

# AMBIENTALMENTE

Nº 1

Año Nº 1 - 2015 / Colombia



## TRAYECTORIA SOLAR

GUÍA PRÁCTICA PARA EL MANEJO DE LA CARTA SOLAR Y EL HELIODON



Laboratorio de  
**Ambientes  
Sostenibles**



Andrés Lobo-Guerrero Campagnoli  
• 1940-2014 •

*“Fundador, directivo y decano Piloto, quién plasmó su vigor humanista en trazos ilustrativos en el aula para el engrandecimiento del alumno, la Arquitectura y el país”.*

*Su legado siempre perdurará entre nosotros*



*José María Cifuentes Páez*

**Presidente**

*Patricia Piedrahíta Castillo*

**Rectora**

*Rodrigo Lobo-Guerrero Sarmiento*

**Director de Publicaciones y Comunicación Gráfica**

*Diego Ramírez Bernal*

**Coordinador General de Publicaciones**

*Gabriel Acero Rincón*

**Coordinador de Publicaciones Arquitectura**

*Daniela Sánchez Hernández*

**Apoyo Coordinación de Publicaciones Arquitectura**

*Patricia Farfán Sopó*

**Decana Administrativa Programa de Arquitectura**

*Édgar José Camacho Camacho*

**Decano Facultad de Arquitectura y Artes**

Ambientalmente ©

Cartilla del Laboratorio de Ambientes Sostenibles

de la Facultad de Arquitectura y Artes

2357-6243

**ISSN: 2422-4286**

**Año 10 - No.1 – 2015**

Publicación Anual de la Universidad

Piloto de Colombia - Bogotá, Colombia

Iván Mauricio Eraso

**Autoría**

Elizabeth Pastrana Caicedo

Practicante Coordinación Publicaciones Arquitectura

Daniela Sánchez Hernández

Apoyo Coordinación de Publicaciones de Arquitectura

**Diseño y Diagramación**

Iván Mauricio Eraso

**Fotografía de Portada**



*La obra literaria publicada expresa exclusivamente la opinión de sus respectivos autores, de manera que no representan el pensamiento de la Universidad Piloto de Colombia. Cada uno de los autores, suscribió con la Universidad una autorización o contrato de cesión de derechos y una carta de originalidad sobre su aporte, por tanto, los autores asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta publicación.*

# PRESENTACIÓN

---

La política de publicación de la Universidad Piloto de Colombia plantea que los diferentes programas de educación, como el de Arquitectura, desarrollen productos de investigación científica y formativa que aporten a la construcción de conocimientos disciplinares, a la formación integral con responsabilidad social y ambiental y a la consolidación de valores éticos para que los estudiantes adquieran competencias profesionales que les permitan actuar con fundamento y dominio técnico en la realidad.

En el Laboratorio de Ambientes Sostenibles, hemos querido hacer un aporte al tema de la educación ambiental en arquitectura y proponer directrices para la implementación de herramientas de análisis y evaluación ambiental que permitan a los estudiantes realizar proyectos eficaces en el manejo y la implementación de criterios bioclimáticos, autosuficiencia energética y ecología de los asentamientos humanos.

Por lo anterior, se han elaborado cuatro cartillas que son guías del proceso de aprendizaje en temas como arquitectura bioclimática y sostenibilidad, trayectoria solar, viento y ventilación natural en arquitectura, manejo y disposición de aguas lluvias y aguas residuales y mapa conceptual para una didáctica de educación ambiental en arquitectura.

ARQ. LUZ STELLA PEÑA  
ARQ. IVÁN ERASO ORDÓÑEZ  
ARQ. SERGIO PEREA  
ARQ. JOSÉ DANIEL CÁRDENAS

# CONTENIDO

---

Introducción	<b>5</b>
El sol	<b>7</b>
Transferencia de calor	<b>9</b>
La sombra	<b>12</b>
Componentes de la carta solar	<b>15</b>
Aplicación de la carta solar	<b>19</b>
Simulador de trayectoria solar : Heliodon	<b>29</b>
Conclusiones	<b>35</b>
Bibliografía	<b>36</b>

# INTRODUCCIÓN

---

Para el diseño de edificaciones con criterios de arquitectura bioclimática y sostenibilidad, se debe hacer un análisis de los aspectos climatológicos y ambientales del sitio donde este se implantará.

Para ello, se debe tener en cuenta:

- La latitud en grados, minutos y segundos.
- La longitud en grados, minutos y segundos.
- La altura sobre el nivel del mar en metros, la cual determina el piso térmico del lugar.
- Las temperaturas máxima, media y mínima expresadas en grados centígrados.
- La humedad relativa, que está expresada en porcentaje (%).
- La precipitación que está expresada en milímetros por año.
- La rosa de vientos donde se muestra la predominancia de la dirección del viento según los puntos cardinales y su velocidad en kilómetros por hora (km/h) o metros por segundo (m/s).
- El brillo solar expresado en horas por día (h/día).
- La radiación solar en megajoule por metro cuadrado día (MJ/m<sup>2</sup> día) o en kilowatt por metro cuadrado día (kW/m<sup>2</sup> día).
- La trayectoria solar, analizando el sitio, en cómo el Sol tiene una trayectoria de acuerdo con el solsticio de verano, el equinoccio y el solsticio de invierno, el cual determina un azimut y una altura del Sol según una hora del día. Compete a esta guía poder dar al estudiante un

conocimiento en cómo, por medio de un proceso gráfico secuencial, analizar, paso a paso, la trayectoria del Sol para ser eficiente en su propuesta de:

- Diseño de elementos arquitectónicos de protección solar pasivos.
- Hacer un buen manejo de la luz natural.
- Poder ubicar bien un sistema de energías alternativas a partir de paneles solares teniendo en cuenta la trayectoria solar.
- Estudio de la radiación térmica del lugar para el diseño de fachadas, cubiertas y superficies perimetrales a la edificación.
- Diseño de silvicultura y fitotectura, y según su localización, cómo generar sombra sobre superficies verticales y horizontales.

Palabras clave: sol, radiación solar, sombra, carta solar, Heliodon.

# EL SOL

---

El Sol es nuestra principal fuente de energía para la vida y los procesos del planeta. El sistema planetario que orbita alrededor del Sol absorbe su energía radiante.

La trayectoria de nuestro planeta Tierra alrededor del Sol se detalla muy pedagógicamente en el video La eclíptica y las estaciones, el cual se puede ver en la siguiente dirección web:

**<http://www.youtube.com/watch?v=gsZrTYeW0Tw>**

La radiación solar llega primero a la atmósfera en 100 % con unos  $1360 \text{ W/m}^2$  +/-, 19 % es absorbido por las nubes y los gases presentes en la atmósfera y 30 % se refleja en el espacio, que es lo que se conoce como albedo solar. El albedo es el porcentaje de radiación que una superficie refleja en el exterior respecto de la radiación que incide sobre ella.

A la superficie continental y oceánica llega 25 % de forma directa y de forma difusa 26 %, unos  $697 \text{ W/m}^2$  en total.

Según las superficies, estas también pueden hacer reflexión de esa radiación: las arenas tienen un albedo de 20 a 30 %, los bosques de 5 a 10 %, los pastos de 20 a 25 %, la nieve de 80 a 85 % y el agua de océanos y lagos de 50 a 80 % (*imagen 1*).



*Imagen 1. Efecto de la radiación solar. Fuente: Autor.*



# TRANSFERENCIA DE CALOR

---

Existen unos principios básicos sobre la transferencia de calor:

- Todos los cuerpos según su temperatura emiten energía radiante.
- Los cuerpos que tengan una mayor temperatura la irradian por unidad de área más que los cuerpos fríos.
- Los cuerpos con mayor temperatura emiten un máximo de radiación en longitudes de ondas cortas.
- Los objetos que son buenos receptores de radiación son también buenos conductores.

El Sol puede transferir calor sobre las superficies por:

## **RADIACIÓN**

Es la transferencia de energía que se produce de forma directa desde el Sol hacia afuera en todas sus direcciones, y estas, al impactar sobre una superficie, hacen radiación indirecta hacia el exterior que depende del poder reflexivo o albedo del material que lo conforma.

