

DISEÑO Y ESTUDIO BIOCLIMÁTICO CDI KILOMETRO 6 COMUNIDAD TICUNA, LETICIA- AMAZONAS



MARCELA DE LA ROCHE
Arquitecta
ASESORÍA BIOCLIMÁTICA

BOGOTÁ D.C.
2014

DISEÑO Y ESTUDIO BIOCLIMÁTICO CDI KILOMETRO 6 COMUNIDAD TICUNA, LETICIA- AMAZONAS



Equipo de Trabajo

Arquitecta:

Marcela de la Roche

Arquitectos Colaboradores:

Valentina Grisales

Lucas Torres

Paula Avila

Carrera 10ª No. 69-23

Tel: 3466973

Bogotá D.C.

CONTENIDO

I. OBJETIVO.	Pg 4
II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	Pg 4
1. LOCALIZACIÓN.	Pg 4
2. EL PROYECTO.	Pg 5
3. EL CLIMA.	Pg 6
3.1. Datos meteorológicos.	Pg 6
3.1.1. Temperatura.	Pg 6
3.1.2. Humedad relativa.	Pg 6
3.1.3. Viento.	Pg 7
3.1.4. Precipitación.	Pg 8
4. CONFORT TÉRMICO.	Pg 9
5. DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO.	Pg 11
5.1. Diagrama bioclimático de Leticia.	Pg 12
5.2. Parámetros de confort según Ashrae Standard 55-2004	Pg 13
5.3. Diagrama de confort adaptativo.	Pg 13
6. ESTUDIO TRAYECTORIA SOLAR	Pg 14
6.1. Estrategias de protección solar	Pg 30
6.2. Calculo de dispositivos de protección solar	Pg 30
7. VENTILACIÓN NATURAL	Pg 31
7.1. Estrategias de diseño del sistema de ventilación natural	Pg 32
8. MATERIALES	Pg 55
8.1. Transmisión de calor	Pg 34
9. SIMULACIONES	Pg 36
9.1. Modelado y simulación de la ventilación natural	Pg 36
9.2. Resultado de las simulaciones	Pg 38
9.3. Conclusiones	Pg 39
10. ANÁLISIS DE CFD PROYECTO	Pg 39
10.1. Resultado de simulaciones de CFD exteriores	Pg 39
 BIBLIOGRAFIA	 Pg 45
ANEXOS	Pg 46

I. OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente estudio es dar las recomendaciones para mejorar las condiciones climáticas de las zonas comunes y de circulación del Centro Comercial Alamedas. El punto de partida de esta documento es la arquitectura ambiental apoyada en el diseño bioclimático, en la conservación de los recursos naturales y el diseño de infraestructuras de bajo impacto ambiental.

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En esta primera parte del estudio se definen los parámetros climáticos de la zona. Esta información es la base para establecer las sugerencias y recomendaciones arquitectónicas del diseño bioclimático.

Este estudio producirá protocolos de diseño y manejo que permitan lo siguiente:

- Implementar criterios de diseño arquitectónico y bioclimático.
- Garantizar el mínimo impacto ambiental gracias al uso eficiente de los recursos naturales y climáticos, de esta forma la edificación se adaptará al clima.
- Diseñar espacios confortables que respondan a determinadas condiciones climáticas y garanticen la eficiencia energética.

1. LOCALIZACIÓN.

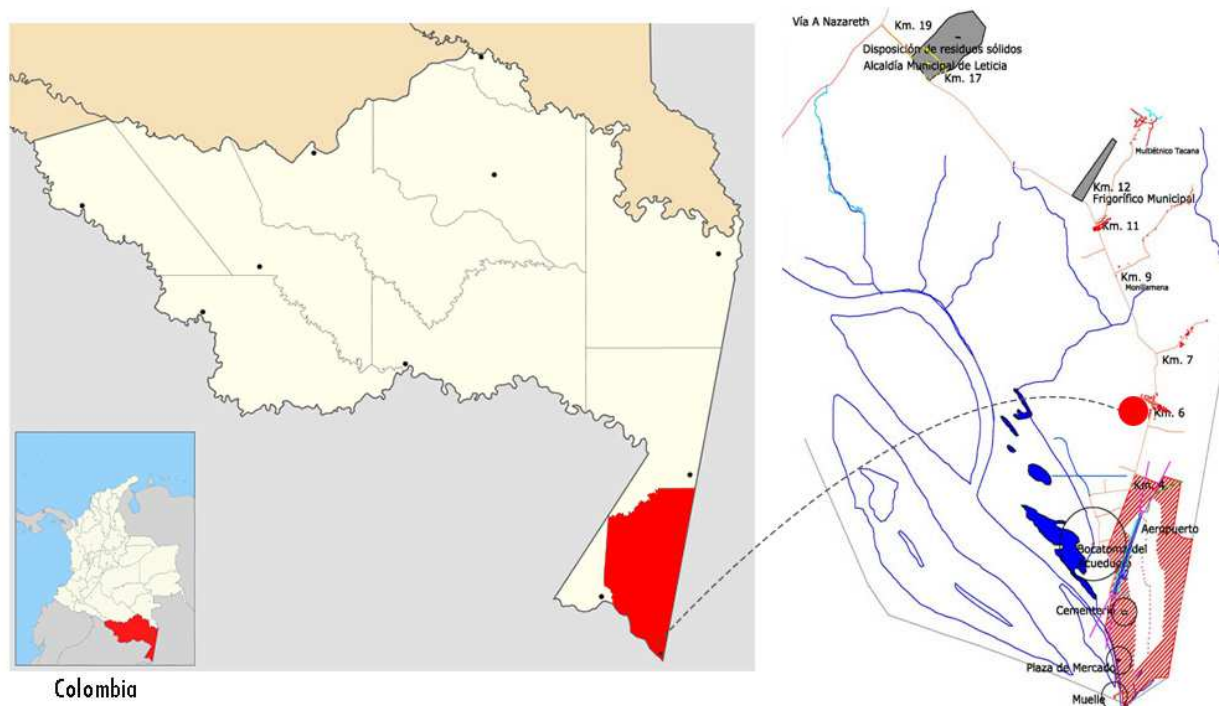


Imagen No. 1. Localización general Departamento de Amozonas, Leticia.

El CDI se encuentra localizado en el municipio de Leticia, a 15 min de ciudad de Leticia, en el Departamento de Amazonas, en el kilometro 6, Comunidad Ticuna.

2. EL PROYECTO

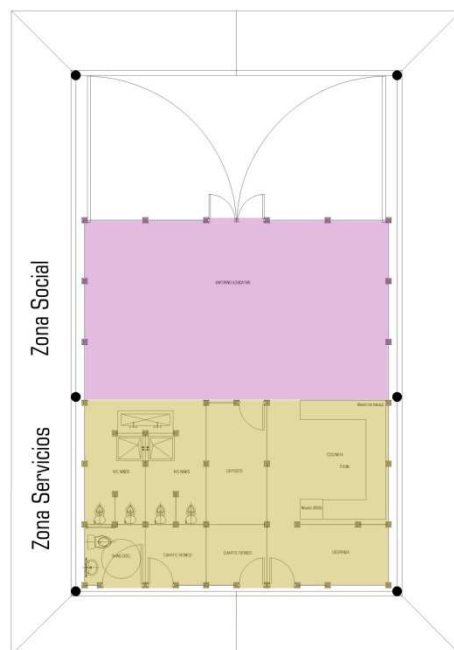


Imagen No. 2. Implantación del proyecto.

El CDI un área construida de 162.24 m². En el acceso se hace por una terraza cubierta al salón múltiple que tiene varias funciones como reuniones con la comunidad, actividades con los niños y eventualmente comedor, en la parte posterior se encuentra una pequeña cocina y servicios.

El proyecto entra en la modalidad familiar del Instituto Colombiano del Bienestar Familiar, descrita a continuación;

“Estas modalidades reconocen el lugar protagónico que tienen las familias en el cuidado, crianza, educación y desarrollo de los niños y niñas desde la gestación a menores de 5 años, lo que las convierte en el más cercano escenario de corresponsabilidad.

Están dirigidas a mujeres gestantes, en periodo de lactancia, niños y niñas menores de 5 años o hasta su ingreso al grado transición, cuyas familias y cuidadores requieren apoyo para fortalecer sus procesos de cuidado y crianza en el hogar. Dado que busca fortalecer el vínculo afectivo de los niños y niñas con sus familias, prioriza el acceso de niños y niñas menores de 2 años.

Se desarrollan a través de procesos de formación y acompañamiento a familias y cuidadores, con el propósito de fortalecer sus habilidades de cuidado, crianza y construcción conjunta de herramientas para la promoción armónica e integral del desarrollo. Por tanto, se implementa a través de encuentros educativos grupales con las mujeres gestantes, lactantes, los niños, niñas y sus cuidadores, y encuentros en el hogar.”

Fuente:

<http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PrimeraInfanciaCBF/Serviciosdeatencion/modalidadesdeeducacioninicial/Modalidad%20Familiar>

3. CLIMA

3.1. Datos Meteorológicos de Leticia.

Los datos climáticos obtenidos de Leticia son de la estación Aeropuerto Vasquez Cobo, código 4081501 con latitud 6°13"N y longitud 77°24 W y una altura de 84 m.s.n.m. Los parámetros tenidos en cuenta para este estudio son: la temperatura de bulbo seco, humedad relativa, precipitación, viento, nubosidad y radiación solar.

3.1.1. Temperatura: La temperatura anual media de Leticia es de 25.8°C. Siendo el mes de diciembre donde se registran las temperaturas más altas durante alcanzando los 31.3°C, y en el mes de julio se registran las más bajas con 20.9°C.

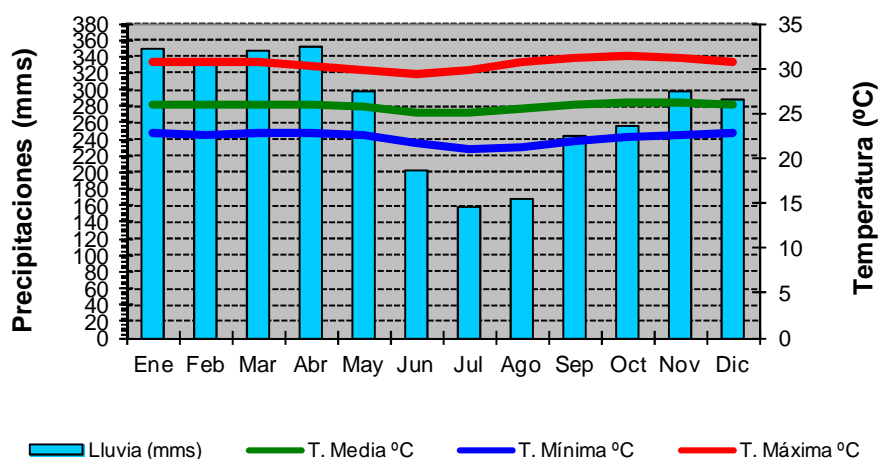


Gráfico No 1. Climograma de rangos de temperaturas y precipitación de Leticia (Anual)
Fuente: IDEAM y EKO-ARK

3.1.2. Humedad Relativa: La humedad relativa es la cantidad de humedad que contiene el aire y la cantidad de agua necesaria para saturarlo a una misma temperatura. Esta proporción se expresa en porcentajes.

Es la manifestación de energía en el aire (calor latente) relacionada de manera directa con la temperatura y puede afectar nuestra percepción de confort.

La humedad relativa media en Leticia es de 87%, clima clasificado como súper húmedo.

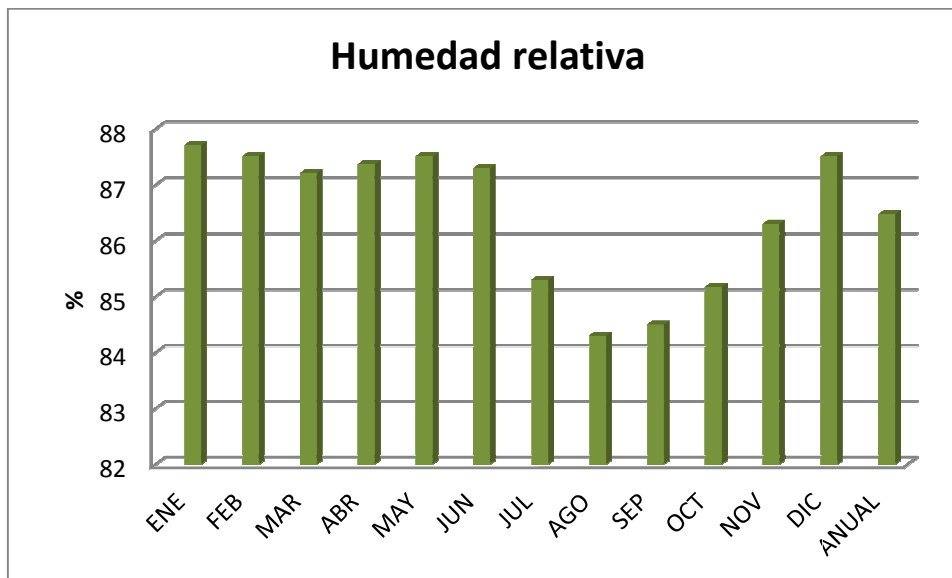


Gráfico No 2. Humedad Relativa de Leticia
Fuente: IDEAM

3.1.3. Viento: Se forma por corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales. Se mide en la horizontal. El viento tiene diversos atributos que lo caracterizan, como son dirección, frecuencia y velocidad. El viento es un parámetro climático importante a la hora de cuantificar el consumo energético del edificio, debido a la posibilidad de infiltrarse al interior por las aperturas o de enfriar las superficies exteriores de la piel del edificio.

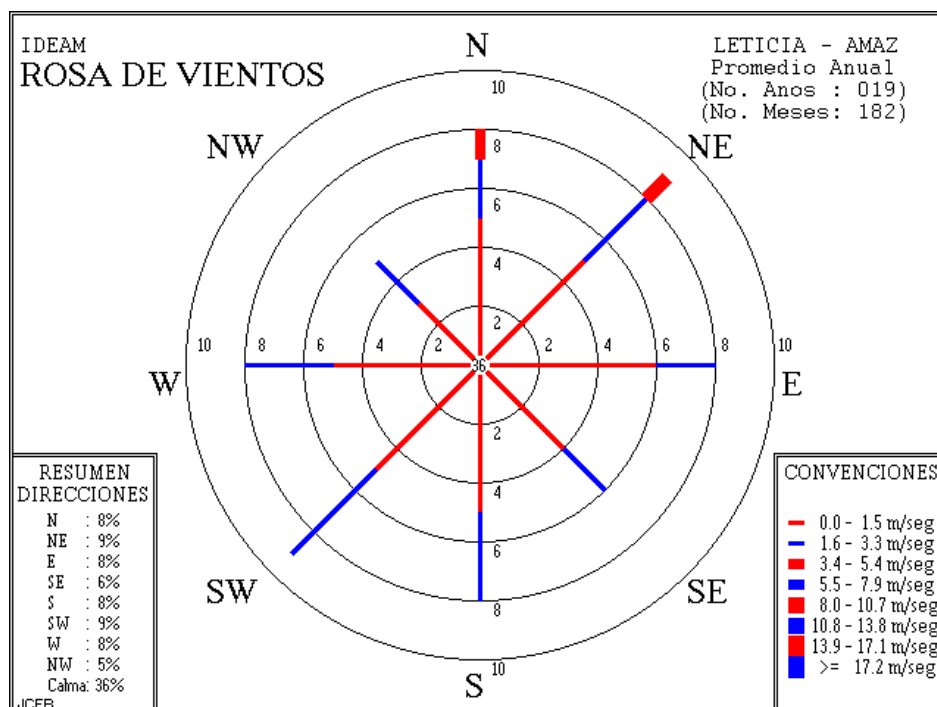


Imagen No 3. Rosa del viento, de Leticia.
Fuente: IDEAM

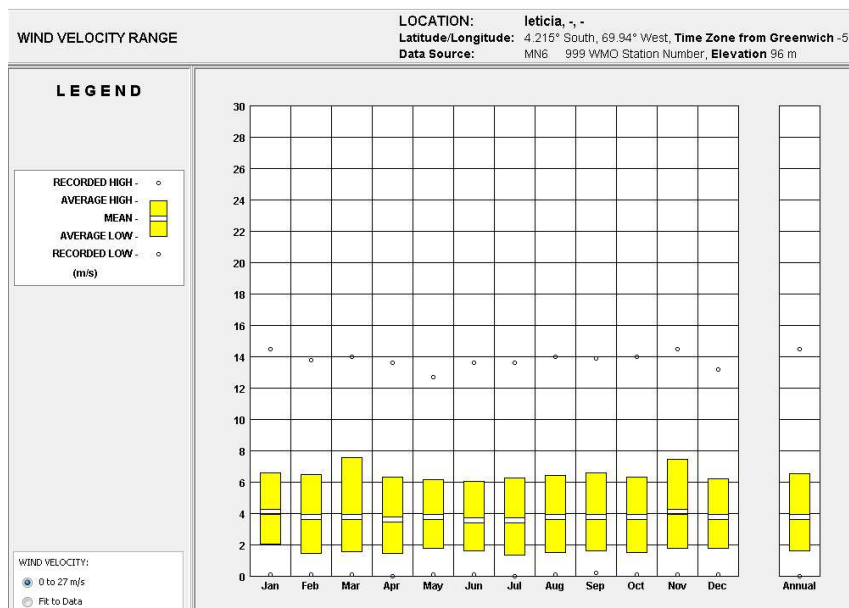


Imagen No 3. Rango de velocidad del viento en Leticia.

La dirección predominante del viento en Leticia es la nor-este y la sur-oeste con velocidades máximas de 3.4 a 5.4 m/seg

3.1.4. Precipitación. Es agua procedente de la atmosfera que, en forma sólida o líquida, se deposita sobre la tierra. La precipitación puede ser sensible o insensible, ya sea que tenga forma de lluvia, granizo, llovizna, nieve o rocío, bruma o niebla.

Los valores de precipitación son importantes de tener en cuenta ya que ellos nos van a determinar diseños específicos como sistemas de recuperación de aguas lluvias e inciden sobre el porcentaje de humedad contenida en el aire.

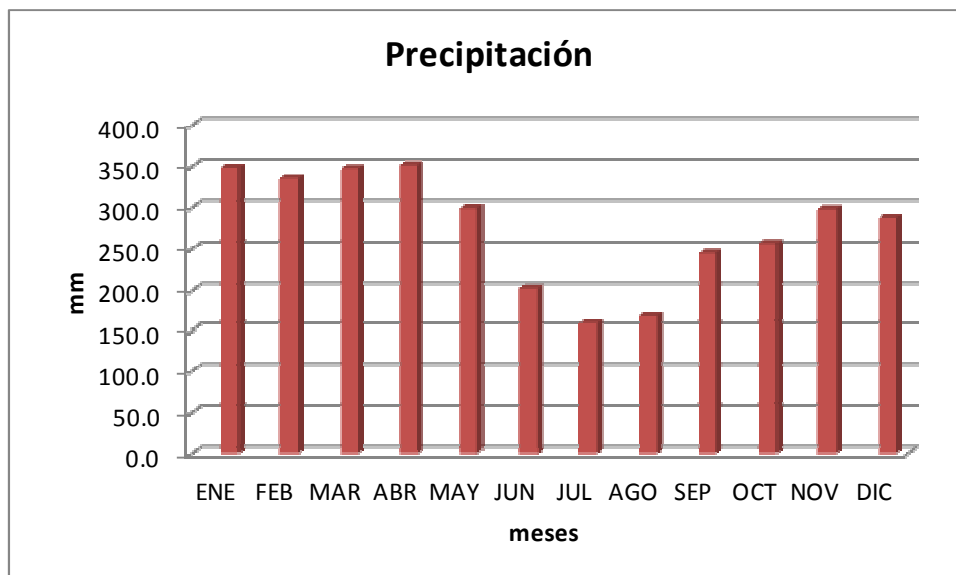
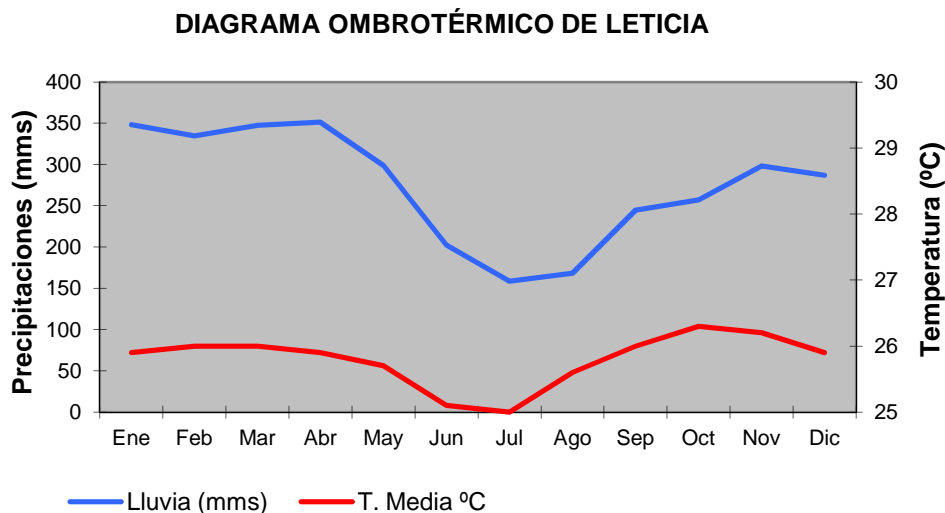


Gráfico No 3. Precipitación de Leticia
Fuente: IDEAM

El periodo de mayor precipitación se presenta en los primeros cuatro meses del año alcanzando valores de 351.5 mm el mes de abril. Y los meses de menor precipitación son julio y agosto.



