



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA

Manual de Diseño-Mi Nueva Escuela

para Centros Educativos del sector público
del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología
Dirección de Infraestructura Educativa

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Gobierno de El Salvador
Edificios A, Plan Maestro, Centro de Gobierno, alameda Juan Pablo II
y calle Guadalupe, San Salvador, El Salvador, América Central
2022.

ANEXO 8

Bioclimatismo

The background features a collection of hexagons in various colors (cyan, yellow, red, purple, grey) and sizes. A large cyan hexagon is centrally located, with the text 'BIOCLIMATISMO' inside it. Other hexagons are scattered around it, some overlapping and some not.

BIOCLIMATISMO

INTRODUCCIÓN

La arquitectura tiene la capacidad de brindar un refugio a un usuario en específico. Un refugio es el principal instrumento que hace que los humanos no pongan un mayor esfuerzo mental y físico para estar en un estado de *comfort*. En nuestra vida cotidiana pasamos casi el 90% en edificios, desde nuestro hogar, en nuestra escuela/ trabajo, inclusive en nuestra recreación, la cual nos lleva a que el diseño tiene la responsabilidad de ser confortable y apropiado para cada fin, considerando las características generales del lugar y el uso específico del espacio.

La arquitectura bioclimática es el diseño que integra las condiciones climáticas de un lugar con una ubicación geográfica en específica. Agrupa información importante de la región como los principales elementos del clima: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, y por último la radiación solar. Esta información ayuda a proyectar un diseño que responda a las condiciones externas y beneficie y mejore las condiciones internas. Para tener un análisis holístico es importante considerar todas las ganancias internas de temperatura, es decir considerar la ocupación total interna, equipos eléctricos que generen calor, y para la arquitectura, es importante considerar exteriores e interiores y aperturas que tienen.

Considerar estos aspectos en un diseño con un fin educativo, tiene como finalidad mejorar la concentración y la productividad de los estudiantes como también así reducir gastos de mantenimiento y operación.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El territorio de El Salvador está ubicado en la zona tropical de América abarcando un área de 21,041 km². Se caracteriza por la mezcla de planicies, valles y cadenas de volcanes. Tiene una zona costera predominante hacia el océano pacífico la cual hace que el clima sea tropical, cálido y húmedo con temperaturas que varían entre los 18° y 33°.

A pesar de su territorio pequeño, El Salvador cuenta con variantes de clima por el relieve del territorio, el clima dependerá de la altura sobre el nivel del mar en donde se encuentre.



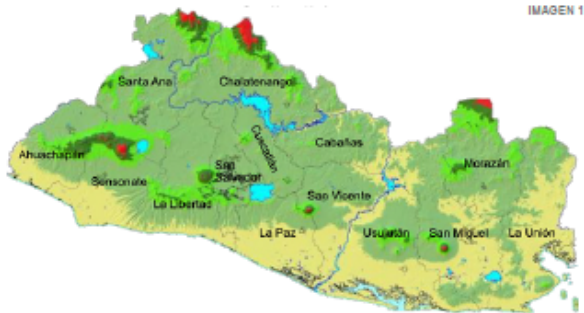
UBICACIÓN GEOGRÁFICA EL SALVADOR

ESTUDIO DE CONDICIONES CLIMÁTICAS

ZONAS CLIMÁTICAS EN EL SALVADOR.

En El Salvador existen 5 diferentes tipos de climas: la sabana tropical caliente abajo de 200 msnm; la sabana tropical caliente entre 200 y 800 msnm; la sabana tropical calurosa entre 800 y 1200 msnm; el clima tropical de altura entre 1200 y 1800msnm; y el clima tropical de altura entre 1800 y 2700 msnm.

El clima predominante es la sabana tropical caliente que se mantiene a una temperatura entre 22 y 28 grados Celsius.



MAPA CLIMAS DE EL SALVADOR

COLOR	TIPO DE CLIMA	NOMBRE ASIGNADO
AMARILLO	Sabana Tropical Caliente	<200 msnm
VERDE CLARO	Sabana Tropical Caliente	200 a 800 msnm
VERDE	Sabana Tropical Calurosa	800 a 1200 msnm
VERDE OSCURO	Clima Tropical de Altura	1200 a 1800 msnm
ROJO	Clima Tropical de Altura	1800 a 2700 msnm

TABLA 1 . TIPOS DE CLIMAS, ALTURAS Y TEMPERATURAS EN EL SALVADOR.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

La extensión territorial de El Salvador abarca poca área (m²) la cual se decidió zonificar los 19 departamentos del país en tres estaciones meteorológicas distintas.

La primera estación es la Zona Costera, la cual se usó como referencia las condiciones climáticas de Acajutla que abarca la zona costera; la segunda Zona Tropical Caliente utilizando de referencia San Salvador y la tercera es la Zona Montañosa, ut-

lizando de referencia las condiciones climáticas de Tegucigalpa Honduras. Las fichas técnicas de cada una de las estaciones están bajo los criterios de las ASHRAE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) la cual se resumen gráficamente.

A. RESUMEN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Se estableció un resumen de las condiciones climáticas fuera del bulbo seco, temperatura máxima, promedio y mínima, y su humedad relativa. En Anexos, Capítulo 1, estarán gráficamente todos los datos climatológicos que ayudaron a llegar a las condiciones climáticas generales de las tres zonas de El Salvador.

CONDICIONES CLIMÁTICAS EXTERNAS							
°C	Zona	Temperatura máxima	Mes	Temperatura promedio	Temperatura mínima	Mes	Humedad Relativa promedio
27.49	Zona Costera	31.50	Marzo	27.49	25.00	Diciembre	75.30
24.15	Zona Tropical Caliente	29.00	Marzo	24.15	21.00	Noviembre	70.06
22.35	Zona Montañosa	25.75	Mayo	22.35	16	Marzo	73.83

TABLA 1 . CONDICIONES CLIMÁTICAS EXTERNAS

ZONIFICACIÓN DE DEPARTAMENTOS SEGÚN ELEVACIONES (MSNM)

Para un análisis más puntual se clasificaron los municipios según su msnm (altura sobre el nivel del mar) para poder zonificarlos según la estación climática en la que se encuentra.

