).
- Especificación recomendada: Películas de control solar con alta transmisión de luz visible (VLT ~ 40% - 50%) y bajo coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC < 0.35). Esto permite conservar una iluminación natural adecuada dentro del rango confortable (300 - 2000 luxes) eliminando el deslumbramiento y disminuyendo la carga térmica en el clima cálido-húmedo de Santa Marta.

Redistribución de Luz con estanterías de luz en bloques C y D:

- Instalar repisas reflectoras superiores en las ventanas de los Bloques C y D. Esto rebotará la luz diurna hacia el cielo raso para proyectarla hacia la franja del fondo (donde el UDI cae a 25% - 50%), homogenizando los niveles de iluminación en toda el aula.

Estrategia de Acabados Interiores (Albedo):

- En las zonas de menor UDI de los Bloques C y D, aplicar acabados de alta reflectancia (0.7) en paredes de fondo y cielorrasos para maximizar la reflexión difusa de la luz.

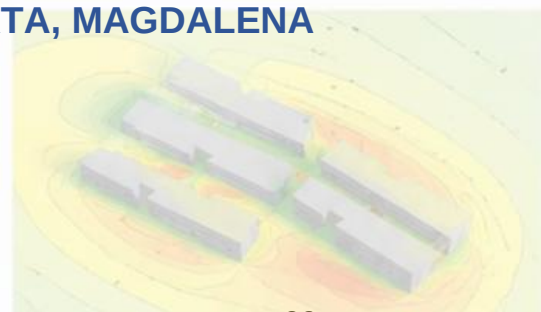
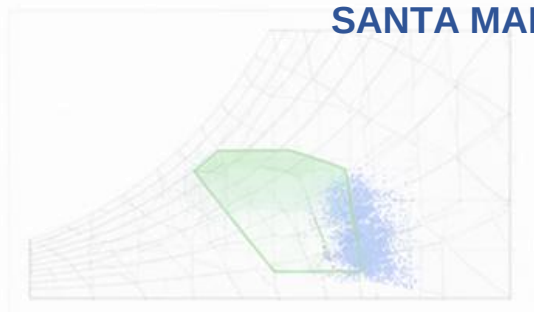
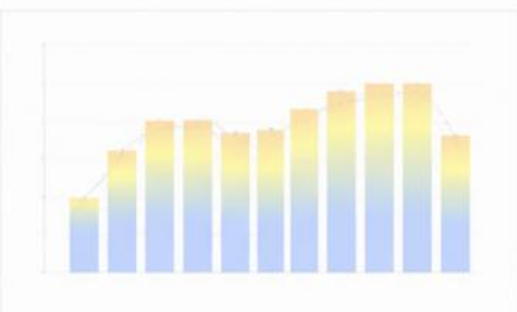


COMPROBACIÓN

Simulación BALANCE TERMICO

INSTITUCION UNIVERSITARIA DE SANTA MARTA

SANTA MARTA, MAGDALENA



8. SIMULACION TERMICA

8.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE BALANCE TÉRMICO.

Se analizaron los resultados anuales de las aulas y baños identificando las zonas críticas que presentan condiciones más desfavorables de confort. Siguiendo con lo anterior se analizaron los resultados de ganancias internas, ganancias solares y ganancias y pérdidas de los cerramientos, temperatura radiante interior, temperatura del aire exterior e interior y la temperatura operativa (promedio entre la temperatura del aire y la radiante). Se analizan además los índices de confort calculados con PMV Fanger, el cual es un índice estadístico de una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano. Este índice de confort toma en cuenta los siguientes parámetros: Aislamiento de la ropa, tasa metabólica y características del ambiente como temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad relativas del aire.



Ventanas: Se utilizó un sistema de ventanas con un vidrio laminado 3+3mm con las siguientes características: SHGC 0.57; LT 0.49; Valor U de 3,14. El porcentaje del área de aperturas del acristalamiento fue de 50%.

Sistemas HVAC: Se empleó la plantilla *Natural ventilation* no heating/cooling_USM con sistema de refrigeración activa para los espacios misionales que contaran con HVAC. Se contemplan sistemas de climatización activa con el fin de comparar el ahorro energético alcanzado con y sin estrategias pasivas de climatización. La ventilación natural es activada con una programación y modo de control constante. Las renovaciones de aire las calcula el programa.

Parámetros estándar para la simulación

A continuación, se presentan los parámetros estándar de información que se utilizaron en todos los modelos y las simulaciones.

8.2. OPCIONES DE MODELO

En las opciones del modelo se definen los criterios de cálculo que va a utilizar el programa para las simulaciones. A continuación, las opciones más significativas:

- *Radiación solar:* Se hace el cálculo de la radiación solar con la opción completa exterior. Esto quiere decir que se van a considerar las obstrucciones solares exteriores, como las protecciones solares. Se considera que toda la radiación solar incide en el piso y se distribuye uniformemente en todas las superficies.
- *Ventilación natural calculada y mecánica:* La ventilación natural y la infiltración se calculan con base en las dimensiones de las aberturas y las grietas, el efecto chimenea y la presión del viento. La velocidad del viento y su dirección se toman del archivo de clima de simulación.
- *Resultados de simulación:* Los resultados de simulación son: transferencia de calor en superficies, ganancias internas y solares, temperaturas interiores (de bulbo seco, radiante y operativa), datos del sitio (temperatura de bulbo seco y humedad relativa y PMV Fanger).

DATOS DEL MODELO

Es la información de las características generales del proyecto como: Actividad, Iluminación y ventilación natural. Se utilizaron en su mayoría plantillas de información que incorporan el software en su base de datos. Solo se hicieron adecuaciones a estas plantillas en casos específicos para mejorar la compatibilidad con el proyecto.

- **Actividad.** Se utiliza una plantilla estándar de actividad según los usos de las zonas térmicas del USM.

Office and consulting áreas USM: Contempla la actividad estándar de consultorios médicos. Con una densidad de ocupación de 0.082 persona/m² y un horario de uso de 07:00 – 24:00 Hrs de lunes a domingos. Con ganancias por equipos eléctricos. Requerimientos mínimos de iluminancia 500 Lux.

- **Cerramientos:** La plantilla que se seleccionó incorpora datos de un sistema constructivo con aislamiento en las cubiertas (teja arquitectónica UPVC color blanco). Asimismo, se utilizó en la mampostería Bloques de concreto vibropresado. Las características de cada tipo de cerramientos son las presentadas en el título de la siguiente página correspondiente a la definición de la envolvente y sistemas constructivos recomendados.

Edificio 1

Actividad **Cerramientos** Aberturas Iluminación HVAC Generación Misceláneos CFD

Plantilla de Cerramientos

Plantilla UNIVERSIDAD SANTAN MARTA

Cerramientos

Muros exteriores MURO BLOQUE VIBROPRESADO
Muros subterráneos Muro subterráneo del proyecto
Cubiertas planas Cubierta plana del proyecto
Cubiertas inclinadas (con ocupación) LAMINA ARQUITECTONICA
Cubiertas inclinadas (sin ocupación) Cubierta inclinada desocupada del proyecto
Particiones Partición del proyecto

Semi-Expuestos

Muros semi-expuestos Muro semi-expuesto del proyecto
Techos semi-expuestos Techo semi-expuesto del proyecto
Suelos semi-expuestos Suelo semi-expuesto del proyecto

Suelos

Suelos sobre terreno Suelo sobre terreno del proyecto
Suelos exteriores Suelo exterior del proyecto
Suelos interiores Suelo interior del proyecto

Sub-superficies

Masa Térmica Interna

Bloques de Componente

Geometría, Areas y Volúmenes

Convección Superficial

Puentes Térmicos Lineales

Estanqueidad al aire

☐ Modelar infiltración

Coste

Plantilla de Acristalamiento

Plantilla Plantilla de acristalamiento del proyecto

Ventanas Exteriores

Tipo de acristalamiento Acristalamiento exterior del proyecto

Distribución de acristalamiento Preferred height 1.5m, 30% glazed

Dimensiones

Tipo 3-Acristalamiento no continuo (altura preferente)

