

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
MAESTRÍA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS

"Manual Técnico de Estrategias de Diseño Bioclimático para los estudiantes de Arquitectura"  
PROYECTO DE GRADO

**LUIS FERNANDO RUANO PAZ**  
CARNET 17780-81

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2016  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
MAESTRÍA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS

"Manual Técnico de Estrategias de Diseño Bioclimático para los estudiantes de Arquitectura"

PROYECTO DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
ARQUITECTURA Y DISEÑO

POR  
**LUIS FERNANDO RUANO PAZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2016  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

DECANO: MGTR. CRISTIAN AUGUSTO VELA AQUINO  
VICEDECANO: MGTR. ROBERTO DE JESUS SOLARES MENDEZ  
SECRETARIA: MGTR. ALICE MARÍA BECKER ÁVILA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. CRISTIAN AUGUSTO VELA AQUINO

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. JOSÉ DAVID HERNÁNDEZ PRERA  
MGTR. ROBERTO DE JESUS SOLARES MENDEZ  
MGTR. SIOMARA ELIZABETH BONILLA CASTILLO

Guatemala, 22 de septiembre del 2,016

**Señores  
Miembros del Consejo Académico  
Facultad de Arquitectura y Diseño  
Universidad Rafael Landívar  
Campus Central  
Guatemala.**

**Honorables Miembros del Consejo:**

En mi calidad de Asesor del Proyecto Final de la Maestría en Diseño y Construcción Ecológicos, titulado **“MANUAL TÉCNICO DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO, PARA LOS ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA, FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR”**, elaborado por el Arquitecto **Luis Fernando Ruano Paz**, con **carné No. 1778081**, me es grato informar a ustedes que el trabajo se encuentra concluido a satisfacción, cumpliendo con todos los requisitos que la Facultad de Arquitectura y Diseño exige; por lo cual me permito recomendar su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente, me suscribo muy atentamente,



Arq. Cristian Augusto Vela Aquino, M.A.  
Docente Asesor



### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Proyecto de Grado del estudiante LUIS FERNANDO RUANO PAZ, Carnet 17780-81 en la carrera MAESTRÍA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS, del Campus Central, que consta en el Acta No. 03217-2016 de fecha 24 de octubre de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

"Manual Técnico de Estrategias de Diseño Bioclimático para los estudiantes de Arquitectura"

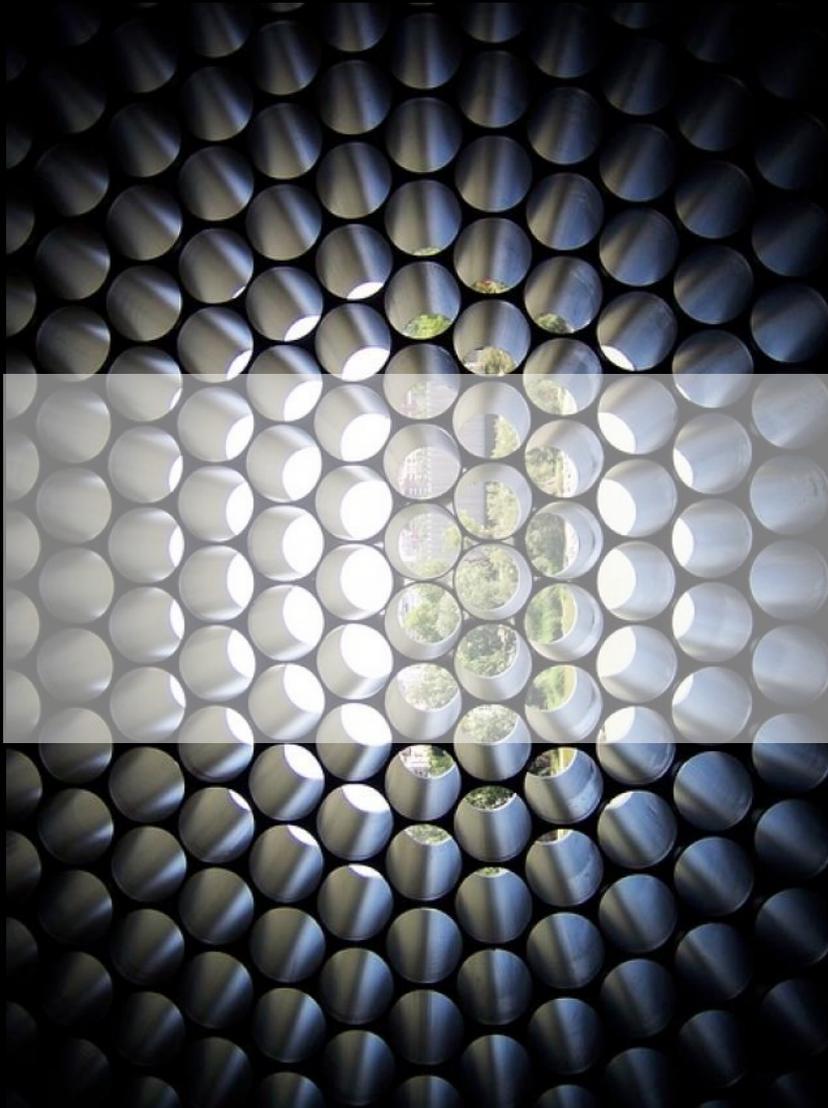
Previo a conferírsele el grado académico de MAGÍSTER EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 3 días del mes de noviembre del año 2016.



  
\_\_\_\_\_  
MGTR. ALICE MARÍA BECKER ÁVILA, SECRETARIA  
ARQUITECTURA Y DISEÑO  
Universidad Rafael Landívar

manual de estrategias de diseño bioclimático



# Índice

*Desearía mejorar las relaciones entre la arquitectura, la naturaleza y el ser humano.  
Toyo Ito*

# ÍNDICE

	Página		Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1	<b>3.4</b> Las consecuencias ambientales .....	16
<b>2. METODOLOGÍA</b>	2	<b>3.4.1</b> Cambio climático .....	16
<b>2.1</b> Planteamiento del Problema .....	2	<b>3.4.2</b> Destrucción de la capa de ozono.....	16
<b>2.2</b> Justificación del Proyecto .....	2	<b>3.4.3</b> Envenenamiento con nitrógeno .....	17
<b>2.3</b> Objetivo General del Proyecto .....	3	<b>3.4.4</b> Escasez y contaminación del agua .....	17
<b>2.4</b> Objetivos Específicos .....	3	<b>3.4.5</b> Deforestación .....	18
<b>2.5</b> Usuarios .....	3	<b>3.4.6</b> Erosión del suelo .....	18
<b>2.6</b> Alcances y Límites .....	4	<b>3.4.7</b> Áreas protegidas amenazadas .....	18
<b>2.7</b> Antecedentes del Proyecto .....	4	<b>3.4.8</b> Disminución de la biodiversidad .....	18
<b>3. TEORÍA Y CONCEPTOS</b> .....	11	<b>3.4.9</b> Contaminación del aire .....	19
<b>3.1</b> Crisis Ambiental .....	11	<b>3.4.10</b> Manejo inadecuado de los desechos ..	19
<b>3.1.1</b> El medio ambiente .....	11	<b>3.5</b> Arquitectura Ecológica .....	20
<b>3.1.2</b> La ecología .....	11	<b>3.5.1</b> Arquitectura Sostenible .....	20
<b>3.1.3</b> Los recursos naturales .....	11	<b>3.5.2</b> Arquitectura Bioclimática .....	21
<b>3.2</b> Del hombre primitivo al día de hoy .....	12	<b>3.5.3</b> Arquitectura Vernácula .....	21
<b>3.2.1</b> Forma de vida que respete el medio	12	<b>3.5.4</b> Arquitectura Orgánica .....	22
ambiente .....		<b>3.5.5</b> Arquitectura Reciclable .....	22
<b>3.2.2</b> De la agricultura a la agricultura	13	<b>3.5.6</b> Arquitectura Inteligente .....	23
Intensiva .....		<b>3.5.7</b> Bio Arquitectura .....	24
<b>3.2.3</b> El desarrollo industrial .....	13	<b>3.6</b> El Sistema Solar .....	24
<b>3.2.4</b> El consumo como hábito de vida .....	14	<b>3.6.1</b> El Sol .....	25
<b>3.3</b> Destrucción de la naturaleza .....	14	<b>3.6.2</b> Los movimientos de la Tierra .....	26
<b>3.3.1</b> La naturaleza tiene límites .....	15	<b>3.6.3</b> Características geográficas de la Tierra	28
<b>3.3.2</b> La Crisis: grave, global e irreversible .....	15		

# ÍNDICE

	Página		Página
a. Ecuador terrestre .....	28	e. Corrientes marinas .....	52
b. Hemisferios .....	28	<b>3.8.3</b> Tipos de climas .....	53
c. Latitud y Longitud .....	29	a. Clima tropical (grupo A) .....	54
d. Paralelos y Meridianos .....	30	b. Clima seco (grupo B) .....	54
e. Trópicos .....	31	c. Clima moderado (grupo C) .....	55
f. Polos .....	32	d. Clima continental (grupo D) .....	55
g. Altura y Acimut .....	33	e. Clima polar (grupo E) .....	56
<b>3.7</b> Geometría Solar .....	34	f. Clima de tierras altas (grupo H) .....	56
<b>3.7.1</b> Los comienzos de la Geometría Solar ...	37	<b>3.8.4</b> Microclima .....	56
<b>3.7.2</b> La Geometría Solar en Europa .....	37	a. Altura sobre el nivel del mar .....	56
<b>3.7.3</b> Al rescate de la Geometría Solar .....	39	b. Forma de la tierra .....	56
<b>3.8</b> El Clima .....	40	c. El tamaño, la forma, y la proximidad de los cuerpos de agua .....	57
<b>3.8.1</b> Parámetros meteorológicos .....	41	d. Los tipos de suelo .....	57
a. Radiación solar .....	41	e. Vegetación .....	57
b. Temperatura atmosférica .....	42	f. Estructuras hechas por el hombre .....	58
c. Presión atmosférica .....	43	<b>3.9</b> Sitio .....	59
d. Viento .....	43	<b>3.9.1</b> La selección del sitio .....	59
e. Humedad .....	45	<b>3.9.2</b> La planeación del sitio .....	60
f. Precipitación .....	46	<b>3.9.3</b> Ubicación y orientación del edificio en el sitio .....	61
<b>3.8.2</b> Factores climáticos .....	50	<b>3.9.4</b> Paisaje y entorno .....	62
a. Latitud geográfica .....	50	<b>3.10</b> Materiales de construcción .....	63
b. Altitud del relieve .....	50	<b>3.10.1</b> Materiales naturales .....	63
c. Orientación del relieve .....	51	a. La tierra .....	64
d. Continentalidad .....	51	• Adobe .....	65