COLOR	ESTACIÓN	NOMBRE ASIGNADO
	Estación Acajutla	Zona Costera
	Estación de San Salvador	Zona Trópicál Caliente
	Estación de Tegucigalpa	Zona Montaños

TABLA 2 . ESTACIONES SELECCIONADAS

AHUACHAPÁN			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
1		799	Ahuachapán
2		1455	Apaneca
3		599	Atiquizaya
4		1240	Concepción de ataco
5		337	Guaymango
6		520	Jujutla
7		224	San Francisco Menendez
8		513	San Lorenzo
9		699	Tacuba
CABAÑAS			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
10		447	Cinquera
11		749	Ilobasco
12		629	Jutiapa
13		363	San Isidro
14		820	Sensuntepeque
15		694	Tejutepeque

TABLA 3 . DEPARTAMENTOS Y MUNICIPIOS

CHALATENANGO			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
17		629	Comalapa
18		461	El Carrizal
19		453	La Reina
20		338	Nueva Concepción
21		319	Ojos de agua
22		586	San Francisco Morazán
23		361	San Luis del Carmen
24		172	San Miguel de Mercedez
25		565	Azacualpa
CUSCATÁN			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
26		1003	Cojutepeque
27		616	El Rosario
28		652	San Bartolome Perulapia
29		599	San Pedro Perulapan
30		600	San Ramón
31		486	Santa Cruz Analquito
32		758	Santa Cruz Michapa
33		331	Suchitoto
34		597	Tenancingo

TABLA 3 . DEPARTAMENTOS Y MUNICIPIOS

SAN SALVADOR			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
97		443	Apopa
98		700	Ayutextepeque
99		320	El paisnal
100		430	Guazapa
101		625	Ilopango
102		712	Mejicanos
103		795	San Marcos
104		714	San Martín
105		658	San Salvador
106		699	Santo Tomás
107		648	Soyapango
108		603	Tonacatepeque
SAN VICENTE			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
109		590	Apartepeque
110		791	Guadalupe
111		596	San Esteban Catarina
112		513	San Lorenzo
113		663	San Sebastián
114		390	San Vicente
115		585	Santa Clara
116		578	Santo Domingo
117		230	Tecoluca
118		580	Tepetitán
119		610	Verapaz

LA UNIÓN			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
120		114	El Carmen
121		388	El Sauce
122		5	La Unión
123		20	Meanguera de golfo
124		225	Nueva Esparta
125		189	San Alejo
126		230	San Jose
127		106	Santa Rosa de Lima
128		460	Yucuaquin
SANTA ANA			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
129		678	Candelaria de la Frontera
130		720	Chalchuapa
131		678	Candelaria de la Frontera
132		720	Chalchuapa
133		823	El Congo
134		185	Masahuat
135		469	Metapan
136		685	Santa Ana
137		562	Santiago de la Frontera
138		410	Texistepeque

SONSONATE			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
139		253	Acajutla
140		570	Armenia
141		380	Caluco
142		410	Cuisnahuat
143		430	Ishuatán
144		440	Izalco
145		975	Juayua
146		540	Nahuizalco
147		227	San Antonio del Monte
148		37	San Julián
149		613	Santa Catarina Masahuat
150		220	Sonsonate
USulután			
NO.	COLOR	ELEVACIÓN (MSNM)	MUNICIPIO
151		1550	Alegria
152		1200	Berlín
153		33	California
154		70	Concepción Batres
155		220	Estanzuelas
156		32	Jiquilisco
157		480	Jucuapa
158		360	Mercedez Umaña
159		350	Nueva Granada
160		210	Ozatlán
161		264	San Agustín
162		432	San Buena Ventura
163		162	Santa Elena
164		690	Tecapán
165		90	Usulután
166		670	Jucuarán
167		70	Ereguayquín

ASOLEAMIENTO.

ASOLEAMIENTO POR ÁREAS

Se adicionaron las cartas solares para cada zona climática, la cual nos indica el ángulo crítico según la posición de fachada tendrá mayor incidencia solar. Este ángulo se logra teniendo la dimensión del alero y la longitud de la ventana. En algunos casos si el alero es muy largo para cubrir el ángulo necesario, se puede utilizar panelues verticales cubriendo todo el largo de la ventana.

COLOR	CARTA SOLAR	FACHADA	ÁNGULO (°)	RECOMENDACIONES
	Carta solar Tegucigalpa	Norte	64°	
		Sur	47°	
		Este	40°	
		Oeste	27°	Se recomienda colocar un panel vertical si la dimensión del alero es muy larga
	Clima Tropical de Altura	Norte	43°	
		Sur	43°	
		Este	40°	
		Oeste	35°	
	Carta solar Acajutla	Norte	64°	
		Sur	40°	
		Este	40°	
		Oeste	27°	Se recomienda colocar un panel vertical si la dimensión del alero es muy larga