Porcentaje de acristalamiento (%) 30.00

Altura de ventanas (m) 1.50

Espaciamiento de ventanas (m) 5.00

Altura del alféizar (m) 0.80

Profundidad de retranqueo exterior (m) 0.000

Marco y Divisores

Sombreado

Ventanas con cámara ventilada

Funcionamiento

Apertura para ventilación

Posición de apertura 3-Derecha

Porcentaje de área de apertura 50.0

Coefficiente de descarga 0.6500

Ventanas Interiores

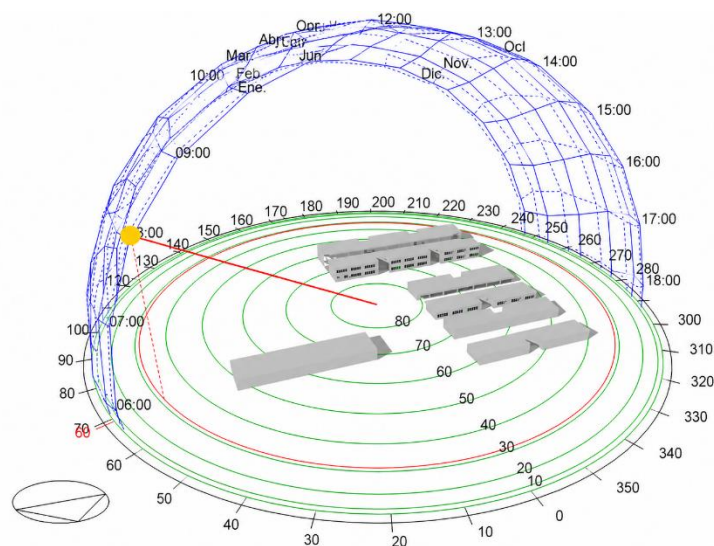
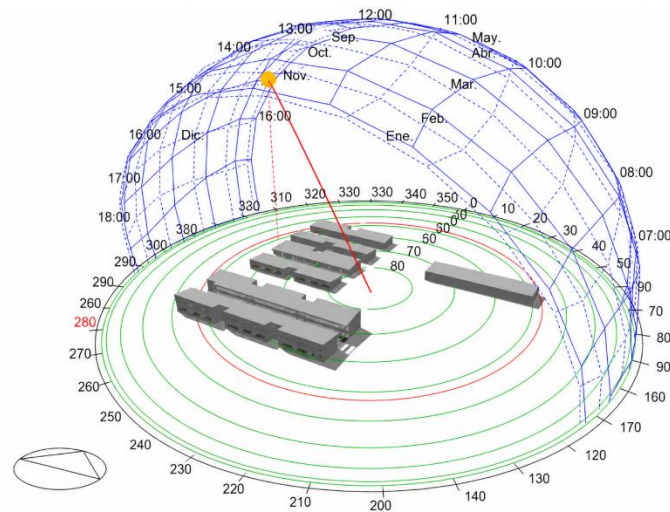
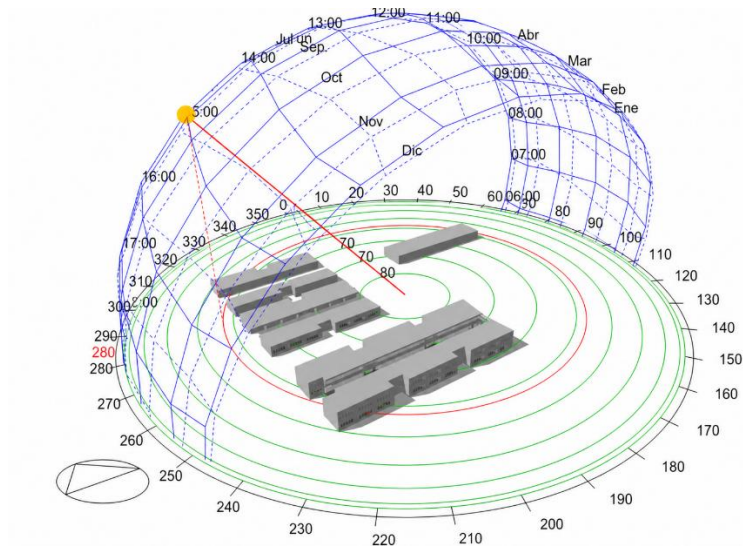
Ventanas en cubierta / Lucernarios

Puertas

Rejillas

Plantillas de configuración para simulación balance térmico

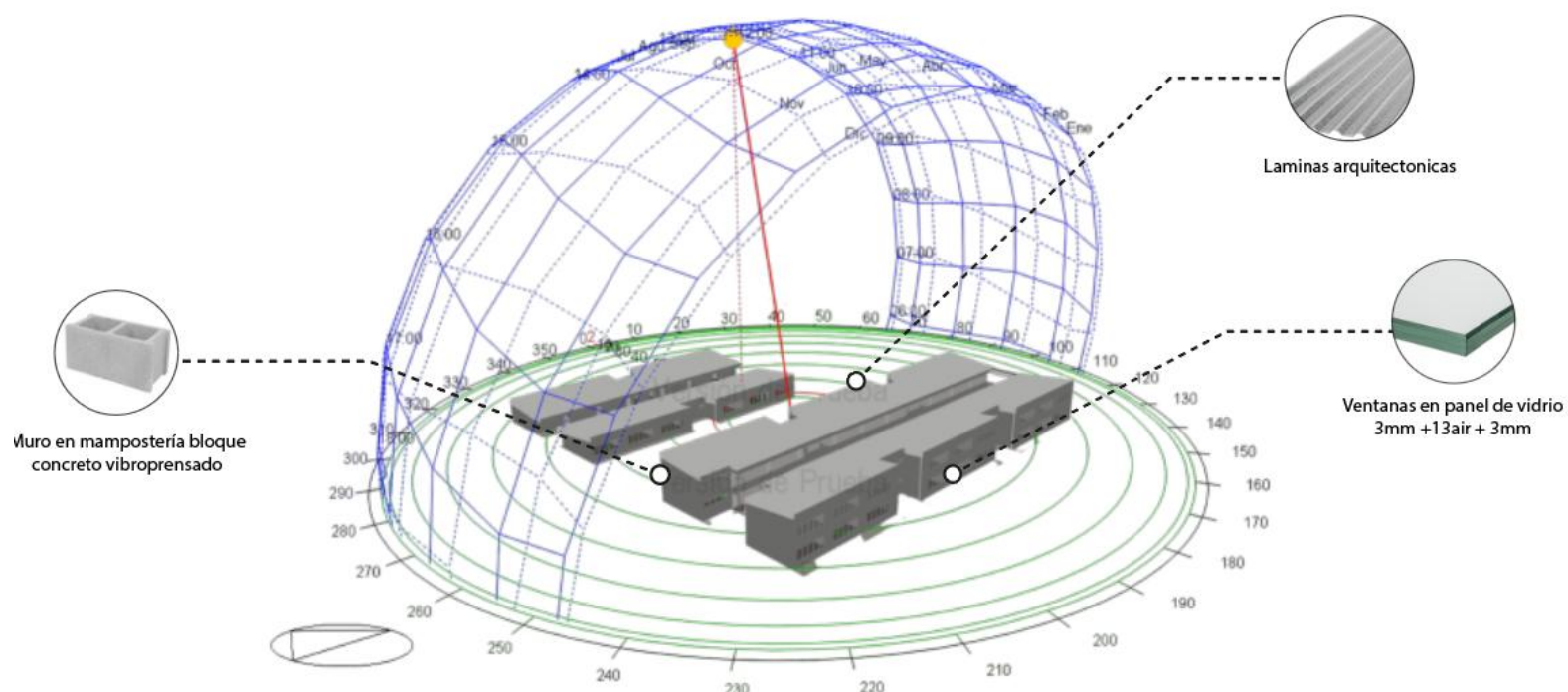
INSTITUCION UNIVERSITARIA DE SANTA MARTA



8.3. DISEÑO DE LA ENVOLVENTE

SISTEMA CONSTRUCTIVO Y MATERIALIDAD DE LA ENVOLVENTE					
Superficie exterior  150.00mm Concrete Block (Medium) Superficie interior		Superficie exterior  25.00mm Metal deck Superficie interior		Superficie interior  20.00mm Ceramic/porcelain 25.00mm Cement/grout/slabs + cement Superficie exterior	
MUROS		CUBIERTA INCLINADA		PISOS	
Valor U		Valor U		Valor U	
2,155 W/m ² C°		0,296 W/m ² C°		3,124 W/m ² C°	
Composición: 12cm bloque cemento vibroprensado		Composición: 25cm laminal metal deck		Composición: 2,5cm cerámica porcelanato 2cm afinado y nivelación	
Superficie exterior  5.00mm Aluminum Superficie interior		Superficie exterior  3 mm Glass 13 mm Air 3 mm Glass Superficie interior		Superficie exterior  5.00mm Aluminum Superficie interior	
MARCOS VENTANAS		VIDRIO		PUERTAS Y MARCOS	
Valor U		Valor U	LT	SHCG	Valor U
5,881 W/m ² C°		1,960 W/m ² C°	0,49	0,69	5,881 W/m ² C°
Composición: 0,5cm aluminio		Composición: 0,3 cm de vidrio 0,13 cm aire 0,3 cm de vidrio		Composición: 0,5cm aluminio	

Tabla de materiales y envolvente arquitectónica del proyecto base.