Grafica No 4. Diagrama Ombrotérmico de Leticia
Fuente: Ideam

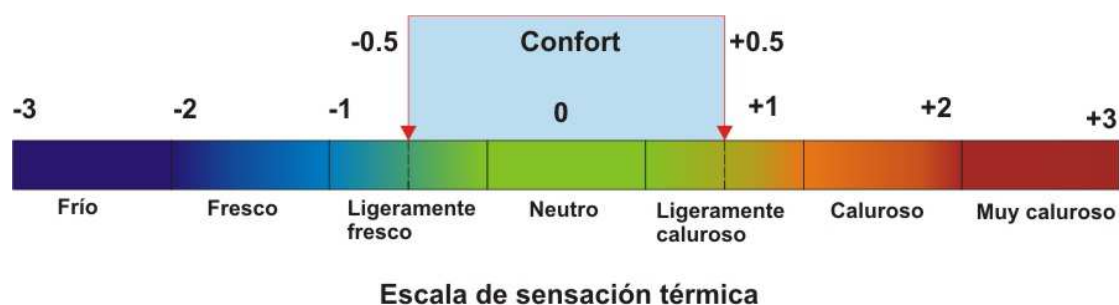
4. CONFORT TÉRMICO.

Otra de las variables que tenemos en cuenta en este estudio es el confort térmico. Se define el confort como “un estado de completo bienestar físico, mental y social”. El confort, así definido, depende de multitud de factores personales (respuesta a las sensaciones, expectativas para el momento y lugar considerados) y parámetros físicos (visuales, auditivos, térmicos, olfativos, etc.).

De entre todos los factores, el confort térmico representa el sentirse bien “desde el punto de vista del ambiente higrotérmico exterior a la persona”. Los límites extremos, desde el punto de vista térmico, pueden resultar dañinos, e incluso mortales, para el ser humano. Ello es debido a que el ser humano es homeotérmico, es decir, debe mantener ciertas partes vitales a temperatura aproximadamente constante.

El método Fanger completa su análisis con la estimación del **Porcentaje de personas insatisfechas (PPD)** a partir del **Voto medio estimado (PMV)**. Dicho índice analiza aquellos votos dispersos alrededor del valor medio obtenido, y representa a las personas que considerarían la sensación térmica como desagradable, demasiado fría o calurosa.

Para la evaluación de la sensación térmica se tuvo en cuenta las temperaturas operativas de la simulación térmica. Este sistema de evaluación es el mismo sugerido en por el **ANSI/ASRAE Standard 55 - 2004, Thermal Environmental Conditions for human Occupancy**.



Mediante el índice PMV de Voto Medio Previsto (Predicted Mean Vote) podemos obtener los límites de la temperatura y la humedad para obtener un grado de confort térmico razonable. El índice PMV predice el valor medio de la sensación subjetiva de un grupo de personas en un ambiente determinado.

La escala del PMV tiene un rango de sensación térmica de 7 puntos, desde - 3 (frío) a +3 (caliente), donde el 0 representa una sensación térmica neutra.

Aunque el índice PMV sea 0, todavía habrá algunos individuos que estén insatisfechos con el nivel de temperatura, a pesar que todos ellos tengan una vestimenta y un nivel de actividad similar, porque la evaluación de la comodidad difiere ligeramente entre las personas.

Para predecir cuánta gente está insatisfecha en un ambiente térmico determinado, se ha introducido el índice de Porcentaje de Personas Insatisfechas PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). En el índice PPD los votos de la gente de - 3, - 2, +2, +3 en la escala PMV se considera térmicamente insatisfechas.

TABLE 5.2.1.2
Acceptable Thermal Environment for General Comfort

PPD	PMV Range
< 10	-0.5 < PMV < + 0.5

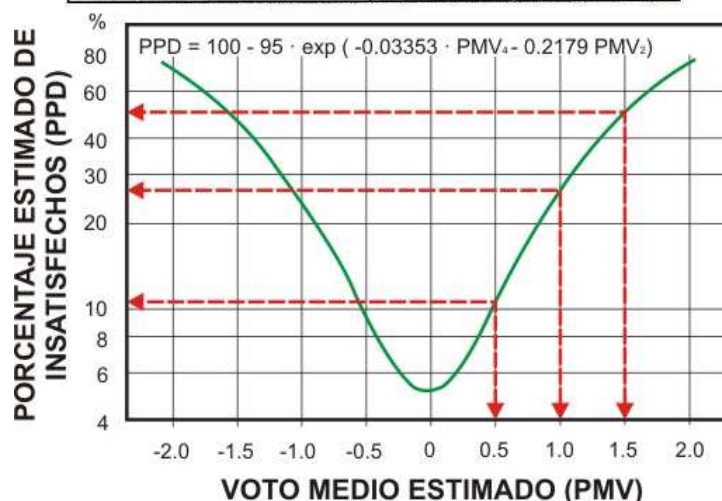


Tabla No. 5.2.1.2. Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predictedpercentageofdissatisfied), en función del Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote).

Los requerimientos bioclimáticos antes expresados están de conformidad con lo requerido por el ASHRAE 55-2004 en función de las temperaturas operativas para este clima así:

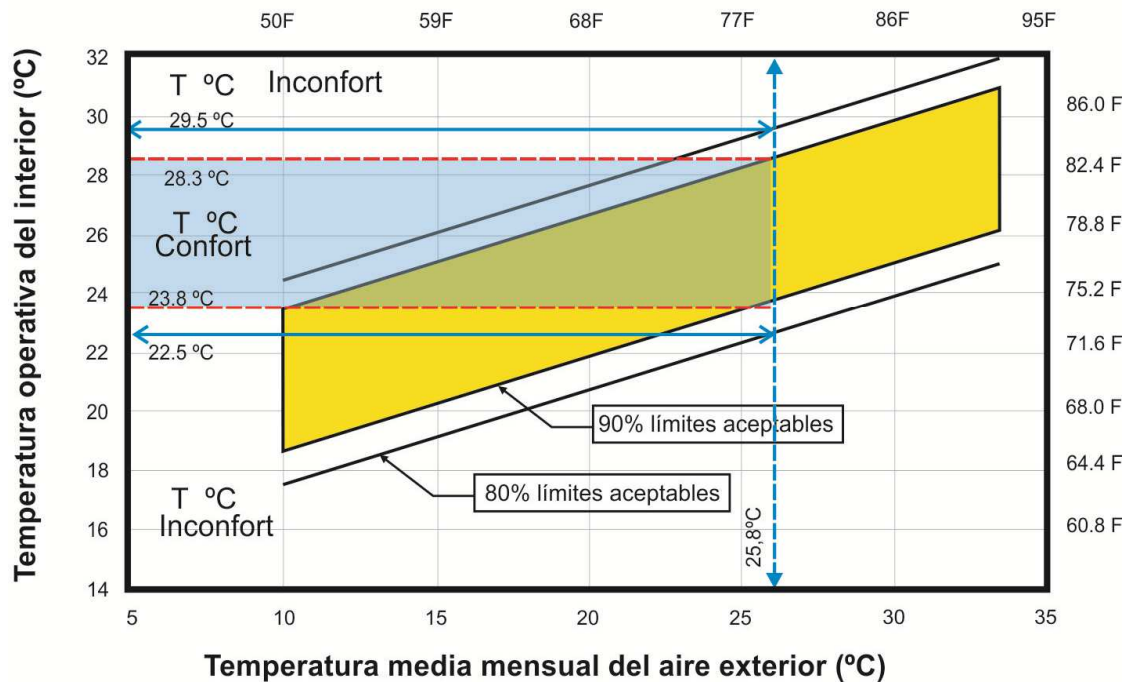


Imagen No 4. Condiciones admisibles para Leticia – Temperaturas operativas (en ausencia de ventilación)

Según la tabla anterior podemos establecer que los rangos de temperatura operativa para Bahía Solano, teniendo en cuenta la temperatura media exterior de 25.8°C, para el 90% de límites aceptables están las temperaturas entre 22.5°C y 29.5°C, y para el 80% entre 23.8°C y 28.3°C en condiciones de ausencia de ventilación.

5. DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO.

La herramienta utilizada en este trabajo para procesar los datos meteorológicos es el diagrama bioclimático. Este fue desarrollado por Givoni y Milne, a partir de trabajos de Givoni, presentados en su obra "El hombre, la arquitectura y el clima".

Los medios de intervención, sobre los efectos del clima exterior, con los dispositivos arquitectónicos o técnicos se ilustran por las zonas de influencia en el diagrama psychrometrico.

5.1. Diagrama Bioclimático de Leticia:

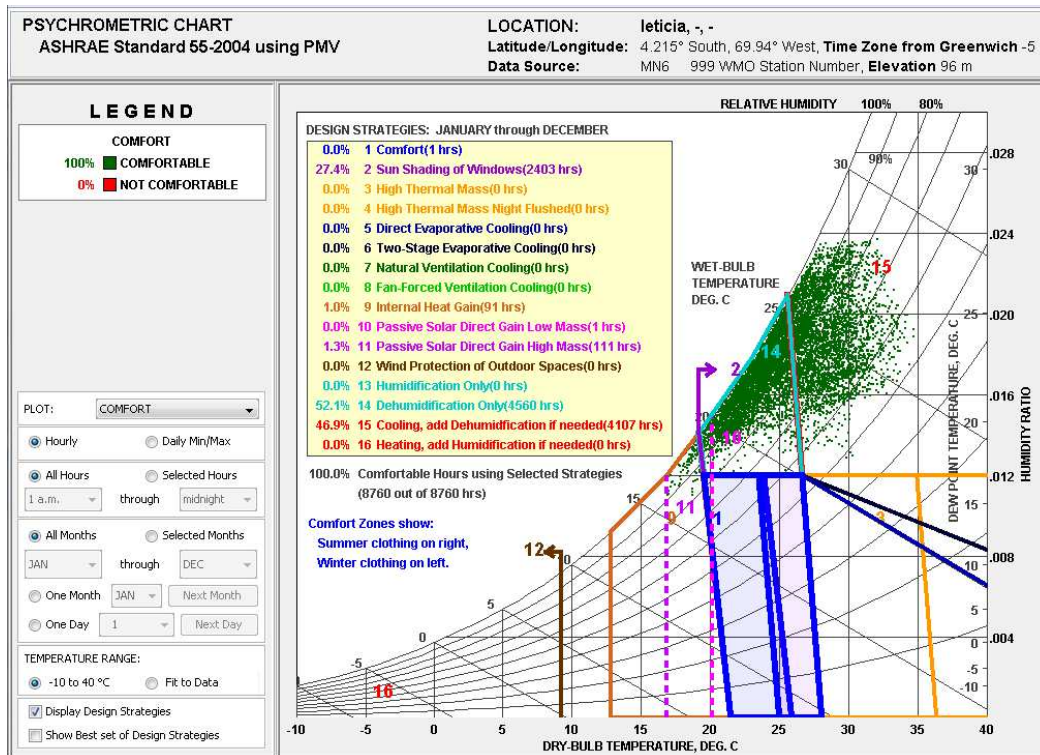


Imagen No 5. Carta psychrometrica para Leticia.

El diagrama bioclimático es una representación tal que cada punto del mismo define unas determinadas condiciones atmosféricas dadas por la temperatura ambiente T y las condiciones de humedad H.

Hay dos formas diferentes de observar la humedad:

- **Humedad absoluta**, dada como la presión parcial de vapor de agua en mm de Hg. Se representa en el eje de ordenadas del diagrama.
- **Humedad relativa**, dada como el porcentaje de humedad respecto al máximo que admite la atmósfera a esa temperatura. En el diagrama se representa por un conjunto de curvas.

En cuanto a la temperatura, se puede observar de dos maneras diferentes:

- **Temperatura seca**, que es la temperatura tal como la conocemos habitualmente, medida por un bulbo termométrico seco. Se representa en el eje de abscisas del diagrama.
- **Temperatura húmeda**, que es la temperatura que tendría un bulbo termométrico permanentemente humedecido. Como la evaporación del agua provoca el enfriamiento del bulbo, la temperatura húmeda es siempre menor que la temperatura seca. En condiciones de atmósfera muy seca, la evaporación es más rápida, por lo que la temperatura húmeda es menor, mientras que en una atmósfera saturada de agua, no es posible la evaporación, y la temperatura húmeda iguala a la temperatura seca. La medida se realiza con viento en calma (pues este aceleraría la evaporación). En el diagrama se representa como un conjunto de curvas.

- **La zona de confort (C)** es el conjunto de puntos (T, H) del diagrama en el cual un individuo de metabolismo medio, vestido con ropa ligera de verano, en reposo o realizando una actividad sedentaria, con el aire en reposo y sin recibir radiación solar, se encontraría en condiciones confortables. En el diagrama se puede observar que estas condiciones se dan para temperaturas comprendidas entre 20 y 27°C y humedades relativas entre 20 y 80%, exceptuando el triángulo de temperaturas y humedades más altas (H> 50%, T>24°C).

5.2. Parámetros de confort según el ASHRAE Standard 55-2004.

(Metric Units)	LOCATION: leticia, -, - Latitude/Longitude: 4.215° South, 69.94° West, Time Zone from Greenwich -5 Data Source: MN6 999 WMO Station Number, Elevation 96 m
ASHRAE Standard 55-2004 using PMV (Predicted Mean Vote) Model (select Help for definitions)	
1. COMFORT: (using ASHRAE 55 PMV Model) 1.0 Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants, sweater) 0.5 Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts, light top) 1.1 Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting, reading) 90.0 Predicted Percent of People Satisfied (100 - PPD) 20.3 Comfort Lowest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C) 24.3 Comfort Highest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C) 26.7 Comfort Highest Summer Temp calculated by PMV model(ET* C) 84.6 Maximum Humidity calculated by PMV model (%) 2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low) 20.3 Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C) 315.5 Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m) 3. HIGH THERMAL MASS ZONE: 8.3 Max. Dry Bulb Temperature Difference above Comfort High (°C) 2.8 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C) 4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE: 16.7 Max. Dry Bulb Temperature Difference above Comfort High (°C) 2.8 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C) 5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone) 20.0 Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C) 6.6 Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C) 6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE: 50.0 % Efficiency of Indirect Stage	7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE: 2.0 Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban) 0.2 Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s) 1.5 Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s) 8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE: 0.8 Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s) 3.0 Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation) 9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE: 12.8 Balance Point Temperature Above Which Building Runs Free (°C) 10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE: 157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m) 3.0 Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours) 11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE: 157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m) 12.0 Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours) 12. WIND PROTECTION ZONE: 8.5 Min. Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s) 11.1 Min. Dry Bulb Temperature Difference Below Comfort Low (°C) 13. HUMIDIFICATION ZONE: (directly below Comfort Zone) 14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (directly above Comfort Zone)

5.3. Diagrama de confort adaptativo.

El confort adaptativo hace referencia a todos los mecanismos de adaptación fisiológica de aclimatación y a los procesos de comportamiento y psicológicos que sufren los ocupantes del edificio, con el fin de mejorar y ajustar las condiciones ambientales interiores a las necesidades personales o colectivas.

La interpretación del diagrama indica que durante el año el que el 50% del tiempo el clima de Leticia presenta condiciones de confort con temperaturas entre 23°C y 29.5°C.

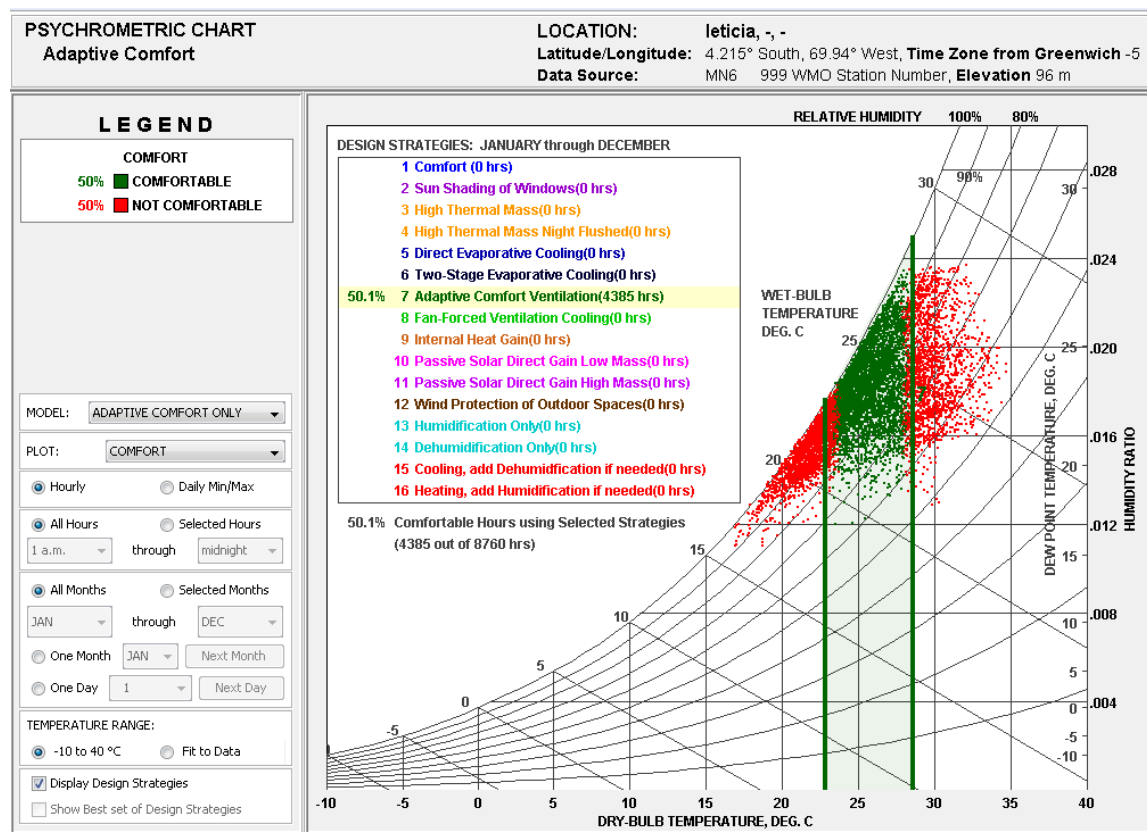


Imagen No 6. Carta psicrometrica confort adaptativo para Leticia.

6. ESTUDIO TRAYECTORIA SOLAR.

De todos los diagramas auxiliares de proyección solar seleccionamos el método estereográfico, para el diseño de los elementos de control solar y la determinación de las sombras proyectadas. El Diagrama Solar es una representación estereográfica de la trayectoria solar, el centro de la circunferencia y el plano del papel en que está dibujado representan respectivamente la posición del observador y el plano horizontal a través de esta posición. El círculo con su punto medio como centro define el horizonte del observador¹.

Para realizar el estudio de la incidencia del sol en el proyecto se hallaron los ángulos de azimut y de altura solar correspondientes a la latitud.

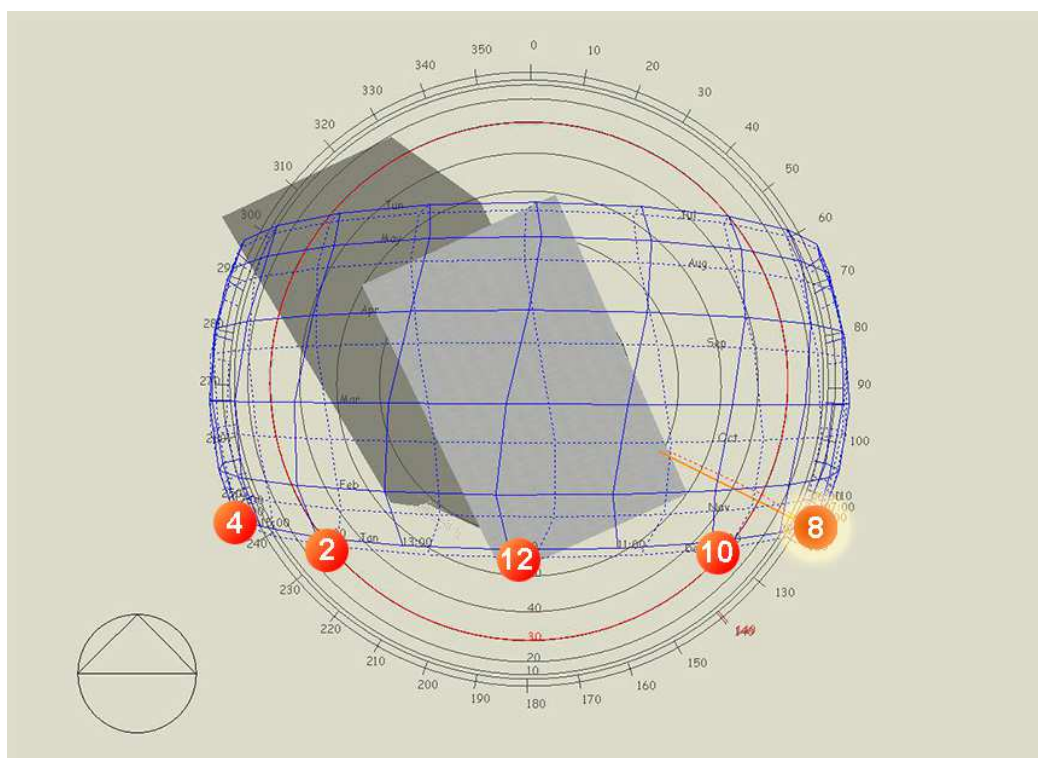
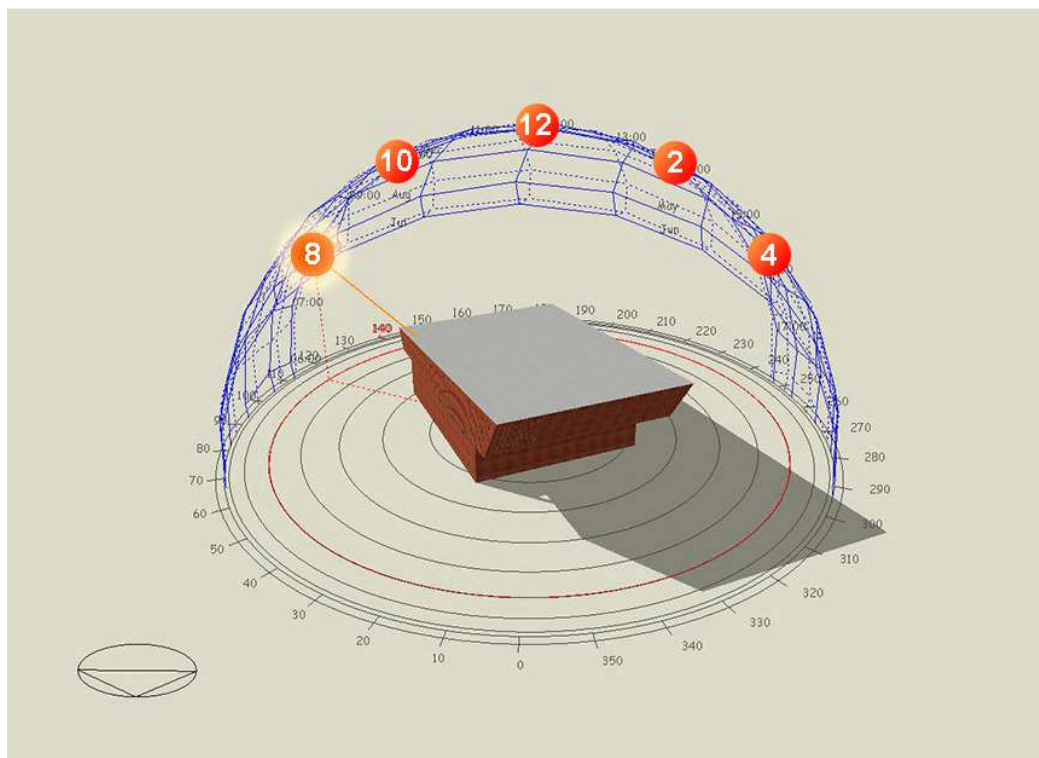
Este ejercicio nos permite ver la incidencia del sol durante las fechas de diciembre, junio, marzo y septiembre correspondientes a los solsticios de verano e invierno y equinoccios de primavera y otoño.