## **CONDUCCIÓN**

Es la transferencia de energía térmica por medio del calor que incide sobre un material que la asimila según su inercia térmica. La inercia térmica es la propiedad del material de poder recibir, conducir y transmitir energía térmica en el espacio del tiempo. Por ejemplo, el concreto estructural es un buen

conductor de calor, puesto que lo transmite rápido según su geometría. Por el contrario, las maderas estructurales son malos conductores de calor, porque lo conduce lentamente.

## CONVECCIÓN

Es la transferencia de calor por medio del aire circundante a la edificación o sus superficies. Este, al recibir la radiación directa del Sol y la radiación indirecta de las superficies, incrementa su temperatura. El aire puede moverse vertical y horizontalmente.

Si el aire al calentarse se mueve verticalmente hacia abajo, se llama subsidencia; y si se mueve en sentido horizontal, se llama advección.

Ambos procesos pueden modificar la temperatura de una superficie y esta a su vez conduce el calor según la inercia térmica del material (*imagen 2*).

---



**Imagen 2.** Efecto de la radiación sobre una edificación.

Fuente: Autor.

# LA SOMBRA

---

Las superficies que no quedan expuestas al Sol o a una fuente radiante de luz en una hora determinada están en sombra. Esta puede ser sombra propia o sombra proyectada.

La sombra propia se puede definir como la superficie real que está sin recibir iluminación directa de la fuente radiante de luz. Sea el Sol, sea un objeto luminoso.

La sombra proyectada es la sombra arrojada por el objeto sobre una superficie, que sufre la distorsión de la perspectiva.

La sombra es muy importante como elemento bioclimático en la arquitectura, debido a que la radiación solar no actúa de forma directa y la temperatura de estas superficies desciende.

## **ESTUDIO DE LA TRAYECTORIA SOLAR**

El estudio de la asoleación en las edificaciones y su contexto se basa en el análisis detallado de la trayectoria solar. Esta se puede hacer por medio de herramientas manuales, software especializado, como el ECOTEC, el DisegnBuilder, el SketchUp pro, el ArchiCAD 15 y varias aplicaciones para teléfonos inteligentes.

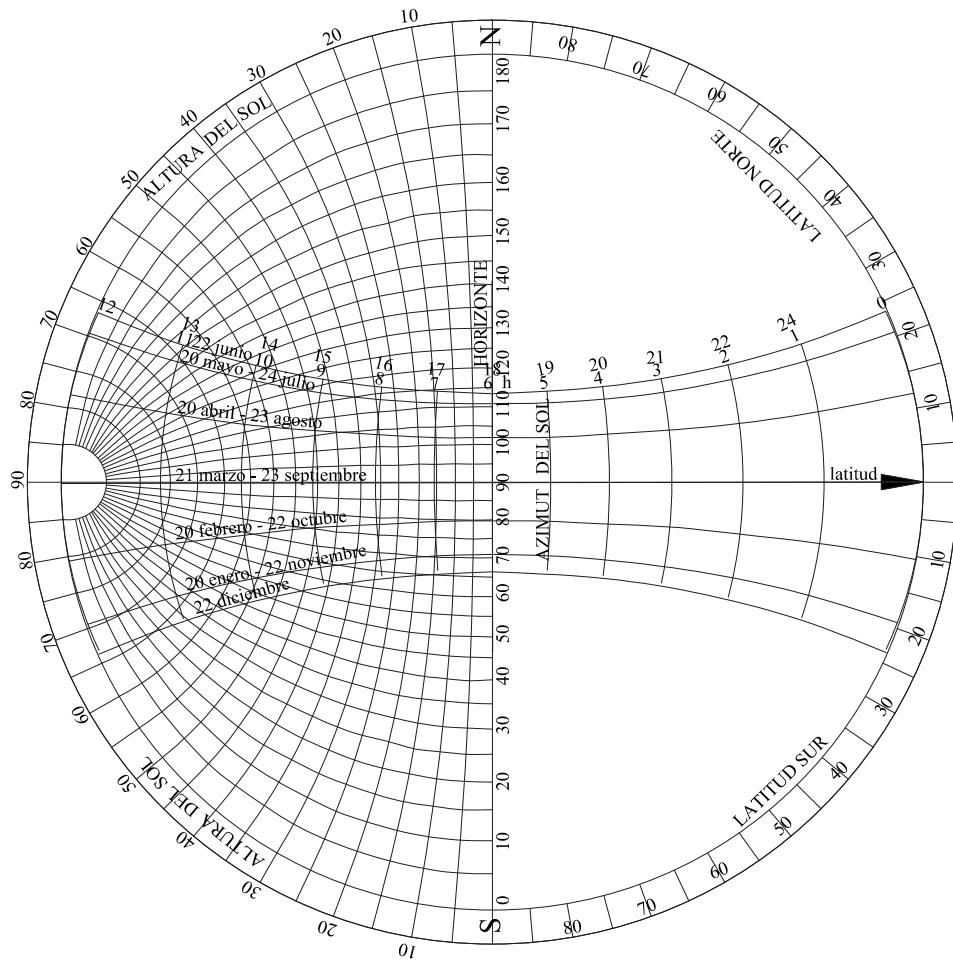
En los primeros semestres del programa de Arquitectura, se trabaja con una herramienta manual que es la carta solar. Hace que el estudiante desarrolle un proceso y comprenda pedagógicamente el ejercicio en su contexto.

La carta solar es un ábaco que permite a un observador en cualquier latitud registrar la posición del Sol en la cúpula celeste.

La carta solar, con la cual vamos a trabajar, llamada también girasol, fue diseñada por el Centro de Investigación metodológico de la Escuela de Arquitectura de Nantes (CERMA) (*imagen 3*).

Una vez realizados los análisis y estudios de la trayectoria solar con la carta solar o girasol, se hacen modelaciones con maquetas o prototipos para ser llevados al simulador de trayectoria solar Heliodon. Esta herramienta es un laboratorio para determinar fortalezas, debilidades del proyecto y procesos por corregir respecto del control de la radiación solar.

Todo proyecto de arquitectura bioclimática con criterios de sostenibilidad debe hacer un estudio, análisis y conclusiones de la trayectoria solar y aplicar al proyecto los resultados de ese estudio. Esto nace de un proceso, el cual tiene unos procedimientos para llegar a un producto. El primer proceso es conocer la carta solar.



**Imagen 3.** Carta solar o girasol.

# COMPONENTES DE LA CARTA SOLAR

---

La carta solar es un ábaco rotativo compuesto por dos láminas: una mate y una transparente, que se superponen y giran sobre un eje.

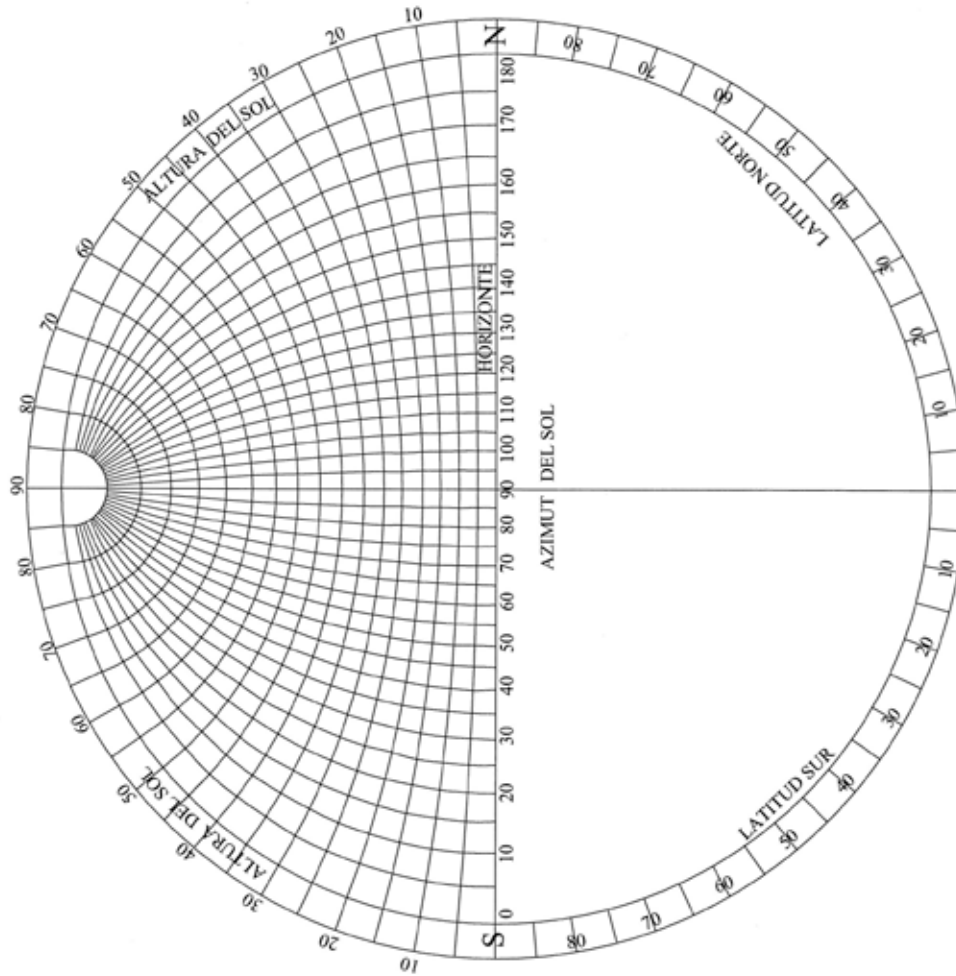
La lámina mate está conformada por cuatro segmentos circulares contenidos dentro de un círculo (*imagen 4*).