8.4. RESULTADOS DE CONFORT TÉRMICO ANUAL DEL ESCENARIO BASE: TOMANDO COMO REFERENCIA EL BLOQUE C

Se procede a realizar el análisis térmico tanto del bloque completo de aulas, como de un aula tipo con el propósito de analizar los resultados y realizar la propuesta de optimización del balance térmico interior.

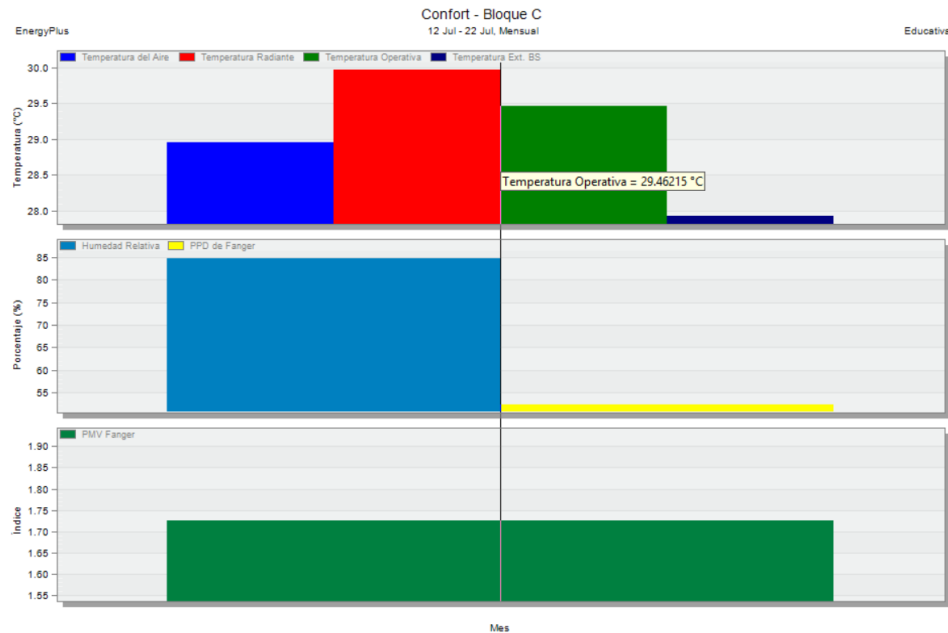
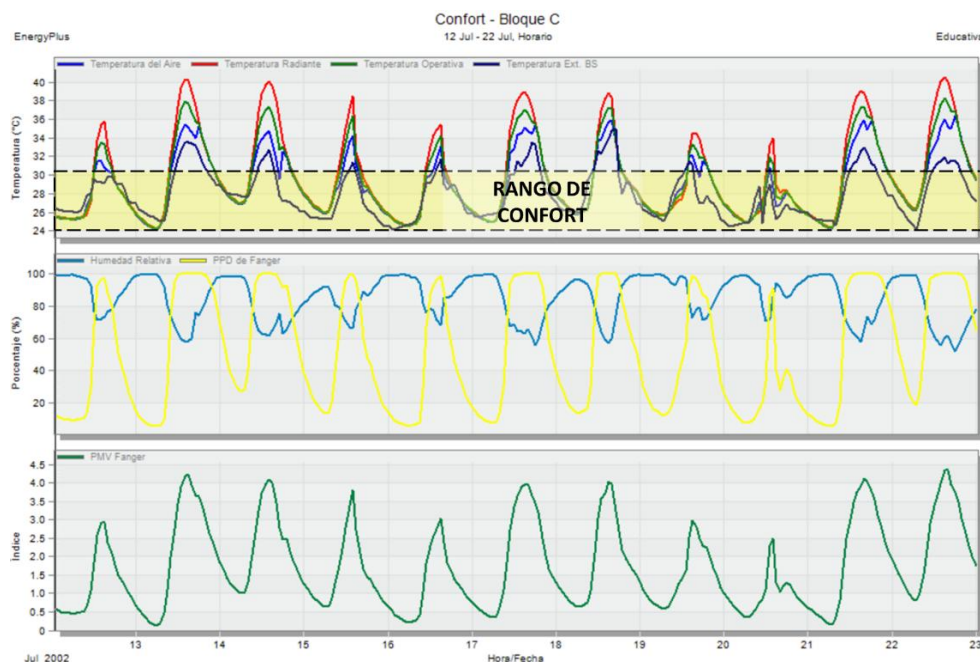


Gráfico de la simulación de balance térmico mensual realizado registrando los resultados de confort bajo la metodología PMV y PPD de Fanger.



8.5.RESULTADOS DE CONFORT TERMICO ANUAL EN AULA TIPICA

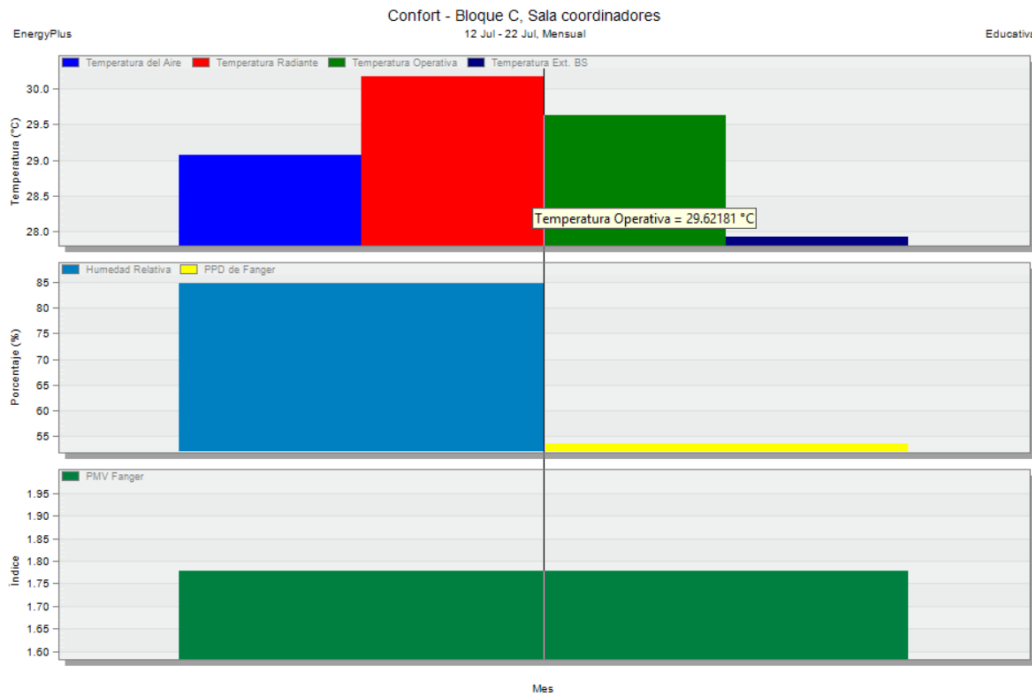


Gráfico de la simulación de balance térmico mensual realizado registrando los resultados de confort bajo la metodología PMV y PPD de Fanger.