Esta información también va a ser de utilidad para el cálculo de los elementos de protección solar.

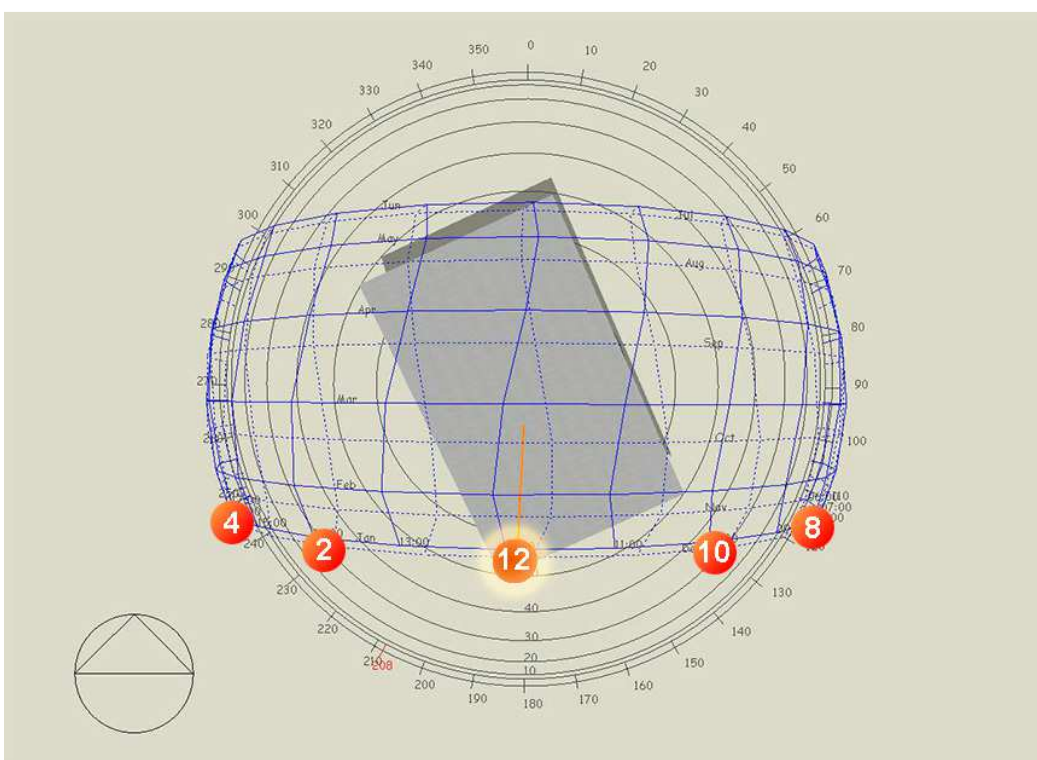
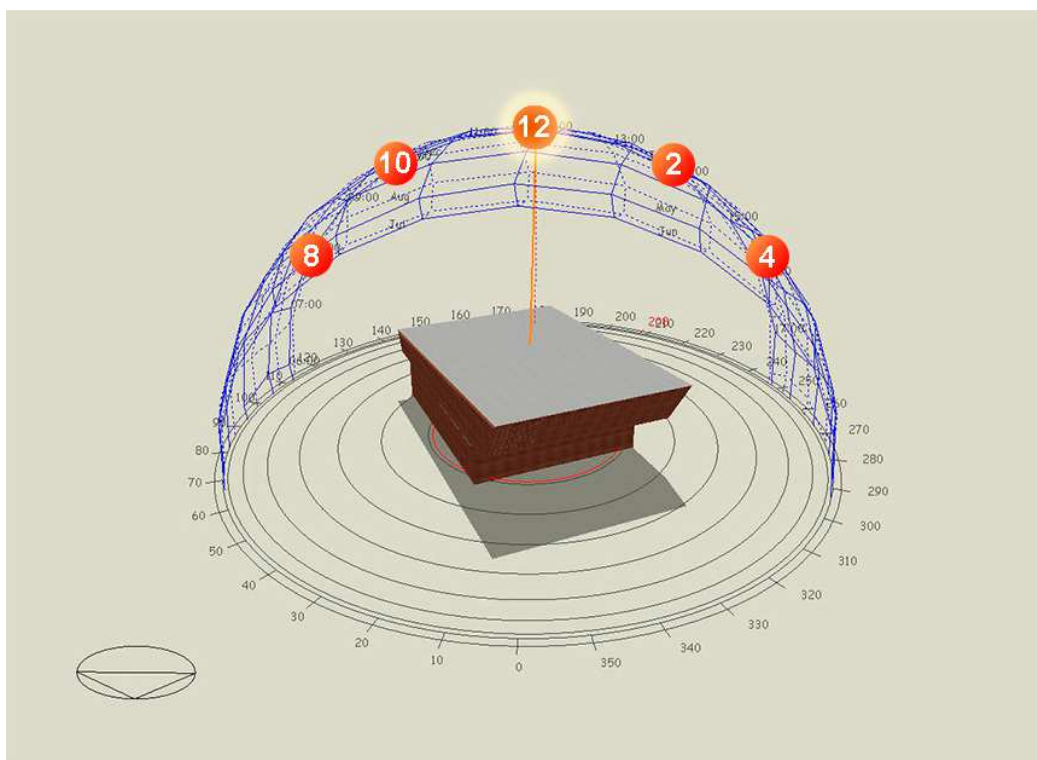
¹

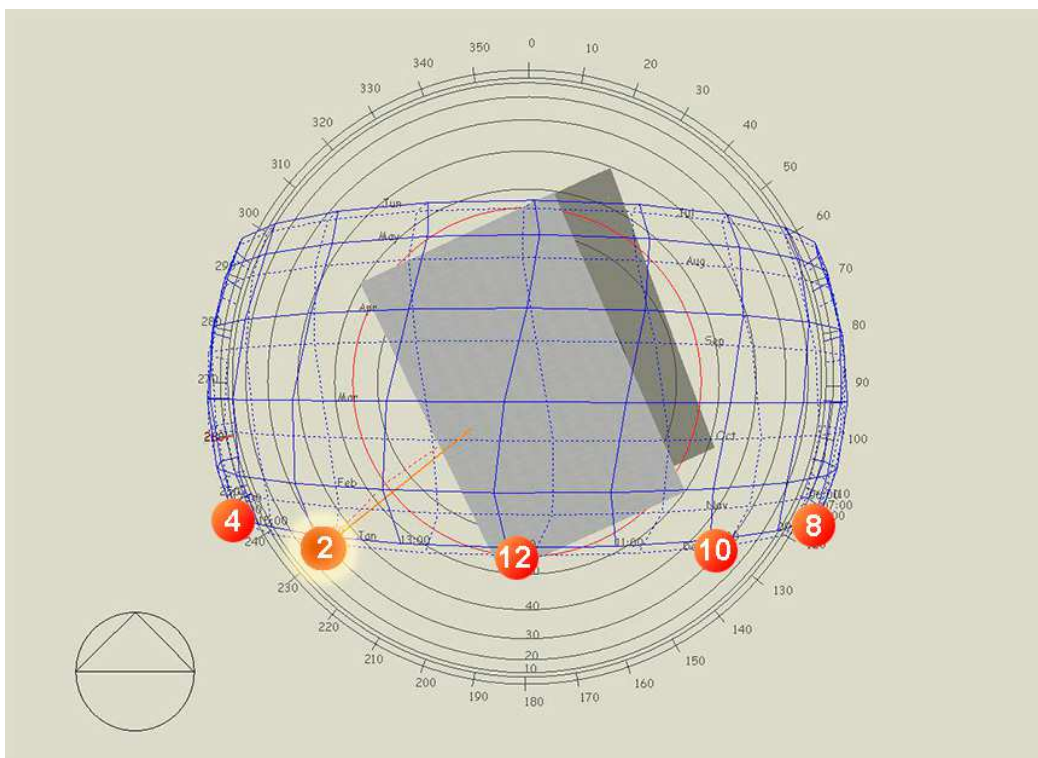
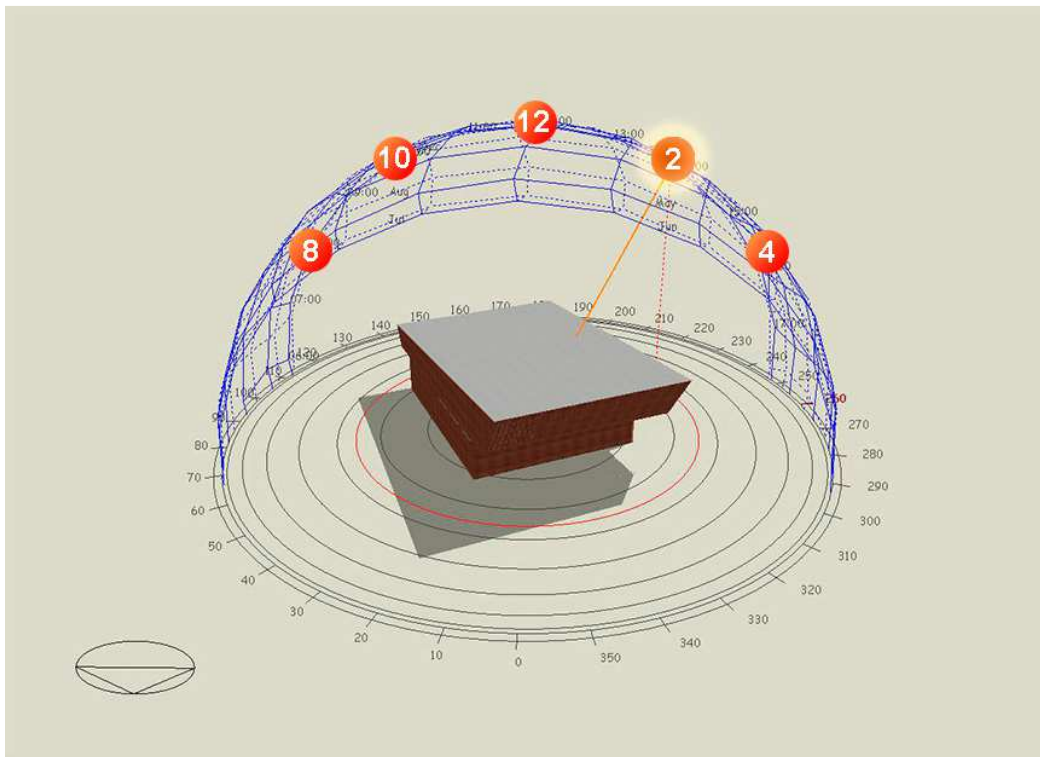
- **Diciembre:**

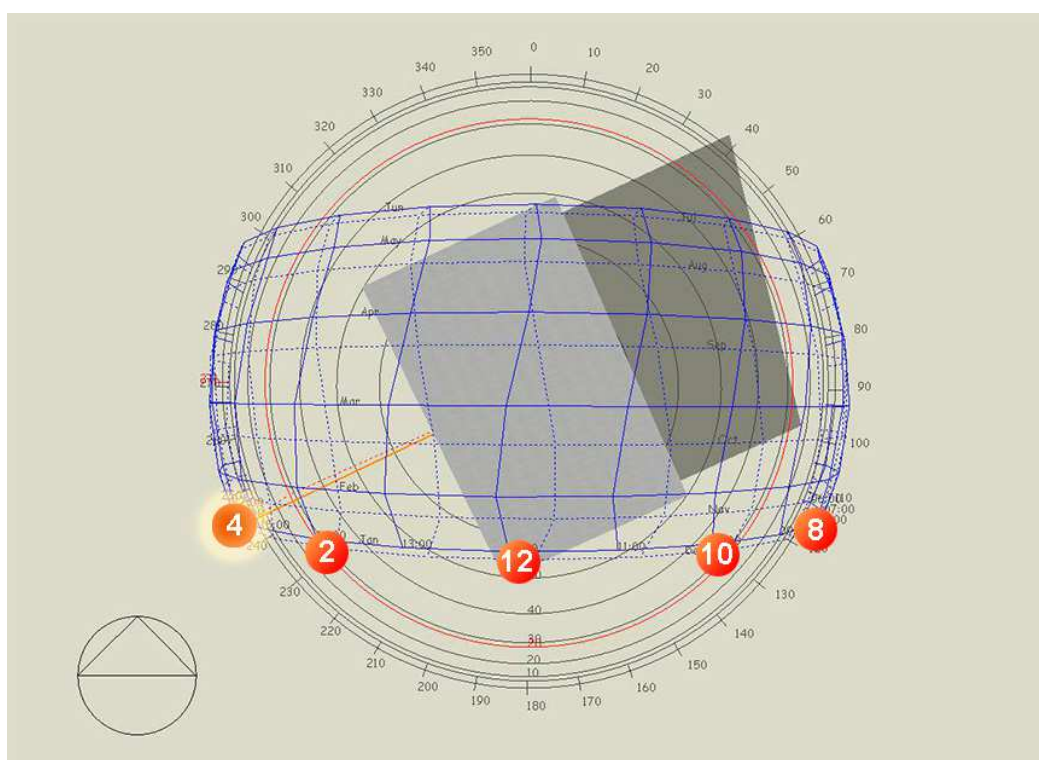
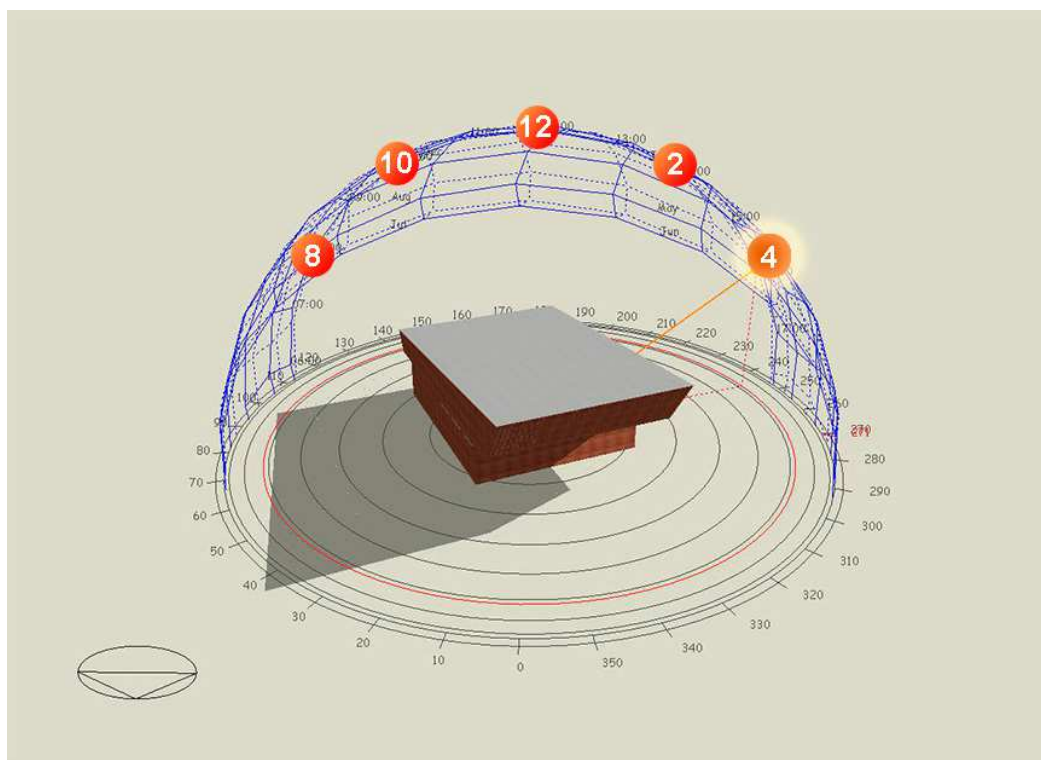
8 am



12 m

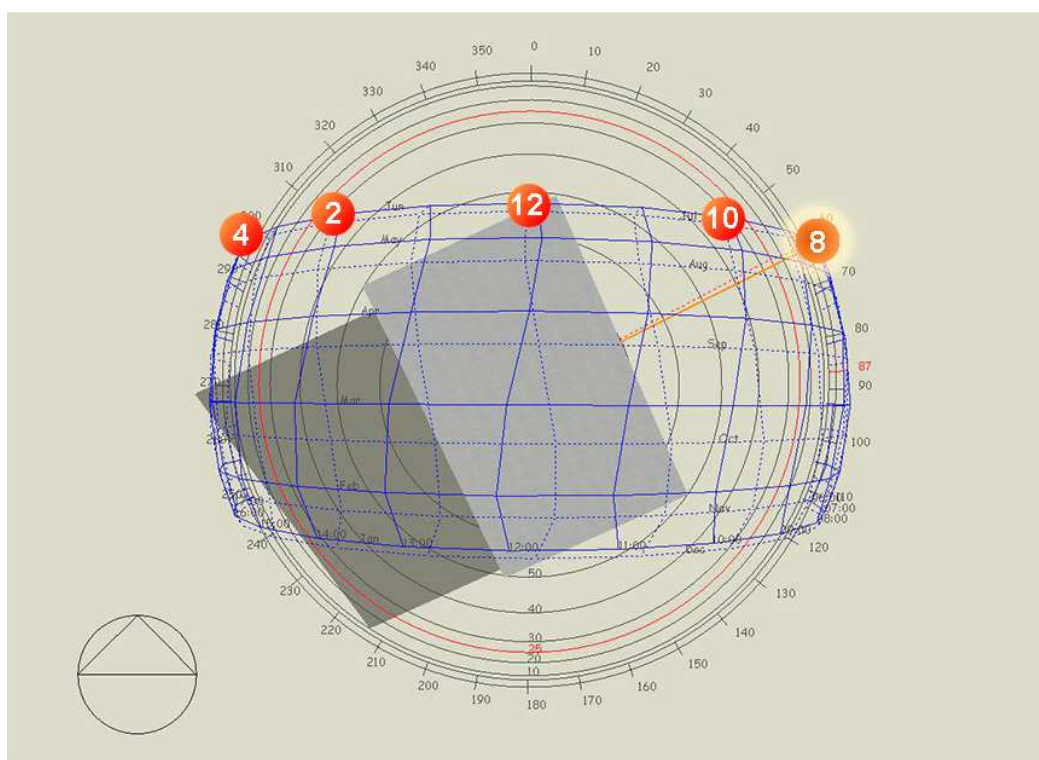
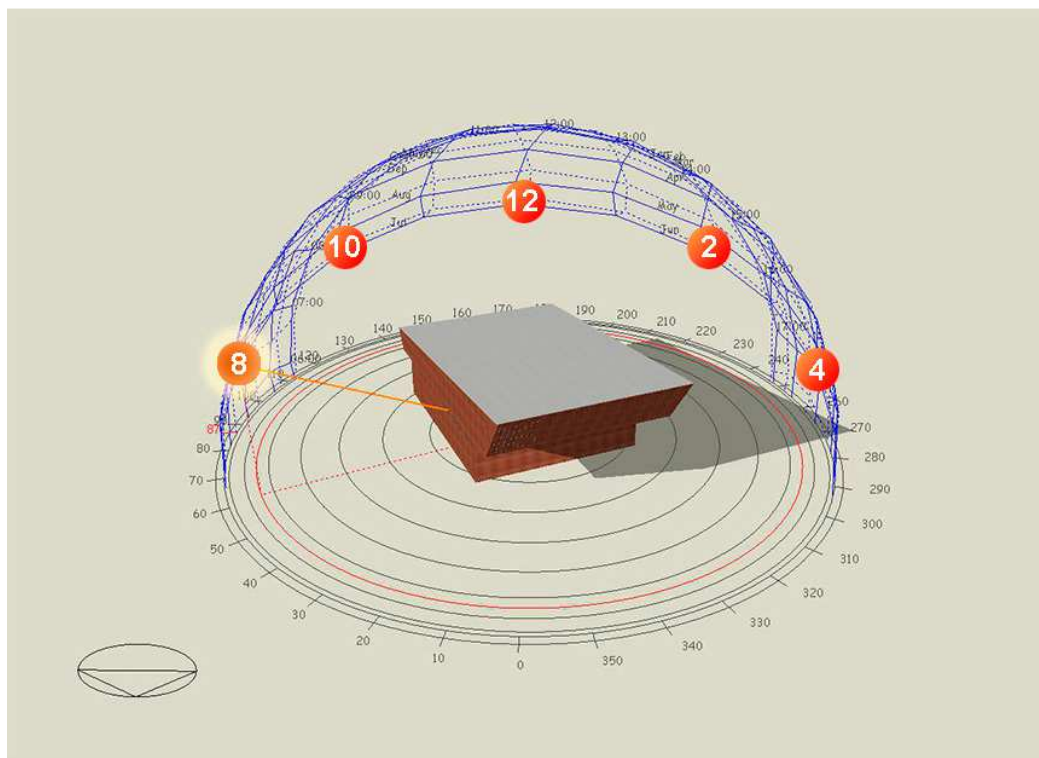