El diámetro del círculo corresponde a la línea del ecuador. El norte queda perpendicular al diámetro.

Dos segmentos circulares a la derecha marcados de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  corresponden a la latitud norte tomando la línea del ecuador hacia el norte y latitud sur de la línea del ecuador hacia el sur.

Dos segmentos circulares a la izquierda marcados de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  tomando el 0 desde el norte y el sur hacia la línea del ecuador corresponden al registro de la altura del Sol.

Al dividir los segmentos circulares de la altura del Sol y la latitud aparece registrado de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$  el azimut. El azimut es el ángulo de arco medido sobre el horizonte celeste que forman el punto cardinal norte y la proyección vertical del astro sobre el horizonte del observador situado en alguna latitud.



**Imagen 4.** Lámina mate de la carta solar.



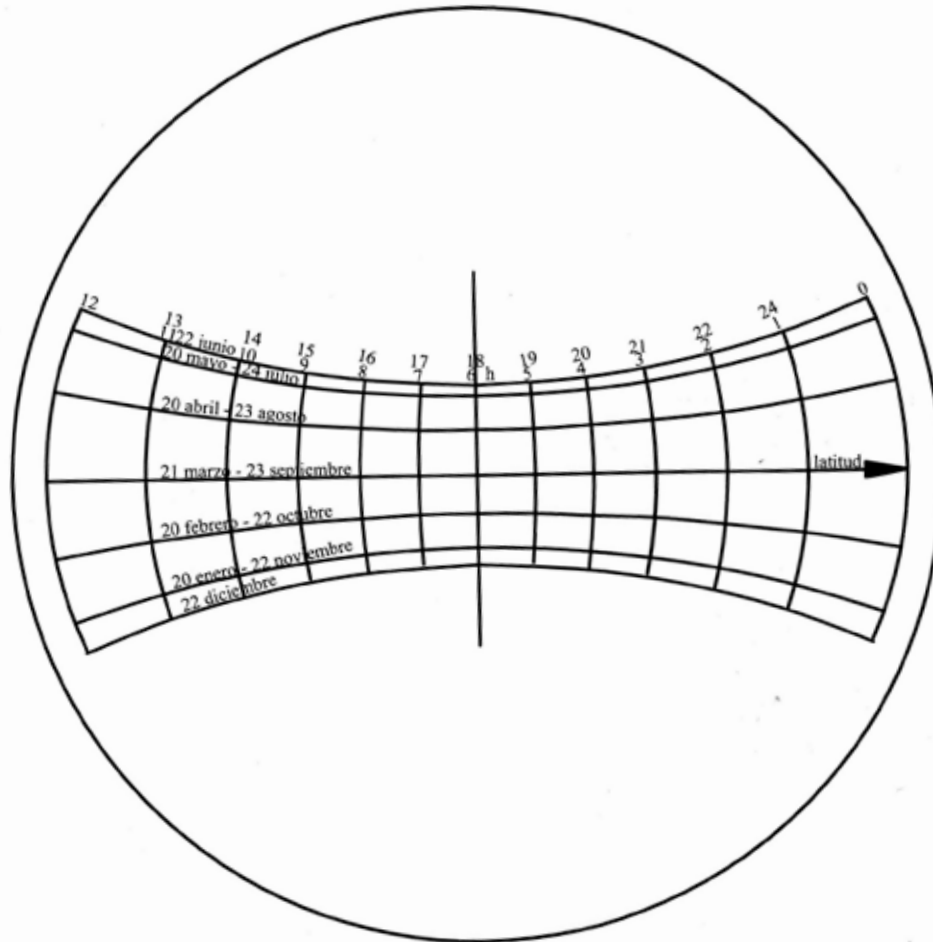
En la lámina transparente (acetato), aparecen unas líneas curvadas que registran unas fechas exactas: día y mes, partiendo del 22 de junio que corresponde al inicio del solsticio de verano (*imagen 5*).

En la línea central está registrado el 21 de marzo y el 23 de septiembre, que es el equinoccio. Sobre esta línea a la derecha aparece una flecha que debe rotarse sobre la latitud del sitio geográfico por trabajar.

Al final, en la parte inferior, está registrado el 22 de diciembre que corresponde al inicio del solsticio de invierno.

“Perpendicular” a las líneas de las fechas, de derecha a izquierda aparecen unas líneas curvas que registran horas, están en formato militar y van de 0 a 12 horas en la parte inferior y de 13 a 24 horas en la parte superior. Por ejemplo: las 9 horas de la mañana tienen los mismos valores de azimut y altura del Sol que a las 3 de la tarde (15 horas).