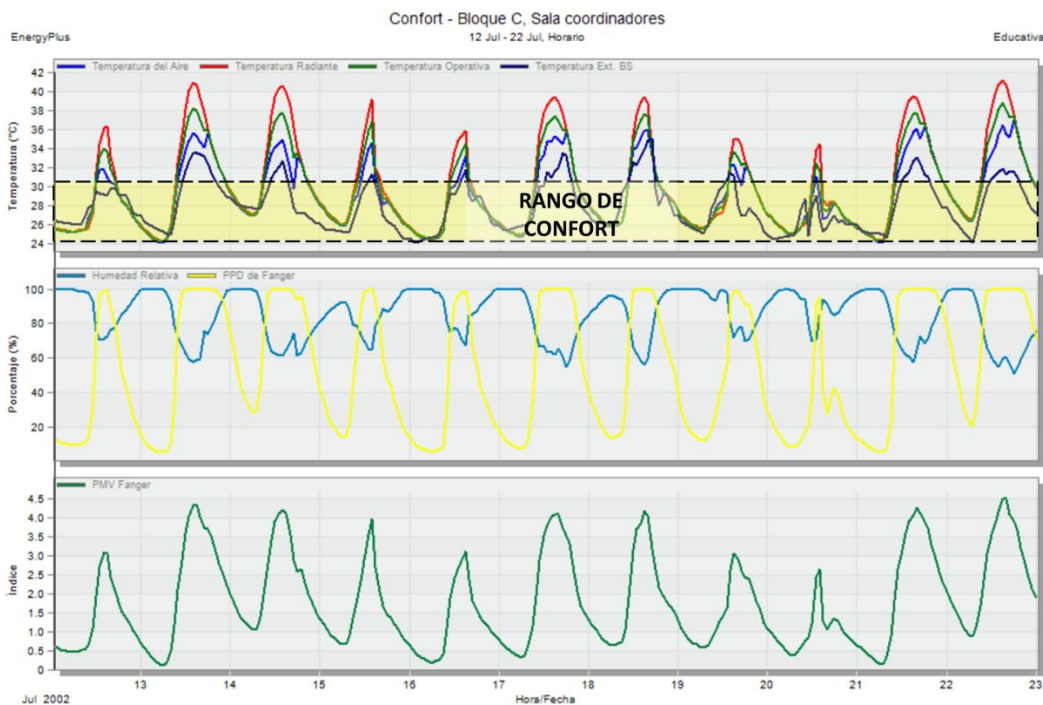


Gráfico de la simulación de balance térmico horario realizado registrando los resultados de confort bajo la metodología PMV y PPD de Fanger.

8.6. RESULTADOS DE CONFORT TÉRMICO ANUAL ESCENARIO OPTIMIZADO TOMANDO COMO REFERENCIA EL BLOQUE C

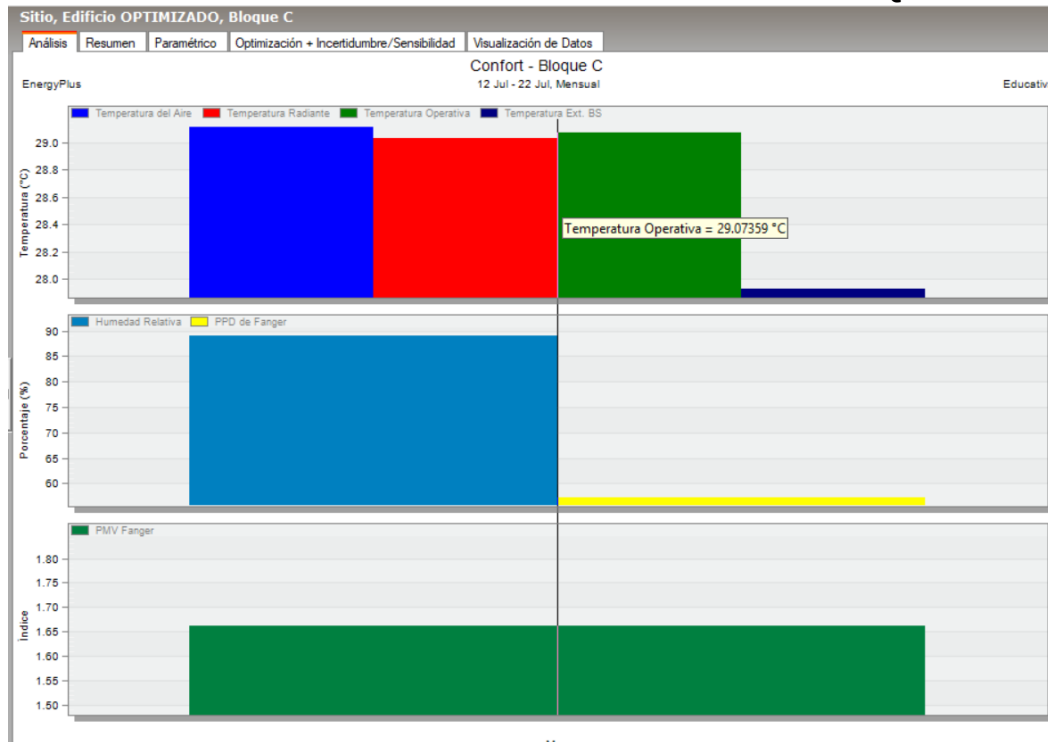
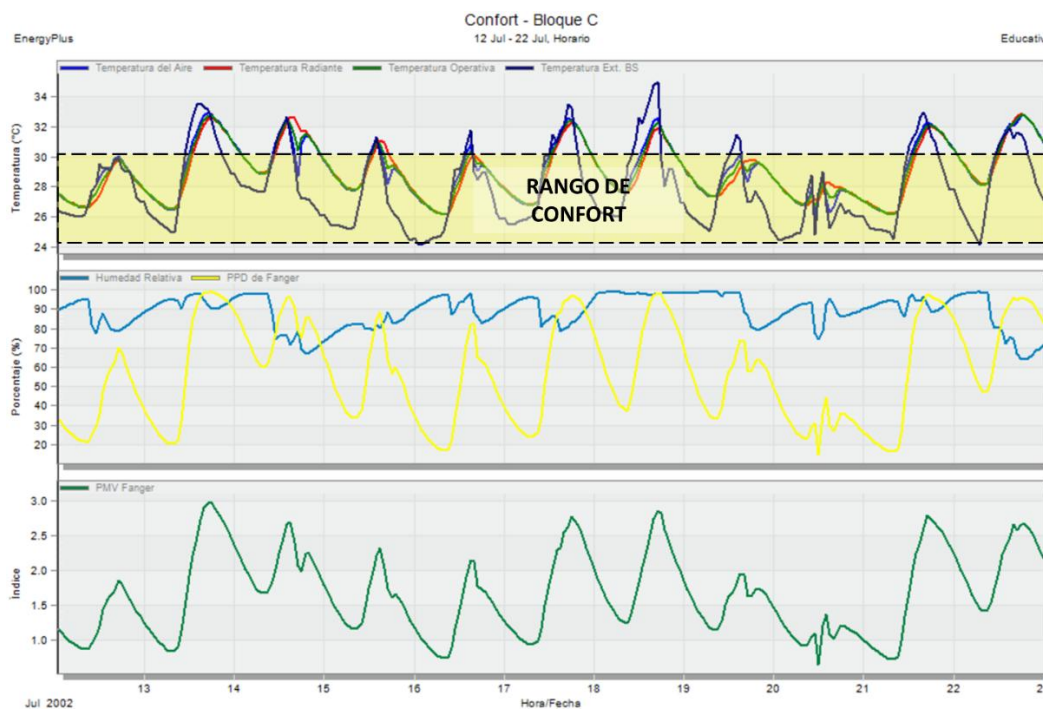


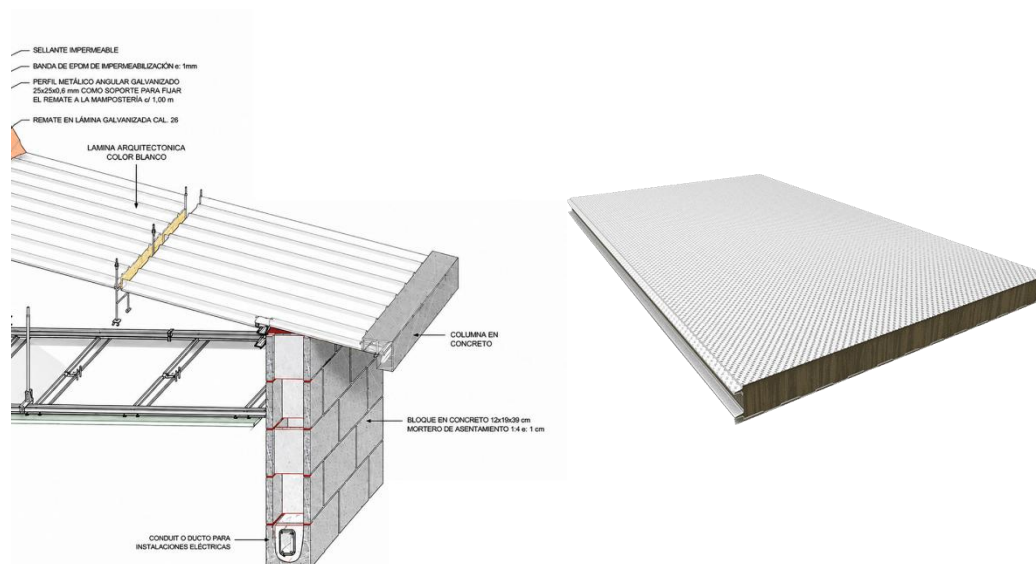
Gráfico de la simulación de balance térmico mensual realizado registrando los resultados de confort bajo la metodología PMV y PPD de Fanger.