TABLA 5. ÁNGULOS PARA PROYECCIÓN DE ALEROS

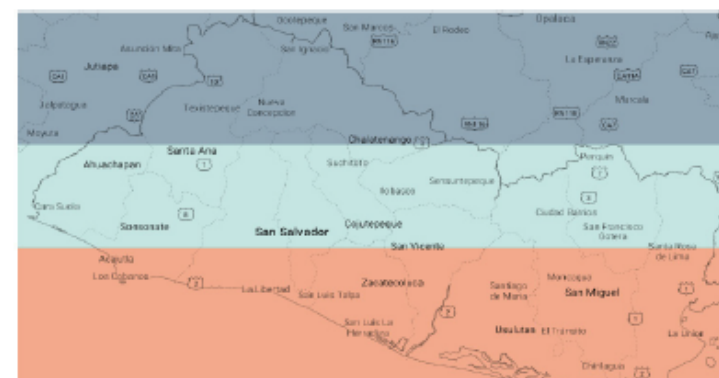


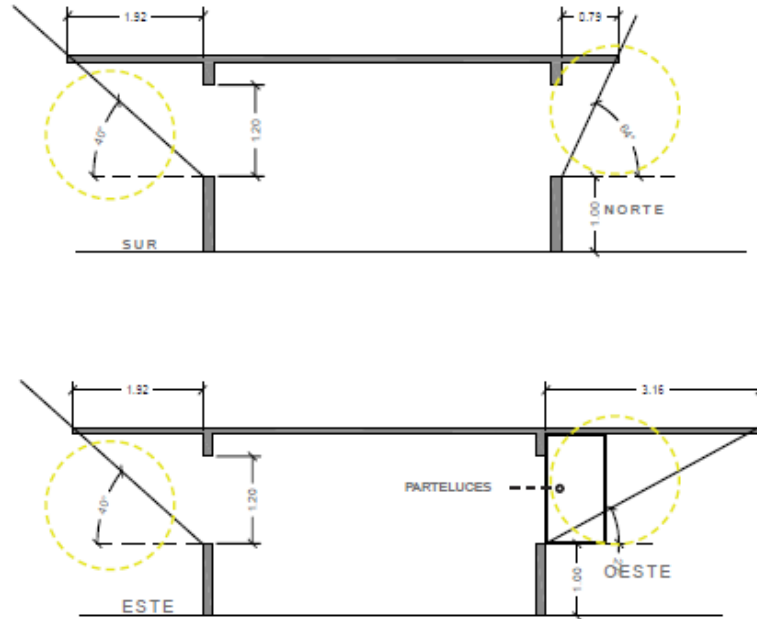
IMAGEN 24

MAPA PARA ASIGNACIÓN DE CARTA SOLAR

ESTUDIO DE SOMBRAS IDENTIFICANDO FACHADAS CRÍTICAS

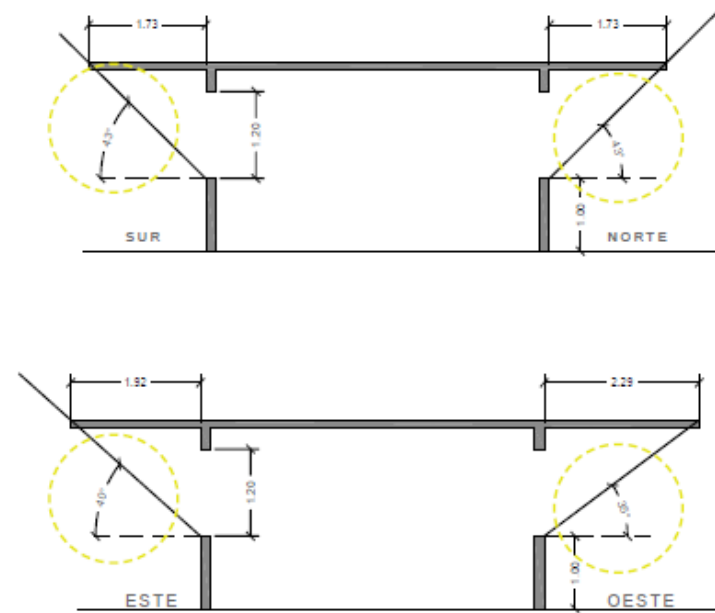
Según la carta solar de cada zona climática, se hicieron estudios de soleamiento y de sombras para identificar los ángulos con más incidencia solar según la fachada crítica. Cuando los ángulos son menores a 30° , se recomienda colocar elementos verticales (parteluces) en los laterales de la apertura de la ventana (Ver imagen 25).

A. CARTA SOLAR TEGUCIGALPA

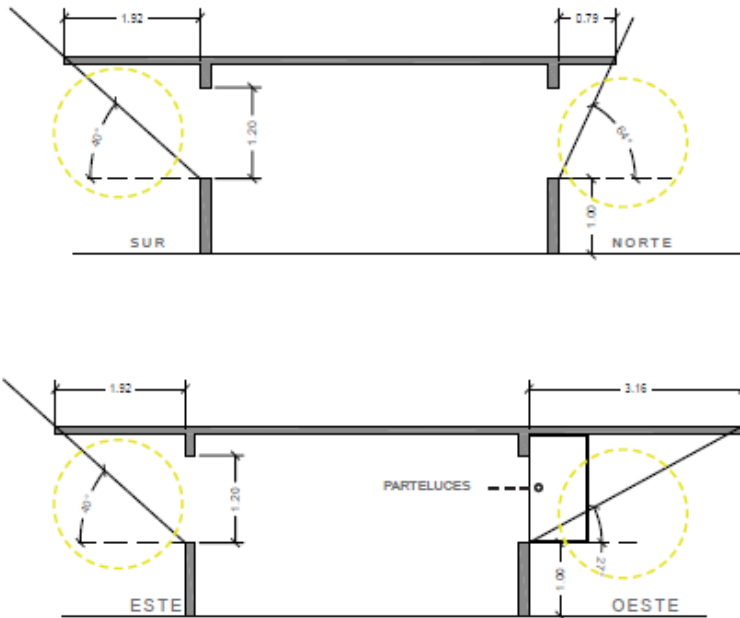


En la fachada oeste se puede observar que el alero que quedó es bastante largo la cual se puede reemplazar con dos elementos verticales (parteluces) cubriendo todo el vertical de la apertura.

B. CLIMA TROPICAL DE ALTURA



B. CARTA SOLAR ACAJUTLA



En la fachada oeste se puede observar que el alero que quedá es bastante largo la cual se puede reemplazar con dos elementos verticales (parteluces) cubriendo todo el vertical de la apertura.

RADIACIÓN SOLAR SOBRE CUBIERTA

Para futura referencias se adjunta información sobre la radiación solar máxima sobre la cubierta según la ubicación y zona climática. Esta información es con el fin de dar un factor de energía (kWh/m²) para así mismo ofrecer información necesaria si consideran otros elementos pasivos para ahorro de energía como calentadores solares o paneles solares.

COLOR	TIPO DE CLIMA	RADIACIÓN SOLAR (kWh/m ²)
	Zona Montañosa	2013.83 kWh/m ²
	Zona Tropical Caliente	2210.34 kWh/m ²
	Zona Costera	2223.04 kWh/m ²

IMAGEN 27

RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA SOBRE CUBIERTA

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.

Beneficios

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño y construcción de edificios considerando las condiciones climáticas del sitio en donde se plantea. Considerar dicha información hace que el edificio proyecte un diseño que responda a las condiciones externas manteniendo el espacio interno en condiciones de *confort*.

Los principales objetivos de la arquitectura bioclimática es el confort térmico interno y reducción de costos de operación.



Confort térmico

El *confort* es un estado mental que genera satisfacción con el ambiente. Las zonas climáticas son importantes para que se mantenga este confort según las condiciones climáticas específicas. Según estudios, el humano está en su zona de confort en temperaturas entre 21° y 27° y una humedad relativa de 18% - 78%. Adicional al clima exterior, la arquitectura bioclimática considera la cantidad de vestimenta que tendría el usuario final y la actividad metabólica que se estaría realizando en el espacio. El confort en el interior es producto de una sumatoria de factores y únicamente funciona si estos trabajan en conjunto.