# ÍNDICE

	Página		Página
• Ladrillo .....	65	• Cartas de proyección cilíndrica .....	81
• Cob .....	66	<b>3.11.3</b> Cómo entender la Carta Solar estereográfica .....	83
• Tapial .....	67	• Acimut .....	83
• Bajareque .....	67	• Altitud .....	84
• Suelo-Cemento .....	68	• Fechas .....	84
<b>b.</b> Pacas de Paja .....	69	• Horas .....	85
<b>c.</b> Palma .....	69	• La Carta Solar para la ciudad de Guatemala	85
<b>d.</b> Bambú .....	70	• Aplicación de la Carta Solar .....	86
<b>e.</b> Piedra .....	71	<b>3.12</b> Heliodón .....	86
• Piedra caliza .....	71	<b>3.12.1</b> Heliodón de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Rafael Landívar .....	87
• Piedra pizarra .....	71	<b>4. ENTORNO Y CONTEXTO</b> .....	94
• Mármol .....	72	<b>4.1</b> Lugar .....	94
<b>f.</b> Madera .....	72	<b>4.2</b> Características del lugar .....	94
• Utilización de madera certificada .....	73	<b>4.3</b> La carrera licenciatura en Arquitectura ...	94
<b>3.10.2</b> Materiales regionales .....	73	<b>4.4</b> Manuales y documentos de uso en la carrera .....	95
<b>3.10.3</b> Materiales reciclados .....	73	<b>4.5</b> Usuarios .....	104
<b>3.10.4</b> Materiales de construcción nocivos ...	74	<b>4.6</b> Otros beneficiarios .....	104
<b>3.11</b> Carta solar .....	75	<b>5. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO</b> .....	105
<b>3.11.1</b> Recorrido aparente del sol .....	75	<b>5.1</b> Estrategias de diseño arquitectónico ....	106
• Ángulo Acimutal Solar .....	76	<b>5.1.1</b> La Orientación .....	106
• Ángulo de Altitud Solar .....	76	<b>a.</b> Orientación fachadas .....	106
<b>3.11.2</b> Métodos de análisis .....	78	<b>5.1.2</b> Factor de forma .....	108
• Cartas de proyección estereográfica .....	78		
• Cartas de proyección ortogonal .....	79		
• Cartas de proyección gnomónica .....	80		

# ÍNDICE

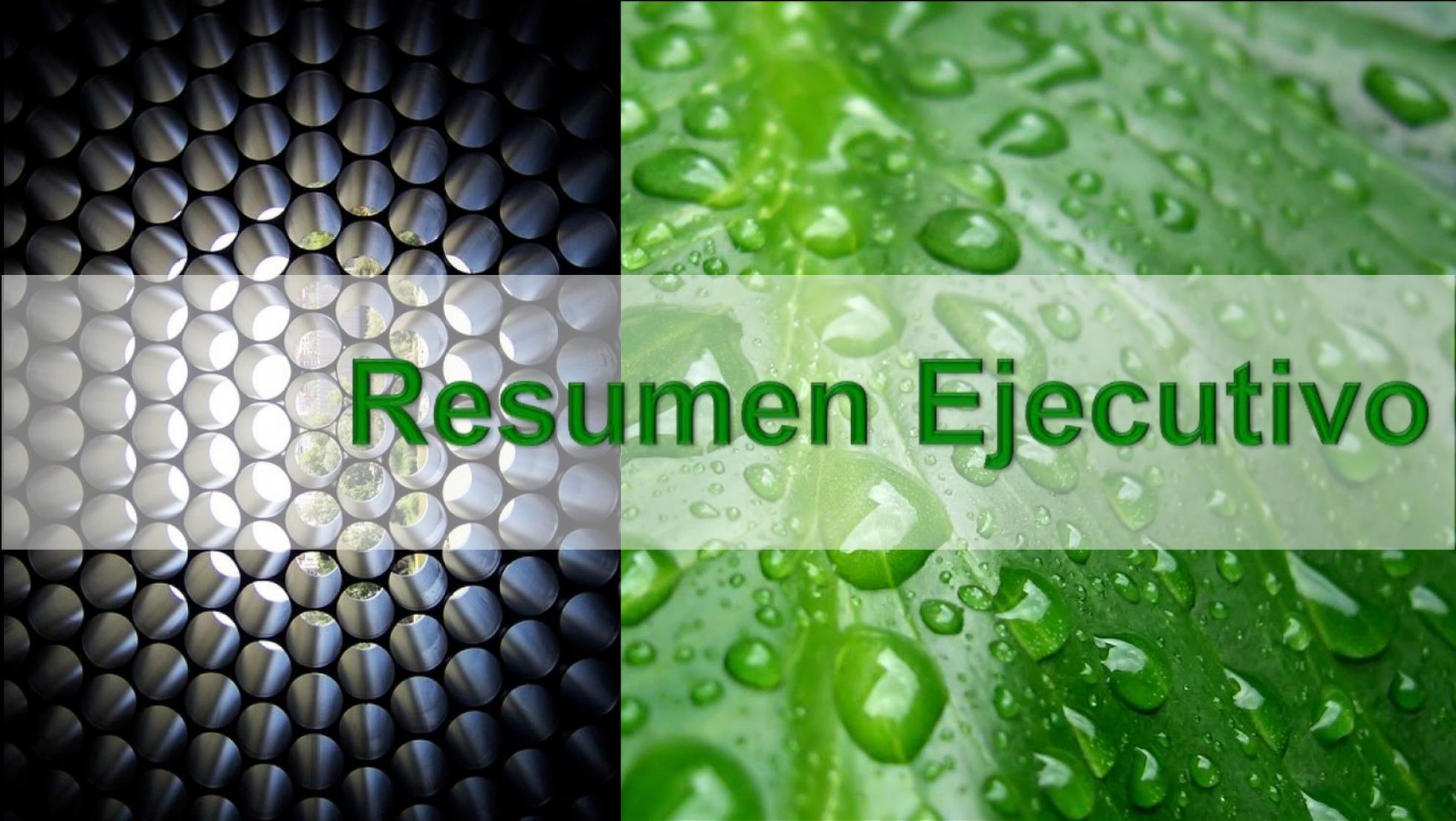
	Página		Página
<b>5.1.3</b> Zonificación interior .....	109		
• Espacios principales .....	110	• Sistemas de Inercia Térmica: Inercia térmica Interior .....	123
• Espacios secundarios .....	110	• Sistemas de Inercia Térmica: Solera de grava .....	124
• Espacios independientes .....	110	• Sistemas de Inercia Térmica: Inercia subterránea .....	124
<b>5.1.4</b> Protección del acceso .....	111	<b>a3.</b> Sistemas de captación añadidos .....	124
<b>5.2</b> Estrategias de calentamiento pasivo .....	111	• Muro de agua .....	124
<b>5.2.1</b> El calor .....	112	• Cubierta de agua .....	125
• Por conducción .....	112	• Sistema de captación independiente .....	126
• Por convección .....	112	<b>b1.</b> Elementos acumuladores puramente constructivos .....	127
• Por evaporación (o vaporización) .....	113	<b>b2.</b> Depósitos de acumulación .....	127
• Por condensación (o licuefacción) .....	113	• Lagunas de termo-acumulación .....	127
• Por radiación .....	113	• Lagunas solares .....	128
<b>5.2.2</b> Captación solar pasiva .....	114	• Acumuladores de calor subterráneos .....	128
<b>a.</b> Elementos captadores .....	114	<b>5.3</b> Estrategias de enfriamiento pasivo .....	129
<b>b.</b> Elementos acumuladores .....	114	<b>5.3.1</b> Sistemas de ventilación .....	129
<b>a1.</b> Sistemas de captación directa .....	114	<b>a.</b> Principios básicos de flujo de aire .....	130
• Ventanas .....	114	• Flujo de aire .....	130
• Invernadero, galería o terraza cubierta con vidrio .....	115	• Tipos de flujo de aire .....	130
• Lucernarios y claraboyas .....	117	• Inercia .....	131
• Atrios acristalados .....	118	• Conservación del aire .....	131
<b>a2.</b> Sistemas de captación indirecta .....	119	• Zonas de alta y baja presión .....	131
• Muro Trombe .....	119	• Efecto Bernoulli .....	132
• Sistemas de Inercia Térmica: Cubierta de inercia térmica .....	123		

# ÍNDICE

	Página		Página
<b>b.</b> La ventilación natural directa .....	133	• Cubiertas .....	158
<b>c.</b> La ventilación natural cruzada .....	135	• Torres de viento evaporativas .....	159
• Condiciones del sitio .....	135	<b>b.</b> Enfriamiento radiante .....	160
• Ventilación producida por las fuerzas del viento .....	136	• Techos fríos .....	161
• Orientación de las ventanas y la dirección del viento .....	137	• Cubiertas húmedas .....	161
• Ubicaciones de las ventanas .....	137	• Patios .....	162
• Las paredes de aleta .....	140	• Fachadas radiantes .....	163
• Los aleros horizontales y el flujo de aire .....	142	<b>c.</b> Enfriamiento conductivo .....	164
• Dimensiones de las aberturas de salida .....	143	• Construcciones enterradas .....	164
• Situación de las aberturas de salida .....	144	• Conductos enterrados .....	165
• Distancia máxima para ventilación natural cruzada .....	144	<b>d.</b> Enfriamiento convectivo .....	168
<b>d.</b> La ventilación natural forzada .....	145	• Patios interiores .....	168
• Recalentamiento en fachada .....	145	• Cubiertas inundadas .....	168
• Recalentamiento en cubierta .....	147	<b>5.3.3</b> Sistemas de protección a la radiación ...	168
• Efecto chimenea .....	147	<b>a.</b> Protección a las ventanas .....	169
• Extracción por viento .....	150	• Vidrios .....	169
<b>e.</b> La ventilación inducida .....	152	• Tipos de ventanas según la apertura .....	170
• Chimenea de viento de una boca .....	153	• Protección del vano de las ventanas .....	170
• Chimenea de viento de múltiples bocas .....	153	<b>b.</b> Umbráculos .....	171
<b>5.3.2</b> Sistemas de enfriamiento pasivo .....	155	• Pérgolas .....	171
<b>a.</b> Enfriamiento evaporativo .....	155	• Entramado vegetal .....	171
• Vegetación .....	156	• Lamas direccionales .....	172
• Fuentes y vegetación en patios interiores ...	157	<b>c.</b> Elementos protectores de la piel .....	173
		• Aleros y Voladizos .....	173
		• Pantallas .....	175

<b>ÍNDICE</b>	Página
• Persianas .....	175
• Toldos .....	176
• Vegetación de fachadas .....	176
• Cubiertas .....	177
• Cubierta ventilada .....	177
• Cubierta vegetal .....	178
• Fachadas ventiladas .....	180
5.4 Tabla síntesis de las estrategias de diseño bioclimático .....	182
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	183
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	185
<b>8. FUENTES DE INFORMACIÓN Y CONSULTA/ ANEXOS</b>	186

manual de estrategias de diseño bioclimático



# Resumen Ejecutivo

*La naturaleza se hace paisaje cuando el hombre la enmarca*  
*Le Corbusier*

## RESUMEN EJECUTIVO

La arquitectura bioclimática desde su concepción más básica se refiere a la relación entre el clima, la arquitectura y los seres vivos. Es aquella que tiene en cuenta las condiciones del entorno para ayudar a conseguir confort térmico de los espacios para la vida y el desarrollo del hombre; basándose en el uso de estrategias de diseño pasivo, que minimizan el uso de energía convencional para calefacción, refrigeración e iluminación.