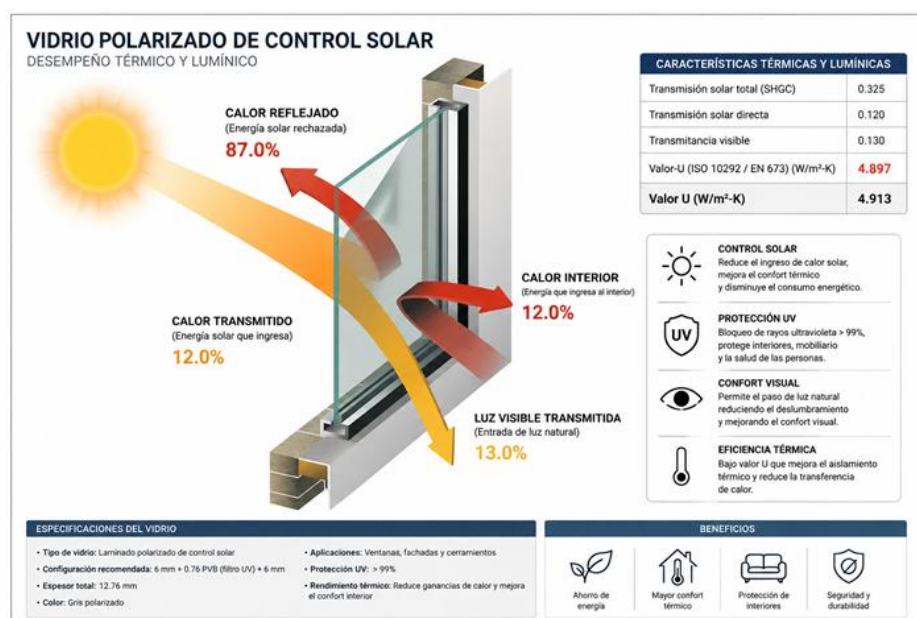
Análisis de la temperatura operativa BLOQUE C

8.7. RESULTADOS DE CONFORT TÉRMICO ANUAL ESCENARIO OPTIMIZADO TOMANDO COMO REFERENCIA UN AULA TÍPICA DEL BLOQUE C

En este escenario se plantea la implementación de cielorraso, debido a que a través de los análisis desarrollados se evidencia una alta ganancia térmica por la cubierta, lo que se pretende es lograr disminuir el tiempo de transmisión de calor disminuyendo la transmitancia del sistema constructivo de la cubierta añadiendo un aislante natural como lo es el aire y luego un cielorraso tipo panel termoacústico en fibra mineral de lana de roca como referencia.



Detalle constructivo ilustrativo de la propuesta para cielorraso, elaboración propia.



Detalle constructivo ilustrativo de la propuesta los vidrios de la ventanería, elaboración propia.

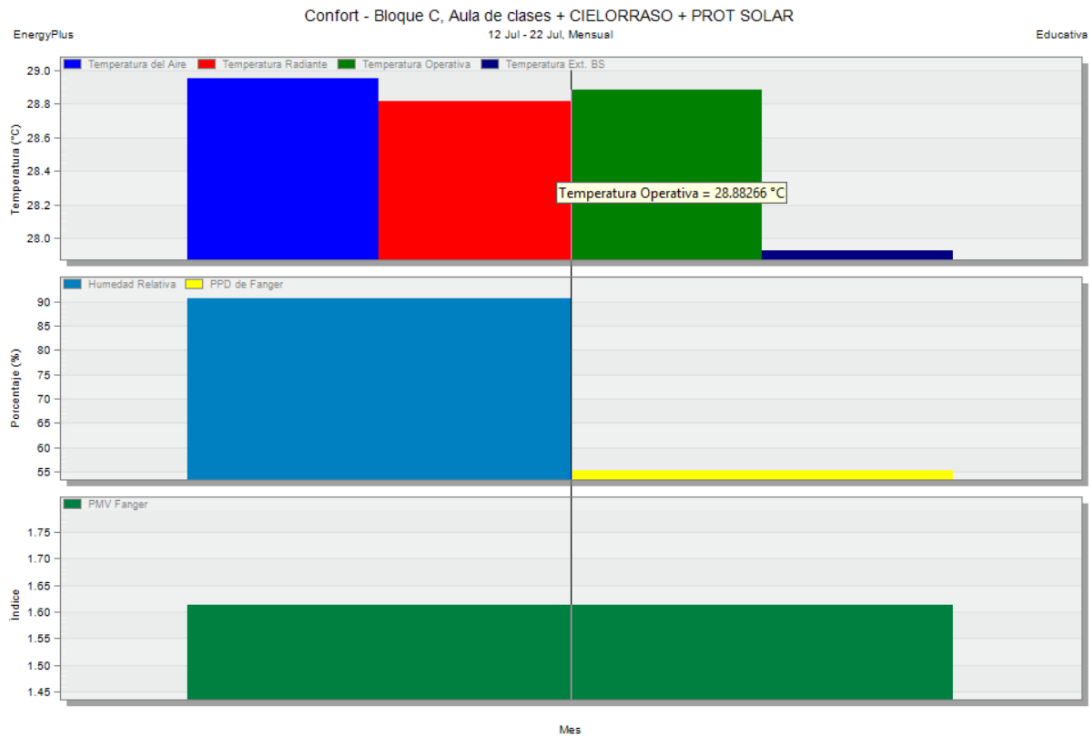


Gráfico de la simulación de balance térmico mensual realizado registrando los resultados de confort bajo la metodología PMV y PPD de Fanger.

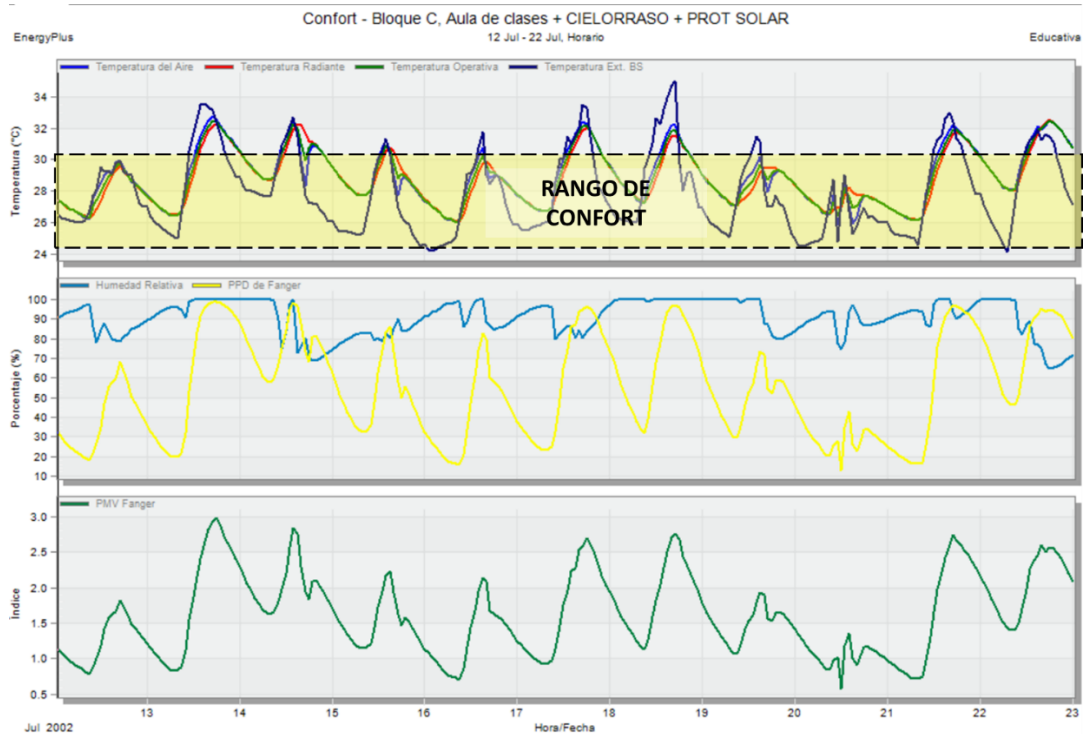


Gráfico de la simulación de balance térmico horario realizado registrando los resultados de confort bajo la metodología PMV y PPD de Fanger.