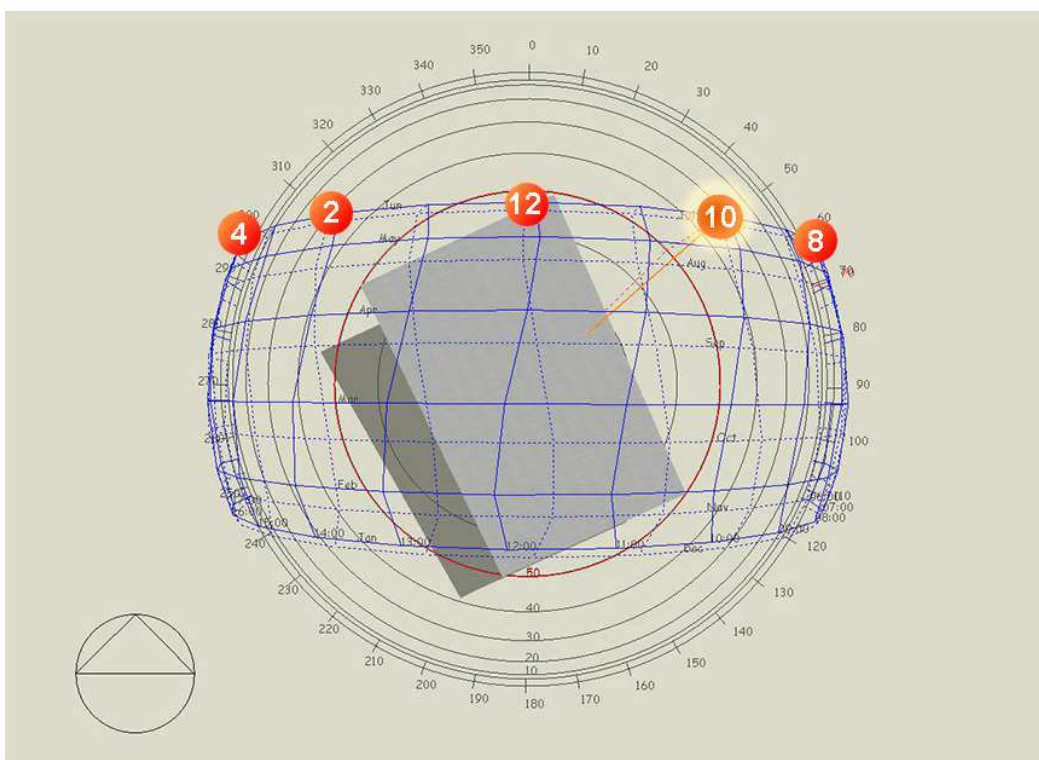
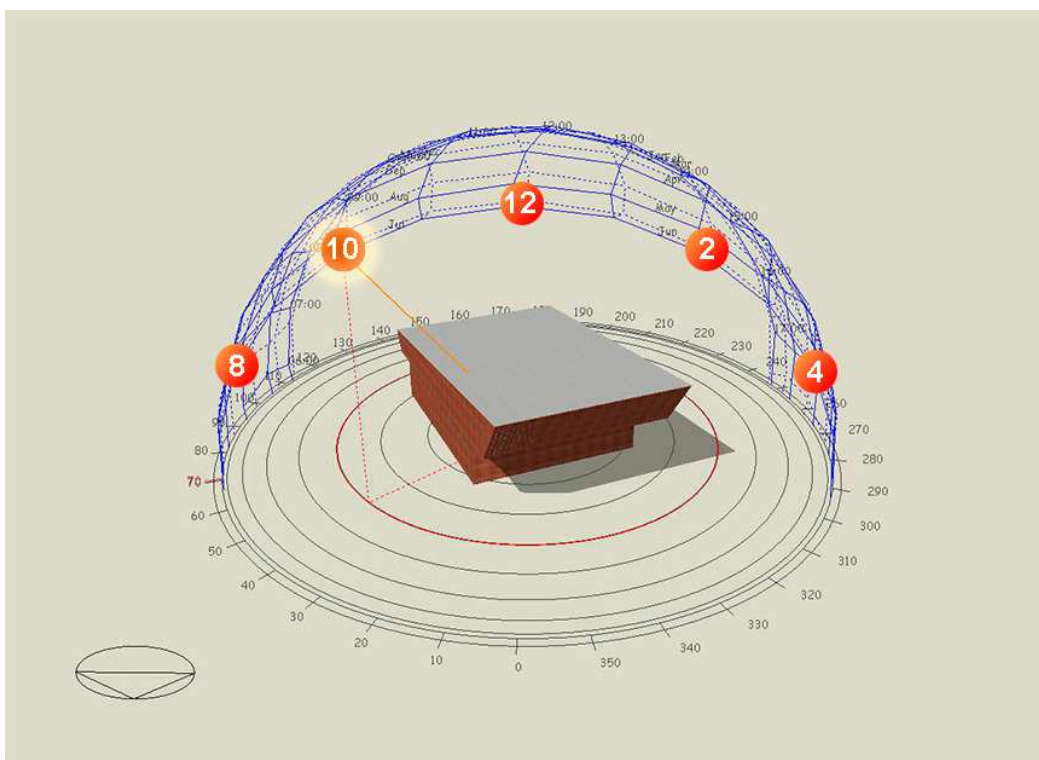


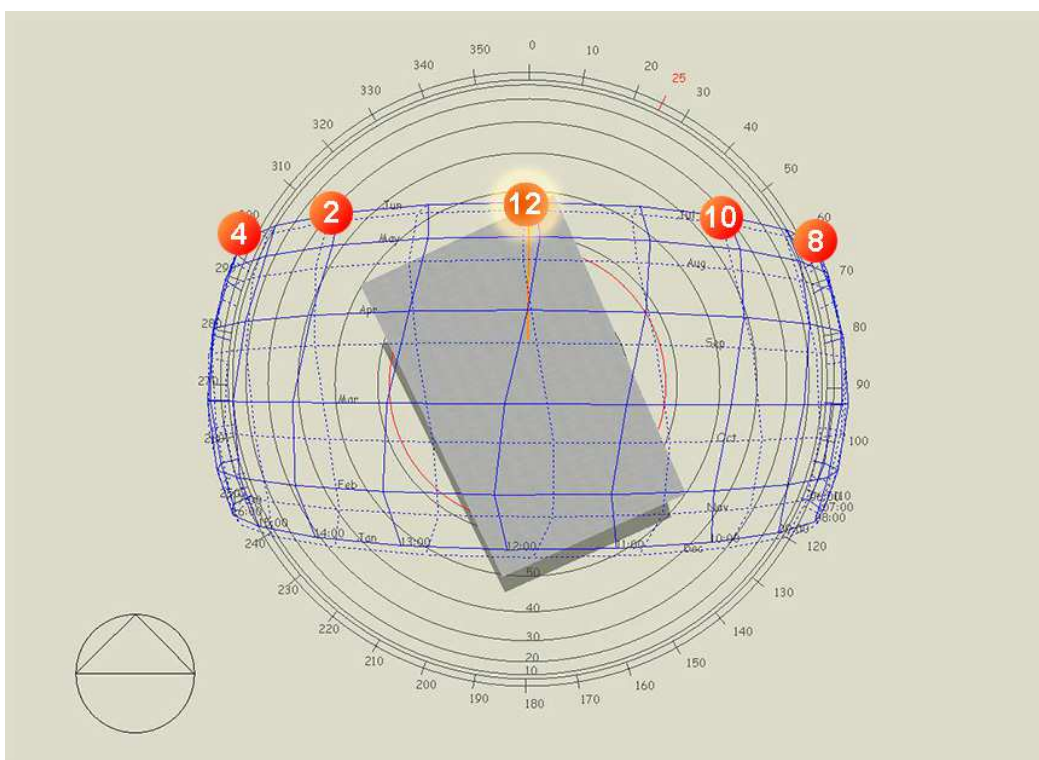
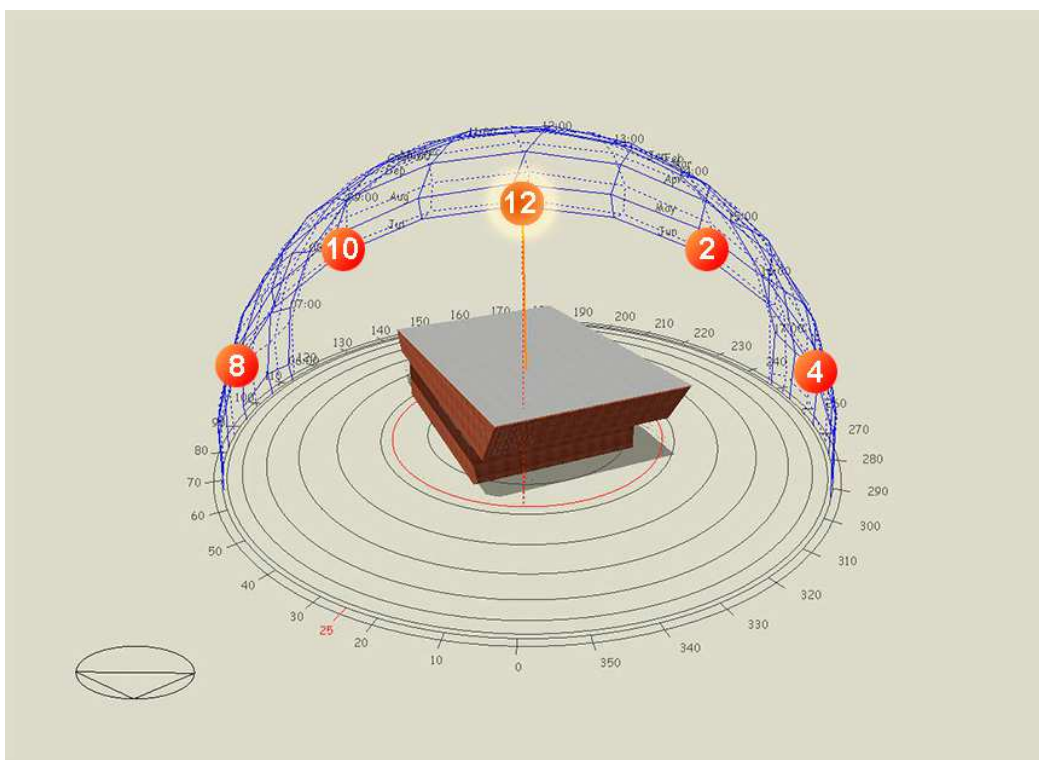


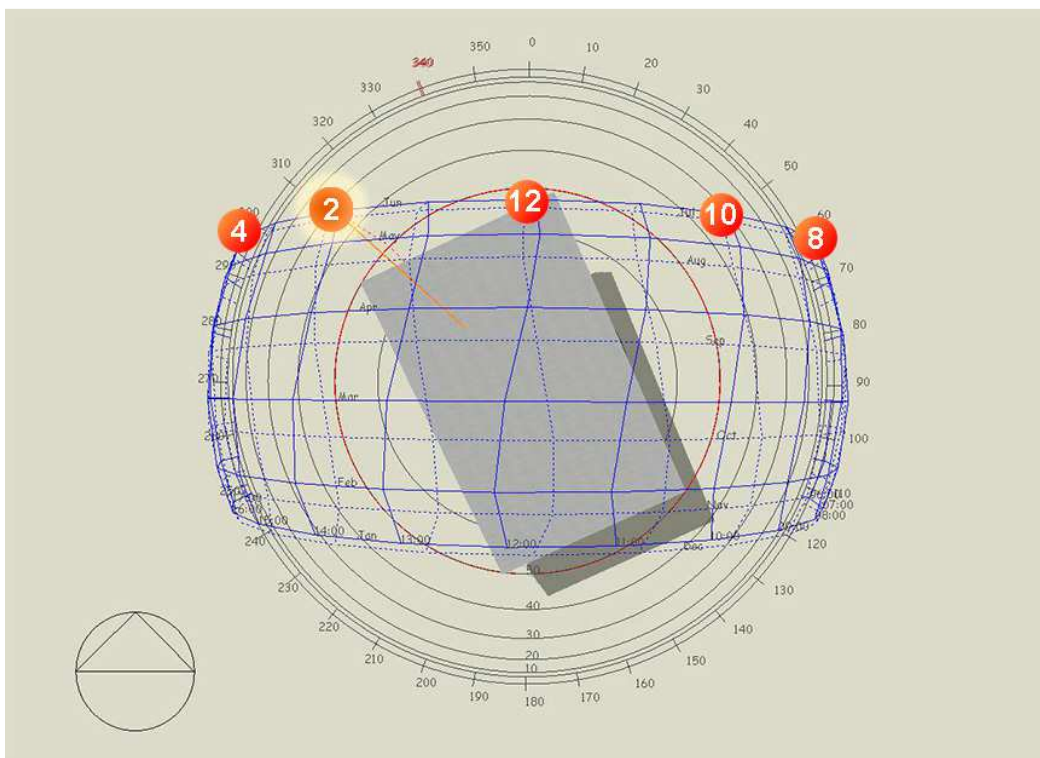
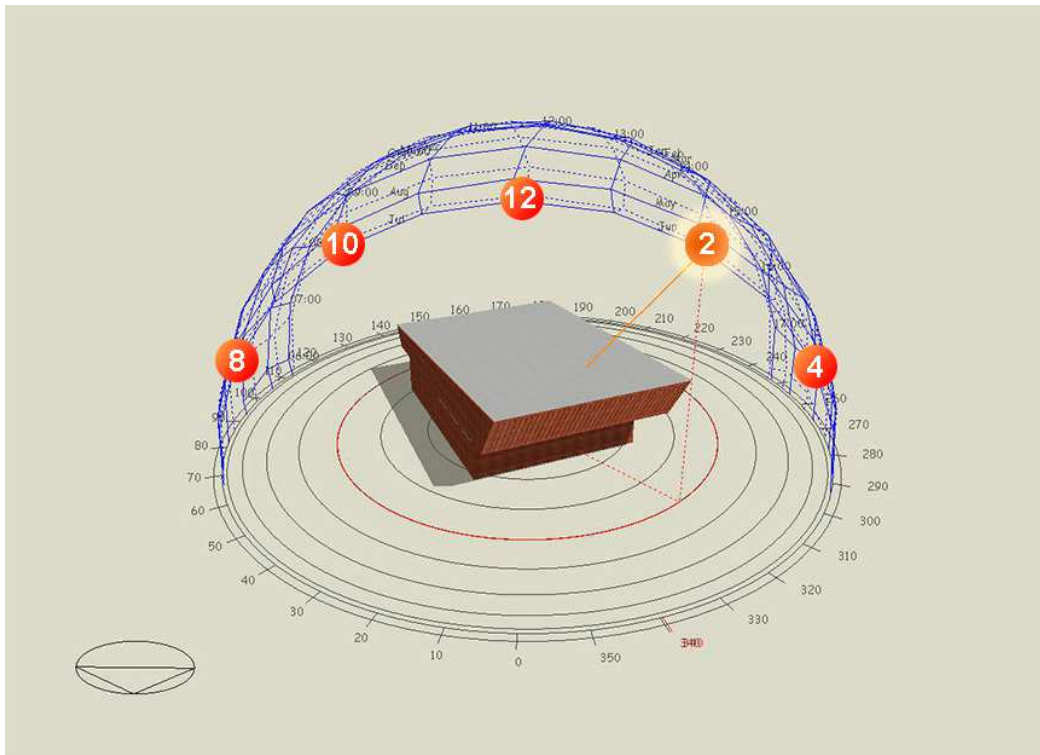
- **Junio:**

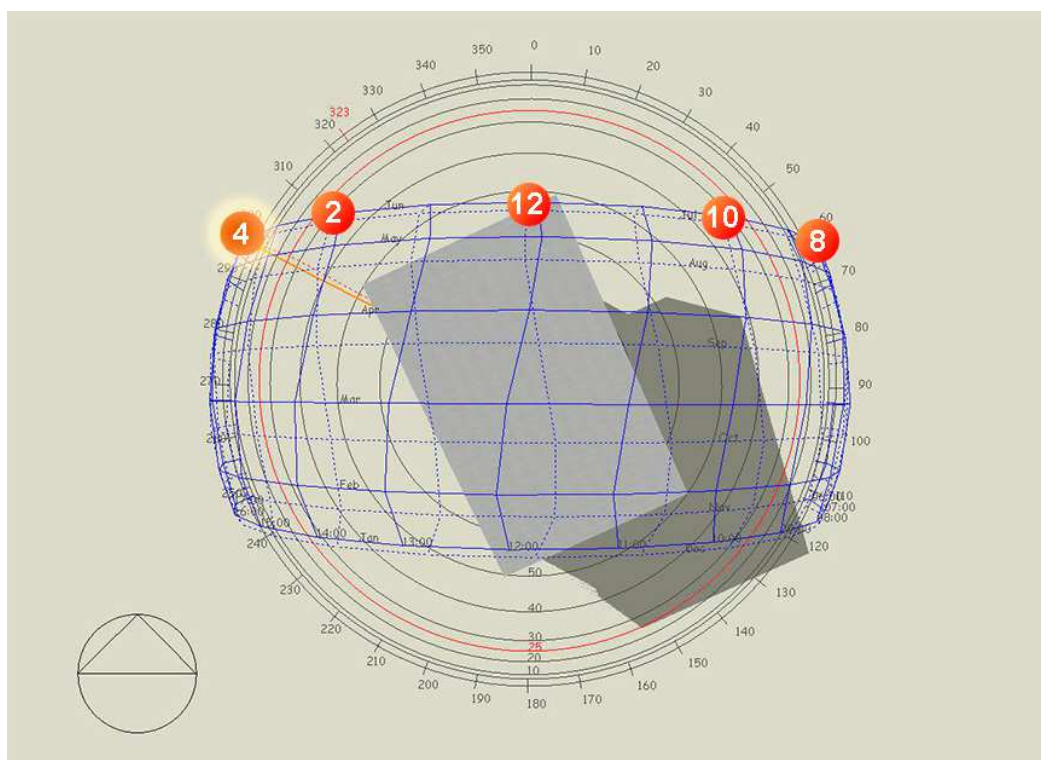
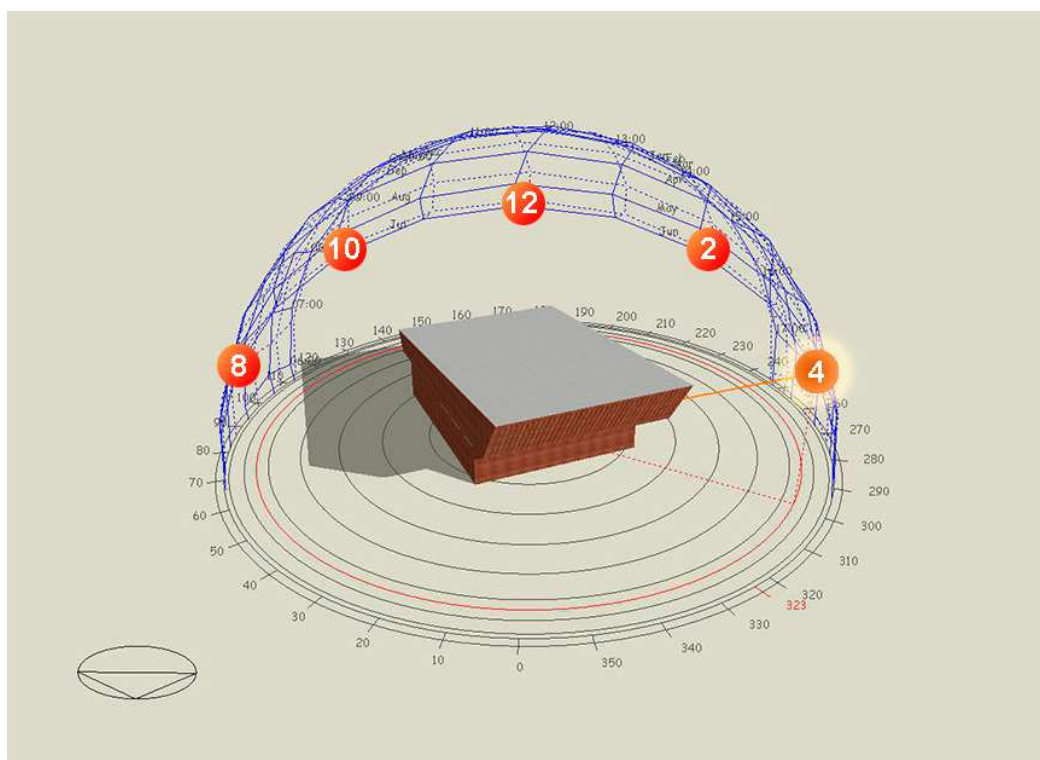
8 am