Ahorro de costos de operación

El segundo objetivo es reducir costos de mantenimiento y operación del edificio, teniendo un ahorro de iluminación, ahorro de agua, ahorro de energía en la producción de ventilación artificial, entre otros. Esto es posible debido a que se pueden plantear soluciones pasivas en la arquitectura.



Calidad de vida y productividad

Según estudios la productividad y el rendimiento mejoran en un 11% con espacios bien ventilados, entre un 5% a 14% con espacios iluminados de forma natural y de un 10 a un 25% con espacios que cuenta con vistas hacia el exterior. Estar en contacto con elementos de la naturaleza hace que reduzca que se reduzca el estrés.

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA (COVID-19)

COVID-19

La pandemia de COVID-19, llegó a América Central a principios del 2020, este suceso hizo que los institutos educativos tomaran decisiones importantes para los estudiantes. Las clases presenciales fueron prohibidas en muchos institutos, sustituyendo por clases virtuales. Con el tiempo se ha notado que, para alumnos menores de 8 años, la concentración que tienen a través de una pantalla disminuye. Las escuelas/colegios o cualquier instituto educativo son necesarios para que la educación de las futuras generaciones siga en mejor formación que antes.

La arquitectura ahora tiene como principal objetivo el velar que el interior tenga suficiente área y ventilación para que el riesgo de contagio sea menor.



Ventilación Natural

Aumento de la ventilación natural en el interior del establecimiento, logra que el aire interior sea puro y limpio. Esto se logra teniendo aperturas en todos los lados del establecimiento, incluyendo techos.



Ventilación Mecánicas

Considerar (HVAC) ventilación mecánica, ya sea por ventiladores o un aire acondicionado tiene como objetivo mantener una buena temperatura interna y mantener un espacio ventilado. Es importante configurar los elementos para que entre la mayor cantidad de aire exterior, eliminar la recirculación de aire de los sistemas de HVAC, y renovar el aire constantemente.



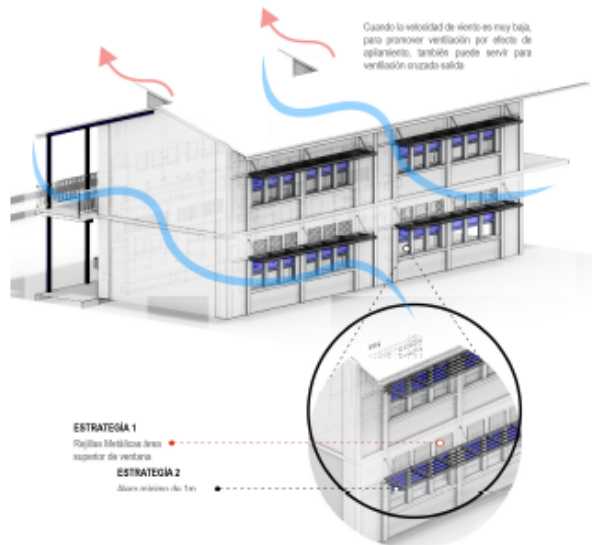
Eliminar contaminantes

En el caso del uso de aire acondicionado, es importante asegurar que eliminen los contaminantes internos a través de la filtración. Instalar limpiadores de aire que eliminen posibles partículas humanas.

CONCEPTO CLIMÁTICO PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS

CONCEPTOS GENERALES

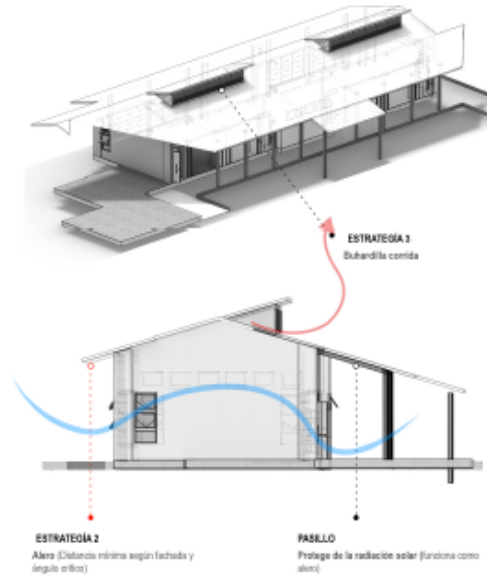
Para los siguientes edificios se utilizaron varias estrategias para mejorar el confort interno de cada uno. De las primeras estrategias que hay que realizar son las ventanas por ser el elemento que más transmiten calor al interior por radiación y conducción se debe considerar tenerlas protegidas por parteluces y/o aleros, logrando que la radiación solar no entre directamente a las aulas. Segundo, velar que la circulación de viento interna sea 100% natural, teniendo aperturas en ambos lados y en techos.



ESTRATEGIAS EDIFICIO EDUCATIVO 2 NIVELES

El edificio académico de 2 niveles se utilizaron dos estrategias que ayudarán en el confort interno del nivel crítico (primer nivel).

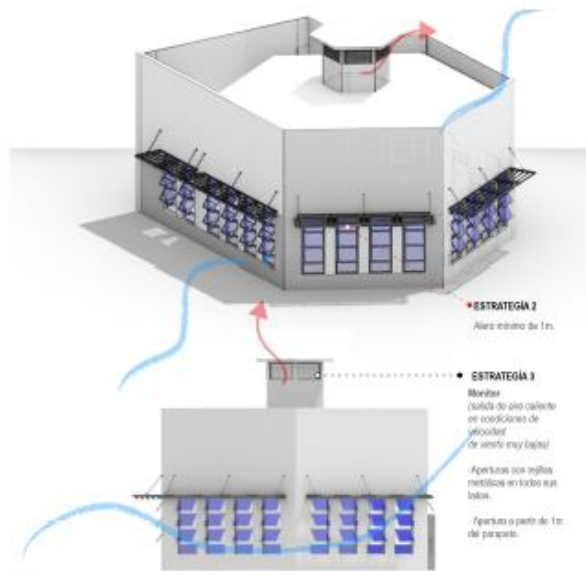
- Estrategia #1: Salida de aire caliente por efecto de apilamiento en la parte más alta del espacio interior del nivel 1.
- Estrategia #2: Alero de distancia mínima según fachada y ángulo crítico



ESTRATEGIAS EDIFICIO EDUCATIVO 1 NIVEL

El edificio educativo al tener un pasillo enfrente, soluciona la incidencia solar en el frente de la fachada.