Dada la importancia del tema surge la necesidad de crear un manual cuya finalidad es brindar apoyo bibliográfico a la Facultad de Arquitectura y Diseño, especialmente a su carrera de Arquitectura, como un documento de consulta para los estudiantes y docentes en el tema de estrategias de diseño bioclimático.

Contiene diversas estrategias representadas gráficamente, que el estudiante de arquitectura puede utilizar como guía para desarrollar propuestas de diseño arquitectónico que resulten en soluciones amigables con el medio ambiente, aprovechando eficiente y conscientemente los recursos que provee la naturaleza de forma gratuita, como el sol, la vegetación, el viento y el agua.

Las estrategias generales de diseño bioclimático, presentadas en este manual, se agrupan en tres grandes áreas:

- 1. Estrategias de diseño arquitectónico pasivo:** contemplan la ubicación, forma y orientación del edificio; la configuración de fachadas, la zonificación interior de los ambientes así como la protección de los accesos y la situación de las ventanas.
- 2. Estrategias de calentamiento pasivo:** corresponden a aquellas que se generan para la época de invierno y se orientan al calentamiento pasivo de los espacios; aprovechando las ventajas del clima de invierno, en particular el asoleamiento, y además protegiéndose de las desventajas, en particular de las bajas temperaturas.
- 3. Estrategias de enfriamiento pasivo:** son las que se orientan al enfriamiento pasivo de los espacios en época de verano, a través de una adecuada protección solar que contempla las diferentes orientaciones de los recintos; con el objetivo de eliminar el exceso de calor interior (el sobrecalentamiento), a través de la introducción del frescor exterior mediante la ventilación.

Se recomienda la implementación de este manual como bibliografía de consulta, principalmente en los cursos Proyectos Arquitectónicos, Instalaciones 1, 2 y 3; Arquitectura Sustentable 1 y 2, y Teoría de la Arquitectura 1 y 4; que en sus contenidos abordan temas sobre el desarrollo ecológico y sostenible.

1

Introducción

*Nuestra madre tierra, esta hermana clama por el daño que le provocamos a causa del uso irresponsable y del abuso de los bienes que Dios ha puesto en ella. Carta Encíclica: "Laudato sí" sobre el cuidado de la casa común. Papa Francisco*

# 1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura sustentable, concibe el diseño arquitectónico de una manera sostenible, para optimizar los recursos naturales, así como minimizar el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes.

La primer ministro de noruega, Gro Brundtland incorporó en el informe "Nuestro futuro común" (presentado en la 42a. sesión de las Naciones Unidas en 1987), la siguiente acotación: "El desarrollo es sustentable cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades".

Derivado de este "principio de la sostenibilidad", se han creado métodos de evaluación y certificación de edificación sostenible como los sistemas LEED® y BREEAM®; los cuales proponen 5 rubros principales en el manejo sustentable de los proyectos arquitectónicos; como el manejo de: el sitio, la energía, el agua, los materiales y desechos y finalmente el manejo del confort al interior del edificio.

Cabe señalar que estos criterios de educación ambiental deben incorporarse a los programas educativos en las escuelas de arquitectura, ingeniería y afines a la construcción, en la medida en que la educación ambiental incida en los currículos de dichas carreras.

Es por esto que la Facultad de Arquitectura y Diseño, a través de su carrera de arquitectura, contempla cursos con énfasis en arquitectura sustentable; con la finalidad de que los alumnos adquieran una conciencia y cultura ambiental que les permita generar proyectos arquitectónicos basados en las tres fuerzas de la sostenibilidad: económicamente viables, socialmente aceptables y naturalmente amigables.

El presente manual combina creativamente la teoría y práctica, motivando el aprendizaje con temas atractivos que contemplan dentro de su contenido, las estrategias de diseño bioclimático que se deben de tomar en cuenta, en el momento de diseñar un proyecto arquitectónico desde su fase inicial; contextualizado al medio de Guatemala, con el objetivo de tener proyectos que utilizan tecnologías apropiadas que cuidan, respetan y conservan la naturaleza y el medio ambiente.

# 2

# Metodología

*El arquitecto del futuro se basará en la imitación de la naturaleza, porque es la forma más racional, duradera y económica de todos los métodos.*  
*Antoni Gaudí*

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Planteamiento del Problema

La problemática ambiental hoy día tiene una dimensión global, es decir involucra a todo el planeta, se habla permanentemente de su contaminación general, que afecta todos los ecosistemas del mismo, trayendo como consecuencia su deterioro y con el pasar del tiempo su destrucción, que está directamente relacionada con los seres humanos, sus formas de vida y la manera en que desarrollan sus actividades económicas, sociales, políticas y culturales, y los procedimientos que emplean para explotar sus recursos naturales para el bienestar de la vida humana en el planeta.

La Facultad de Arquitectura y Diseño, consciente de la necesidad del respeto a la naturaleza y su entorno, contempla dentro de su malla curricular, dos cursos electivos de énfasis sobre Arquitectura Sustentable 1 y 2, en el último año de la carrera de arquitectura. Esto con la finalidad de incorporar prácticas relativas a la sostenibilidad, que da respuesta a las nuevas exigencias medioambientales.

Los contenidos de dichos cursos, tienen la especialización en Arquitectura Sustentable, que comprende la aplicación de criterios basados en la sustentabilidad y sostenibilidad, contemplando los factores ambientales que afecten los materiales, las construcciones y la optimización de los recursos involucrados. Los contenidos abarcan desde los conceptos básicos sobre arquitectura bioclimática, arquitectura sostenible y sustentable, arquitectura verde,

el clima, los recursos renovables y no renovables, soleamiento, energía, bienestar ambiental, las cuatro erres del reciclaje, nuevos materiales en bioconstrucción, las estrategias arquitectónicas, hasta los principios del proyecto sostenible y la construcción.

Actualmente los estudiantes de arquitectura, desarrollan sus proyectos arquitectónicos sin tomar en cuenta las estrategias de diseño bioclimático, en la solución de sus diseños; o si los toman en cuenta es de forma muy somera.

A pesar de que existe bibliografía actualizada sobre dichas estrategias, no está contextualizada al medio guatemalteco; por lo que el alumno, las pocas veces que las utiliza, tiende a confundirse en el momento de aplicarlas a sus proyectos.

El manual permitirá al alumno, ampliar los conocimientos y habilidades en el área de la arquitectura sostenible, a través de la utilización de estrategias de diseño bioclimático, que generen proyectos arquitectónicos con diseños que reduzcan el impacto ambiental, utilizando mejoras sostenibles de conservación de energía y aprovechamiento de recursos energéticos del sol, viento y agua.

### 2.2 Justificación del Proyecto

El estudiante de arquitectura debe prepararse desde los inicios de su carrera, en adquirir los conocimientos sobre arquitectura bioclimática, para que en la elaboración de sus proyectos arquitectónicos, pueda plasmarlos y se vean reflejados en el uso eficiente y consciente de los recursos.

Es por ello que es importante contar con un manual de apoyo que oriente la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático, planteadas en esta investigación.

Este manual constituye un documento práctico de consulta, que resume las diversas estrategias de diseño bioclimático a utilizar, en las soluciones de diseño arquitectónico.

Aplica a la necesidad actual que tiene el estudiante de arquitectura, de contar con una herramienta que le permita obtener soluciones de diseño arquitectónico, amigables con el medio ambiente.

Ampliamente ilustrado, resultará atractivo tanto para estudiantes y profesionales de la arquitectura y la construcción, como para quien desee conocer los aspectos fundamentales del desarrollo ecológico y sostenible.

Será viable, bajo el supuesto que las autoridades de la facultad apoyarán la implementación de dicho manual como bibliografía de consulta principalmente en los cursos de proyectos arquitectónicos; lo que facilitará la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático desde la fase inicial de los anteproyectos de diseño arquitectónico; porque actualmente no se cuenta con un manual de este tipo, dentro de las fuentes bibliográficas sugeridas para los distintos cursos.

### **2.3 Objetivo General del Proyecto**

Elaborar un manual técnico de estrategias de diseño bioclimático como apoyo a las soluciones de diseño arquitectónico que deben plantear los alumnos en los

cursos de proyectos arquitectónicos; y fortalecer el contenido y desarrollo de los cursos de Arquitectura Sustentable I y II, cursos electivos de énfasis de la licenciatura en Arquitectura; así como Instalaciones 1,2,3 y Teoría de la Arquitectura 1 y 4.

### **2.4 Objetivos Específicos**

- Establecer los contenidos que deben incluirse en el manual de estrategias de diseño bioclimático.
- Contextualizar el contenido de las estrategias de diseño bioclimático, al medio guatemalteco.
- Desarrollar el manual de estrategias de diseño bioclimático, de acuerdo con las dos primeras fases del paradigma pedagógico ignaciano, que se basan en la contextualización y la conceptualización, de manera que cada docente que use este manual de referencia, pueda implementar la reflexión, práctica y evaluación que considere convenientes.

### **2.5 Usuarios**

El presente manual se ha redactado pensando en diversos destinatarios. El principal de ellos es la Facultad de Arquitectura y Diseño, a través de su Departamento de Arquitectura, quien se da a la tarea de promover, coordinar y apoyar las fuentes bibliográficas en los contenidos de los diferentes cursos.

Por otro lado, también son usuarios los estudiantes de arquitectura de todos los niveles de la carrera, interesados en obtener las herramientas técnicas y los conocimientos necesarios, que le permitan integrar las

premisas de diseño bioclimático en el proceso de generar propuestas arquitectónicas de alta calidad.

Finalmente para todos los profesionales de la arquitectura, el urbanismo y la construcción, que deseen aplicar las técnicas de diseño bioclimático para edificaciones verdes, concebidas para aumentar la eficiencia y reducir el impacto del medio ambiente.