8.8. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN DE BALANCE TÉRMICO.

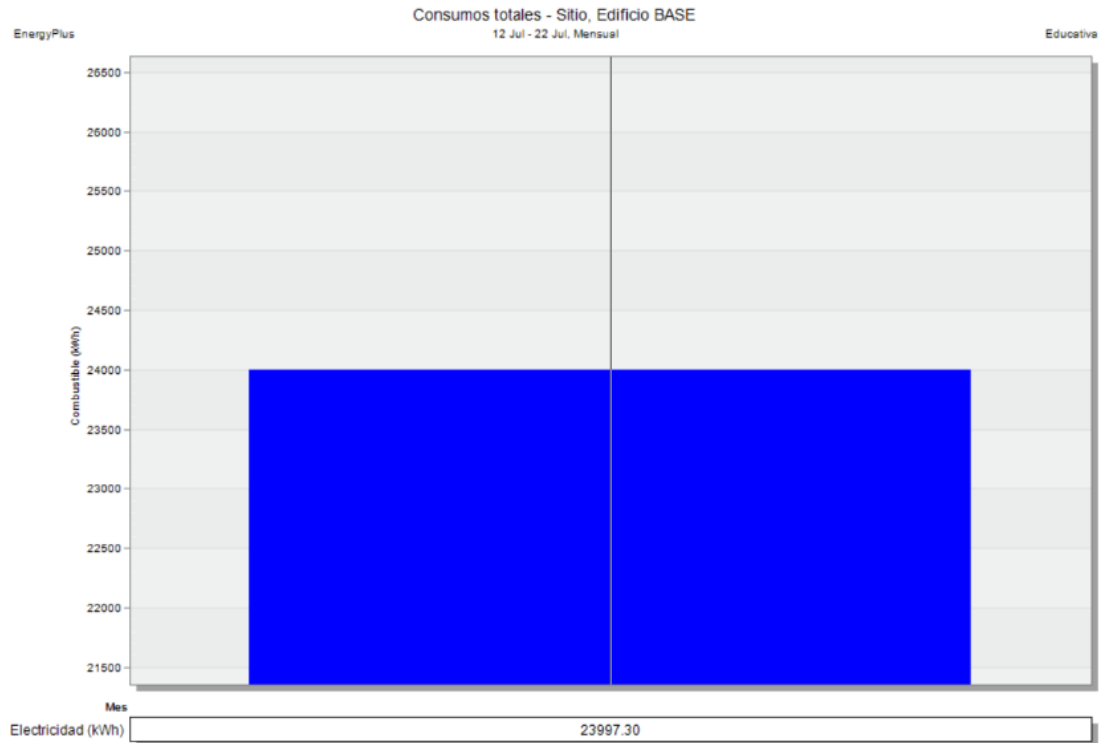
Escenario	Zona analizada	Medida aplicada	T° Operativa (°C)
Base	Bloque C (edificio completo)	Ninguna (línea base)	29.46
Optimizado	Bloque C (edificio completo)	Cielorraso (aire + lana de roca)	29.07
Base	Aula típica ("Sala coordinadores")	Ninguna (línea base)	29.62
Optimizado	Aula de clases (aula típica)	Cielorraso + Protección Solar	28.88

Nivel de análisis	T° Base (°C)	T° Optimizada (°C)	Δ Temperatura (°C)	% Disminución
Bloque C (general)	29.46	29.07	-0.39	-1.32 %
Aula tipo (específica)	29.62	28.88	-0.74	-2.50 %
Promedio combinado	—	—	—	-1.91 %

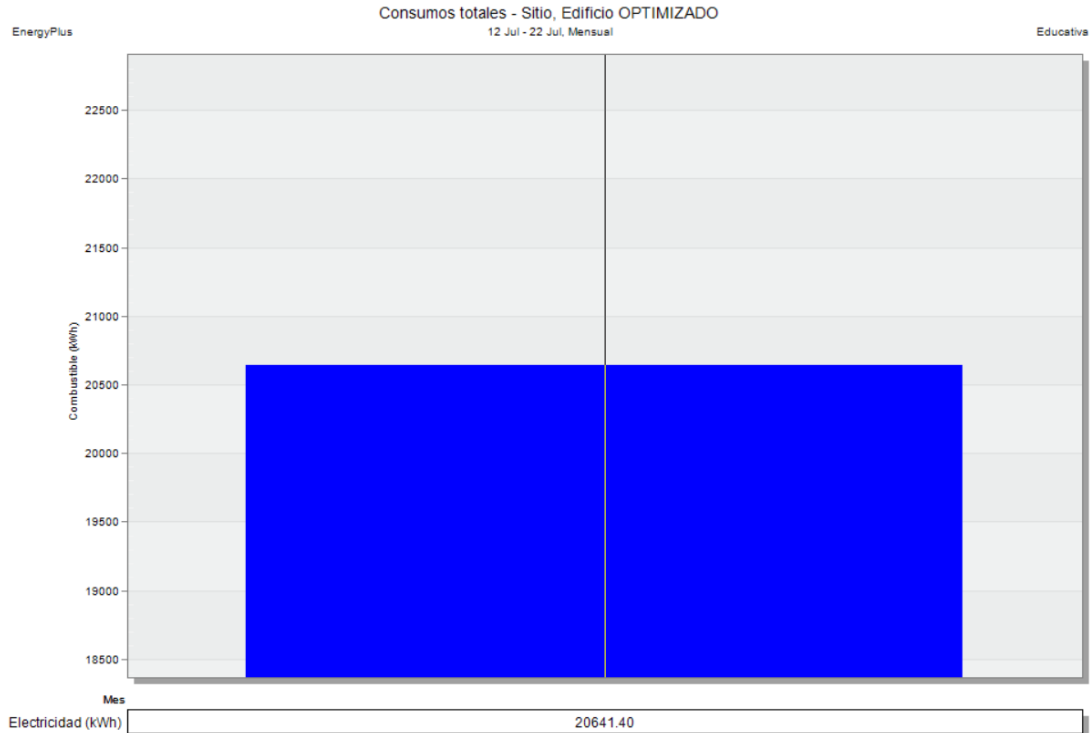
- **Nivel edificio (Bloque C completo):** la reducción de 0.39 °C representa una mejora del 1.32 % en la temperatura operativa promedio anual, atribuible únicamente a la implementación del cielorraso en cubierta.
- **Nivel aula individual:** la reducción es más pronunciada, 2.50 % (0.74 °C), al combinarse dos medidas simultáneas — cielorraso y protección solar — lo que confirma que las estrategias combinadas de envolvente y control solar son más efectivas que la intervención aislada en cubierta.
- **Relación de efectividad:** la intervención a escala de aula individual resulta aproximadamente 1.9 veces más efectiva, en términos porcentuales, que la intervención generalizada al bloque completo. Aparentemente estos resultados no representan una gran disminución en términos numéricos y de proporción, pero realmente representan un gran avance en el ejercicio de optimización de la propuesta de adecuación, lo cual en términos de consumo energético tendrá un gran valor técnico, térmico y económico.

8.9. CONSUMOS TOTALES DE ENERGIA BLOQUES C, D Y G INSTITUCION UNIVERSITARIA DE SANTA MARTA

El presente informe compara el consumo eléctrico total del Bloque C entre el escenario base (condición constructiva actual) y el escenario optimizado, en el cual se implementaron las medidas de cielorraso (cámara de aire + panel termoacústico en fibra mineral de lana de roca). El propósito es cuantificar el ahorro energético derivado de dichas intervenciones y contrastarlo con los resultados de confort térmico obtenidos previamente.



Resultado de consumos totales de energía Escenario Base (sin estrategias pasivas aplicadas) para refrigeración de los bloques C, D y G.