---



**Imagen 5.** Lámina transparente de la carta solar.

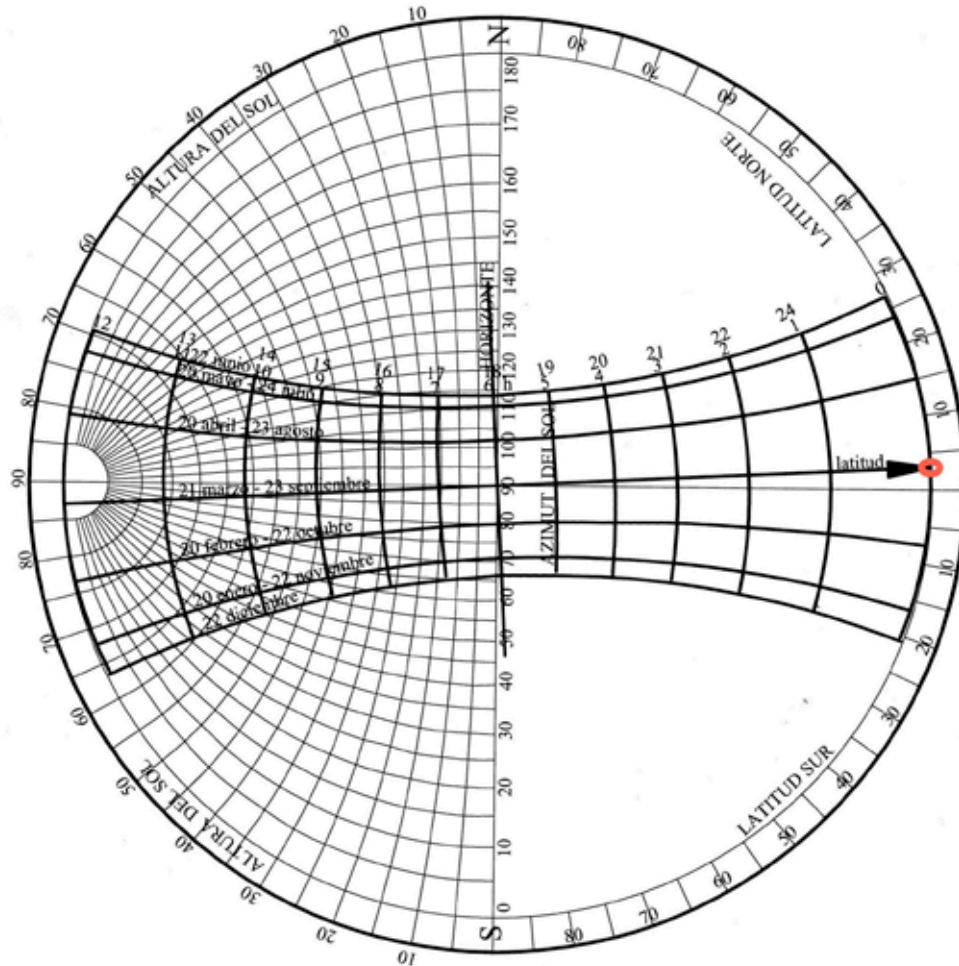
# APLICACIÓN DE LA CARTA SOLAR

---

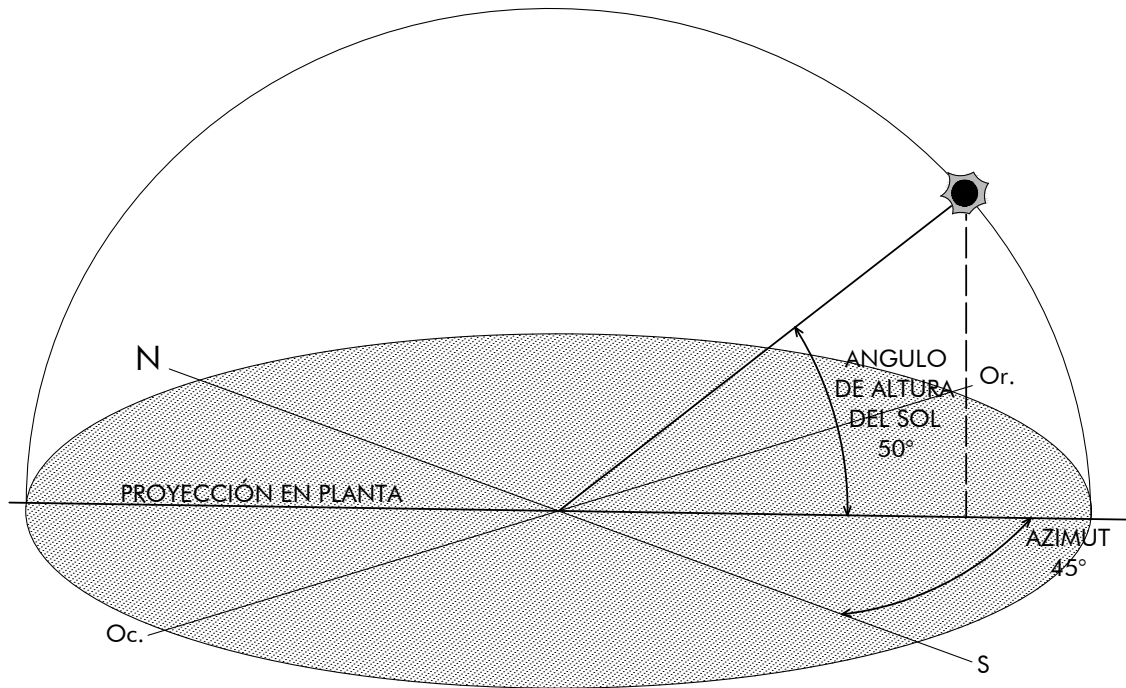
Para este caso, se va a tomar como ejemplo una ciudad de Colombia: Buenaventura (departamento del Valle del Cauca).

Obtener la latitud del sitio/lote del proyecto. Esta se consigue por Google Earth. En el mapa satelital en la parte inferior después de la fecha a la derecha se registra la latitud en la medida en que se mueve el cursor. Latitud de Buenaventura:  $3^{\circ} 53''$  norte (*imagen 6*).

- Se ubica la flecha del componente transparente de la carta solar en  $0^{\circ}$  y se lleva a  $3^{\circ} 53''$  norte. El norte debe quedar hacia la parte superior.
- Se ubica la latitud, el componente transparente se debe fijar y no permitir su rotación. A partir de este momento, se empiezan a hacer las lecturas de hora, día y mes con su azimut y altura del Sol (*imagen 7*).
- Se deben fijar unas fechas: inicio del solsticio de invierno, 22 de diciembre; equinoccio, 21 de marzo-23 de septiembre, e inicio del solsticio de verano, 22 de junio.
- Las horas se determinan según el estudio de trayectoria solar para el cual se desarrolla el ejercicio. En este caso, se trata de analizar las horas y las superficies que van a estar más impactadas por radiación solar y poder diseñar unos aleros de control de la radiación. Se toman desde las 10 h hasta las 15 h.



**Imagen 6.** Carta solar registrado datos para Buenaventura.



**Imagen 7.** Proyección sobre un plano de la altura del sol y azimut. Fuente: Laboratorio de ambientes sostenibles.

- Se hace una tabla de registro de las fechas y se van introduciendo los datos:

FECHA	HORA	AZIMUT	ANGULO h
22 de diciembre	10	45°	53°
22 de diciembre	11	26°	60°
22 de diciembre	13	26°	60°
22 de diciembre	14	45°	53°
22 de diciembre	15	56°	40°
21marzo/23 sept.	10	87°	62°
21marzo/23 sept.	11	84°	76°
21marzo/23 sept.	13	84°	62°
21marzo/23 sept.	14	87°	76°
21marzo/23 sept.	15	89°	47°
22 de junio	10	128°	56°
22 de junio	11	146°	67°
22 de junio	13	146°	67°
22 de junio	14	128°	56°
22 de junio	15	120°	43°

En el figura de referencia a continuación solo se ubicarán los datos del solsticio de verano e invierno para su comprensión gráfica (*imagen 8, 9, 10, 11, 12*).

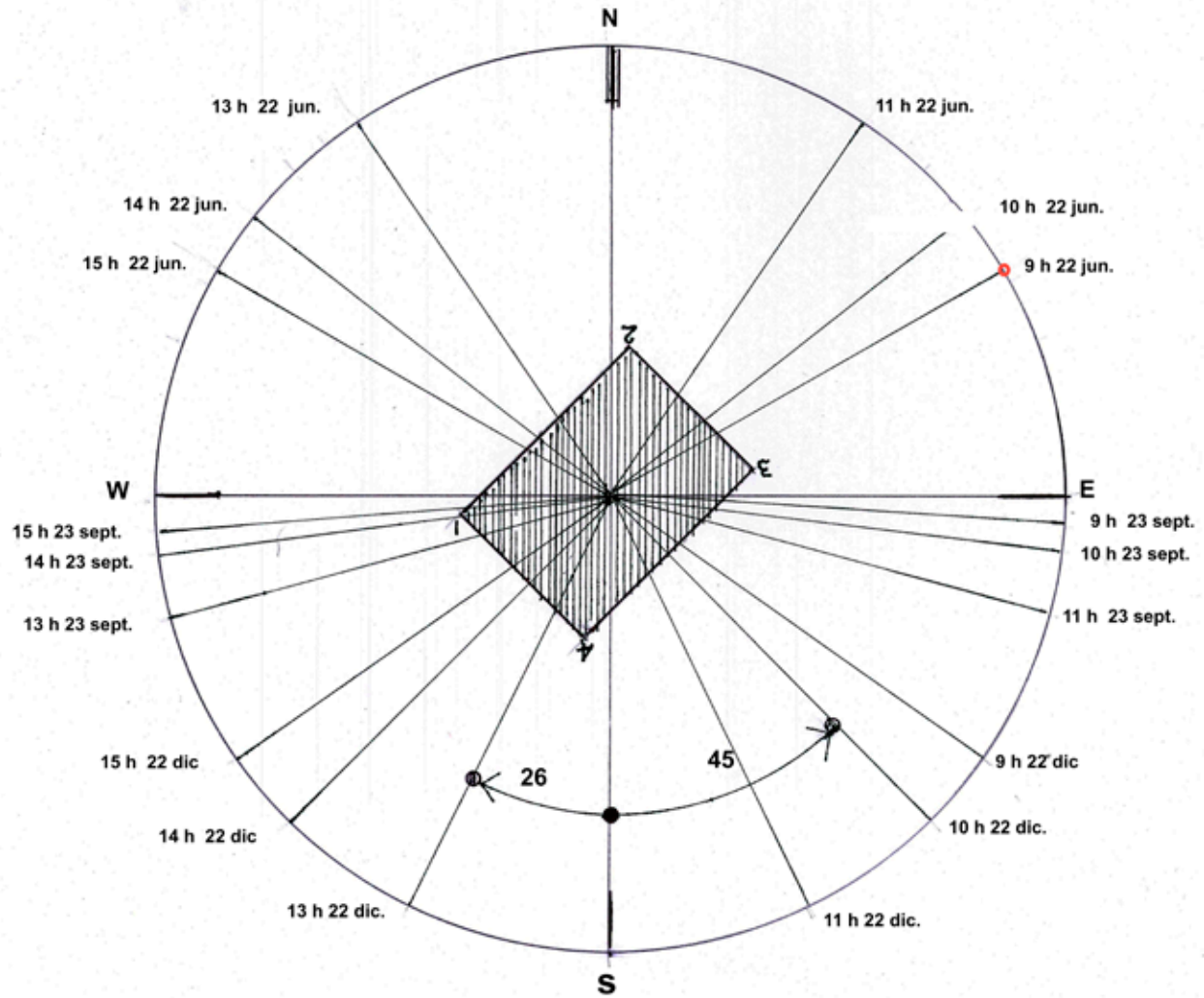
Del registro de fechas se puede llegar a unas conclusiones:

- En el solsticio de invierno el sol está hacia el cuadrante sur, en el equinoccio está al centro y en el solsticio de verano está hacia el cuadrante norte.

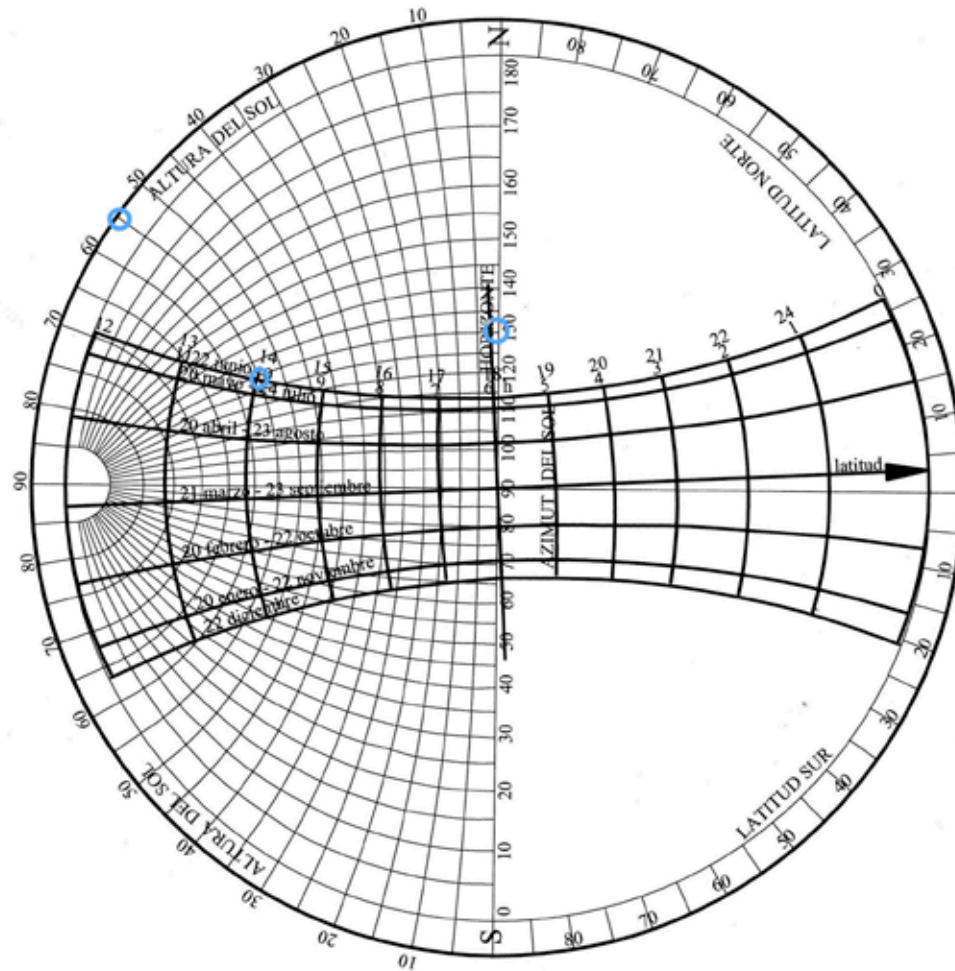
- Esto determina que la edificación va recibir en una misma hora el Sol en distintos ángulos de azimut e inclinación según la fecha.
- El Sol está más perpendicular sobre esta latitud en el equinoccio.

Proceso de graficación y análisis.

- Ubicamos el volumen de la edificación por analizar con su norte respectivo.
- Una vez ubicado, trazamos un círculo sobre el volumen en planta.
- En este círculo, ubicamos los puntos cardinales respectivos.
- Se empiezan a localizar los grados de azimut, o sea, el punto del observador para esa fecha.
- Se ubica el azimut solar, tomando como ángulo 0° el sur. Del sur a la derecha se ubican las horas de la mañana y del sur a la izquierda las horas de la tarde.
- Se analizan cuáles son las fachadas más expuestas del volumen.
- Luego se procede a ubicar la altura del Sol y verlo con su azimut
- Tomamos una fecha y hora para sacar la sombra de ese volumen.
- Se referencia las 10 horas del 22 de junio.
- Se ubica una línea paralela al azimut de la hora que estamos trabajando. Esta va ser la línea de tierra.