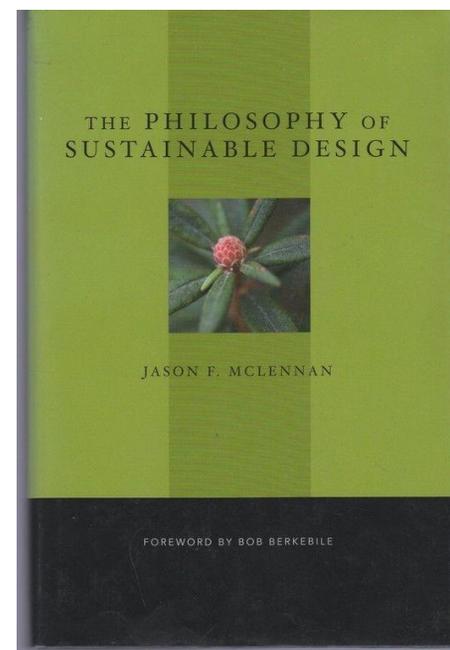
## 2.6 Alcances y Límites

- **Alcances:** El manual de estrategias bioclimáticas, pretende responder a la necesidad que tiene el Departamento de Arquitectura, específicamente en los cursos del área proyectual, área tecnológica y en los cursos electivos de énfasis de Arquitectura Sustentable; de contar con un documento que sirva de fuente bibliográfica como apoyo al desarrollo de sus contenidos, y para la capacitación de sus propios estudiantes con un enfoque de conciencia ambiental.
- **Límites:** El manual será contextualizado a las características climatológicas y ambientales de Guatemala, por lo que incluirá solamente las estrategias bioclimáticas que apliquen y se adapten a este medio.

## 2.7 Antecedentes del Proyecto

A continuación se hace una breve descripción de las diferentes bibliografías que contienen metodologías y análisis de estrategias bioclimáticas o simples recomendaciones de diseño.

En **La Filosofía de Diseño Sostenible**, su autor Jason McLennan esboza las principales ideas y cuestiones que han surgido en el creciente movimiento de la arquitectura verde y el diseño sostenible en los últimos treinta años. Este libro pretende ser un punto de partida para cualquier persona involucrada en la industria de la construcción en un viaje para aprender cómo se puede construir de manera más responsable. McLennan se basa en su amplia experiencia en el diseño sostenible de haber consultado docenas de proyectos y equipos de diseño de todo el país.



Portada La Filosofía de Diseño Sostenible  
Fuente: [https://books.google.com.gt/books/about/The\\_Philosophy\\_of\\_Sustainable\\_Design.html?id=-Qjadh\\_0leMC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.gt/books/about/The_Philosophy_of_Sustainable_Design.html?id=-Qjadh_0leMC&redir_esc=y)

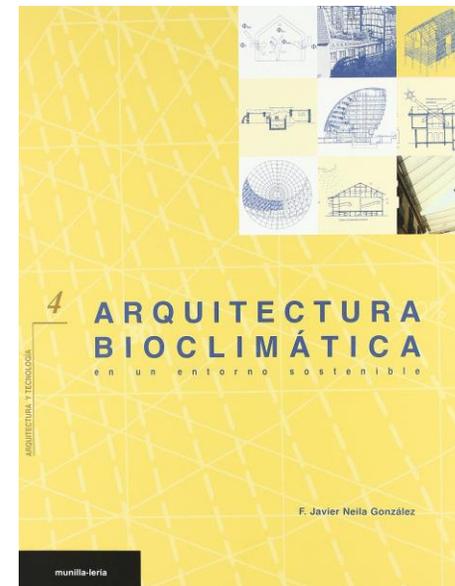
Aprovechando el trabajo de muchos pioneros y "filósofos de diseño verde", McLennan presenta claramente un marco para que la gente entienda el diseño sostenible y cómo en última instancia, se convertirá en el futuro de la arquitectura y el diseño.

**La Guía Básica de la Sostenibilidad**, propone una aproximación elemental a uno de los problemas clave a los que se enfrentan los arquitectos en el siglo XXI. Escrito por Brian Edwards, constituye un documento de consulta que reúne muchas de las diversas y complejas tendencias que concurren en el concepto de "sostenibilidad". Expone los programas y las políticas de gobiernos e instituciones a favor del medio ambiente y resume de forma muy completa las distintas medidas y soluciones ecológicas que ya no pueden ignorarse.



Portada Guía Básica de la Sostenibilidad  
Fuente: <http://www.tgmdigital.com/libros/1206-guia-basica-de-la-sostenibilidad-2-ed>

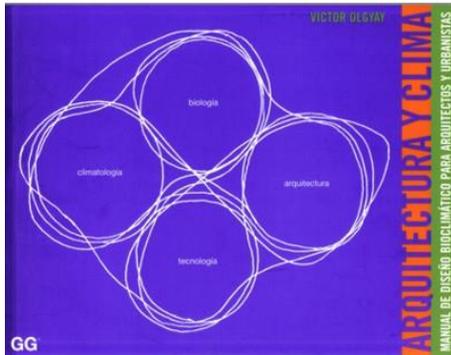
El libro **Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible**, de Javier Neila González, pretende adentrarse en el mundo de la bioclimática a través de los conceptos y la teoría, pero también con la precisión de los cálculos y la demostración de los ejemplos. Permite cubrir las etapas básicas del desarrollo bioclimático y perfeccionar los sistemas de control medioambiental vinculados al edificio. Esto a través de las estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático en condiciones de invierno y verano, la conservación de energía, la inercia térmica y el diseño bioclimático de espacios exteriores.



Portada Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible  
Fuente: <http://ecx.images-amazon.com/images/I/81bLggAPQuL.jpg>

En el libro **Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**, del autor Víctor Olgyay, se menciona que a raíz de la crisis energética de la década de 1970, la sociedad occidental tomó conciencia de los límites y las consecuencias del uso indiscriminado de las energías artificiales. El sector de la arquitectura fue especialmente sensible a esta problemática y, cuando comenzó a investigar sobre la relación entre arquitectura y energía, descubrió que veinte años antes un autor ya había profundizado en la interacción que existe entre un edificio y su medio natural circundante, y que sus escritos ya habían abordado temas que posteriormente serían una constante en la reflexión arquitectónica.

Este libro es una antología de todos los textos del autor Víctor Olgyay, arquitecto y urbanista considerado uno de los padres de la arquitectura sostenible.



Portada Arquitectura y Clima

Fuente: [https://lh6.googleusercontent.com/-Zru6QaS\\_NY/TXQ0YAVZEUI/AAAAAA AAAWE/-47hd0q0uFE/s1600/arquitecturayclima-olgyay-gustavogili.jpg](https://lh6.googleusercontent.com/-Zru6QaS_NY/TXQ0YAVZEUI/AAAAAA AAAWE/-47hd0q0uFE/s1600/arquitecturayclima-olgyay-gustavogili.jpg)

El **Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos**, tiene su origen en la preocupación de la Dirección Nacional de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas de Chile, por conocer el impacto real en el desempeño en materias de calidad ambiental y eficiencia energética alcanzado en un grupo de edificios públicos, a los cuales se les había incorporado de manera pionera, variables de sustentabilidad ambiental en su diseño, mediante especificaciones, soluciones constructivas y uso de equipos, y en los que se consideró optimizar el gasto en combustibles y energía para su operación.

Está orientado principalmente para arquitectos, autoridades, diseñadores y especialistas en acondicionamiento ambiental y eficiencia energética; recoge la experiencia de haber medido y observado, en época de invierno y verano, diez edificios públicos en uso, ubicados en cinco regiones, de acuerdo a una metodología acorde con el estado del arte en estos ámbitos, y teniendo presente las reglamentaciones y normativas concernientes, propone estrategias, consideraciones y soluciones, para avanzar en el camino de tener edificios de uso público cada vez más sustentables, más eficientes y que a la vez otorguen óptimas condiciones medioambientales a sus usuarios.



InnovaChile  
CORFO

## Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos



Proyecto Innova Chile Código: 09CN14-5706

"Evaluación de Estrategias de Diseño Constructivo y de Estándares de Calidad Ambiental y Uso Eficiente de Energía en Edificaciones Públicas, Mediante Monitorización de Edificios Construidos"

Beneficiario

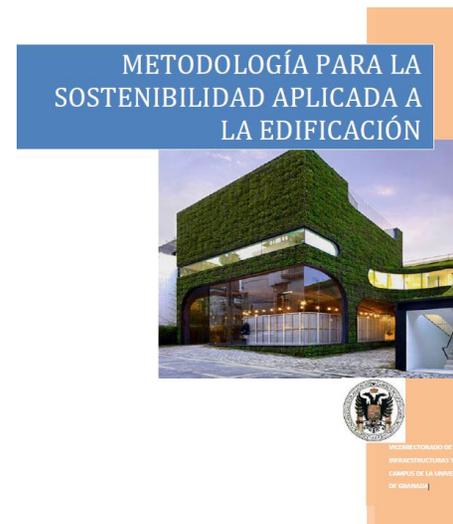
Co-desarrolladores



Portada Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos  
Fuente: [http://image.issuu.com/120615163952-9514942f2c2c478781b9be1855281a81/jpg/page\\_1.jpg](http://image.issuu.com/120615163952-9514942f2c2c478781b9be1855281a81/jpg/page_1.jpg)

En **Metodología para la Sostenibilidad aplicada a la Edificación**, la Universidad de Granada, en su evolución hacia la integración, plasmación y comunicación a sus grupos de interés de las diferentes políticas que lleva a cabo, ha desarrollado esta "Metodología" como ejercicio práctico de su compromiso formal en materia ambiental y de eficiencia energética.

Es la primera universidad que ha llevado a cabo la implantación de un Sistema de Gestión Ambiental y de la calidad en todos sus departamentos y servicios, a través del Plan Director de Ahorro y Desarrollo Energético Sostenible y el Cálculo de la Huella Ecológica. Esta nueva metodología aúna y recoge todos estos conceptos en los que quiere ser ejemplo y los traslada como requisitos que deberán cumplir los nuevos proyectos edificatorios.

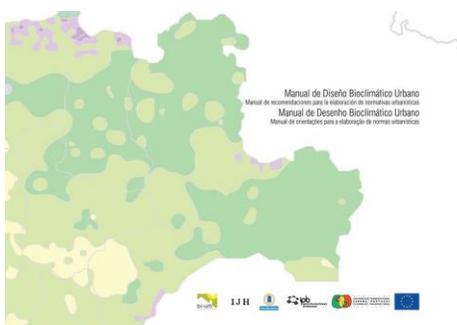


Portada Metodología para la Sostenibilidad aplicada a la Edificación  
Fuente: <http://granadablogs.com/gr-arquitectos/files/2011/06/14.jpg>

A partir del análisis de ejemplos de clima urbano en núcleos a ambos lados de la frontera, se crea un **“Manual de recomendaciones para el diseño urbano bioclimático”**. Este documento ha sido elaborado como resultado de la colaboración entre el Instituto Politécnico de Bragança, Portugal y el Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Universidad Politécnica de Madrid, dentro del proyecto BIOURB, en el marco del Programa de Cooperación Transfronteriza España – Portugal.

El manual podrá ser utilizado a la hora de realizar los futuros planeamientos urbanísticos de los municipios pertenecientes a los climas seleccionados, con el objeto de incorporar mejoras que aumenten el confort del espacio urbano y minimicen la demanda energética de los edificios.

El manual será remitido a las autoridades locales competentes en planificación urbanística y a profesionales del sector, con el objeto de establecer un referente a nivel europeo.