Resultado de consumos totales de energía Escenario Optimizado (con estrategias pasivas aplicadas) para refrigeración de los bloques C, D y G

La siguiente tabla resume el consumo eléctrico total reportado por EnergyPlus para cada escenario, correspondiente al período de análisis (12–22 de julio, horario educativo):

Escenario	Medida aplicada	Consumo eléctrico (kWh)
Base	Ninguna (línea base)	23,997.30
Optimizado	Cielorraso + película control de rayos UV en ventanería	20,641.40

Tabla de Consumo eléctrico total por escenario simulado (EnergyPlus)

Indicador	Base	Optimizado	% Reducción
Consumo eléctrico (kWh)	23,997.30	20,641.40	-13.98 %
Ahorro absoluto (kWh)	—	3,355.90	—

Tabla de Ahorro energético del escenario optimizado respecto al escenario base.

8.9.1. CONSUMO ELECTRICO TOTAL PARA REFRIGERACION BLOQUES C, D Y G.

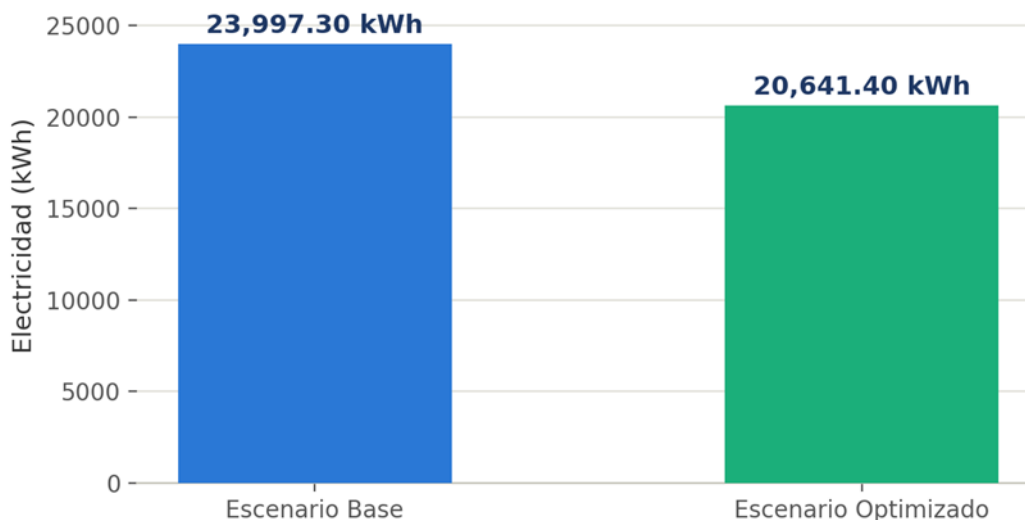


Gráfico consumo eléctrico total, Escenario base vs Escenario optimizado.

Indicador	Escenario base	% Reducción (Optimizado)
Temperatura operativa — Bloque C	29.46 °C	-1.32 %
Temperatura operativa — Aula tipo	29.62 °C	-2.50 %
Consumo energético — Bloque C	23,997.30 kWh	-13.98 %

Tabla comparación porcentual de mejora entre los tres indicadores evaluados.

8.10. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir de la simulación térmica resultan favorables, evidenciando que la totalidad de los espacios analizados se mantienen dentro del rango de confort térmico para los usuarios durante las condiciones evaluadas. Este comportamiento era esperable considerando las características climáticas del lugar, donde predominan temperaturas elevadas y altos niveles de humedad propios de un clima cálido. Asimismo, se tuvo en cuenta la ocupación de los espacios y las cargas internas generadas por los usuarios y equipos, factores que influyen directamente en el desempeño térmico de la edificación.

En el desarrollo de la simulación se priorizó el uso de materiales de las edificaciones en su estado actual, con el objetivo de reducir la huella de carbono asociada al transporte de insumos y promover soluciones constructivas coherentes con el contexto local. De igual manera, se seleccionaron elementos constructivos con propiedades adecuadas de aislamiento térmico que contribuyen a mejorar el comportamiento energético del edificio y a disminuir las ganancias de calor hacia el interior.

Entre los sistemas constructivos considerados se destaca el uso de cubierta cielorraso como una cámara de aire, la cual incorpora una capa aislante que reduce significativamente la transmisión de calor proveniente de la radiación solar, uno de los factores de mayor incidencia en climas cálidos.

Por su parte, en los vanos se propone la implementación de una película de control de rayos UV con el propósito de reducir el efecto de deslumbramiento y la incomodidad que puede generar la radiación solar directa, se recomienda el uso de manera complementaria de luz led para mantener los niveles de iluminancia recomendados por la norma técnica colombiana RETILAP. En conjunto, estas estrategias constructivas, sumadas a la adecuada orientación con la que ya cuentan los edificios y cada uno de los espacios permiten tener condiciones ambientales controladas, un mejor nivel de confort higrotérmico, permiten optimizar el desempeño energético del edificio y asegurar condiciones adecuadas de confort para los usuarios.

Se recomienda la implementación de un sistema de climatización mecánica tipo aire acondicionado como complemento a las estrategias pasivas planteadas en el presente informe. Esta recomendación obedece a que, durante los períodos de mayor severidad climática, las temperaturas exteriores pueden superar ampliamente los límites superiores del rango de confort, especialmente en las épocas más cálidas del año y durante los episodios de baja velocidad del viento o condiciones de calma atmosférica, reduciendo significativamente la eficacia de la ventilación natural.

Adicionalmente, las cargas térmicas internas generadas por la ocupación, los equipos y la iluminación, sumadas a las ganancias de calor por transmisión a través de la envolvente y la radiación solar incidente, pueden ocasionar condiciones de sobrecalentamiento que comprometan el confort termofisiológico de los ocupantes y el adecuado desarrollo de las actividades académicas. En este contexto, el sistema de aire acondicionado permitirá mantener las condiciones ambientales dentro de los rangos de confort establecidos para el proyecto, garantizando niveles adecuados de temperatura, humedad relativa y calidad del aire interior durante los períodos críticos de operación.



Arq. Manuel Ramon Guzmán Sierra

M.P. A6192017-1102824353

C.C. 1102824353 de Sincelejo

9. ANEXOS

CÁLCULO VELOCIDAD VIENTO INTERIOR NECESARIA PARA RESTABLECER SENSACIÓN DE CONFORT

$$V = 0.15 * (34 - 28.3) + 0.56(78 - 60) / 10 = 1.86 \text{ m/s}$$

Aplicando la fórmula de MacFarlane para ventilación se obtiene que la efectividad de la ventilación a 1.5 m/s es de 4.77 K por arriba del límite de confort. Sin embargo S. Szokolay menciona que "el movimiento del aire sobre la superficie de cuerpo tiene un efecto de enfriamiento aún cuando el aire sea más caliente que la piel, debido a la aceleración de la evaporación del sudor y difusión de la humedad"¹³. Así mismo establece que el efecto de enfriamiento del viento se puede definir mediante:

$$dT = 6 * (v - 0.2) - (v - 0.2)^2$$

Por lo que la efectividad de la ventilación para 1.5 m/s es de 6.1 K, valor que debe ser agregado al límite superior de la zona de confort al 50% de HR.

$$L_{v(50\%)} = ZC_{max} + 6.1$$

donde:

$L_{v(50\%)}$ = Temperatura límite de efectividad de ventilación (1.5 m/s) a 50% de HR (°C) = *ET límite

Para definir el límite de la estrategia de ventilación en la carta psicrométrica (para humedades superiores al 50%), Szokolay toma como máximo la velocidad del viento de 1.5 m/s. Este límite se ubica sobre la misma línea, y pendiente, de la Nueva Temperatura Efectiva (*ET), correspondiente a la temperatura encontrada al sumar 6.1 a la temperatura máxima de confort, sobre la curva de 50% de HR.