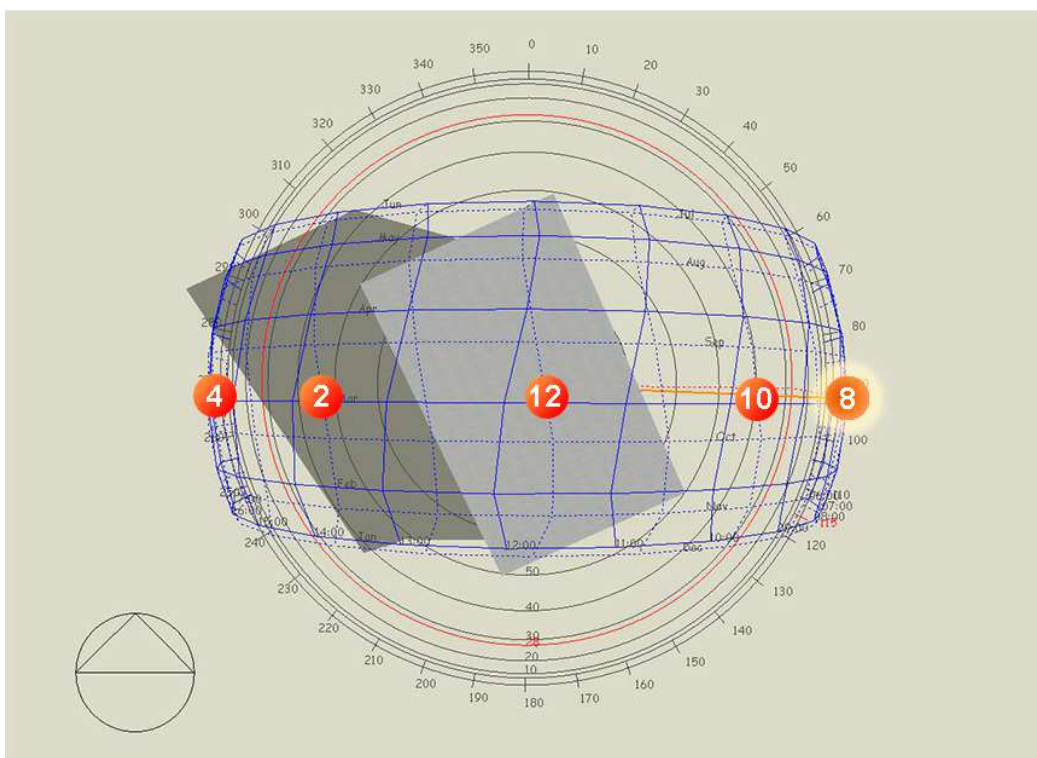
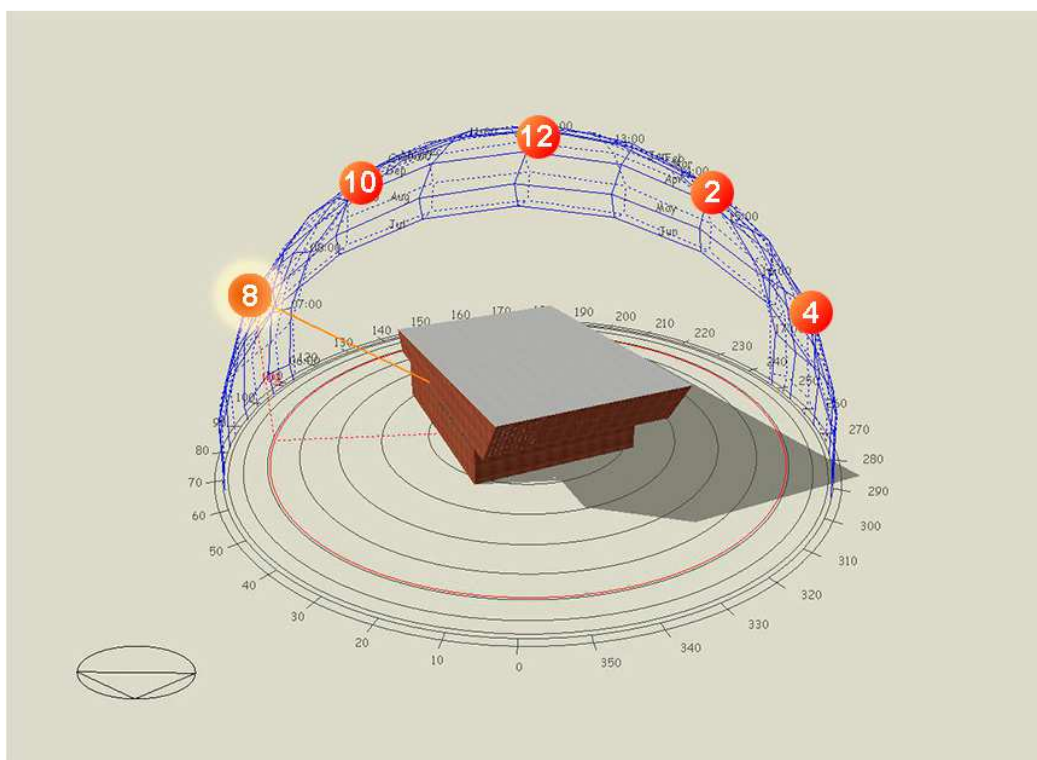


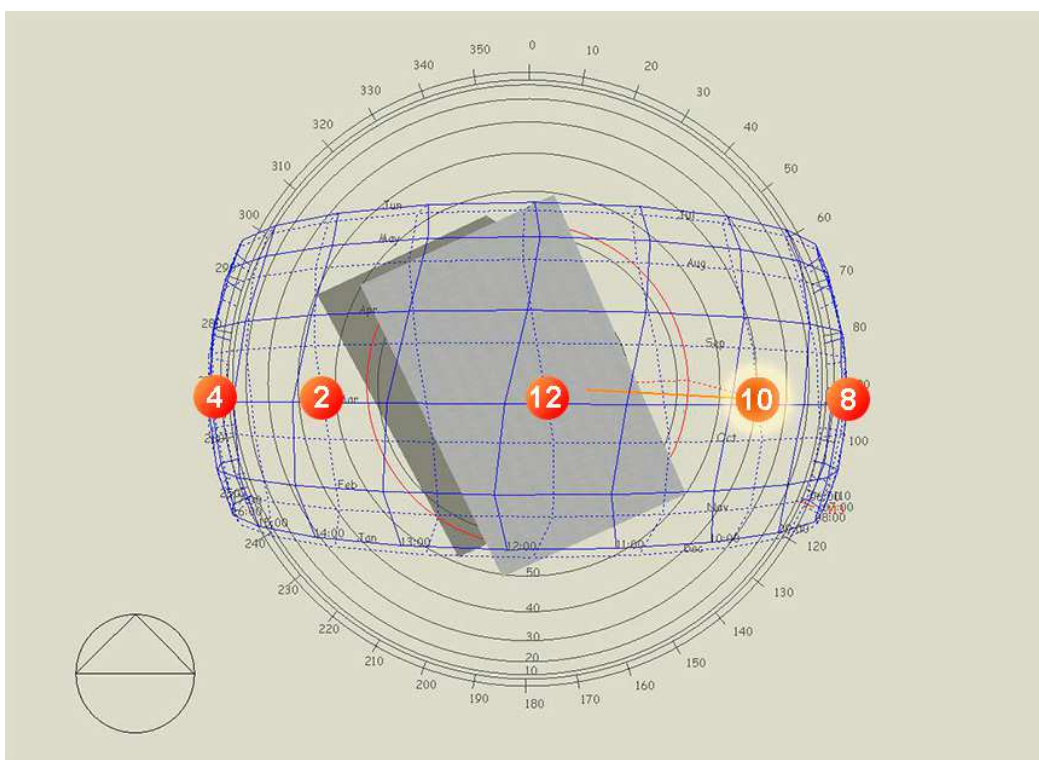
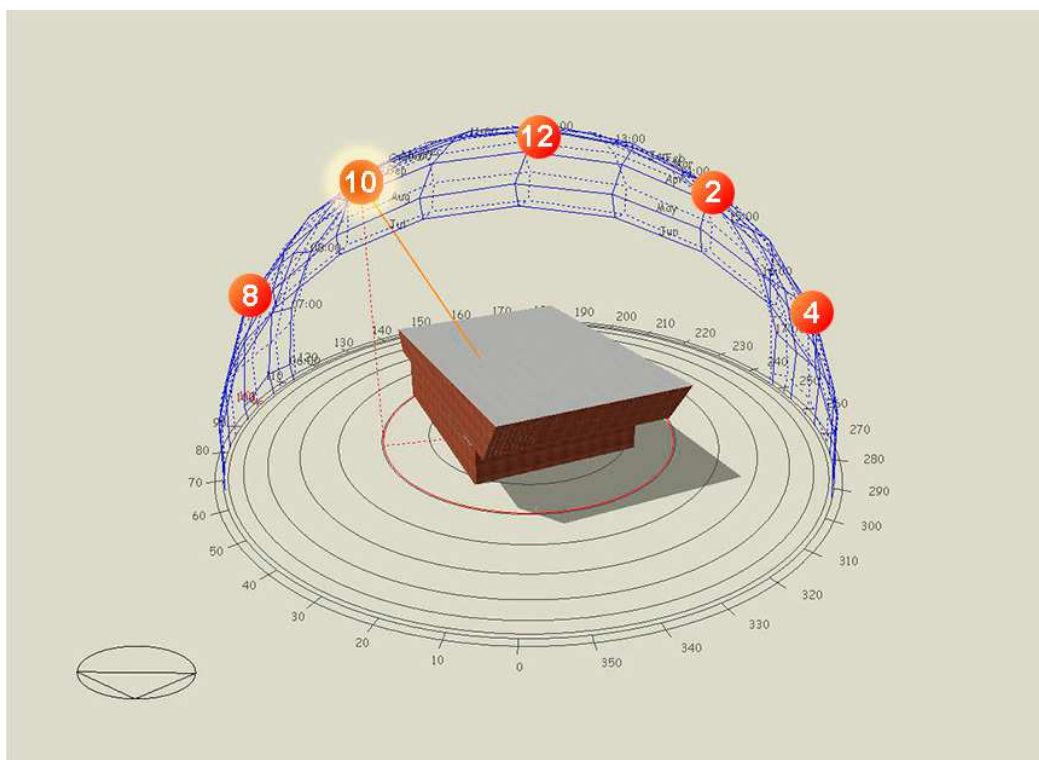


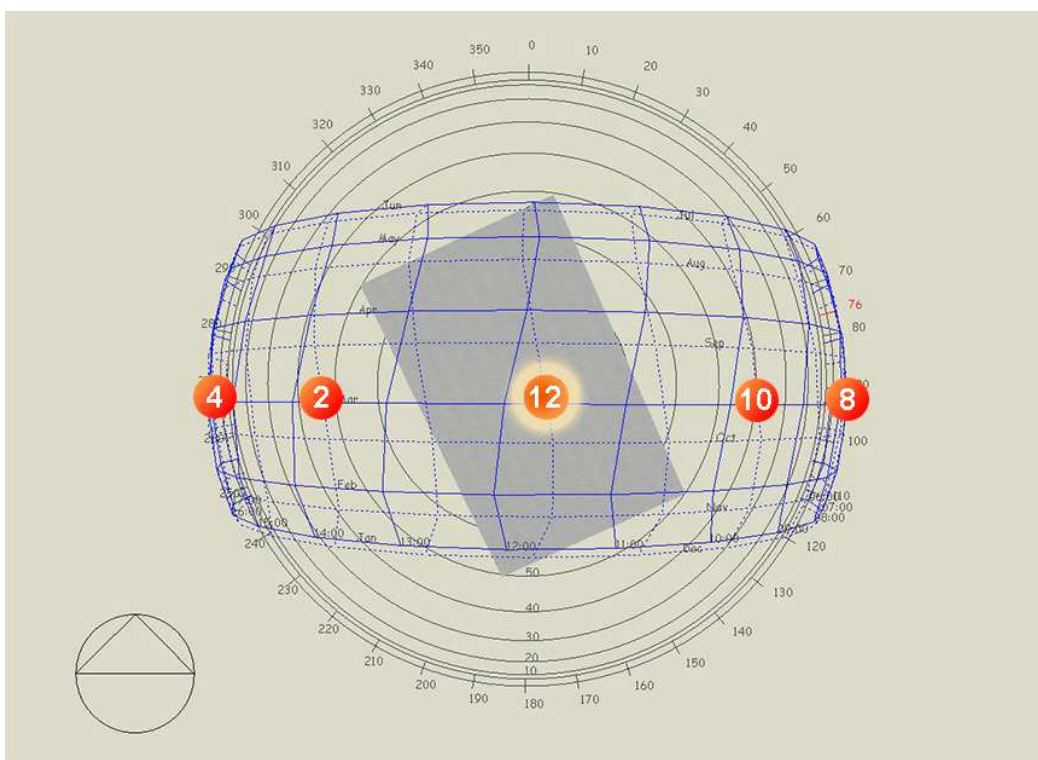
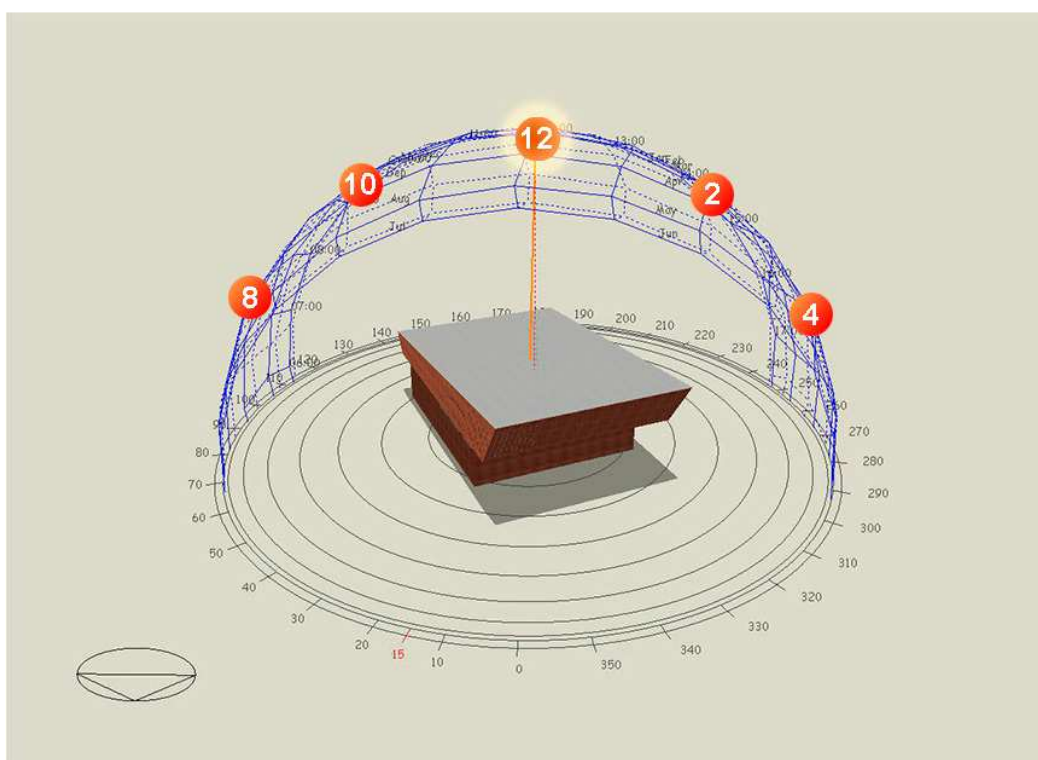


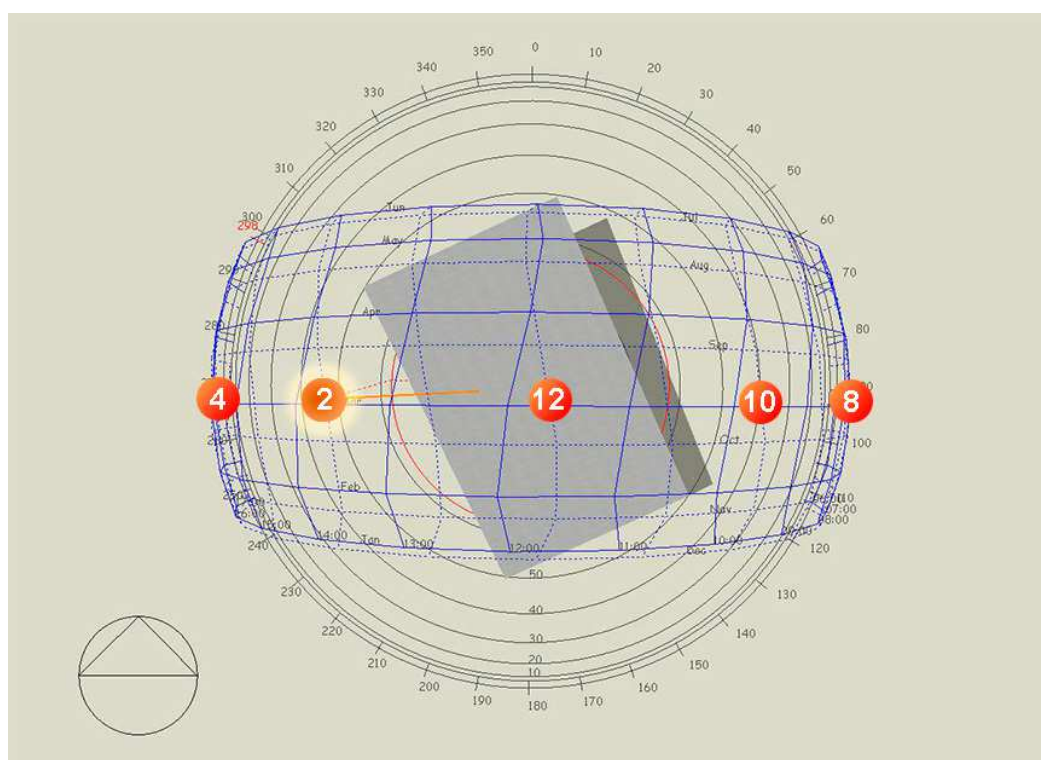
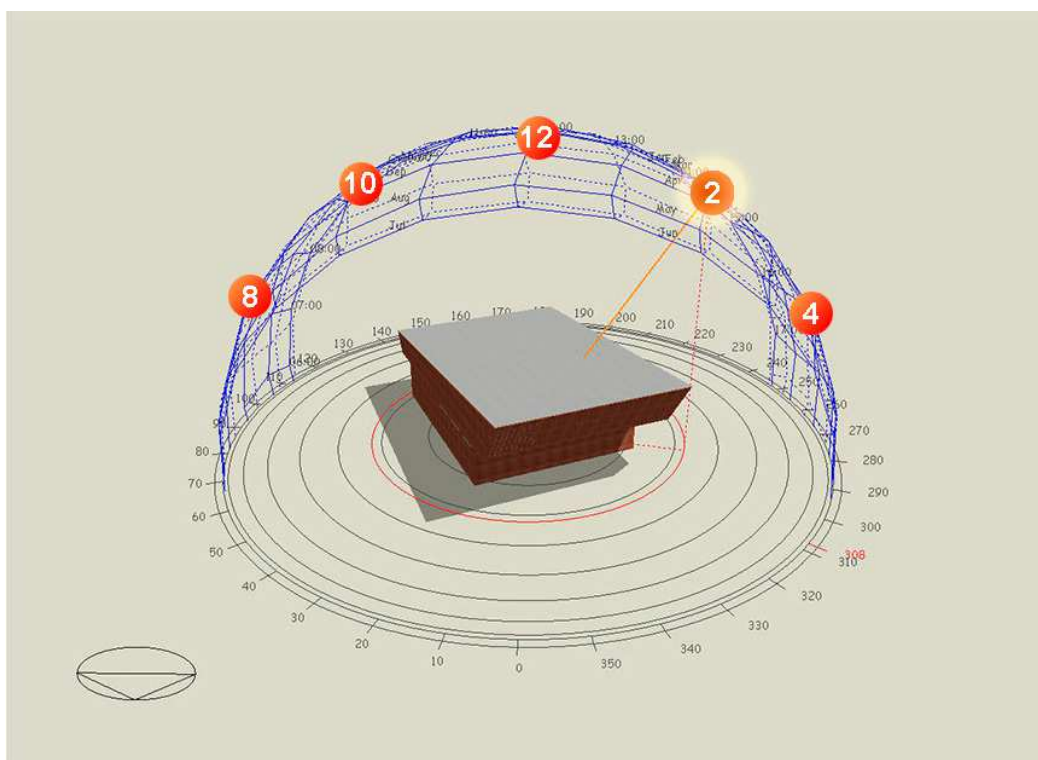
- Septiembre- Marzo:

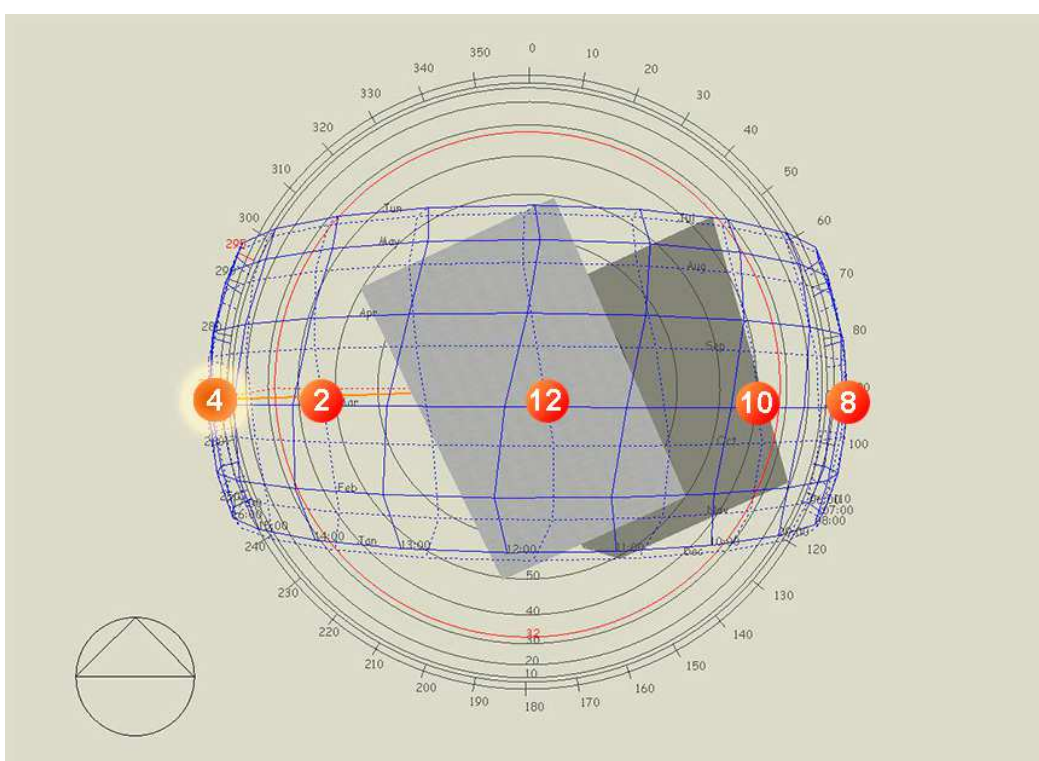
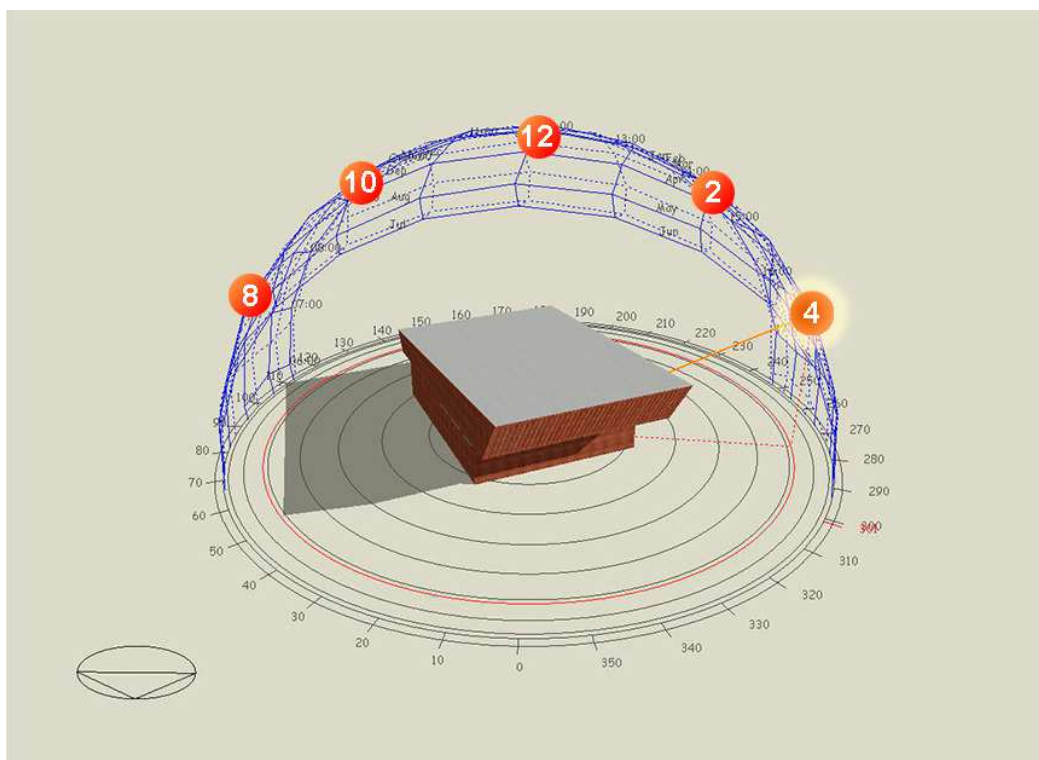
8 am











Con el estudio de la trayectoria solar podemos ver claramente el gran elemento que es la cubierta genera una gran protección sobre las fachadas nor-este y sur oeste. .

6.1. Estrategias de protección solar.

En el clima tropical cálido las temperaturas medias mensuales no descienden debajo de 20°C. Expuestas a una gran radiación solar, las paredes de los edificios están por consiguiente a un nivel medio de temperatura, superior a la de la temperatura exterior, medida a la sombra. La radiación que incide sobre una superficie receptora tiene tres componentes energéticos principales:

- La radiación directa que provienen directamente del sol.
- La radiación difusa del cielo proveniente de la bóveda celeste y de las nubes.
- La radiación difusa del suelo, parte de la radiación global reflejada por el suelo hacia la atmósfera o hacia el receptor.

Una de las primeras medidas que se impone en la región tropical, sin importar el lugar, es la protección solar máxima de edificios para reducir la carga térmica.

Esta protección puede hacerse por medio de quiebra-soles, (celosías, cubiertas, cielo-rasos ventilados), materiales aislantes (en cubiertas, principalmente) recubrimientos reflectivo (pinturas claras, aluminio) y barreras de árboles.



Imagen No 7. Alzado



Imagen No 7. Imagen fachada posterior

Hacen parte de los elementos de protección solar la gran cubierta y las celosías propuestas como ventanas.

7. VENTILACIÓN NATURAL.

Las siguientes directrices son importantes para la planificación y el diseño de sistemas de ventilación natural en los edificios:

- Un sistema de ventilación natural debe ser eficaz, independientemente de la dirección del viento y debe haber una ventilación adecuada, incluso cuando el viento no sopla de la dirección predominante.
- La entrada y salida del viento por las aperturas no debe ser obstruido por objetos cercanos.
- Las ventanas deben estar ubicadas en zonas de presiones opuestas ya que esto suele aumentar la ventilación de recambio.
- La diferencia de temperaturas verticales deben mantenerse para producir el efecto chimenea.
- Los elementos arquitectónicos como wingwalls, parapetos y aleros se puede utilizar para promover el flujo de aire dentro del edificio;
- En los climas calientes y húmedos, las velocidades de aire deben considerarse al máximo en las zonas ocupadas para efectos de refrigeración.
- Las fachadas alargadas del edificio deben recibir el flujo de aire del viento, y las puertas y ventanas deben orientarse con respecto a la dirección predominante del viento.
- En lo posible, las aberturas de ventanas deben ser accesibles y utilizables por los ocupantes.

-Los pozos verticales, las escaleras o los patios pueden ser usadas para aumentar y generar efecto chimenea.

-Las aberturas cercanas al nivel de la presión neutral deben reducirse, ya que son menos eficaces para la ventilación inducida térmicamente.

-Cuando las aberturas de entrada y de salida son áreas prácticamente iguales se puede obtener equilibrio y una mayor ventilación.

7.1. Estrategias de Diseño del sistema de ventilación natural.

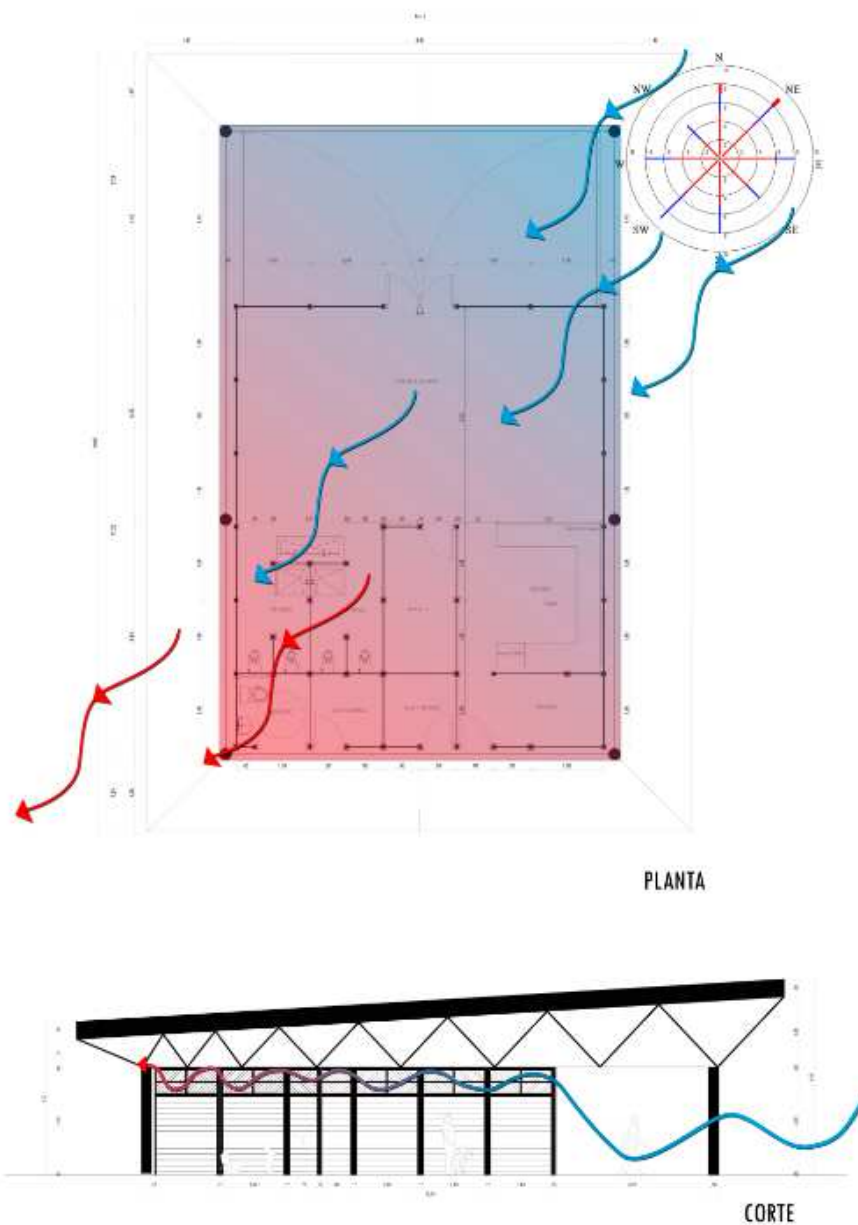


Imagen No. 13. Incidencia del viento en los edificios.

La dirección predominante del viento en Leticia es la noroeste y la sur oeste según la rosa del viento. Como se menciona en las estrategias de ventilación natural, se propone un sistema de ventilación cruzada aprovechando el diseño del edificio.

Se busca que la ventilación natural aporte la calidad de aire necesaria con las renovaciones exigidas por la norma, y el confort térmico a través de la reducción de la temperatura interior.

Se puede definir la renovación de aire de un espacio, como: la cantidad de aire necesaria para renovar por completo el aire que ocupa el volumen de dicho espacio. Normalmente en todos los casos cuando se utiliza el concepto de las necesidades de ventilación de un espacio se hace referencia al número de Renovaciones/Hora.

7.2. 9.1. Requerimientos ventilación natural:

- Aulas:

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE

(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values		Air Class
						Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)	
	cfm/person	L/s·person	cfm/ft ²	L/s·m ²		#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person L/s·person	
Educational Facilities								
Daycare (through age 4)	10	5	0.18	0.9		25	17 8.6	2
Daycare sickroom	10	5	0.18	0.9		25	17 8.6	3
Classrooms (ages 5–8)	10	5	0.12	0.6		25	15 7.4	1
Classrooms (age 9 plus)	10	5	0.12	0.6		35	13 6.7	1
Lecture classroom	7.5	3.8	0.06	0.3		65	8 4.3	1
Lecture hall (fixed seats)	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8 4.0	1
Art classroom	10	5	0.18	0.9		20	19 9.5	2
Science laboratories	10	5	0.18	0.9		25	17 8.6	2
University/college laboratories	10	5	0.18	0.9		25	17 8.6	2
Wood/metal shop	10	5	0.18	0.9		20	19 9.5	2
Computer lab	10	5	0.12	0.6		25	15 7.4	1
Media center	10	5	0.12	0.6	A	25	15 7.4	1
Music/theater/dance	10	5	0.06	0.3		35	12 5.9	1
Multi-use assembly	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8 4.1	1
Food and Beverage Service								
Restaurant dining rooms	7.5	3.8	0.18	0.9		70	10 5.1	2

Densidad de ocupación y litros/ persona para colegios según ASHRAE 62.1 – 2007

Para el diseño de la ventilación natural se utiliza la norma Ashrae 62.1 que establece las renovaciones mínimas para obtener la adecuada calidad de aire necesaria según la ocupación y la actividad.

8. MATERIALES.

Para los climas tropicales húmedos, se recomienda la utilización de materiales poco inertes especialmente en estructuras aéreas y demás componentes como muros y cubiertas.

Se deben utilizar materiales resistentes a la humedad o que tengan el adecuado tratamiento para evitar su deterioro por esta causa. El diseño debe disponer también de mecanismos que protejan los componentes expuestos a la intemperie, como muros exteriores, ventanas y puertas. Esta función que es dada por la cubierta principalmente exige una gran calidad en su elaboración, con materiales durables, resistentes a la corrosión y que no representen ningún riesgo de contaminación de aguas pluviales aprovechables. La escogencia de los materiales también es fundamental para asegurar una buena protección solar y térmica de un edificio.

Las paredes exteriores se calientan durante las horas cálidas del día, cuando están en contacto con el aire y bajo la acción de la radiación solar incidente (directas o reflejadas por el ambiente). Este calor es absorbido y parcialmente almacenado en los muros, y se propaga en el transcurso de las horas, por conducción, al interior del edificio.

Durante la noche, el aire exterior se enfría más que el aire al interior y el fenómeno actúa a la inversa, sobre todo cuando el cielo está despejado porque la radiación se libera hacia la bóveda celeste.

En los climas cálidos y húmedos con poca amplitud térmica se puede constatar que una pared ligera pintada al exterior en blanco y bien ventilada puede comportarse mejor que una pared aislada térmicamente (las temperaturas nocturnas de la cara interna son netamente más confortables).

8.1. Transmisión de calor.

El método más usado para calcular las pérdidas o ganancias de calor, es calculando el coeficiente K. Estos valores se tienen en cuenta para simular el comportamiento térmico del edificio.

Una pared es un conjunto de capas homogéneas de material. Las propiedades del material como la conductividad térmica y la resistencia de los materiales se tuvieron en cuenta para calcular el coeficiente K de la pared y la capacidad calorífica total por unidad de superficie $\text{Kj/}^{\circ}\text{C m}^2$ valor que nos da una idea de la inercia térmica de la pared.

El material seleccionado es un compuesto de fibras vegetales y polímero plástico. Su apariencia es de madera.

A continuación se muestran los esquemas de los componentes de los materiales principales analizados en la composición del modelo para simulación:

- **Cubierta:**

Inner surface			
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	8,153		
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	1,847		
Surface resistance (m ² -K/W)	0,100		
Outer surface			
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	23,290		
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	1,710		
Surface resistance (m ² -K/W)	0,040		
No Bridging			
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	1,840		
R-Value (m ² -K/W)	0,684		
U-Value (W/m ² -K)	1,463		
With Bridging (BS EN ISO 6946)			
Upper resistance limit (m ² -K/W)	0,684		
Lower resistance limit (m ² -K/W)	0,684		
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	1,840		
R-Value (m ² -K/W)	0,684		
U-Value (W/m²-K)	1,463		
Cost type	1-Auto-calculate		

Outer surface

2,00mm Aluminium(not to scale)

25,00mm EPS Expanded Polystyrene (Lightweight)

25,00mm Aluminium

Inner surface

- **Muros internos y externos: (wpc)**

Inner surface			
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	4,460		
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540		
Surface resistance (m ² -K/W)	0,100		
Outer surface			
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19,870		
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,130		
Surface resistance (m ² -K/W)	0,040		
No Bridging			
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	6,500		
R-Value (m ² -K/W)	0,294		
U-Value (W/m ² -K)	3,403		
With Bridging (BS EN ISO 6946)			
Upper resistance limit (m ² -K/W)	0,294		
Lower resistance limit (m ² -K/W)	0,294		
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	6,500		
R-Value (m ² -K/W)	0,294		
U-Value (W/m²-K)	3,403		
Cost type	1-Auto-calculate		

Cross Section

20,00mm Wood derivatives - multiplex, red fir Dry

Outer surface

Inner surface

- **Placa contrapiso (wpc) :**

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	4,460
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
Surface resistance (m ² -K/W)	0,100
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,130
Surface resistance (m ² -K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	6,500
R-Value (m ² -K/W)	0,294
U-Value (W/m ² -K)	3,403
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Upper resistance limit (m ² -K/W)	0,294
Lower resistance limit (m ² -K/W)	0,294
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	6,500
R-Value (m ² -K/W)	0,294
U-Value (W/m²-K)	3,403
Cost type	1-Auto-calculate

Cross Section


9. SIMULACIONES.

Para el cálculo del comportamiento térmico del edificio se utilizó el programa DesignBuilder, el cual integra a la vez la ingeniería de cálculo y simulación de EnergyPlus. Este programa de simulación dinámica permite realizar modelos virtuales de los edificios, incluyendo los parámetros que tienen mayor influencia sobre el desempeño térmico, lumínico y energético: la composición de los cerramientos, puertas y ventanas, las actividades y condiciones de uso, los sistemas de iluminación artificial y los equipos de climatización mecánica, entre muchos otros.

La Evaluación y optimización de proyectos se ha concebido para ayudar a predecir el comportamiento térmico de los edificios que se están diseñando, ante situaciones climáticas reales. Se trata de saber si el edificio se desempeña bien o mal, estimando el gasto energético necesario para mantener condiciones de confort aceptables. Con base en los resultados obtenidos es posible ofrecer recomendaciones concretas para mejorar su comportamiento térmico y lograr importantes ahorros en el consumo energético.

Con base en el modelo virtual se realizan diversos procesos de cálculo y simulación, a partir de los cuales es posible conocer con detalle: el desempeño del edificio de modo pasivo, es decir, sin sistemas de climatización artificial. Se calculan las temperaturas interiores y los niveles de confort durante las temporadas del año que presentan condiciones climáticas extremas. Esta información nos permite establecer la posibilidad de alcanzar las condiciones de confort adecuadas, en el interior del edificio, por medios exclusivamente pasivos, así como las estrategias arquitectónicas y constructivas necesarias para lograr esta meta.

9.1. Modelado y simulación de la ventilación natural

Hay dos maneras generales para aproximarse a la simulación de la ventilación e infiltración naturales en Design Builder, dependiendo de los parámetros establecidos y son: programada y calculada.

En las simulaciones realizadas del proyecto se escogió la opción calcula, que es la manera predeterminada, de la opción de ventilación natural, que se controla mediante parámetros de operación como los de actividad, y con base en las dimensiones de las aberturas y fisuras, el efecto chimenea y la presión del viento.

Los datos de fisuras, disponibles mediante el control de estanqueidad al aire en los cerramientos, son usados por Energy Plus/AIRNET para calcular la infiltración².

Cálculos:

La tasa de ventilación (q) a través de cada abertura/fisura en el modelo se calcula con base en las diferencias de presión, considerando el impacto de la presión de viento y el efecto chimenea:

$$q = C.(DP)^n$$

Donde:

q es el flujo volumétrico a través de la abertura o grieta,

DP es la diferencia de presión a través de la abertura/fisura,

n es el exponente de flujo, que varía entre 0.5 (para flujo totalmente turbulento) y 1.0 (para flujo totalmente laminar), y

C es el coeficiente de flujo, relacionado con la dimensión de la abertura/fisura.

Ventilación impulsada por el viento:

Cuando el viento impacta perpendicularmente sobre la fachada de un edificio rectangular se genera una presión positiva sobre dicha superficie. El flujo de aire se separa en las esquinas, generando zonas con presiones negativas en las fachadas laterales y posteriores. La distribución de las presiones en la cubierta dependen de la inclinación de la misma. La presión suele ser negativa en las cubiertas orientadas al viento que tienen una inclinación de 30°, mientras que suele ser positiva en cubiertas más inclinadas.

La presión en cualquier punto de las fachadas de un edificio se puede calcular de la siguiente manera:

$$P_w = 0.5 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_z^2$$

Donde:

P_w es la presión superficial debida al viento,

ρ es la densidad del aire,

C_p es el coeficiente de presión del viento en un determinado punto de la fachada, y

v_z es la velocidad media del viento en la altura Z .

El coeficiente de presión del viento (C_p) varía en función de la dirección del viento, la posición en la superficie del edificio y la orientación de dicha superficie. Algunos valores típicos aproximados para edificios con diferentes niveles de exposición y direcciones del viento han sido proporcionados en la publicación A guide to energy-efficient ventilation, de AIVC. DesignBuilder emplea estos datos para definir las **plantillas de Coeficientes de presión** y

² Tomado del Manual del Software de DesignBuilder.

proporcionar coeficientes de presión predeterminados que pueden ser adecuados para el análisis básico de edificios.