Portada Manual de recomendaciones para el diseño urbano bioclimático  
Fuente: [http://1.bp.blogspot.com/-XhTyuazKH6s/UdrqHg9RidI/AAAAAAAAABa8/DgrPUSwAhH0/s1600/954695\\_10151656958892048\\_530959947\\_n.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-XhTyuazKH6s/UdrqHg9RidI/AAAAAAAAABa8/DgrPUSwAhH0/s1600/954695_10151656958892048_530959947_n.jpg) page\_1.jpg

El Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, publica el libro: **Un Vitruvio Ecológico. Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible**, se ha configurado como un manual de referencia para todos aquellos arquitectos conscientes de la importancia de los problemas medioambientales, que desean aprender a proyectar edificios más sostenibles y que, salvo los aspectos señalados en la normativa vigente, todavía no han adquirido conocimientos específicos sobre la materia.

El libro se organiza en cinco secciones que estructuran recomendaciones sobre el proceso del proyecto, los temas que se deben tener en cuenta, las estrategias que se han de adoptar, los elementos que conforman un proyecto sostenible y los métodos y herramientas para la evaluación del impacto ambiental.

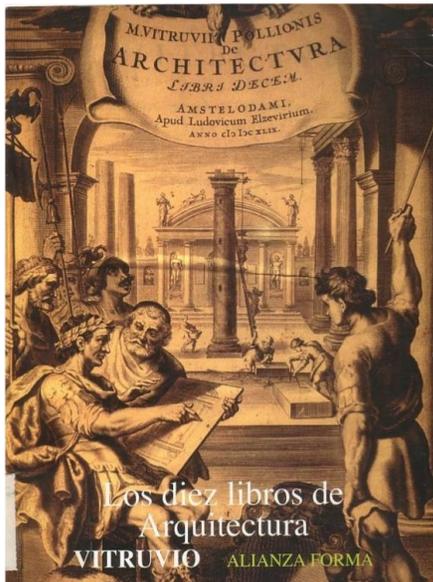


Portada Un Vitruvio Ecológico. Principios y práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible  
Fuente: [http://s1.kuantokusta.pt/img\\_upload/produtos\\_livrosmusicafilmes/2890773un-vitruvio-ecologico.jpg](http://s1.kuantokusta.pt/img_upload/produtos_livrosmusicafilmes/2890773un-vitruvio-ecologico.jpg)

Marco Vitruvio Polion, arquitecto romano de la época de Augusto, compuso su obra: **“De Architectura”** como un compendio de todos los saberes arquitectónicos de su tiempo, siendo ésta la línea seguida después por los principales tratadistas del Renacimiento.

La obra, estructurada en diez libros, expone todos los conocimientos de su época sobre la teoría y la práctica arquitectónica, entendiendo por tal no solo el arte de la construcción de edificios, a los que dedica los siete primeros libros, sino también las obras públicas y los diseños de máquinas para la construcción de edificios.

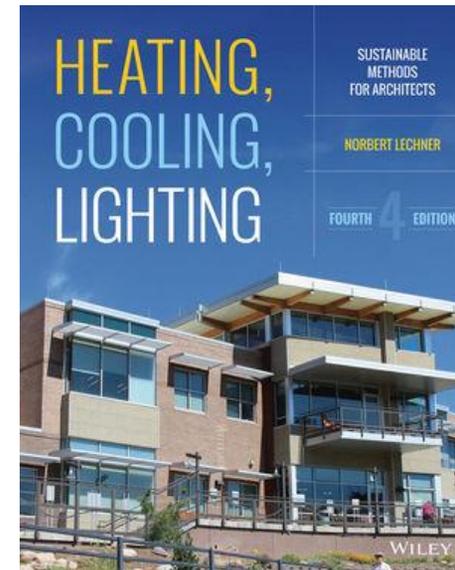
Vitruvio estudia en el libro primero los principios de la arquitectura en general, así como la elección de los lugares propicios para edificar una ciudad o una casa.



Portada Los diez libros de Arquitectura. Vitruvio  
Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/vitruviopolionmarco-losdiezlibrosdearquitectura-160516161304/95/vitruvio-polion-marco-los-diez-libros-de-arquitectura-1-638.jpg?cb=1463415222>

Una de las principales referencias sobre el diseño de los controles ambientales de un edificio, es el libro titulado **Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects**, de Norbert Lechner. Durante años, este libro ha suministrado a arquitectos y estudiantes, las estrategias necesarias de calefacción, refrigeración e iluminación, para tomar decisiones iniciales de diseño en la construcción.

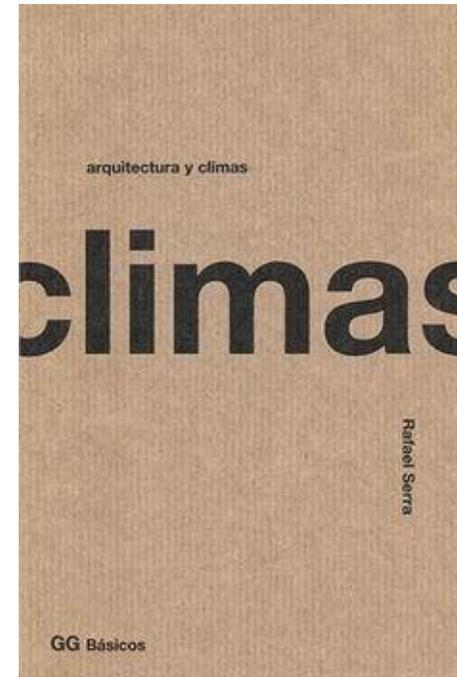
El libro analiza cómo diseñar la forma del edificio en sí, para tomar ventaja de la calefacción, refrigeración, e iluminación natural, y cómo utilizar mejor el equipo mecánico activo para satisfacer las necesidades no previstas por la naturaleza; basado en los últimos códigos, normas y sistemas de calificación de eficiencia energética.



Portada Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects  
Fuente: [http://media.wiley.com/product\\_data/coverimage300/2X/11185824/11185824\\_2X.jpg](http://media.wiley.com/product_data/coverimage300/2X/11185824/11185824_2X.jpg)

Desde los orígenes de la humanidad, la arquitectura ha cumplido como primera función la protección contra los elementos atmosféricos. Los edificios son barreras contra la lluvia, el viento, refugios contra el frío o filtros contra el calor o la luz. Este libro **Arquitectura y Climas**, pretende estudiar la variedad y complejidad de situaciones climáticas en todo el planeta. Ante cualquier condición climática, lo que la arquitectura pretende siempre es conseguir cierto grado de confortabilidad. La consecución de cierto nivel de bienestar resulta, en la práctica, un fenómeno complejo en la que intervienen numerosos parámetros no siempre cuantificables. Desde una consideración genérica, el análisis del bienestar se hace complejo.

El autor **Rafael Serra** es arquitecto y catedrático por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.



Portada Arquitectura y Climas

Fuente: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/3c/0e/a6/3c0ea628a883a bd71 fcb199fc58d512.jpg 00/2X/11185824/11185824 2X.jpg>

# 3

# Teoría y Conceptos

*No es propio de habitantes de este planeta vivir cada vez más inundados de cemento, asfalto, vidrio y metales, privados del contacto físico con la naturaleza.  
Carta Encíclica: "Laudato sí" sobre el cuidado de la casa común. Papa Francisco*

## 3. TEORÍA Y CONCEPTOS

### 3.1 Crisis Ambiental

#### 3.1.1 El medio ambiente

El medio ambiente incluye todas las condiciones extremas y el conjunto de elementos naturales que ejercen influencia sobre los organismos. Está compuesto por los elementos abióticos (componentes sin vida propia), como el aire, el agua, y los componentes bióticos (es decir vivientes), formados por las plantas y por los animales. Incluye también las relaciones de los elementos naturales con el hombre y entre los hombres.

#### 3.1.2 La ecología

La ecología es una ciencia que puede definirse como el estudio de las relaciones existentes entre el medio ambiente y los organismos, es decir, las diferentes especies de animales y plantas (incluyendo el hombre) que en él habitan.

La ecología investiga los fenómenos inherentes a: la radiación solar, las asociaciones vegetales en relación con el ambiente, la evaporación, la pluviosidad, la vida animal en el ambiente terrestre y marino, la composición del suelo, la reproducción, la adaptación estructural de los animales al medio, entre otros.

La **ecología profunda** es una rama reciente de la filosofía ecológica, y fue establecida por el filósofo noruego Arne Naess, en 1973, que considera a la humanidad parte de su entorno, proponiendo cambios culturales, políticos, sociales y económicos para lograr

una convivencia armónica entre los seres humanos y el resto de seres vivos. Es un enfoque holístico hacia el mundo, que une pensamiento, sentimiento, espiritualidad y acción.

Considera que los seres humanos no tienen derecho a pasar por encima de la diversidad, únicamente para satisfacer sus necesidades vitales.

Capra (2015) define ecología profunda como “la característica determinante es un cambio de los valores antropocéntricos (centrados en el hombre) hacia los valores ecocéntricos (centrados en la tierra). Es una visión del mundo que reconoce el valor inherente de la vida no humana, reconociendo que todos los seres vivos son miembros de comunidades ecológicas, unidos en redes de interdependencia”.

Esta filosofía, se relaciona con el **pensamiento sistémico ecológico**, que es una manera de comprender la realidad que enfatiza en las relaciones que forman parte de un sistema, más que en las partes en sí mismas; abordando los diversos fenómenos socioambientales y sistemas vivos.

#### 3.1.3 Los recursos naturales

Referente a la cita textual, Asociación Equipo Maíz (2000) señala:

Todas nuestras necesidades las satisfacemos con los productos de la naturaleza. De los animales, las vegetales, los minerales y las sustancias del subsuelo, el hombre obtiene sus alimentos, los materiales para

protegerse de las inclemencias del clima y los medios para generar la energía eléctrica y los combustibles. A los productos que aprovechamos de la naturaleza se les llama recursos naturales. Estos son indispensables para la existencia del hombre (aire, agua, alimentos, etc.) y su uso desmedido puede agotarlo.



Los recursos naturales

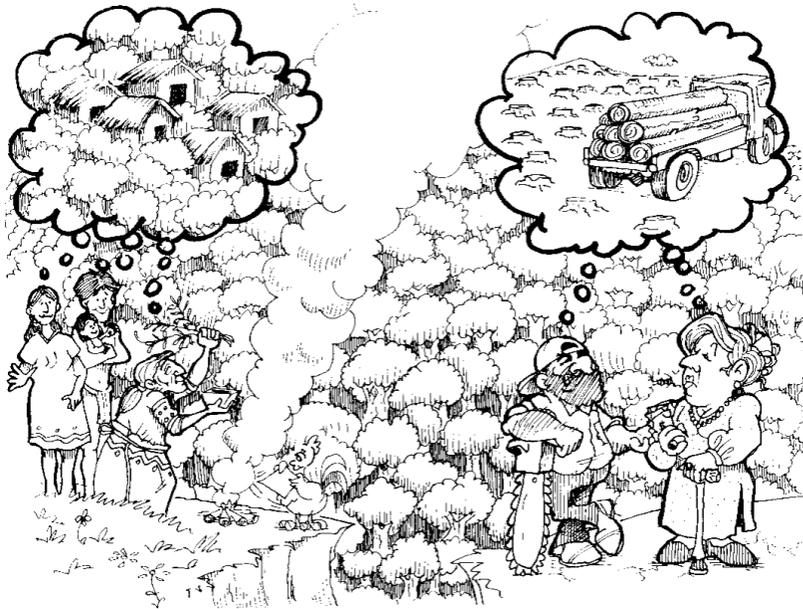
Fuente:[http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

## 3.2 Del hombre primitivo al día de hoy

### 3.2.1 Forma de vida que respete el medio ambiente

El hombre primitivo tomaba lo que la naturaleza le ofrecía: recolectaba los frutos, raíces, hojas, semillas y cazaba los animales para su alimentación y protección. Cuando éstos escaseaban tenía que ir de un lugar a otro en su búsqueda, por lo que no contaba con un sitio fijo en dónde vivir y por tales condiciones de vida se le conoce como hombre nómada. Al cambiar de residencia permitía que el medio natural se regenerara, conservando así los recursos naturales.