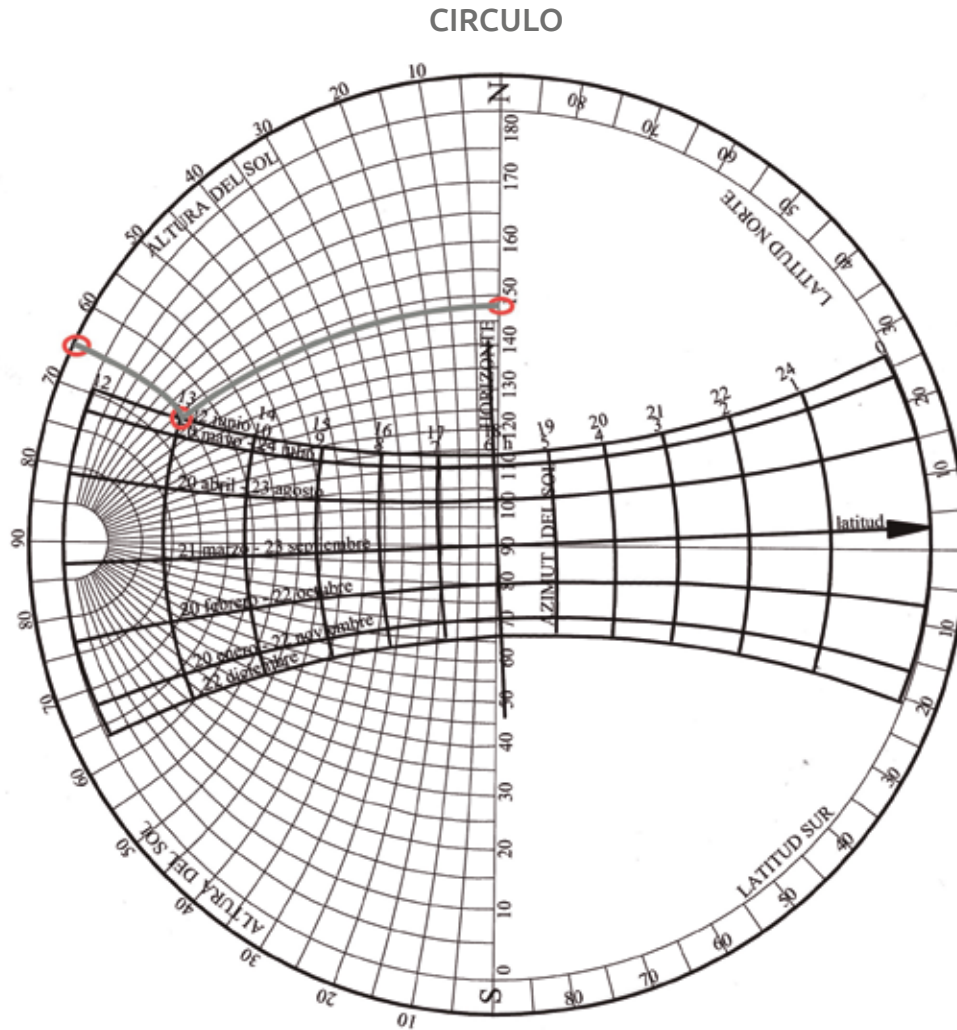


**Imagen 8.** Referencia de horas con asimut para un volumen en latitud de Buenaventura. Fuente: autor.

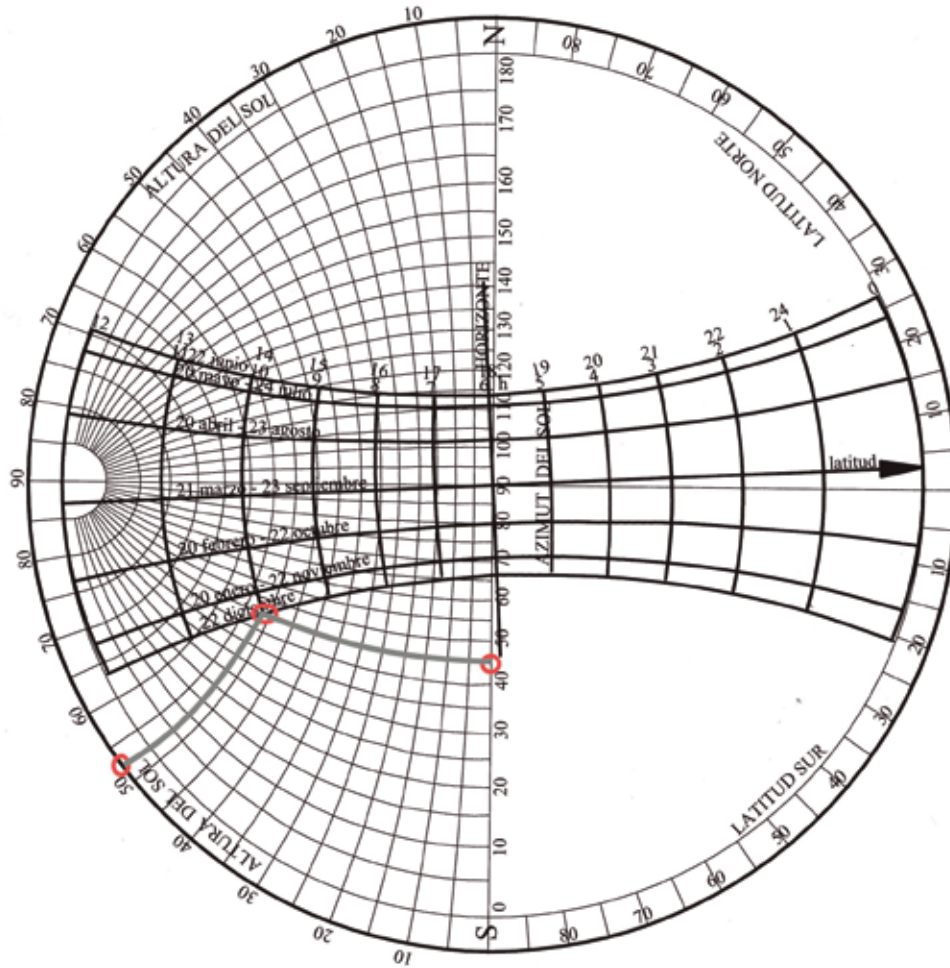


**Imagen 9.** Carta solar 10 horas - 22 de junio. Fuente: autor.

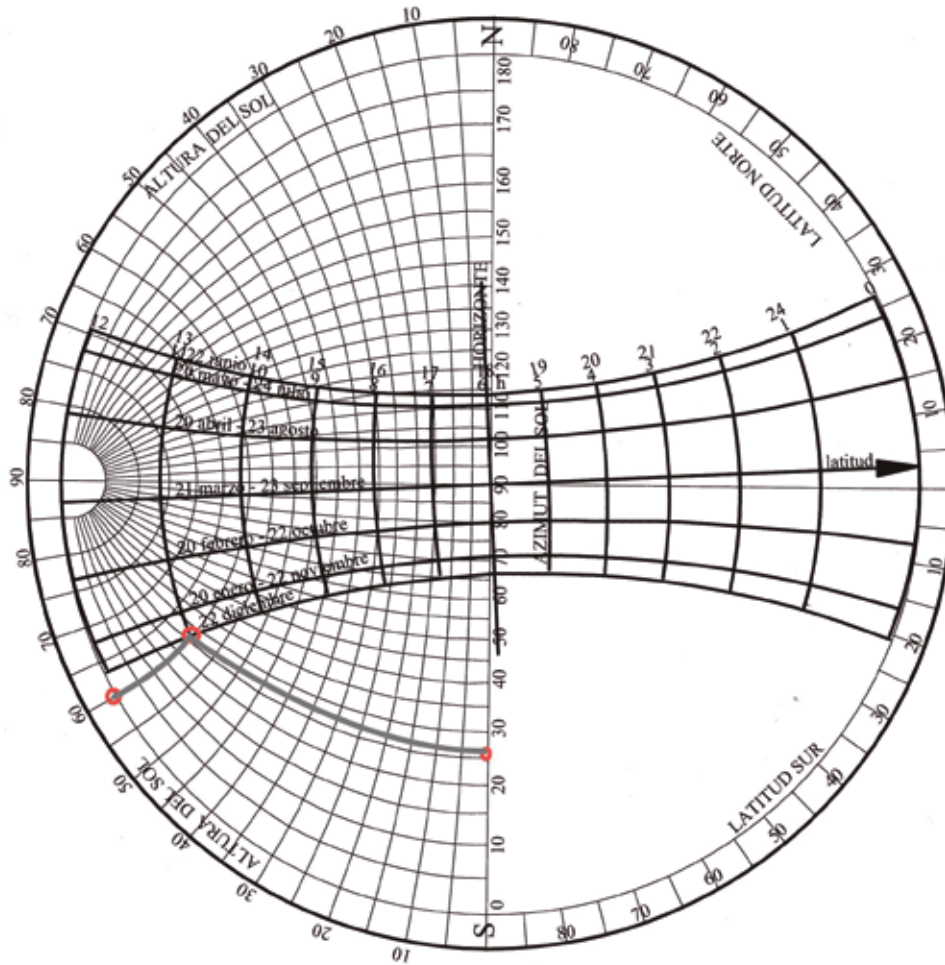




**Imagen 10.** Carta solar 11 horas - 22 de junio. Fuente: autor.



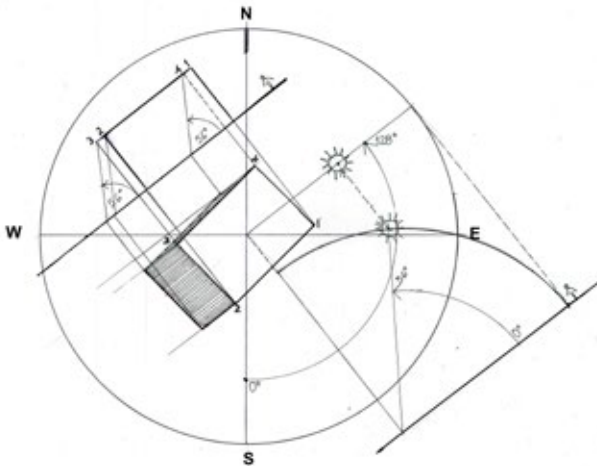
**Imagen 11.** Carta solar 10 horas - 22 de diciembre.  
Fuente: autor.