Para las simulaciones se consideraron dos periodos:

Octubre 8 como la semana más caliente del año, y junio 4 como la semana más fresca del año.

9.2. Resultado de las simulaciones.

- **Temperaturas:**

ESPACIOS	Junio 4		Octubre 8	
	SIM 1			
	TEMPERATURA MIN C°	TEMPERATURA MAX C°	TEMPERATURA MIN C°	TEMPERATURA MAX C°
BLOQUE 1				
Cocina y Zona Común	21.14	28.15	24.75	28.77
Cubierta	20.78	28.74	24.59	29.07
Baño Infantil 1	21.04	26.66	24.72	28.82
Baño Infantil 2	21.73	27.82	24.84	28.67
Baño	20.75	28.06	24.62	28.90
Cuarto Técnico 1	20.83	27.04	24.64	28.68
Cuarto Técnico 2	20.85	27.57	24.67	28.61
Despensa	20.93	27.97	24.66	28.85
Depósito	21.16	27.61	24.84	28.51

- **Renovaciones de aire:**

ESPACIOS	JUNIO 4	
	Renovaciones de aire	
CDI LETICIA		
BLOQUE 1	MIN	MAX
Cocina y Zona Común	19.40	120.84
Cubierta	70.63	225.01
Baño Infantil 1	0.00	163.92
Baño Infantil 2	0.00	0.04
Baño	93.47	320.06
Cuarto Técnico 1	93.53	316.21
Cuarto Técnico 2	95.92	320.78
Despensa	101.58	323.79
Depósito	-0.27	0.00

9.3. Conclusiones:

- En los resultados de temperaturas de las simulaciones temperatura máxima es de 28.90°C para la semana más caliente, y para la semana más fresca es de 29.37°C, resultados que se acercan a los parámetros de confort establecidos para este clima, (Ver cuadro de temperaturas de confort)

-Las renovaciones de aire se encuentran dentro de los valores exigidos por la norma, siendo un proyecto muy bien ventilado.

Con el estudio bioclimático confirmamos que las estrategias bioclimáticas establecidas, funcionan adecuadamente, evitando la utilización de sistemas de refrigeración mecánica.

10. ANÁLISIS DE CFD DEL PROYECTO

La dinámica de fluidos es una rama de la física que estudia el movimiento de los fluidos en relación a las fuerzas que actúan sobre ellos.

El término Dinámica Computacional de Fluidos (CFD, por sus siglas en inglés) se emplea para describir un grupo de métodos matemáticos que calculan la temperatura, la velocidad y otras propiedades de fluidos contenidos en un ámbito determinado.

El sistema de cálculo ha sido desarrollado en torno al algoritmo SIMPLER, que pertenece a una de las familias de solución CFD más empleadas. La turbulencia se puede simular mediante el modelo k-e, el cual ha sido ampliamente investigado y documentado.

Con el Módulo CFD de DesignBuilder estas tareas se simplifican de manera importante, ya que las características geométricas y las condiciones limítrofes son proporcionadas automáticamente. Las temperaturas, los flujos de calor y las tasas de ventilación, entre otros factores, previamente calculados con el Módulo EnergyPlus, se usan directamente para establecer las condiciones ambientales, simplemente especificando el momento y fecha del análisis CFD.

La simulación de dinámica de fluidos utilizan las tecnologías más avanzadas en materia de visualización de los patrones de viento, esto nos permite conocer el comportamiento del viento y tomar mejores decisiones de diseño.

Este tipo de estudios son indispensables para diseñar y evaluar sistemas de ventilación natural, investigar el flujo de viento alrededor de los edificios y estudiar el efecto del viento en edificios de gran altura.

Las simulaciones de Dinámica de Fluidos computacional nos permiten verificar el comportamiento del viento alrededor del edificio teniendo en cuenta los edificios vecinos, que generan sombra o pueden acelerar el viento.

10.1. Condiciones limítrofes.

Un concepto importante para el análisis de CFD son las condiciones de contorno. Las especificaciones de las condiciones de contorno para el análisis externo son relativamente

sencillas, se trata de un cálculo isotérmico y sólo requiere de la exposición del edificio, velocidad y dirección del viento.

Estos valores se verificaron según los resultados del módulo Energy Plus obtenidos de la simulación térmica para el espacio seleccionado, teniendo en cuenta las renovaciones de aire.

Se tuvo en cuenta el edificio implantado en el lote y el contexto. En estas imágenes vemos claramente la zona en alta presión (fachada oriental) y la zona de baja presión sobre la fachada opuesta, y comprobamos la velocidad del viento y la temperatura operativa resultante de las zonas.

Condiciones limítrofes:

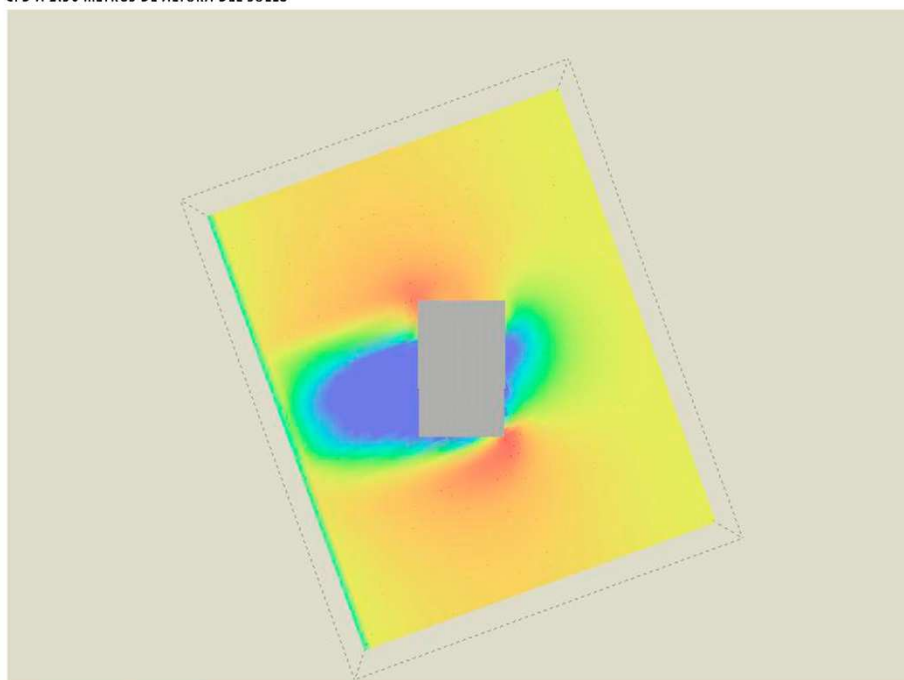
Velocidad del viento promedio = 1.3 m/s.

Dirección predominante = 45° - Noreste

10.2. Resultados CFD's Exteriores.

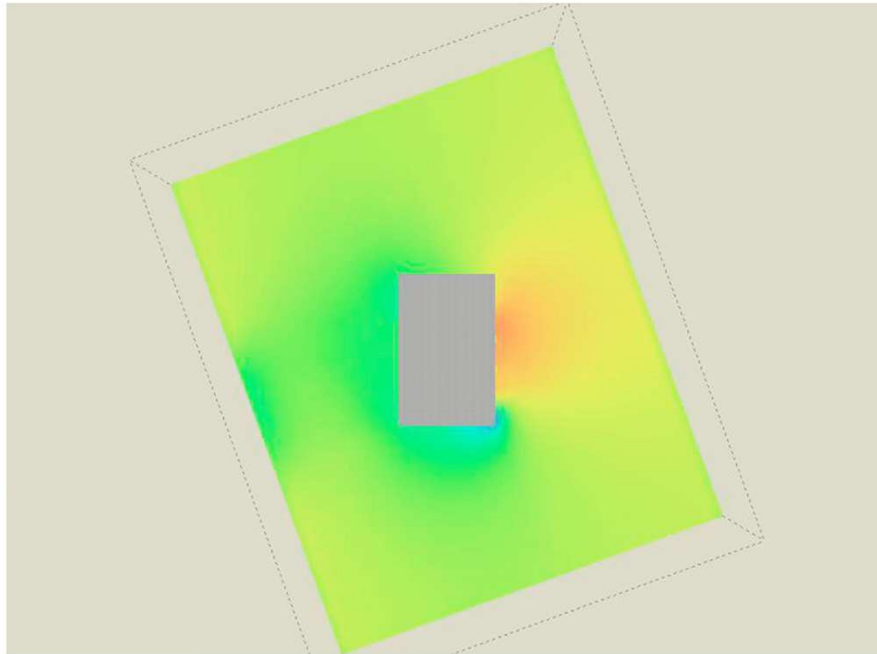
- Velocidad:**

CFD A 2.50 METROS DE ALTURA DEL SUELO

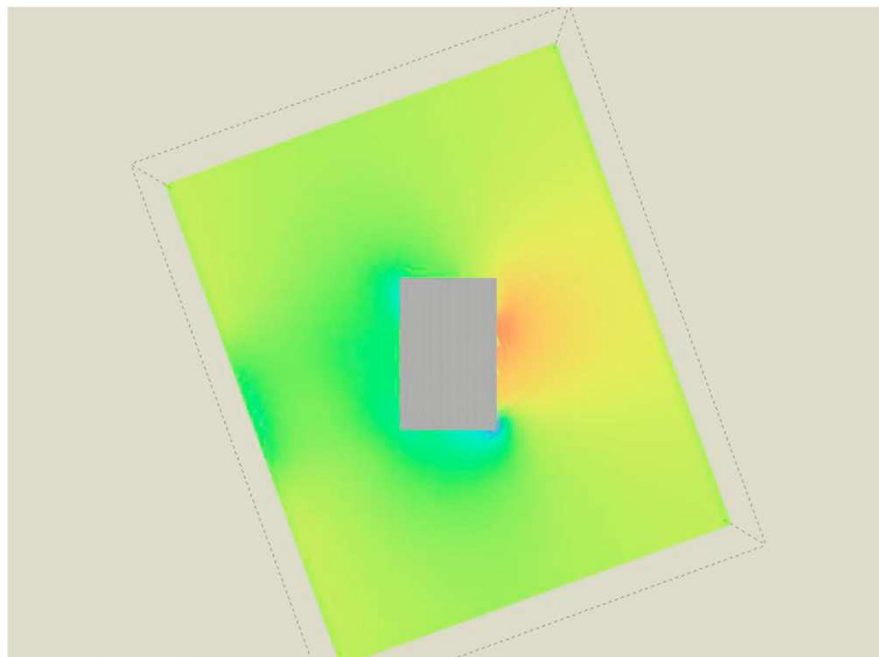


• Presión

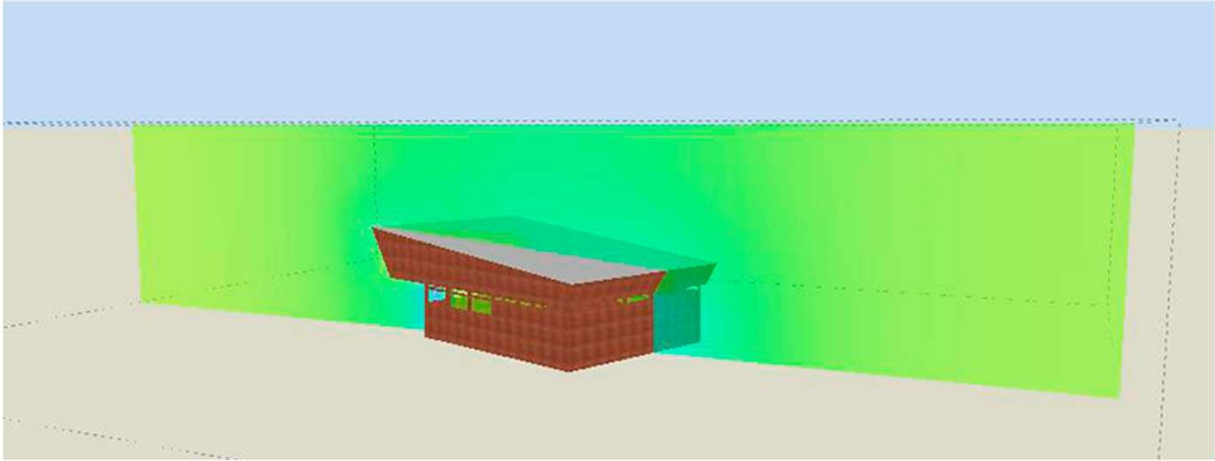
CFD A 0.50 CM DE ALTURA DEL SUELO



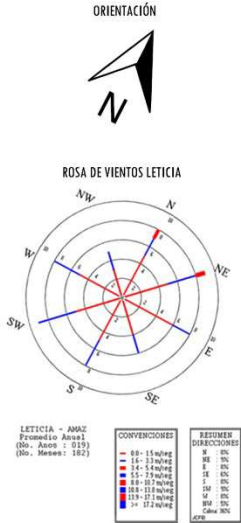
CFD A 2.50 METROS DE ALTURA DEL SUELO



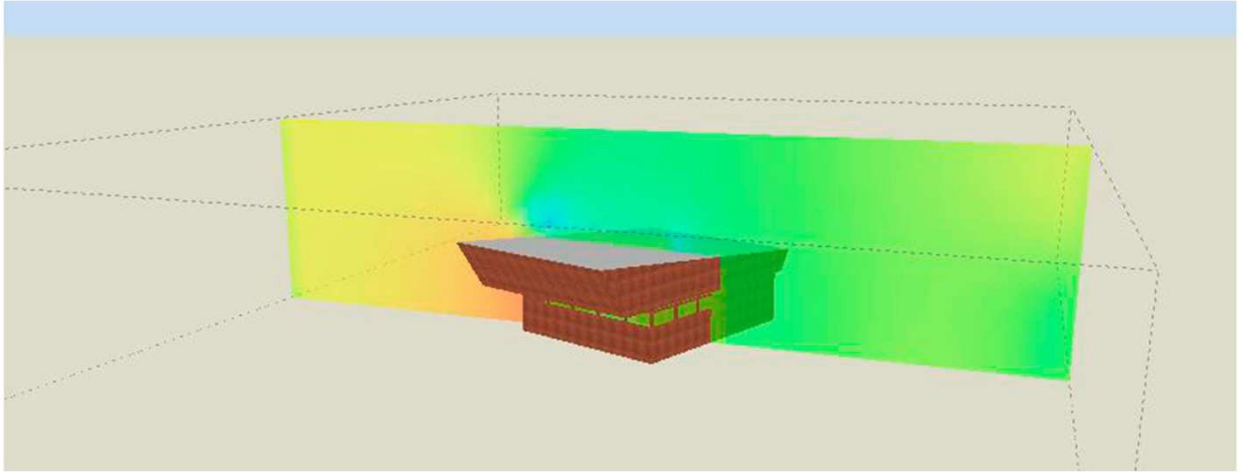
PERSPECTIVA



PLANTA



PERSPECTIVA



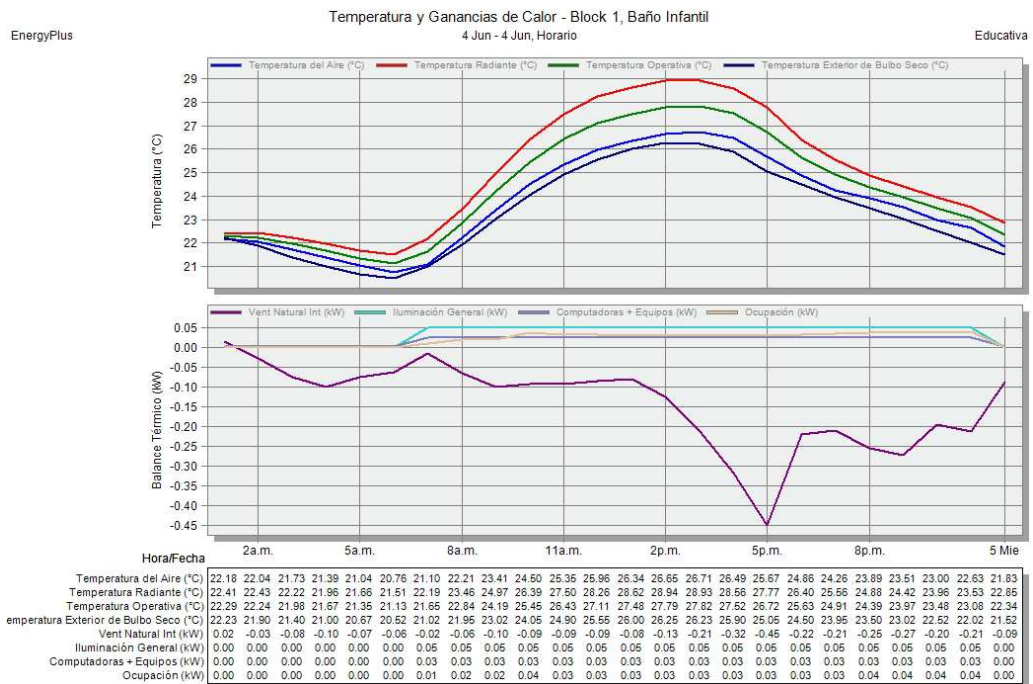
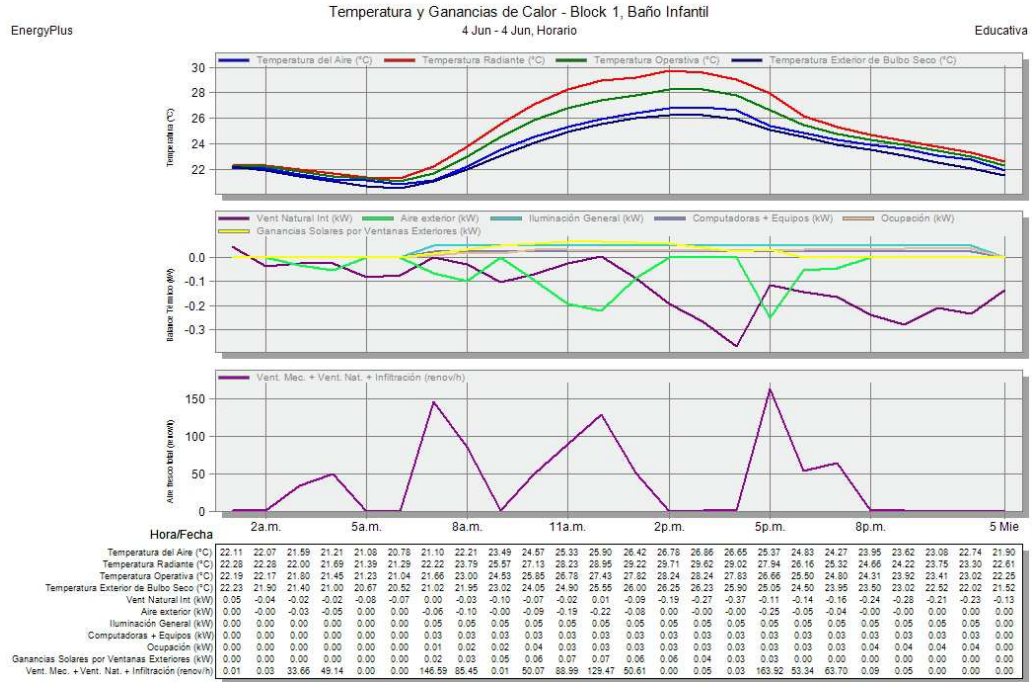
Las simulaciones de CFD nos permiten ver el comportamiento del viento alrededor del edificio, mostrándonos zonas en presión positiva y presión negativa, verificando que el sistema de ventilación cruzada funciona correctamente.