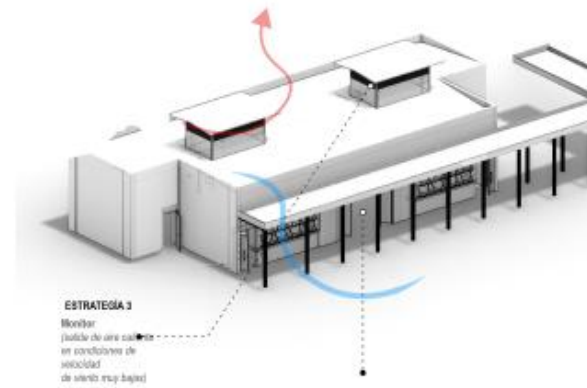
- Estrategia #2: Alero de distancia mínima según fachada y ángulo crítico
- Estrategia #3: Buhardilla corrida para ventilación por efecto de apilamiento cuando la velocidad de viento es muy baja o por ventilación cruzada cuando el viento es perpendicular y frontal contra su apertura.



ESTRATEGIAS EDIFICIO EDUCATIVO / LUDOTECA

El edificio tiene como principal objetivo contener a un porcentaje alto de estudiantes. La ventilación cruzada es muy importante para que el edificio funcione correctamente.

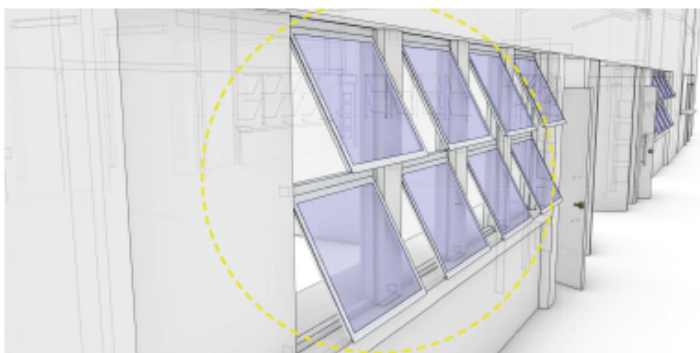
- Estrategia #2: Alero de distancia mínima según fachada y ángulo crítico
- Estrategia #3: Monitor de viento en el eje central del hexágono. Colocar la apertura a partir de 1m del parapeto. La apertura se recomienda dejar en todos sus lados. (Utilizar rejillas metálicas como persianas)



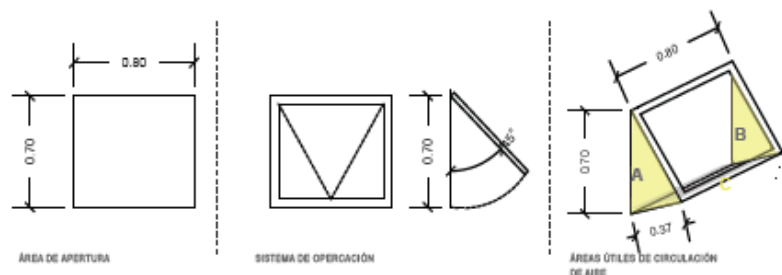
ESTRATEGIAS EDIFICIO CRA / LABORATORIO

Debido a que el edificio tiene un corredor enfrente no es necesario cubrir las ventanas para la incidencia solar. Se utilizará la estrategia #3 para mejorar la circulación de viento interna.

- Estrategia #3: Agregar monitores de viento en el centro del edificio. Colocar la apertura a partir de 1m del parapeto. La apertura se recomienda dejar en todos sus lados. (Utilizar rejillas metálicas como persianas)



DETALLE DE VENTANAS



ÁREA Y PORCENTAJE DE APERTURAS

El área de abertura de la ventana es de $(0.70 \times 0.80) 0.56\text{m}^2$. Las ventanas tendrán un sistema de apertura tipo proyectable de ensambles con corte a 45° . El área total de ingreso de aire (sumatoria de área A, B y C) se multiplica por el factor de eficiencia de ventilación para ese tipo de sistema de 0.65 dando un total de 0.35m^2 de área para el ingreso de ventilación natural eficiente.

Áreas:

A: 0.13M^2
B: 0.13M^2
C: 0.30

SUMATORIA DE ÁREAS: 0.55M^2

FACTOR DE EFICIENCIA: 0.65

ATOTAL: 0.35M^2 (63% DE VENTILACIÓN SOBRE EL ÁREA TOTAL)

DISEÑO Y ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICO

A continuación se mostrarán las recomendaciones para la distribución, arquitectura, envolvente y espacios interiores para tener un diseño bioclimático. Estas especificaciones se realizaron en base a la arquitectura detallada anteriormente.

Especificaciones de elementos sobre techo

1. Monitores o catadores de viento: Altura de apertura con rejillas metálicas, a partir de 1m del parapeto.

2. Buhardilla Corrida: Apertura con rejillas metálicas a partir de la altura habitable.

3. Rejillas metálicas: Altura mínima de rejillas de 0.60m

Orientación, Angulos y Dimensiones										
C	Zona Climática	Edificio	Ángulo de aberturas respecto a la fachada				Elementos sobre techo		Elementos en paredes	
			Norte	Sur	Oeste	Este	Monitor	Buhardilla Corrida	Número de aberturas	% de apertura
Zona Cálida	Edificio	Edificio	60°	45°	45°	30°				
		Adosado	60°	45°	45°	30°				
		Luftlinie	60°	45°	45°	30°				
Zona Tropical Cálida	Edificio	Edificio	45°	45°	45°	30°				
		Adosado	45°	45°	45°	30°				
		Luftlinie	45°	45°	45°	30°				
Zona Subtropical	Edificio	Edificio	60°	45°	45°	30°				
		Adosado	60°	45°	45°	30°				
		Luftlinie	60°	45°	45°	30°				

Espacios interiores interiores					
C	Zona Climática	Edificio	Áreas interiores		Paredes interiores
			Área habitable	Área pasillo	
Zona Cálida / Zona Tropical Cálida / Zona Subtropical	Edificio	Área habitable (habitación, sala, comedor, cocina, baño, etc.)	3.5	4.7	No
		Área pasillo (pasillo, sala, comedor, cocina, baño, etc.)	3.2	4.8	No
		Área habitable (habitación, sala, comedor, cocina, baño, etc.)	3.5	4.7	No
		Área pasillo (pasillo, sala, comedor, cocina, baño, etc.)	3.2	4.8	No