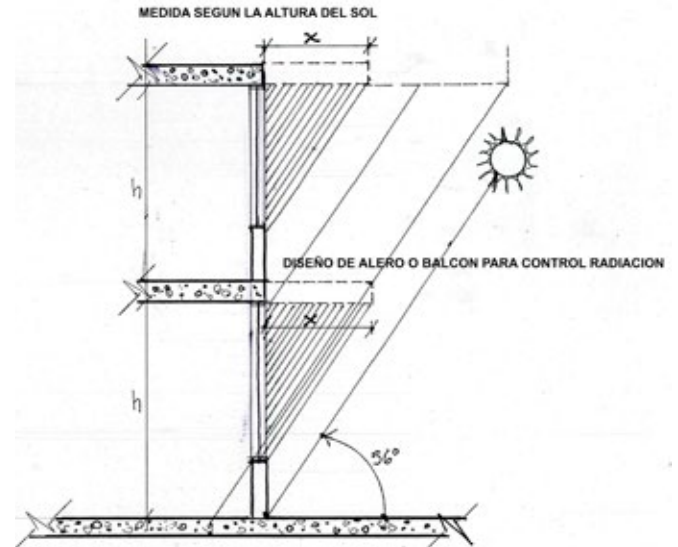
**Imagen 12.** Carta solar 10 horas - 22 de diciembre.  
Fuente: autor.

- Se marcan las letras de los vértices del volumen.
- Se proyectan los vértices del volumen sobre la línea de tierra y se levantan en altura real.
- Se ubica la altura del Sol con su ángulo respectivo y se proyectan desde la altura del edificio a la línea de tierra.

Se bajan las líneas de proyección de sombras, y donde se cortan con las líneas del vértice del edificio paralelas al azimut, se demarca la sombra respectiva. (*imagen 14-15*)



**Imagen 14.** Graficación de sombras por geometría descriptiva para el 22 de junio a las 10 horas. Fuente: Autor.



**Imagen 15.** Imagen 15: graficación de sombras para el diseño de un alero de protección solar para el 22 de junio a las 10:00 horas. Fuente: Autor.

# SIMULADOR DE TRAYECTORIA SOLAR: HELIODON

---

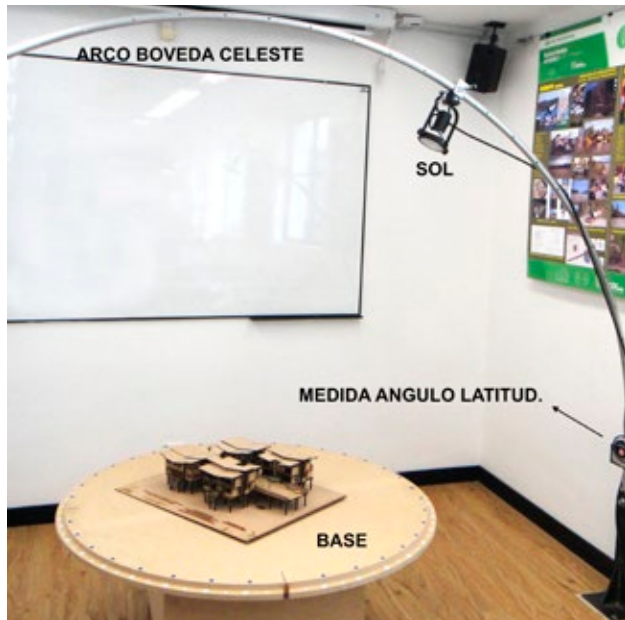
Esta herramienta práctica permite visualizar el comportamiento de la trayectoria solar en un modelo o maqueta a escala. Esta puede ser urbana o arquitectónica.

El Heliodon del Laboratorio de Ambientes Sostenibles consta de dos componentes (*imagen 16*):

- Una base circular con sus puntos cardinales marcada en grados que corresponden a la ubicación según el azimut; esta base es rotativa y es donde se ubican los modelos por analizar.
- Un arco en aluminio que asimila la trayectoria del Sol, con sus medidas cada 5° que brindan el ángulo de altura, según los datos obtenidos de la carta solar. El arco cuenta en el extremo occidental con un medidor en grados, el cual registra su inclinación según la latitud norte o sur.

Para la demostración, colocamos un modelo de cuatro viviendas localizadas en Buenaventura (Valle del Cauca).

- Se coloca en 0° la base con el norte perpendicular al arco de trayectoria solar.
- Colocar en latitud 0° el arco.
- Obtener la latitud de Buenaventura: 3° 53'' norte (*imagen 17*).



**Imagen 16.** Heliodon del programa de Arquitectura.  
Fuente: Autor.

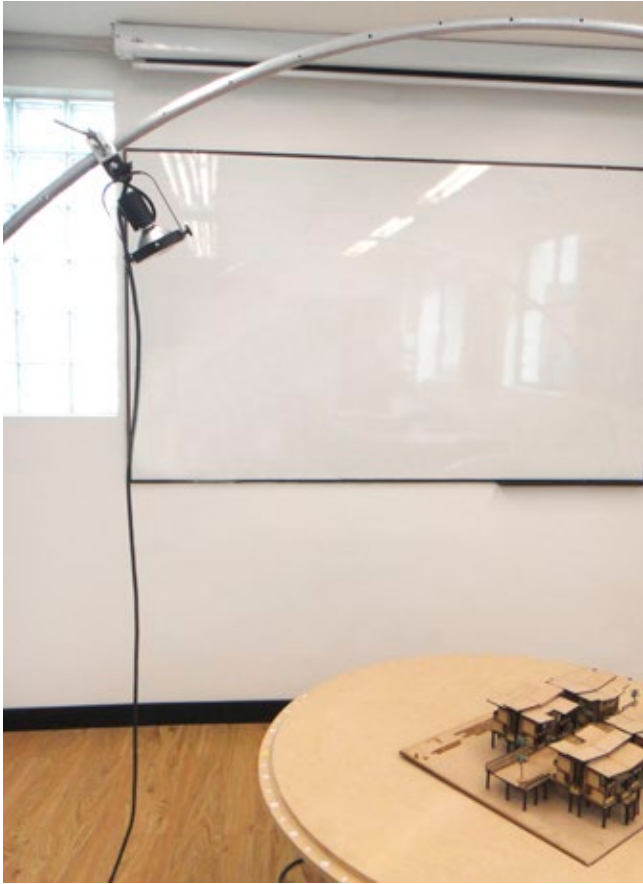


**Imagen 17.** Registro de ángulo de latitud de Buenaventura.  
Fuente: Autor.

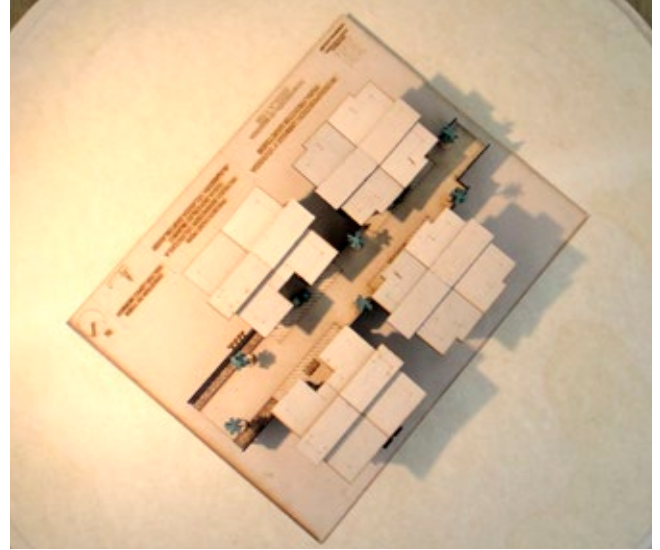
- Se gira el arco hacia el norte hasta que marque la latitud  $3^{\circ} 53''$  norte.
- La maqueta arquitectónica se coloca según el norte respectivo.
- De acuerdo con los registros de la carta solar se procede, hora por hora, a hacer el ejercicio. Para las 10 y 11 de la mañana los grados de azimut solar se marcan del sur a la derecha.
- Se deben hacer registros fotográficos: una toma en planta con el norte visible y tomas que registren en corte perspectivo las sombras de los planos más importantes. El laboratorio cuenta con un formato que los estudiantes deben elaborar como análisis de su proyecto desde la observación en el Heliodon. (*Imagen 24*)

FECHA	HORA	AZIMUT	ANGULO ALTURA
22 de junio	10	128°	56°
22 de junio	11	146°	67°
22 de junio	13	146°	67°
22 de junio	14	128°	56°
22 de junio	15	120°	43°