Con el descubrimiento de la agricultura y de la domesticación de animales, el hombre ya no tuvo necesidad de cambiar constantemente de morada. El mismo generaba los productos que requería, cultivando la tierra y criando animales. Los recursos que estos pueblos tomaban y aprovechaban de su medio natural, sólo eran los necesarios para satisfacer sus necesidades y hacer cambios con otros pueblos en pequeñas cantidades. Aun cuando ya se practicaba la quema para limpiar las tierras de cultivo y la tala de bosques, por realizarse a baja escala, no dañaban la naturaleza, lo que permitía regenerarse para seguir proporcionando sus recursos al hombre.



Forma de vida que respete el medio ambiente

Fuente: [http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

### 3.2.2 De la agricultura a la agricultura intensiva

La necesidad de obtener productos escasos y de alta demanda social, influyó en el aumento de la explotación desmedida de la naturaleza. Se incrementó la práctica de la agricultura y la ganadería y al ocupar grandes extensiones de terreno, para cultivar productos de interés comercial y pasto para la cría de ganado, se destruyeron las plantas y los animales que originalmente habitaban allí. Además se hizo una explotación minera y forestal muy grande, ocasionando el desequilibrio del medio natural.

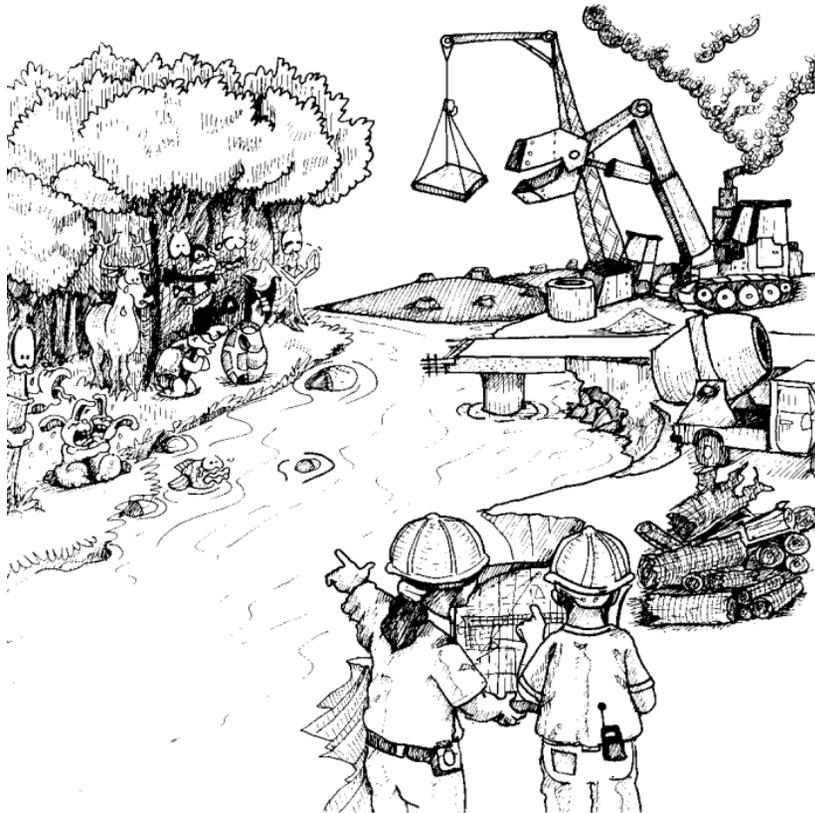
### 3.2.3 El desarrollo industrial

Referente a la cita textual, Equilibrio ecológico (1993) señala:

Con la invención de la máquina a vapor, la explotación de los recursos naturales se hizo aún más intensa, afectando fuertemente al medio natural. El uso de máquinas permitió obtener recursos naturales con más rapidez y transformarlos en productos de consumo, a través del proceso de industrialización, para poblaciones cada vez más grandes.

La cantidad de recursos naturales que se toman y la velocidad con que se obtienen, aumentó con el uso de máquinas de combustión interna (motores de automóviles) y el uso de energía que proporciona el petróleo; trajo como consecuencia una alteración enorme de la naturaleza. El uso del petróleo, como combustible, arroja al ambiente una gran cantidad de sustancias tóxicas que aquel es incapaz de reincorporar. Como consecuencia surgen los daños a la salud del hombre y de los demás seres vivos.

La contaminación ha sido provocada, por el crecimiento industrial desordenado y el aumento de la población humana, que se han dado sin considerar las posibilidades de la naturaleza para asimilar la gran cantidad de productos desecho.



El desarrollo industrial  
Fuente: [http://www.interfazweb.net/ifzclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/ifzclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

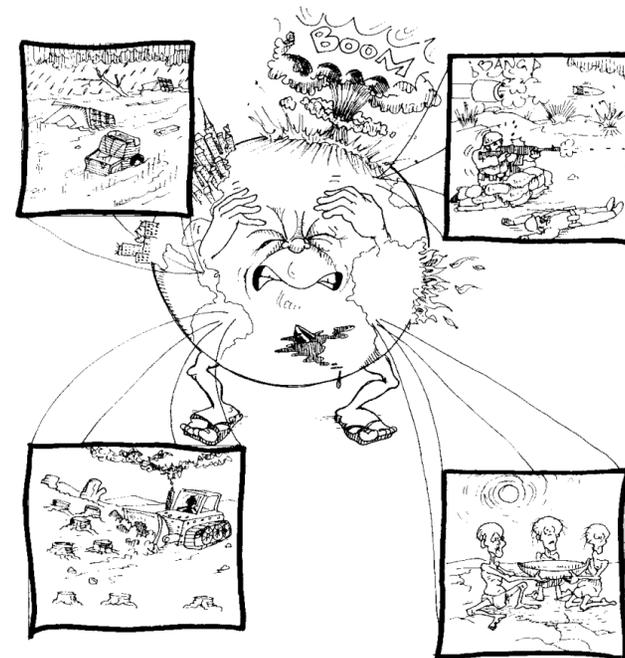
### 3.2.4 El consumo como hábito de vida

La superproducción de objetos inservibles obliga a sobre explotar a la naturaleza y deja una avalancha de sustancias y materias residuales que, al no poder ser reintegrados al medio por su consistencia y durabilidad, contaminan el ambiente.

### 3.3 Destrucción de la naturaleza

El ser humano transforma la naturaleza: Tala bosques para la agricultura y la ganadería, quema los derivados de petróleo para generar energía, construye carreteras para facilitar el transporte y el comercio, pesca en alta mar y cría animales para obtener leche, carne, huevos, etc.

El problema con eso, no es tanto que el ser humano se sirve de la naturaleza para vivir, pero más bien que no puede crear la naturaleza sino sólo puede modificarla y alterarla.



Destrucción de la naturaleza  
Fuente: [http://www.interfazweb.net/ifzclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/ifzclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

### 3.3.1 La naturaleza tiene límites

Además, la naturaleza tiene sus límites y sus propias leyes. Si las grandes potencias y empresas multinacionales siguen “saqueando” y estrujando la naturaleza sin ningún límite, llegará un momento en que se tocará fondo. En la naturaleza hay recursos que se agotan, no son renovables: minerales, selvas, petróleo, agua potable, etc.

### 3.3.2 La Crisis: grave, global e irreversible

El universo y la vida tienen millones y millones de años. La aparición de la especie humana es reciente (alrededor de 2 millones de años). Antes de que existiera la especie humana, la Tierra tuvo muchos cambios físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, a partir de la aparición del ser humano, los cambios de la naturaleza son más complejos y acelerados, sobre todo a partir del surgimiento de la agricultura. Desde entonces hasta hoy, el ser humano no ha cesado de alterar los procesos naturales. Los cambios son cada vez más rápidos y graves, hasta el punto que hoy se llega a pensar que la vida del planeta Tierra corre peligro. A pesar de la larga vida del planeta Tierra, éste se está muriendo. La crisis ambiental actual es:

**Grave:** El presente discurrir de las cosas es insostenible y ya no es una opción posponer los remedios por más tiempo.

**Global:** Es decir, que afecta a todos los ecosistemas conocidos. Ningún lugar del mundo se salva de los efectos del desarrollo humano, de la contaminación del aire y del agua.

**Irreversible:** El daño que se causa a la naturaleza no tiene marcha atrás. Solamente desde 1970 hasta 1995, la tierra ha perdido el 30 por ciento de su riqueza natural.



La Crisis: grave, global e irreversible  
Fuente: [http://www.interfazweb.net/ifzclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/ifzclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

## 3.4 Las consecuencias ambientales

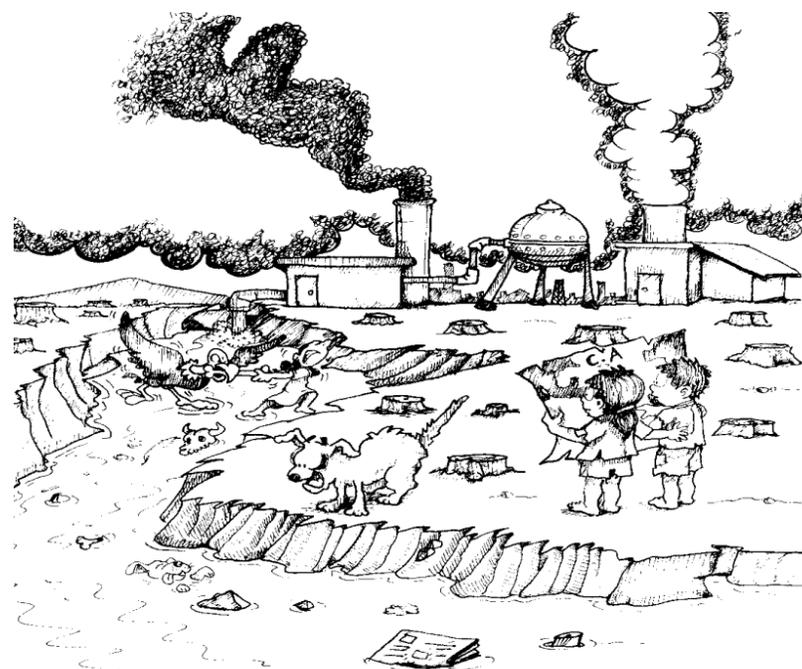
### 3.4.1 Cambio climático

Durante los últimos 100 años la temperatura de la Tierra ha aumentado  $0.8^{\circ}\text{C}$ . El calentamiento global está afectando el clima y tiene impactos muy severos en las actividades productivas de grandes sectores de la población mundial.