TABLA DE RECOMENDACIONES DE ENVOLVENTE Y ESPACIOS INTERIORES

SEGÚN ZONA CLIMÁTICA

FICHA TÉCNICA DE ESPACIOS

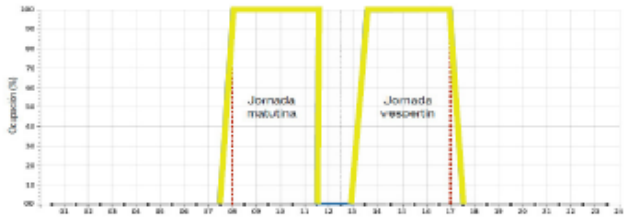
Para determinar las condiciones de temperatura internas, se tiene que considerar todas las posibles ganancias de temperatura internas que tendría el edificio. Las ganancias internas se establecen por la densidad de ocupación total de personas (m² por persona), densidad de iluminación / equipos electrónicos (que se da con un factor de energía (Watts por m²) y la cantidad de ventilación necesaria por persona.

Densidad de ocupación	0.75	Personas/m2
Densidad de iluminación	13.35	W/m2 - 300lux
Tasa de ventilación	5	L/s por persona
Sumatoria de área + ventilación	0.6	L/s - m2

ESTÁNDARES OBTENIDOS DE CIBSE GUIDE
(CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES
ENGINEERS)

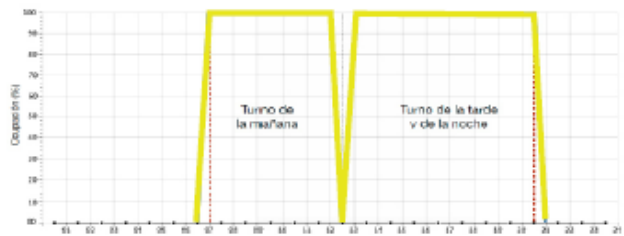
AULA PRIMERA INFANCIA Y PARVULARIA

Horario de ocupación de lunes a viernes.



AULA BÁSICA Y MEDIA

Horario de ocupación de lunes a viernes.



MATERIALES DE ENVOLVENTE

Se establecieron los siguientes materiales para la construcción de los edificios educativos. Según su zona climática tienen pequeñas variantes que considerar para que la temperatura interna siempre se mantenga en condiciones de confort.

C	Zona	ÁREA	MATERIAL
	Zona Costera	Techo	Cubierta de lamina troquelada de 3 pulgadas, compuesta por dos hojas de acero aluminizado (Calibre 24), pre pintado color blanco, con un núcleo de espuma de poliuretano.
		Pared Exterior	Bloque de concreto de 15x20x40cm con columnas de concreto armado, cubiertas de pintura latex de alto rendimiento, de uso exterior
	Zona Tropical Caliente	Techo	Cubierta de lamina troquelada de 2 pulgadas, compuesta por dos hojas de acero aluminizado (Calibre 24), pre pintado color blanco, con un núcleo de espuma de poliuretano.
		Pared Exterior	Bloque de concreto de 15x20x40cm con columnas de concreto armado, cubiertas de pintura latex de alto rendimiento, de uso exterior
	Zona Montañosa	Techo	Cubierta de lamina troquelada de 2 pulgadas, compuesta por dos hojas de acero aluminizado (Calibre 24), pre pintado color blanco, con un núcleo de espuma de poliuretano.
		Pared Exterior	Bloque de concreto de 15x20x40cm con columnas de concreto armado, cubiertas de pintura latex de alto rendimiento, de uso exterior

TABLA 6 . MATERIALES PARA CADA ZONA CLIMÁTICA

SIMULACIONES DE CONFORT

Información general

Se han producido simulaciones a computadora (*en DesignBuilder v.7.01*) para cada una de los edificios consideradas en los proyectos de escuelas para entender el comportamiento de la temperatura interior según cada zona climática. Para realizarlos se utilizaron todas las herramientas enseñadas anteriormente:

- I. Ubicación y localización
- II. Zona Climática
- III. Ocupación aproximada
- IV. Actividad metabólica
- V. Materiales exteriores e interiores

En esta corrida se utilizaron los 3 distintos edificios (*Educativo, CRA / Laboratorio y Ludoteca*) con las siguientes características:

1. Edificio Educativo: Consiste en un módulo de tres ambientes, uno considerado como el aula de estudiantes, otro espacio que es el servicio sanitario con acceso desde el interior del aula y otro espacio accesorio que puede tener diversos usos y con acceso desde el corredor exterior perimetral al módulo. típicamente, este módulo está conectado en los lados cortos a otros módulos de este tipo. El módulo cuenta con techos extendidos a los lados de las fachadas largas del módulo para servir de protección solar y para la lluvia, además de cubrir el pasillo exterior adyacente que sirve de medio para acceder a los espacios interiores del módulo. Este módulo tiene, solo sobre el espacio de aula, una buhardilla corrida en la cumbrera del techo para facilitar la ventilación cenital desde el interior y manejar más apropiadamente el aire caliente. Este módulo puede estar también sobre un módulo típico de misma configuración, pero en nivel 1.

2. CRA / Laboratorio: Consiste en un módulo de tres espacios interiores con un espacio al medio que sirve de corredor para acceder a las aulas en ambos lados. Los tres espacios interiores de este módulo son flexibles y pueden interconectarse ampliamente con particiones plegadizas para formar un solo espacio o dos, en lugar de los tres originalmente diseñados. El espacio intermedio también se puede cerrar o abrir al exterior con paneles plegadizos considerados en el diseño arquitectónico. En el peor de los casos, este edificio no cuenta con voladizos a los lados para proteger corredores perimetrales, sin embargo, todas las ventanas están considerando la instalación de voladizo adosado a la fachada para protección solar de las ventanas. Ambos espacios laterales de aula tienen un monitor en la cumbrera del techo para facilitar la ventilación cenital de los espacios.