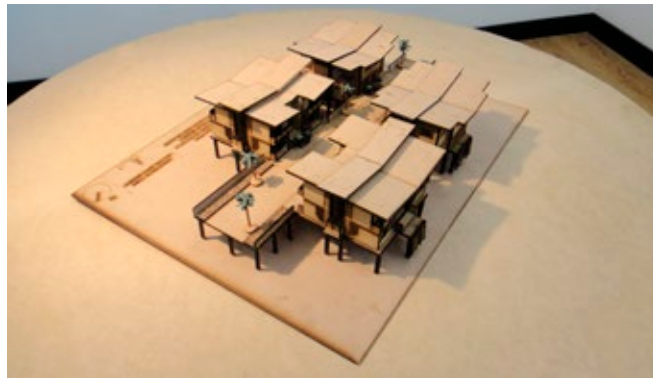
- Para las 13, 14 y 15 horas se marcan del sur a la izquierda
- (*imagen 18, 19, 20, 21, 22, 23*).
- Para las 10 horas se gira la base hacia la derecha hasta  $128^{\circ}$  de azimut. La maqueta debe quedar con su norte original, se reubica ya que el norte no se gira.
- Se lleva el azimut de  $128^{\circ}$  hacia la parte de la luminaria que representa el Sol. La luminaria debe quedar en  $56^{\circ}$  de altura en el costado oriental.
- Se coloca debajo del arco centrada la maqueta y esa es la trayectoria solar de esa fecha y hora.



**Imagen 18.** Altura del sol 56°. Fuente: autor.

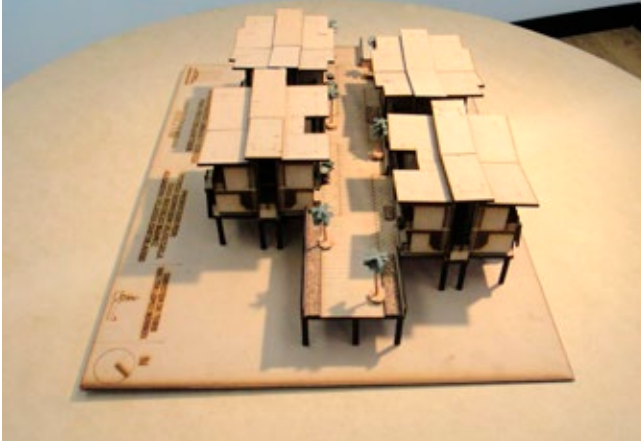


**Imagen 19.** Vista en planta de la sombra a las 10 horas.  
Fuente: Autor.

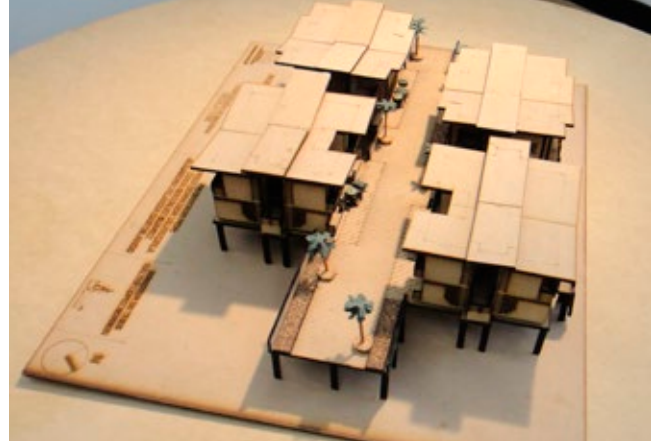


**Imagen 20.** Vista panorámica de la sombra en un modelo de vivienda a las 10 horas. Fuente: Autor.

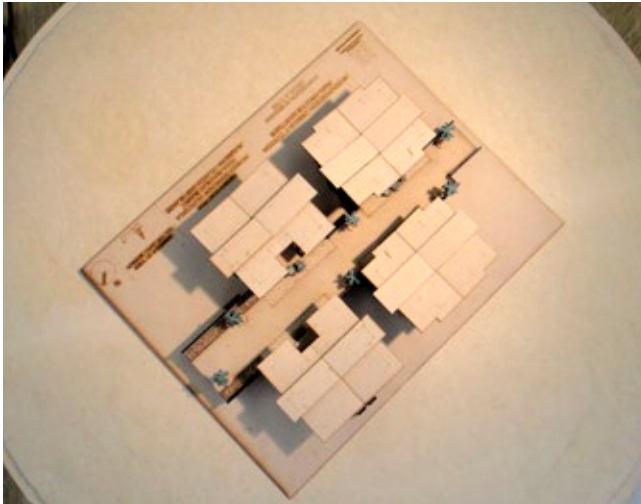








**Imagen 21.** Vista panorámica de la sombra a las 13 horas.  
Fuente: Autor.



**Imagen 23.** Vista panorámica de la sombra sobre vivienda a las 14 horas. Fuente: Autor.



**Imagen 22.** Vista en planta de la sombra a las 14 horas.  
Fuente: Autor.

USO DEL HELIODON	PLANTA	CORTE / PERSPECTIVA
CIUDAD / POBLACIÓN: <b>Buenaventura</b>		
DEPARTAMENTO / ESTADO: <b>Valle Del Cauca</b>		
PAIS: <b>Colombia</b>		15:00 22 Junio
LATITUD: <b>3° 88'</b> LONGITUD: <b>77° 07'</b>		PISO TÉRMICO: <b>Cálido Húmedo</b>
	<p>CONCLUSIONES ANÁLISIS DE SIMULACIÓN SOLAR: El objetivo del taller verificar la longitud del alero en la época de mayor incidencia solar en radiación y temperatura para proteger las fachadas de las viviendas. Se comprobó que los 1,50 m eran viables</p>	



Recomposición urbana y de vivienda  
frentes marítimos

Estudiante: \_\_\_\_\_  
Código: \_\_\_\_\_ Cédula: \_\_\_\_\_  
Periodo: \_\_\_\_\_ Año: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE AMBIENTES SOSTENIBLES

Asignatura: Taller X  
Docente: Walter Lopez. Fecha: Enero 2013

BITÁCORA

*Imagen 24. Formato uso del Heliodon.*

# CONCLUSIONES

- 
- Es importante desarrollar en los talleres de diseño de los primeros semestres de Arquitectura el ejercicio manual de trayectoria solar como fundamento para una propuesta bioclimática que responda al contexto en el cual se implantará.
  - Ese proceso debe llevarse a una modelación/maqueta para que por medio del simulador de trayectoria solar Heliodon se verifique que el volumen y el contexto del edificio cumple con criterios para el control de la radiación solar.
  - Para un adecuado estudio de trayectoria solar, se deben trabajar como mínimo tres fechas con cinco horas mínimas por cada una para hacer un buen análisis.
  - Este ejercicio debe quedar registrado en las memorias del proceso de diseño, ya que son ejercicios teórico-prácticos para generar criterios de diseño bioclimático y sostenible . Para ello, se debe hacer el registro en el formato diseñado desde el laboratorio para el Heliodon.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- Anderson, B., Wells, M. y Kennedy, E. M. (1984). Guía fácil de la energía solar pasiva. GG.
- Cabó Gonzáles, D. (2002). Fundamentos de la energía solar.
- Delbene, C. A. (2013). Geometría solar. Técnicas y métodos de verificación. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Eicker, U. (2006). Solar technologies for buildings. John Wiley & Sons.
- González, E., Hinz, E., Oteiza, P. de y Quirós, C. (1986). Proyecto clima y arquitectura. México: Ediciones G. Gili.
- MARDUK Ciencia (2007). La eclíptica y las estaciones (video). Recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=gsZrTYeW0Tw>
- Schiller, S. de y Evans, J. M. (1994). Diseño bioambiental y arquitectura solar. Serie Ediciones Previas, 9.
- Simulador de trayectoria solar Heliodon, Laboratorio de Ambientes Sostenibles, Facultad de Arquitectura y Artes, Universidad Piloto de Colombia.
- Villazón, R., Ramírez, J. y García, J. (2004). Eficiencia lumínica en arquitectura. Bogotá: Universidad de los Andes.

AMBIENTALMENTE



Laboratorio de  
**Ambientes  
Sostenibles**



**Universidad  
Piloto de Colombia**  
UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN



ARQUITECTURA



[www.unipiloto.edu.co](http://www.unipiloto.edu.co)