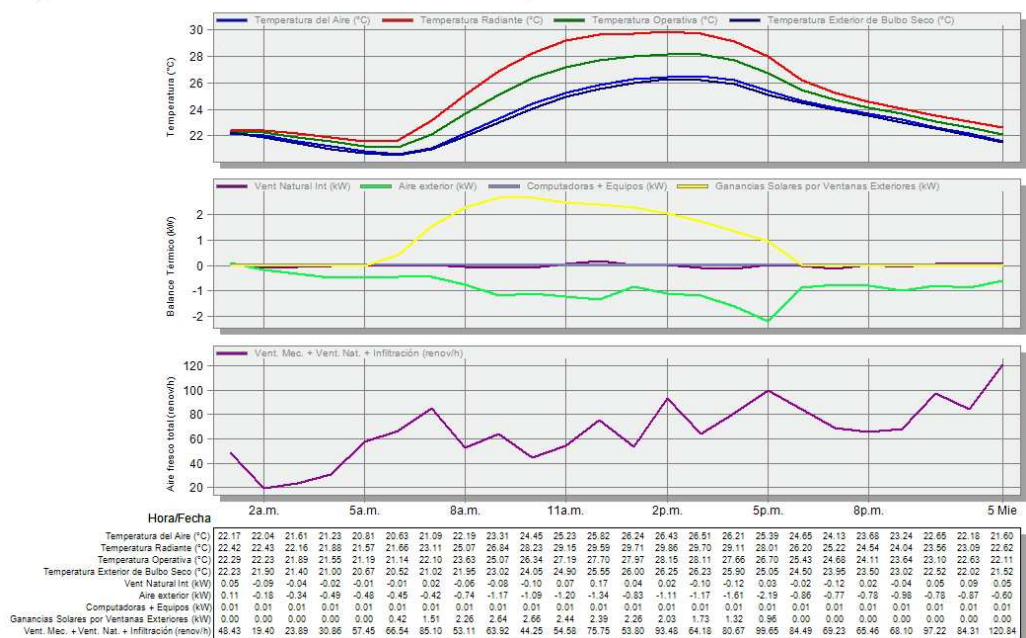
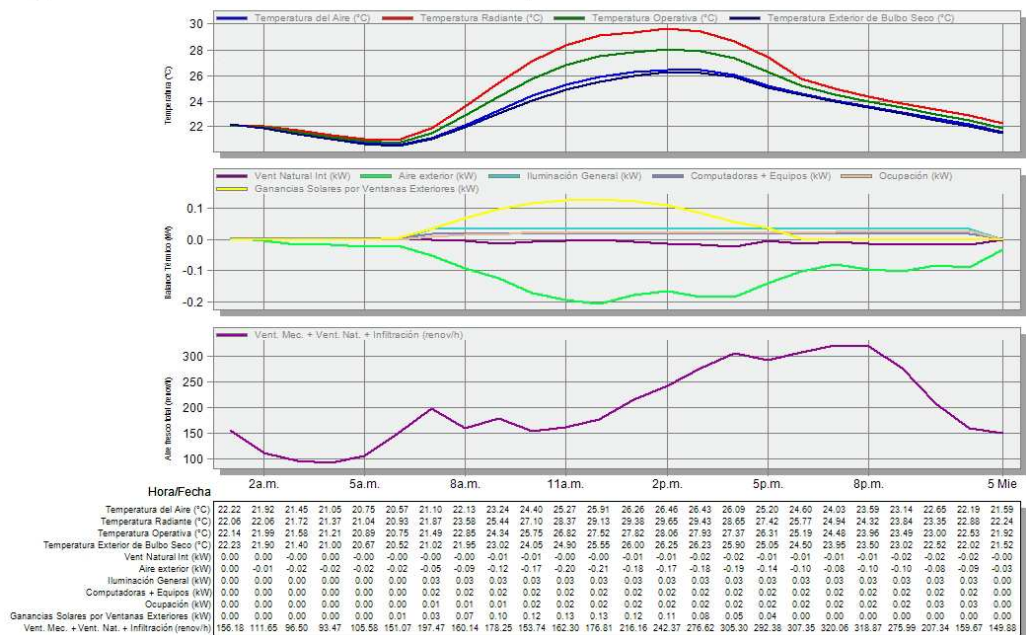
BIBLIOGRAFIA

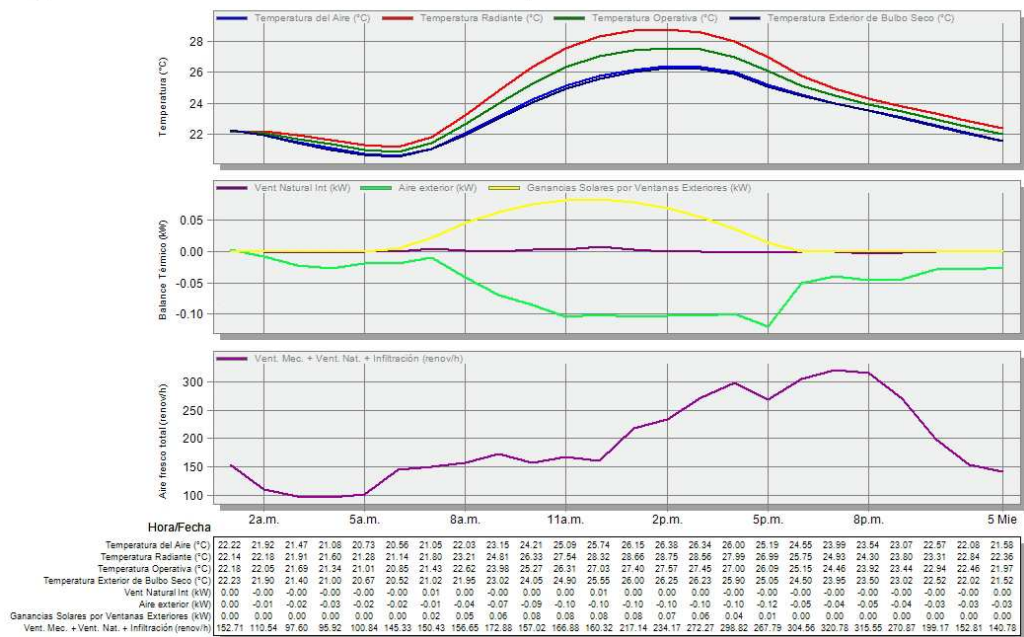
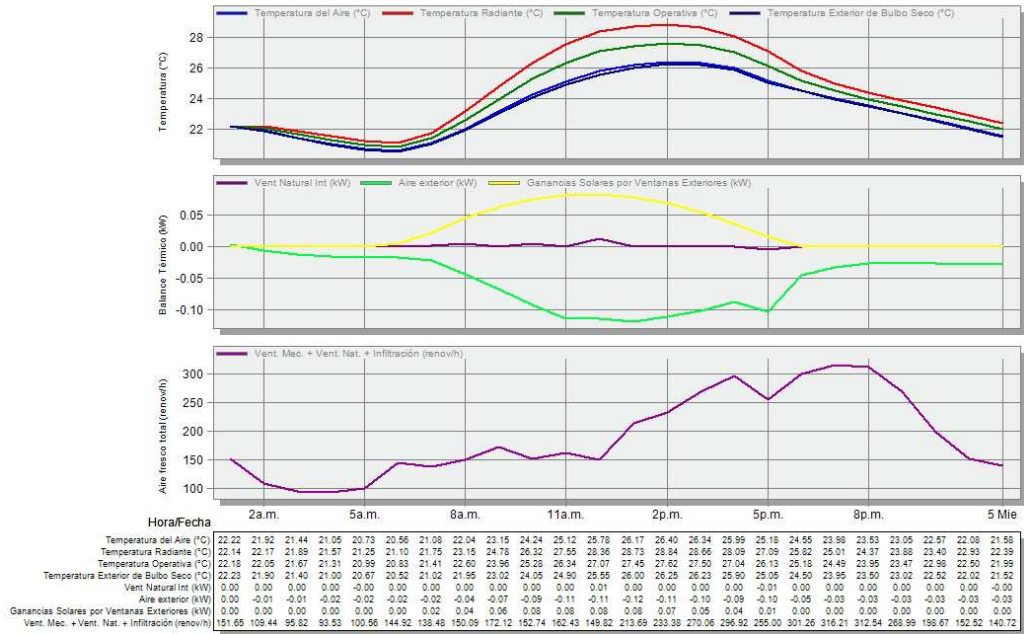
- Espacios Verdes para una ciudad Sostenible. Antoni Falcon. Editorial Gili, SL. Barcelona 2007.
- Un Vitruvio Ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico Sostenible. The European Commission. Editorial Gustavo Gili. Barcelona 2007.
- Bioclimatisme en Zone Tropicale. Gret. Groupe de recherches et d'échanges Technologiques. Olivier Huet, Robert Cellaire.
- Manual of Tropical Housing and Building. Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay.
- Introducción a la Arquitectura Bioclimática, Rodríguez Viqueira. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 2002.
- Ventilación Natural de Edificios. Fundamentos y Métodos de Cálculo para aplicación de Ingenieros y Arquitectos. Mermet, Alejandro Gabriel. Editorial Nobuko. Buenos Aires, 2005.
- Natural Ventilation in Buildings. Capítulo 5 y 6. Editorial F. Allard. Londres, 1998.

ANEXOS

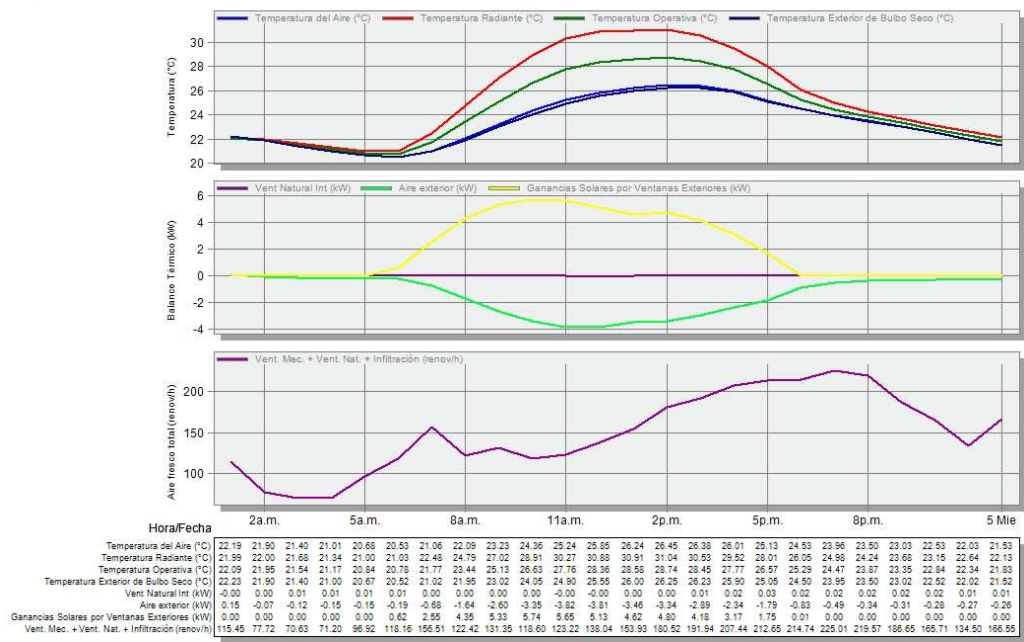
Resultados Junio 4



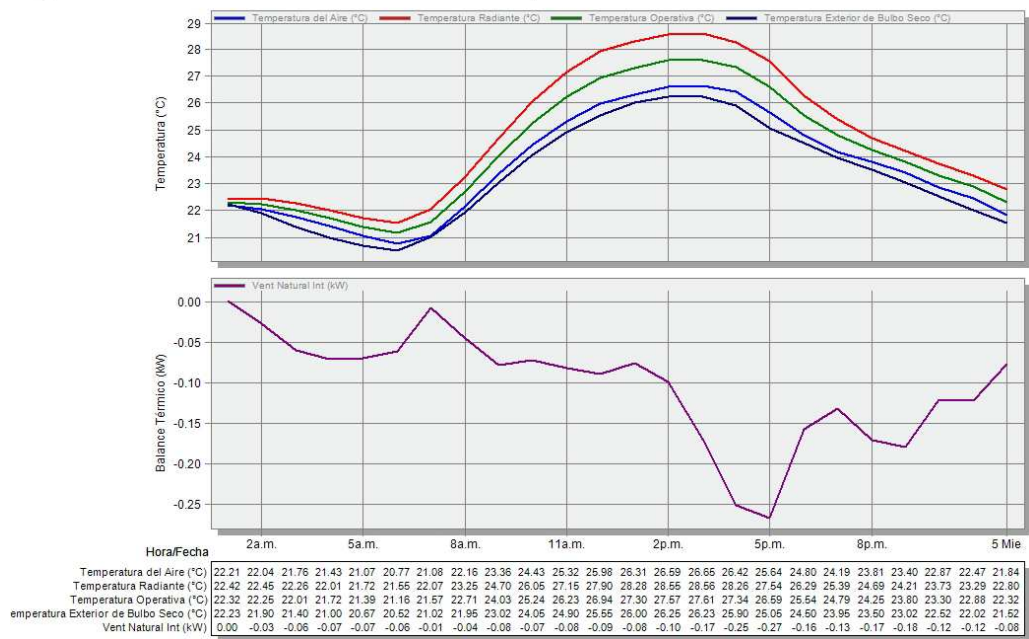


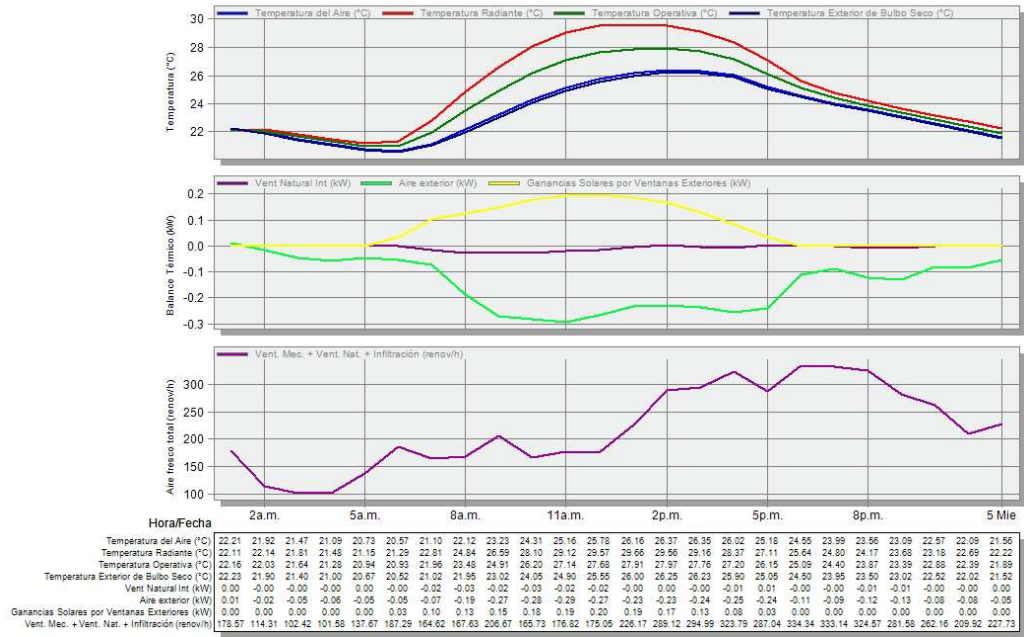


Temperatura y Ganancias de Calor - Block 2, Zone 1 4 Jun - 4 Jun, Horario

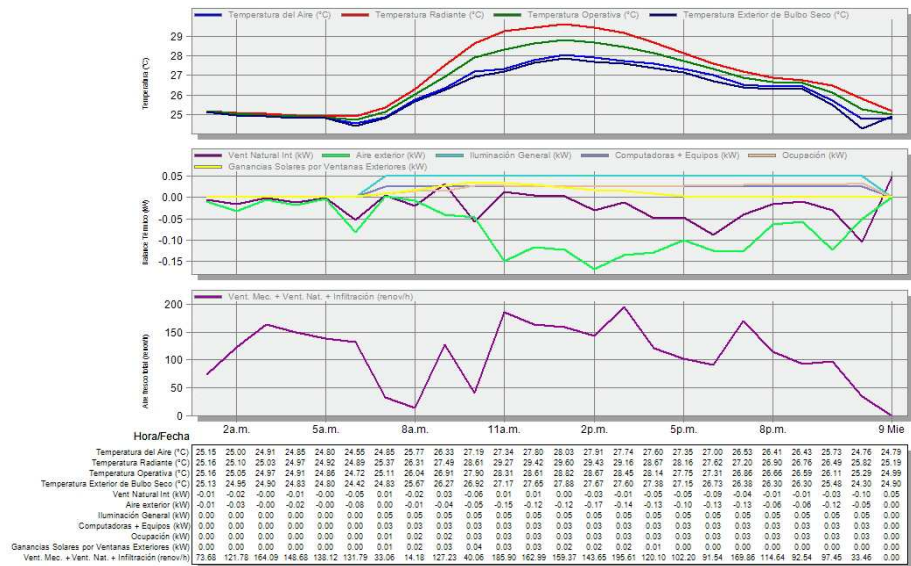


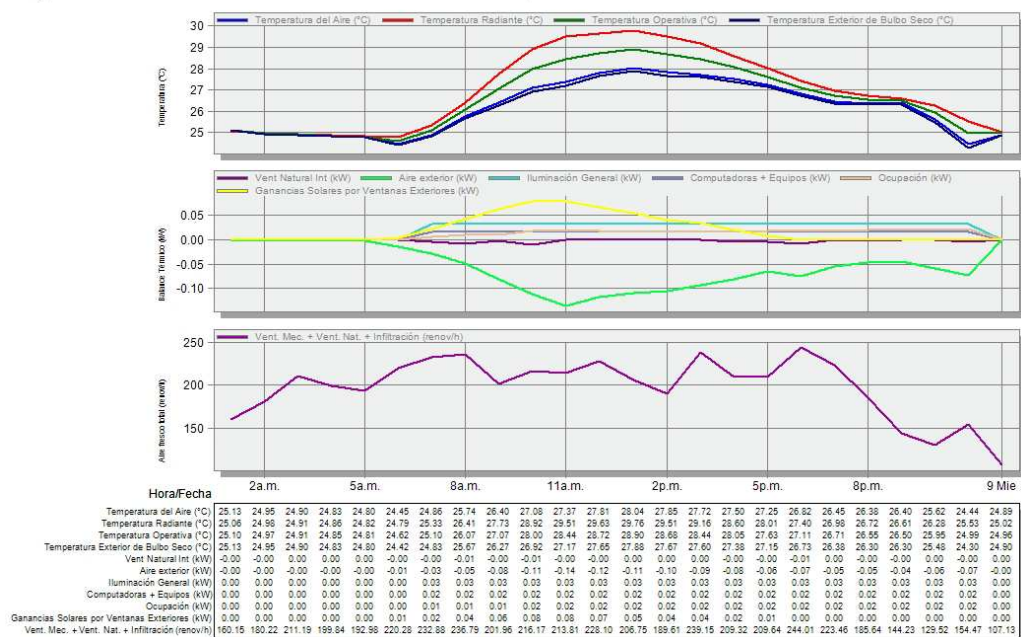
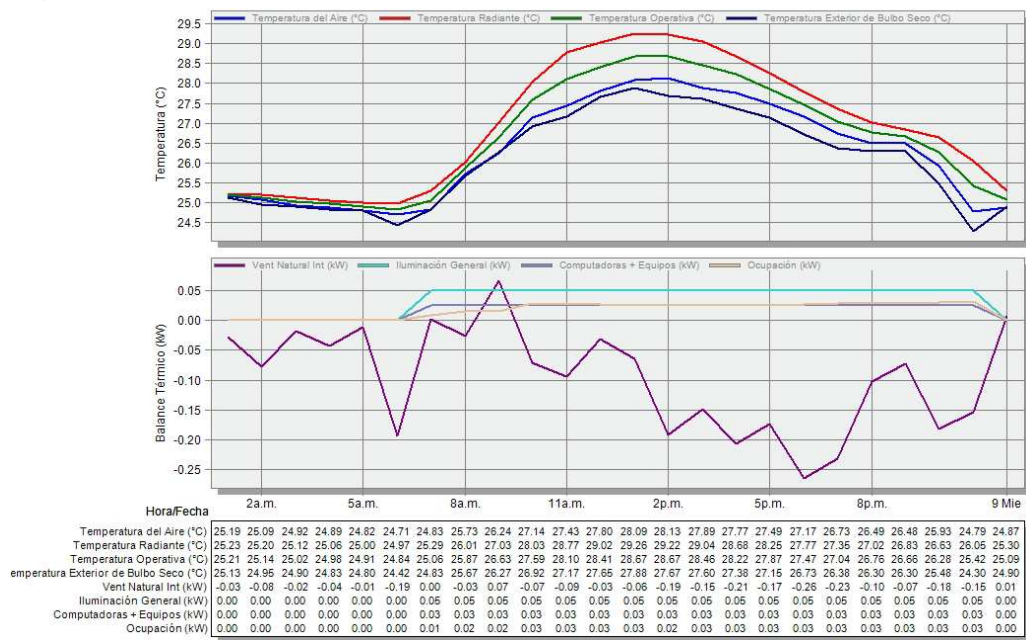
Temperatura y Ganancias de Calor - Block 1, Depósito 4 Jun - 4 Jun, Horario



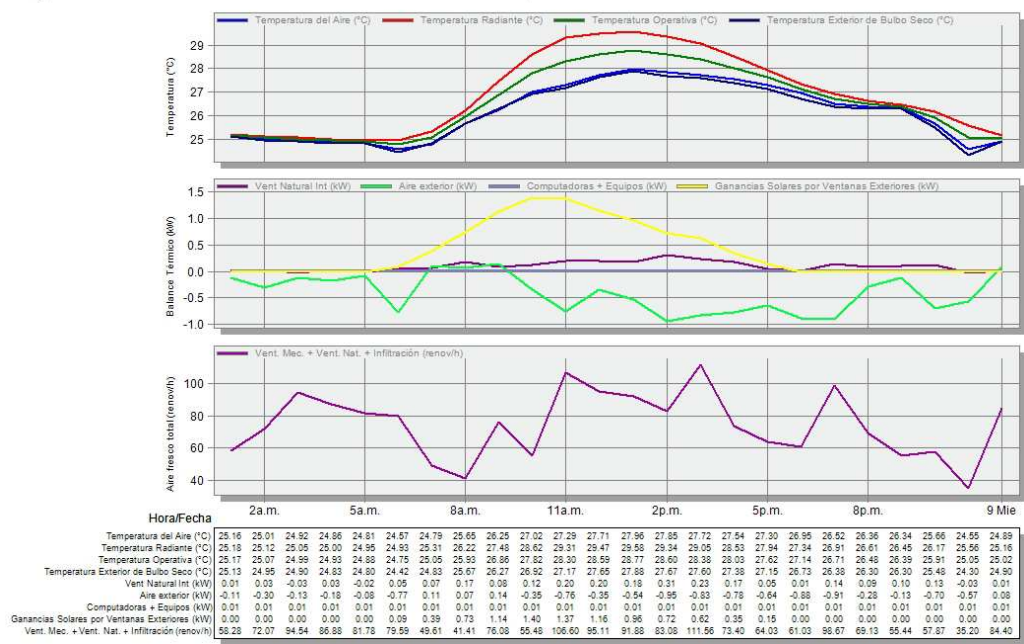


Resultados Octubre 8





Temperatura y Ganancias de Calor - Block 1, Cocina y Zona Común



Temperatura y Ganancias de Calor - Block 1, Cuarto Técnico