Para definir la línea de Temperatura Efectiva (*ET), Szokolay propone seguir el siguiente procedimiento: La Temperatura Efectiva (*ET), coincide con la Temperatura de Bulbo Seco (TBS) en la línea de 50% HR. La línea de *ET tendrá una pendiente (inclinación) específica de acuerdo a la temperatura que se trate, e intersectará a la línea base de la carta psicrométrica ($HA = 0 \text{ g/kg}$) en el punto correspondiente a la temperatura TBS resultante de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$dT = 0.023 * (T - 14) * HA_{(50\%)}$$

donde:

T = Temperatura (°C)

HA = Humedad absoluta para T y 50% de HR. (g/Kg)

De tal forma el punto de intersección será igual a:
punto de intersección = T + dT

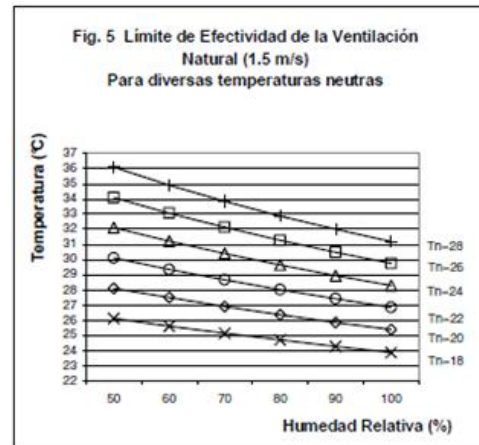
La línea límite de la efectividad de ventilación a 1.5 m/s seguirá la misma pendiente de *ET cuando la HR es mayor a 50% pero para HR menores la pendiente cambia. Esta línea se obtiene uniendo el punto $L_{v(50\%)}$ con el punto de intersección T + 0.5 dT. La efectividad de la ventilación queda limitada en $HA = 4 \text{ g/kg}$ y en la curva de 90% de HR.

La figura 5 muestra los límites de efectividad de la ventilación a 1.5 m/s para distintas Temperaturas Neutras (Tn), según la fórmula de Aulicim, y de acuerdo a los criterios establecidos por Szokolay de utilizar la línea *ET para humedades relativas mayores a 50%. La temperatura límite (TL) para 1.5 m/s en función de HR se puede obtener mediante¹⁴:

$$TL = (((0.00000099722 \text{ HR}^2) - (12.1994 + Tn) (0.8844 + Tn)) - (0.00017506 \text{ HR} (-9.74621 + Tn) (24.04072 + Tn)) + (0.0062146654 (5.4209 + Tn) (180.36666 + Tn)))$$

¹³ Docherty and Szokolay. Climate Analysis. PLEA – The University of Queensland. Dept. of Architecture, Queensland. Australia. 1999 p35

¹⁴ Fórmula desarrollada por Víctor Fuentes Freixanet para este trabajo



Tomado del artículo de investigación *EL EFECTO DE LA VENTILACIÓN EN LA SENSACIÓN DE CONFORT* de los autores Víctor Armando Fuentes Freixanet y Manuel Rodríguez Viqueira.

En conclusión, el artículo citado responde a la pregunta sobre la utilidad de la ventilación mecánica. Se evidencia en la figura 5, del artículo citado. La ventilación mecánica tiene un punto límite de efectividad, cuando en el espacio se supere los 34° de temperatura, ya no serán efectivos o suficientes y se pasa a depender de un sistema mecánico de climatización como lo es el aire acondicionado. Se anexa además lo citado por el estándar ASHRAE 55, que apoya lo afirmado en este párrafo. Cuando la temperatura operativa del aire supere 32°-34° la ventilación mecánica o natural no tendrá ningún efecto sobre la sensación de confort de los ocupantes. El rango de confort llegara a su punto máximo, debido a que la temperatura de la piel es su límite (34°).

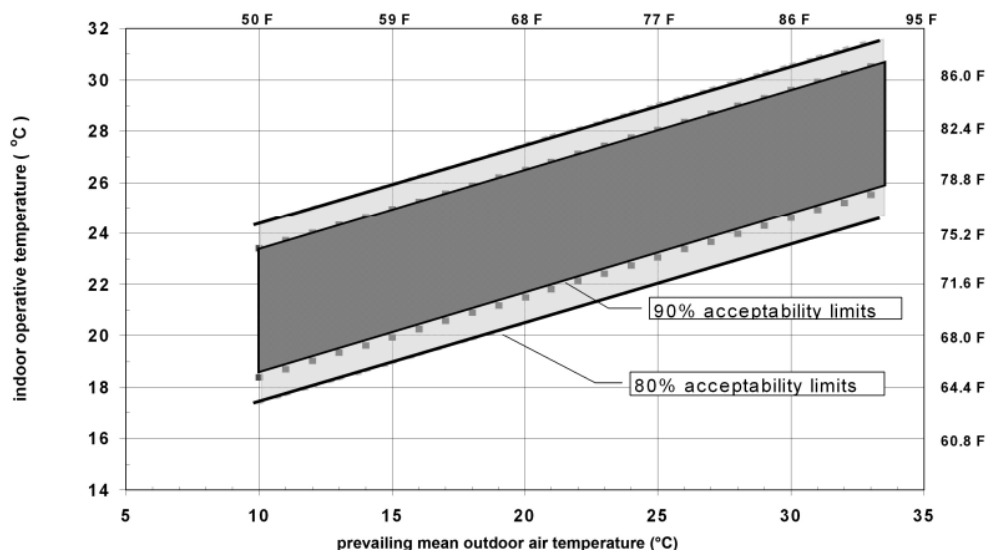


Figure 5.4.2 Acceptable operative temperature t_o ranges for naturally conditioned spaces.

ASHRAE Standart 55, efectividad de la ventilación en espacios interiores y exteriores.

Cuando la temperatura del aire se aproxime a los 34°C (temperatura promedio de la piel), la ventilación mecánica perderá su capacidad para ampliar el rango de confort térmico. En estas condiciones, será necesario recurrir al uso de aire acondicionado.

Según las simulaciones realizadas, el edificio está diseñado para filtrar y extraer el aire caliente de los espacios interiores de manera eficiente. La ventilación mecánica será un complemento efectivo únicamente bajo ciertas condiciones específicas, tales como:

- **Temperatura del aire:** Inferior a 34°C.
- **Velocidad del viento:** 1.86 m/s.
- **Humedad relativa:** 78%, como ocurre en el mes de abril, tomado como referencia para los cálculos.

En conclusión, la ventilación mecánica puede ser una herramienta útil, pero su eficacia depende estrictamente del cumplimiento de las condiciones mencionadas. Cuando estas no se alcancen, el sistema de aire acondicionado será indispensable para garantizar el confort térmico.

10. NORMATIVIDAD Y REFERENCIAS

Caracterización climática:

- Atlas climatológico de Colombia IDEAM
- Atlas de vientos de Colombia IDEAM
- Atlas de radiación solar ultravioleta y ozono de Colombia. IDEAM, UPME 2005.
- Normales climatológicas periodo 1990-2020 IDEAM
- Verificación de estaciones meteorológicas
<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Resolución 0194 de 2025 MinVivienda de Colombia.

Diagnostico Bioclimático:

- ASHRAE STANDART 55 <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>
- Tablas de cálculos de medias horarias: Gabriel Gómez Azpeitia
- Graficas bioclimáticas de Baruch Givoni

Análisis solar:

- Software AutoCAD Autodesk
- Software Forma Autodesk
- <https://andrewmarsh.com/software/sunpath3d-web/>

Ventilacion natural:

- Software de simulación Design Builder V 7.3.0.29
- Hoja de cálculo de ventilación natural desarrollada en el año 2013 por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet.
- ANSI ASHRAE 62.1
- NTC 5183, NTC 4595.

Iluminación Natural:

- Software de simulación: Design Builder V 7.3.0.29
- Norma técnica: RETILAP 2024

Simulación térmica:

- Software de simulación: Design Builder V 7.3.0.29

11. BIBLIOGRAFIA

ASHRAE Handbook of fundamentals. American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioned.

Victor Olgyay. **Arquitectura y Clima: *Manual de diseño Bioclimático***,
Rafael Serra Florensa - Helena Coch Roura. **Arquitectura y Energia Natural.**

Duffie, John. ***Solar engineering of thermal process.*** A Wiley-interscience Publication. 1980.

Gómez Azpeitia, Luis Gabriel. ***Metodología para el diseño bioclimático.*** Tesis de Grado. Facultad de Arquitectura, Universidad de Colima, edición particular, Colima, México, 1990

Koenisberger O.H., Ingersoll T.G., Mayhew A., & Szokolay S.V. ***Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales.*** Editorial Paraninfo. Madrid. 1977.

Olgyay & Olgyay. ***Solar control and shading devices.*** Bioclimatic approach to architectural regionalismo. Princeton University Press. Princeton New Jersey. 1957.

G&C Consultoría Bioclimática Colegio Sagrado Corazón. Gramalote, Colombia
Evaluación energética y recomendaciones bioclimáticas. 2014