Según la mayoría de comunidad científica, el ser humano es el causante de este calentamiento. La causa principal es el incremento de las emisiones de dióxido de carbono que es más de cuatro veces más importante que en 1950.

Los responsables de estas emisiones son en orden: el número de vehículos está creciendo vertiginosamente en todos los lugares del planeta, el desarrollo industrial y la combustión de energía fósil y también el consumo de energía doméstica.

Hay varios y numerosos efectos de este calentamiento. Podemos mencionar el deshielo de las zonas heladas con consecuencias como la elevación del nivel del mar y los desórdenes meteorológicos con sus consecuencias desastrosas.



Cambio climático

Fuente: [http://www.interfazweb.net/ifuclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/ifuclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

### 3.4.2 Destrucción de la capa de ozono

El ozono en las capas altas de la atmósfera es como una película muy fina, de apenas 3 milímetros de ancho, que nos protege de la radiación ultravioleta del sol. Al destruir el ozono, nos quedamos sin protección. La consecuencia es el aumento de los casos de cáncer en la piel y las enfermedades oculares. Así mismo, los rayos ultravioletas causan daños en los ecosistemas terrestres y marítimos.

A principios de los años 70, se descubrió que una clase de compuestos químicos fabricados con cloro, llamados halocarburos, son perjudiciales para la capa de ozono. De estos productos los más utilizados son los clorofluorocarbonos (CFC), muy utilizados en la industria. También se encuentra CFC en los productos domésticos como los refrigeradores y los aerosoles. Ya se ha encontrado un sustituto de los CFC, pero también daña la capa de ozono. Las multinacionales químicas, que son las principales causantes de la crisis del ozono siguen utilizando estos productos.

### 3.4.3 Envenenamiento con nitrógeno

Otro problema muy grave es el uso de fertilizantes con alto contenido de nitrógeno. La liberación incontrolada de nitrógeno altera el crecimiento y la composición de las especies y reduce la diversidad de las mismas.

Según el informe de la Worldwide Fund (WWF) titulado “Perspectivas de un planeta vivo”, desde 1960, el uso mundial de fertilizantes químicos, especialmente inorgánicos nitrogenados, es 6 veces mayor.

### 3.4.4 Escasez y contaminación del agua

Los países tropicales tienen asegurado el período de lluvias desde mayo hasta octubre. Sin embargo, hay escasez de agua para el consumo humano. ¿Cómo se puede explicar?

Esto solo tiene una explicación: el manejo inadecuado del recurso de agua. Hasta ahora, el estado solo se preocupa de extraer y distribuir el agua, pero hace muy poco para proteger las cuencas, los mantos acuíferos, los ríos y los lagos.

La mayoría de los ríos y lagos están contaminados por agroquímicos, aguas negras no tratadas, basura, vertidos industriales, en especial los desechos de los beneficios de café, azúcar y textiles.

El manto freático (aguas subterráneas) disminuye con rapidez y la capacidad de recargarse también ha disminuido por causa de la deforestación, de la erosión y el desarrollo urbano descontrolado.



Escasez y contaminación del agua  
Fuente: [http://www.interfazweb.net/interfazweb/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/interfazweb/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

### 3.4.5 Deforestación

Unos de los problemas más graves de la crisis en Centroamérica es la deforestación. Los bosques desaparecen a un ritmo acelerado. La causa principal de esta disminución de territorio forestal es sobre todo por la culpa del modelo económico agro exportador.

Grandes áreas boscosas han sido deforestadas por las compañías y terratenientes para dar paso a los cultivos para la exportación.



Deforestación

Fuente: [http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

### 3.4.6 Erosión del suelo

La erosión de los suelos es la otra cara de la moneda directamente ligada de la deforestación. Un estudio estima que un cuarto y un tercio de las tierras

centroamericanas destinadas a la agricultura están erosionadas.

Los suelos cada vez producen menos frutos. Se están agotando. El suelo erosionado no retiene la humedad (por consecuencia no realimenta las fuentes freáticas) y pierde nutrientes. El agua de las lluvias no penetra en la tierra, sino que se convierte en enormes masas de lodo que van para las presas hidroeléctricas, los caminos y el mar.

### 3.4.7 Áreas protegidas amenazadas

La tala de bosques tiene como consecuencias la disminución de la vida silvestre, puesto que desaparece el hábitat de especies animales. A esto hay que sumar la explotación excesiva y el tráfico ilegal que ponen en peligro la existencia de especies animales y vegetales. Para proteger los recursos naturales se creó el Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas (SICAP), que cuenta un total de 704 áreas protegidas. De estas solo 391 han sido declaradas oficialmente como áreas protegidas, el resto solo están al nivel de propuesta.

### 3.4.8 Disminución de la biodiversidad

La destrucción de los bosques ha ocasionado una disminución de la diversidad biológica con que contaba el país. A pesar de ello, por su clima y su riqueza natural, Centroamérica tiene más diversidad biológica que muchos de los países del norte.

Sin embargo, se hace muy poco para proteger esa riqueza biológica que aún se tiene. A pesar de un Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas (SICAP), el gobierno hace muy pocas cosas y la mayoría de ellas

están abandonadas y no tienen ningún tipo de programa de conservación.

En las playas del Pacífico o del mar Caribe, se encuentra una riqueza acuática enorme, un único arrecife coralino en el mundo. Las actividades turísticas, las contaminaciones del mar por agroquímicos, las actividades industriales que vierten sus desechos al mar sin ningún tipo de tratamiento son tantas causas de la disminución de biodiversidad.

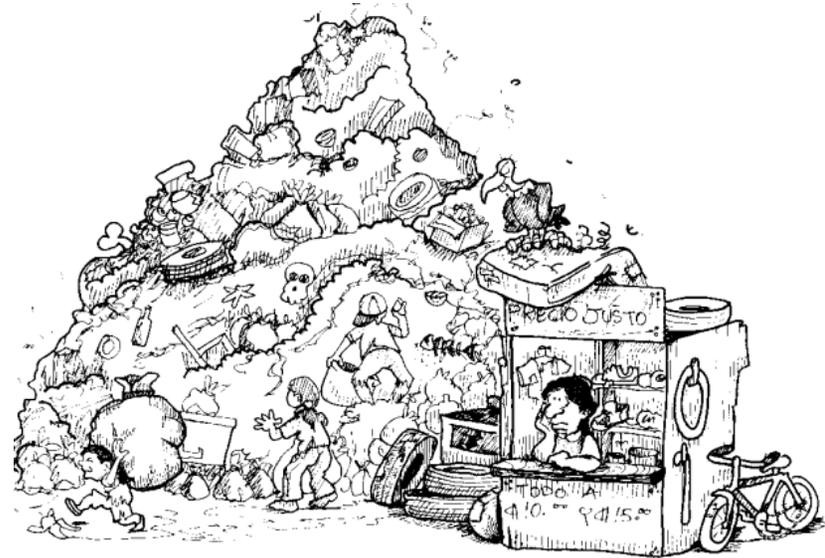
### 3.4.9 Contaminación del aire

La contaminación del aire es un problema ligado a las zonas urbanas e industriales. Los principales responsables de este fenómeno son: el número creciente de vehículos y de transportes y la contaminación por industrias que no tratan sus desechos.

### 3.4.10 Manejo inadecuado de los desechos

Cada día se producen toneladas de desechos, una pequeña parte de la basura se está tratando, pero la mayoría es depositada en “botaderos a cielo abierto” sin ningún tratamiento ni control sanitario.

Ya se han iniciado en algunos lugares experiencias de reciclaje, compostaje y recolección selectiva, pero este plan, que puede ser una buena solución al problema, no está muy definido todavía.



Manejo inadecuado de los desechos

Fuente: [http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis\\_ambiental.pdf](http://www.interfazweb.net/izclientes/ambienteglobal/doc/crisis_ambiental.pdf)

El planeta Tierra ya no acepta más remiendos. Lo que se necesita es terminar con esa idea de desarrollo y progreso que explota sin medida la Tierra, que promueve el consumismo sin límites. Esto no significa volver a la época de las cavernas, se trata de cambiar: Las políticas económicas, los patrones de consumo y la cultura del despilfarro.

### 3.5 Arquitectura Ecológica

La arquitectura ecológica parte del pensamiento sistémico en donde el hombre es parte de la naturaleza y se relaciona con los demás seres vivos de la biosfera.

Es aquella arquitectura que programa, proyecta, realiza, utiliza, demuele, recicla y construye edificios sostenibles para el hombre y el medio ambiente. Los edificios se emplazan localmente y buscan la optimización en el uso de materiales y energía, lo que tiene grandes ventajas medio ambientales y económicas. Esta arquitectura tiene diez principios básicos:

1. Valorar las necesidades de espacio y superficie (utilización eficiente del espacio).
2. Proyectar la obra de acuerdo al clima local.
3. Ahorrar energía (uso eficiente de la energía).
4. Fuentes de energía renovables (hidroeléctricas, generadores eólicos, calentadores solares, paneles fotovoltaicos, etc.).
5. El uso racional del agua (eficiencia en el uso del agua).
6. Construir edificios de mayor calidad (fácilmente desmontables y reutilizables).
7. Evitar riesgos para la salud (no utilizar agentes tóxicos como solventes, polvos, fibras y otros, que provoquen dificultades y/o enfermedades a las personas o animales que habiten el lugar).
8. Utilizar materiales obtenidos de materias primas generadas localmente.
9. Utilizar materiales reciclables.
10. Gestionar ecológicamente los desechos.



Arquitectura Ecológica

Fuente: <http://www.arkiplus.com/wp-content/uploads/2013/08/arquitectura-sustentable.jpg>

#### 3.5.1 Arquitectura Sostenible

La arquitectura sostenible es aquella que tiene en cuenta el medio ambiente y que valora, cuando proyecta los edificios, la eficiencia de los materiales y de la estructura de construcción, los procesos de edificación, el urbanismo y el impacto que los edificios tienen en la naturaleza y en la sociedad. Pretende fomentar la eficiencia energética para que esas edificaciones no generen un gasto innecesario de energía, aprovechen los recursos de su entorno para el funcionamiento de sus sistemas y no tengan ningún impacto en el medio ambiente.