3. Ludoteca: consiste en un módulo poligonal que típicamente se usa para área de juegos de niños. Este espacio es un salón abierto en el interior con ventanas en cada lado del perímetro que cuentan con voladizos adosados a fachada para protección solar. El espacio también cuenta con un monitor en la parte superior para facilitar la salida del aire caliente en condiciones de baja velocidad de vien-

PARÁMETROS DE MODELACIÓN

1. Se realizaron las simulaciones para las tres zonas climáticas que caracterizan las diferentes áreas dentro de los límites de la República de El Salvador: **Zona Costera, Zona Tropical Caliente, y Zona Montañosa**. Para todas las simulaciones se utilizaron bases de datos de ~20 años de registros de variables climáticas (llamadas "weather files" o "archivos de clima") en el software de simulación. Los archivos de clima usados para cada clima de análisis fueron: a) zona costera (0-300 msnm), Acajutla; b) zona tropical Caliente (300-700 msnm), Santa Ana; c) zona montañosa, al no haber un archivo de base de datos predispuesto, se usó el de Tegucigalpa, Honduras, como clima equivalente para las ubicaciones montañosas (por encima de los 700-900 msnm) dentro de El Salvador.

2. Todas las aulas se simularon con una ocupación crítica máxima de **16 personas**, con actividad metabólica correspondiente a un niño (85% de emisión de calor de un adulto masculino). En algunos casos las aulas tienen una ocupación menor, pero se quiere considerar una ocupación crítica para ilustrar el peor de los casos de ganancia térmica.

3. Se consideraron las ventanas con su tipo de operación, materiales y frecuencia de operación. (Ver *detalle de ventanas*)

4. Se contempló la circulación de ventilación natural las **24 horas** del día contemplando las rejillas metálicas superiores a las ventanas, los monitores de viento y buhardillas. En ciertos espacios internos del edificio. Todas las simulaciones se contemplaron sin ventilación mecánica.

5. Se realizaron 4 simulaciones por edificio dirigiéndolas a los 4 puntos cardinales (**Norte, Sur, Este y Oeste**). La diferenciación entre los 4 es muy poca lo cual utilizamos la dirección crítica, Este.

6. Las simulaciones de análisis climático interior de cada tipo de aula se hicieron para un periodo de año total, con puntos de cálculo a cada hora, totalizando **8,760 horas** totales por año, y en este caso, para el 2021 como año de referencia. Igualmente, los horarios usados para los tiempos de ocupación de los edificios corresponden a una escuela común, en horario diurno.

7. Cada tipo de edificio fue analizado con simulaciones de dos tipos:

a. *Simulaciones de desempeño térmico*: que busca determinar las fluctuaciones de temperatura de aire y humedad relativa de los espacios interiores de cada tipo de aula en comparación a la fluctuación de temperatura al bulbo seco de exteriores. además, nos interesa saber el número de horas del año en las que el espacio interior de cada ambiente de cada tipo de aula se encuentra fuera de condiciones consideradas como confortables.

b. *Simulaciones de ventilación natural* para evaluar la respuesta o aprovechamiento de cada tipo de aula en ventilación natural como principal recurso para lograr confort térmico interior de manera pasiva para este tipo de climas.

ZONA TROPICAL CALIENTE Y ZONA MONTAÑOSA

RESULTADOS DE TEMPERATURA INTERNA Y HUMEDAD RELATIVA

Se realizó un cuadro de resultados presentando los siguientes datos: Temperatura mínima interna, temperatura promedio interna, temperatura máxima interna y humedad relativa. El objetivo de estos resultados es representar las condiciones internas, si están dentro del rango de temperatura y humedad confortable para cada tipo de zona climática.

RANGO DE TEMPERATURA CONFORTABLE						
21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°
RANGO DE HUMEDAD RELATIVA CONFORTABLE						
16%						78%
CONDICIONES CLIMÁTICAS INTERNAS						
C	Zona	Edificio	Temperatura mínima interior	Temperatura promedio interior	Temperatura máxima interior	Humedad Relativa promedio
	Zona Tropical Caliente	Edificio Educativo	29.80	25.16	21.00	66.26
		Edificio Administrativo	29.70	25.60	21.7	65.07
		Ludoteca	30.50	26.17	21.75	62.45
	Zona Montañosa	Edificio Educativo	26.30	23.24	16.00	70.15
		Edificio Administrativo	27.00	23.56	16.50	68.92
		Ludoteca	26.10	23.76	16.00	66.16

INFORMACIÓN COMPLETA ANUAL
VER GRÁFICAS EN ANEXOS CAPITULO 3

ZONA TROPICAL COSTERA

RESULTADOS DE TEMPERATURA INTERNA Y HUMEDAD RELATIVA

La Zona Costera, es de las zonas climáticas más críticas de El Salvador, teniendo temperaturas promedio de 25° - 32°. Para estos resultados, presentamos una nueva tabla de temperatura y humedad relativa confortable por adaptabilidad. Las condiciones climáticas es superior a 2°-3° temperatura que las otras zonas climáticas.

RANGO DE TEMPERATURA CONFORTABLE							
23°	22°	23°	24°	25°	26°	30°	
RANGO DE HUMEDAD RELATIVA CONFORTABLE							
16%			78%				
CONDICIONES CLIMÁTICAS INTERNAS							
C	Zona	Edificio	Temperatura Promedio exterior	Temperatura mínima interior	Temperatura promedio interior	Temperatura máxima interior	Humedad Relativa
	Zona Costera	Edificio Educativo	27.48	31.50	<u>27.50</u>	34.00	77.301
		Edificio Administrativo	27.48	31.75	28.94	26.5	71.58
		Ludoteca	27.48	31.50	<u>27.53</u>	24.75	70.09

INFORMACIÓN COMPLETA ANUAL
VER GRÁFICAS EN ANEXOS CAPITULO 3

RELACIÓN CON LA ENVOLVENTE

SIMULACIONES DE VENTILACIÓN CON DINÁMICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS

Para todos los casos se hicieron simulaciones de ventilación natural tipo *CFD* (dinámica computacional de fluidos, por sus siglas en inglés) en dos condiciones de dirección de viento:

- a) Perpendiculares a las fachadas largas (donde usualmente están las ventanas y puertas)
- b) Perpendiculares a las fachadas cortas (donde usualmente no tienen aperturas los edificios o donde se adosan a otros edificios en línea).

Las condiciones de viento usadas para dichas simulaciones son de 6 m/s como velocidad de viento en la localidad, y una condición contextual de mediana densidad o densidad "suburbana". La velocidad de viento de la localidad que se ha considerado ha sido obtenida de registros meteorológicos y se ha considerado como promedio en las tres zonas climáticas consideradas. Se puede aplicar una factorización de gradiente de velocidad en condiciones diferentes y bajo velocidades de viento diferentes.

Las simulaciones, para reducir el tiempo de análisis, se hicieron sin las ventanas modeladas (solo los vanos libres y despejados de las ventanas). Los resultados gráficos de las simulaciones están presentados de cierta manera que facilitan el entendimiento no solo de la variación de la velocidad de viento en los edificios y su contexto inmediato sino también su comportamiento en el interior y sus adyacencias exteriores.

A continuación se presentará un cuadro de resultados en donde muestra las renovaciones de aire promedio por horas de ventilación natural en cada espacio individual. Para que la temperatura se mantenga confortable en el interior se necesitan como mínimo 5 renovaciones de aire por hora. Cuando hay menos de las 5 renovaciones por hora se requiere de ventilación mecánica.

Recomendaciones de ventilación mecánica

Para poder llegar a las 5 renovaciones de aire mínimas con ventiladores, es necesario sacar el caudal (Q) con un factor de MP/H. Para obtener el dato se tiene que sacar el volumen del espacio y multiplicarlo por las 5 renovaciones mínimas, esto dará el caudal que tienen que aportar los ventiladores.

ANÁLISIS DE RENOVACIONES DE AIRE POR HORA POR ESPACIO INDIVIDUAL

Renovaciones de aire promedio por hora					
C	Zona	Edificio	Espacio	Renovaciones de aire promedio por hora (ventilación natural)	mínimas para ventiladores
1	Zona Costera	Edificio Educativo	Aula General	74.42	/
			Espacios Accesorios	3.88	338
			Sanitarios	12.34	/
		CRA / Laboratorio	Salón 1	1.81	1,034
			Salón 2	29.94	/
			Salón Intermedio	37.02	/
		Ludoteca	Salón general	55.11	/
	Zona Tropical Caliente	Edificio Educativo	Aula General	61.37	/
			Espacios Accesorios	4.72	338
			Sanitarios	4.85	338
		CRA / Laboratorio	Salón 1	1.80	1,034
			Salón 2	23.25	/
			Salón Intermedio	28.79	/
		Ludoteca	Salón general	45.68	/
2	Zona Montañosa	Edificio Educativo	Aula General	88.32	/
			Espacios Accesorios	9.77	/
			Sanitarios	4.37	338
		CRA / Laboratorio	Salón 1	2.88	1,034
			Salón 2	49.01	/
			Salón Intermedio	49.71	/
		Ludoteca	Salón general	65.14	/

ILUMINACIÓN NATURAL INTERIOR

SIMULACIONES DE PORCENTAJE DE ILUMINACIÓN NATURAL ÚTIL

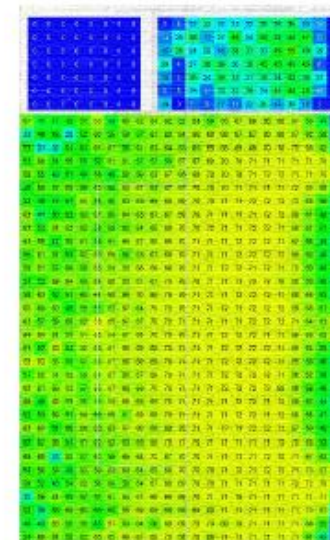
El análisis de iluminación natural útil, almacena valores de tiempo por hora basados en tres rangos de iluminación, típicamente de 0-100 luxes, 100 – 3000lux y más de 3000 lux, aunque como requerimiento se estableció el porcentaje de iluminación natural anual de 100- 3000 lux.

El objetivo de estos diagramas es demostrar el porcentaje de horas de iluminación útiles que obtendría cada espacio durante el año.

• EDIFICIO EDUCATIVO

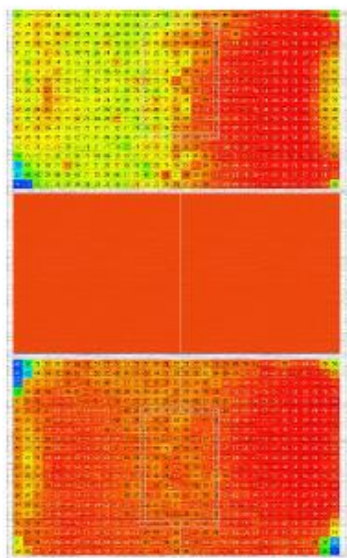
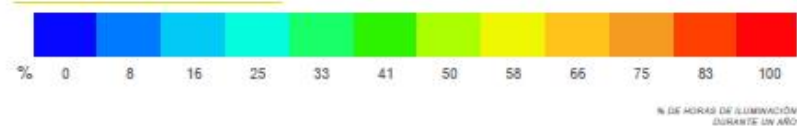


N DE HORAS DE ILUMINACIÓN
DURANTE UN AÑO



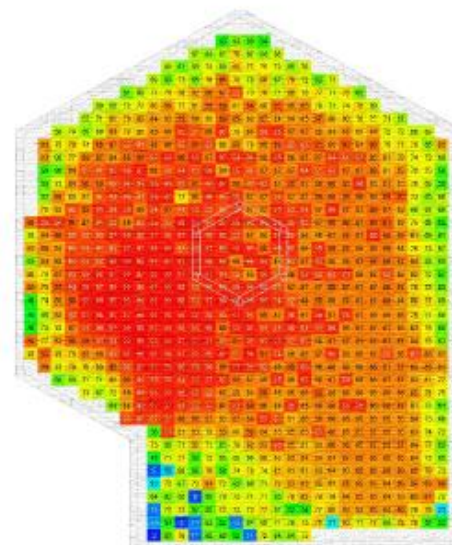
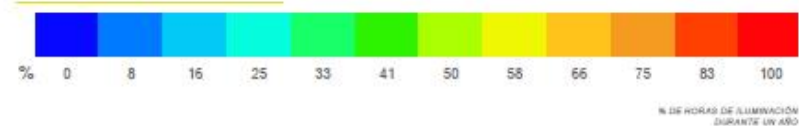
EDIFICIO EDUCATIVO
DIAGRAMA DE CALOR Y PORCENTAJE
DE HORAS ÚTILES ANUALES

• EDIFICIO CRA / LABORATORIO



EDIFICIO EDUCATIVO
DIAGRAMA DE CALOR Y PORCENTAJE
DE HORAS ÚTILES ANUALES

• EDIFICIO ADMINISTRATIVO



LUOTECTA
DIAGRAMA DE CALOR Y PORCENTAJE
DE HORAS ÚTILES ANUALES



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN

Guía rápida de Diseño-Mi Nueva Escuela
para Centros Educativos del sector
público.
Dirección de Infraestructura Educativa

San Salvador, El Salvador,
América Central