La arquitectura sostenible, también denominada arquitectura sustentable, arquitectura verde, eco-

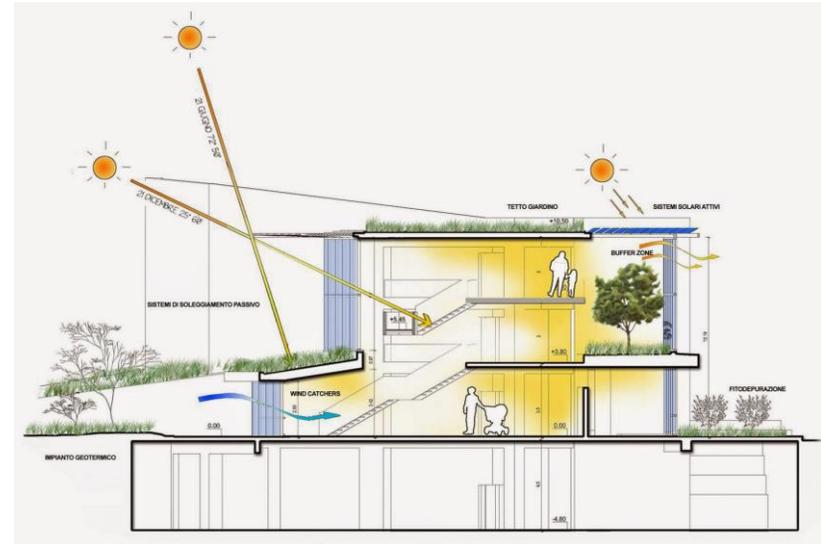
arquitectura y arquitectura ambientalmente consciente, es un modo de concebir el diseño arquitectónico.



Arquitectura Sostenible. Edificio Dalmau, Barcelona 2007  
Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/0Cs5bcSjjqU/U18NqO56GsI/AAAAAAAAA9U/2BsFm8MZDsQ/s1600/EDIFICIO+DA+LMAU+2+008.jpg>

### 3.5.2 Arquitectura Bioclimática

La arquitectura bioclimática es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir confort térmico de los espacios para la vida y el desarrollo del hombre. Aprovechando por medios pasivos, los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.



Social Housing : Sostenibilidad y Arquitectura Bioclimática  
Fuente: <http://ays1415.blogspot.com/2015/02/social-housing-entre-sostenibilidad-y.html>

### 3.5.3 Arquitectura Vernácula

La arquitectura vernácula es aquella que se constituye como la tradición regional más auténtica. Esta arquitectura nació entre los pueblos autóctonos de cada región, como una respuesta a sus necesidades de hábitat; que se ha ido modificando a lo largo del tiempo, para mejorar su respuesta al clima de cada región, con materiales del lugar; tomando en cuenta la cultura habitacional de cada sitio.

Lo que hace diferente a estas edificaciones de otras, es que las soluciones adoptadas son un ejemplo de adaptación al medio. Esta arquitectura es realizada por el mismo usuario, apoyado en la comunidad y el

conocimiento de sistemas constructivos heredados ancestralmente.



Arquitectura Vernácula Guatemala

Fuente: <https://riosuerte.files.wordpress.com/2013/03/arquitectura-vernacula2.jpg>

### 3.5.4 Arquitectura Orgánica

La arquitectura orgánica u organicismo arquitectónico, es una filosofía de la arquitectura que promueve la armonía entre el hábitat humano y el mundo natural. Mediante el diseño busca comprender e integrarse al sitio, los edificios, los mobiliarios, y los alrededores para que se conviertan en parte de una composición unificada y correlacionada.

El término “arquitectura orgánica” fue acuñado por el famoso arquitecto Frank Lloyd Wright (1939) declarando que la arquitectura orgánica es el ideal moderno; no exaltando ninguna forma fija sobre nosotros, sea

pasada, presente o futura, sino exaltando las sencillas leyes del sentido común que determina la forma por medio de la naturaleza de los materiales, de la naturaleza del propósito, ¿La forma sigue a la función? Sí, pero lo que importa más ahora es que la forma y la función son una.



Arquitectura Orgánica. Casa Nautilus, México

Fuente: <http://www.universidad-justosierra.edu.mx/wordpress/wp-content/uploads/2015/05/arquitectura-organica.jpg>

### 3.5.5 Arquitectura Reciclable

En la arquitectura reciclable se incluye el reciclaje de edificaciones existentes y su cambio de uso. Reciclar es volver a poner algo en el ciclo del que procede, por lo que el reciclaje constituye uno de los conceptos claves de una evolución a una sociedad futura más ecológica. El objetivo de la arquitectura reciclable es reutilizar

elementos y materiales como madera, cerámica, ladrillo, teja, puertas, ventanas, hierro, ornamentos en yeso, mármoles, etc., a los cuales se les da una nueva re-contextualización en los espacios modernos que se alejan cada vez más del minimalismo, y que dejan que el detalle, las formas y las texturas, invadan con toques sutiles los espacios.



Arquitectura Reciclable. Guatemala  
 Fuente: <https://sarahguatemala.files.wordpress.com/2009/09/guatemala-semana-5-039.jpg>

### 3.5.6 Arquitectura Inteligente

La arquitectura inteligente, utiliza la tecnología punta del momento. Es un sistema integrado de aplicaciones electromecánicas de control y gestión, con el objetivo de generar un ahorro energético, una mejora de la seguridad y mayor confort para el usuario. Este sistema se conoce como “domótica” (del latín domus = casa y

del griego tica = automática) o sea que funciona por sí sola.

Dentro de los principales sistemas incorporados al control automatizado, se encuentran: sistemas de climatización, iluminación, sistema de suministro de energía, ascensores y montacargas, control de accesos locales y remotos, circuitos cerrados de TV, sistemas antirrobo, seguridad perimetral, rutinas de detección de incendio, activación de sistemas de extinción de incendios, administración de instalaciones sanitarias, hidráulicas y eléctricas, seguridad informática.



Arquitectura Inteligente. Domótica  
 Fuente: <http://www.domoticaviva.com/noticias/insta8.jpg>

### 3.5.7 Bio Arquitectura

La bio arquitectura es la que tanto en el diseño como en la construcción tiene una actitud responsable hacia el planeta y el hombre, tratando, en la mayor medida posible, de que las construcciones se integren al ecosistema local, ahorren energía, reciclen los excedentes, utilicen materiales con el menor contenido energético y sean saludables para las personas.



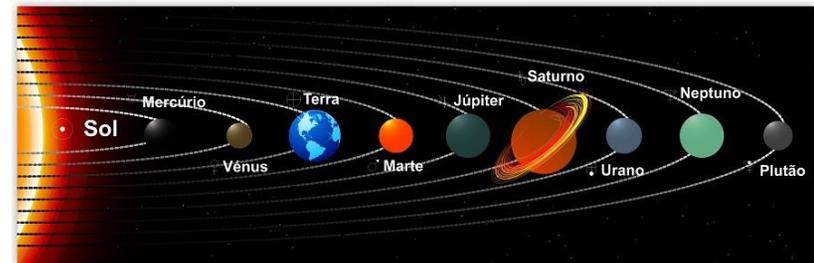
Bio Arquitectura. Nautilus, México  
Fuente: <http://m1.paperblog.com/i/70/708904/casas-vivas-bioarquitectura-javier-senosiain-L-LyFzGV.jpeg>

Hay un énfasis en la utilización de materiales que no han sufrido proceso industrial o idealmente son de la región donde se construye la edificación.

Este nuevo concepto de vivienda estudia la relación entre los materiales de construcción, la salud humana, los recursos energéticos y el impacto sobre el medio ambiente. Pretende ser un cobijo natural y armonioso, una tercera piel, viva, que transpire y cambie de acuerdo a la estación y a nuestras necesidades, otorgándonos sensaciones vitales como luz, sombra, frío, calor, ventilación y humedad.

### 3.6 El Sistema Solar

Dentro de la Vía Láctea existen muchas estrellas, pero una de ellas nos es especialmente importante porque es la que permite nuestra vida: el Sol, que posee una serie de cuerpos de variado tamaño girando a su alrededor por efecto de su atracción gravitatoria; estos cuerpos son los Planetas y Planetoides (satélites, asteroides y cometas). El Sol, que se mueve en la galaxia, junto con los planetas y los planetoides que giran alrededor del Sol, forman el Sistema Solar.



El sistema solar.  
Fuente: <https://www.blendspace.com/lessons/-NQx7Yg9NFYyzQ/el-universo-y-el-sistema-solar>

Planeta	Sol	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	Plutón
Descripción										
Distancia al Sol (millones de Km)	---	57	114	150	237	780	1,425	2,880	4,590	5,970
Traslación (años)	---	87.90 (días)	224.70 (días)	1	1.9	11.8	29.4	84	164.8	247.7
Rotación (días)	25-36 días	58.6 días	243.1 días	1 día	1.03 días	9.8 horas	10.5 horas	16.8 horas	16.1 horas	6.4 días
Radio (km)	695,000	2,439.70	6,051.80	6,378	3,397	71,492	60,268	25,559	24,746	1,160
Temperatura media durante el día (°C)	6,000 (en superficie)	350	480	22	-23	-150	-180	-210	-220	-230
No. de satélites	---	0	0	1	2	16	18	15	8	1

Datos de los componentes del Sistema Solar

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1ESO/Astro/contenido6.htm>

### 3.6.1 El Sol

La vida sobre la Tierra, la temperatura que disfrutamos, la humedad que nos rodea y cualquiera de los fenómenos meteorológicos que conforman los diferentes climas y el tiempo atmosférico de cada momento, están provocados por el Sol. Pero también todas las formas de energías naturales renovables que podemos utilizar tienen su origen en el Sol y la radiación que nos envía.

La energía eólica es la consecuencia del desigual calentamiento de la superficie de la Tierra, lo que provoca su desplazamiento. La energía hidráulica es el resultado de la energía potencial que alcanza el agua una vez evaporada por el calor solar y depositada en forma de lluvias o nieve en lo alto de las montañas. La energía de las olas y en parte, la de las mareas también tienen su origen en el Sol. Igualmente, la más aprovechada en la actualidad de las energías

renovables, la biomasa, en cualquiera de sus etapas, primaria, secundaria o residual, es el resultado de la fotosíntesis generada gracias a la absorción de la radiación solar. Por ello, el conocimiento de esta energía primaria, su control y aprovechamiento, son la base de la arquitectura bioclimática.

El Sol es la pequeña estrella en torno a la cual gira la Tierra y el resto de planetas del sistema. De ella proviene la energía que permite el desarrollo de la vida sobre la superficie de la Tierra; a la cual sitúa en un punto en el que la radiación que llega no es excesiva, como en el caso de Mercurio, ni insuficiente como en los planetas exteriores.

Las cualidades del Sol han sido apreciadas durante todas las épocas y por todas las razas y civilizaciones. Por ello, ha sido objeto de veneración y culto, y a él se han erigido templos y monumentos, desde los más primitivos y simbólicos, a los más evolucionados arquitectónicamente y con mayor carga científica.



Monumento solar de Stonehenge. Inglaterra.  
Fuente: <http://www.crystalinks.com/stonehengeabove.jpg>

### 3.6.2 Los movimientos de la Tierra

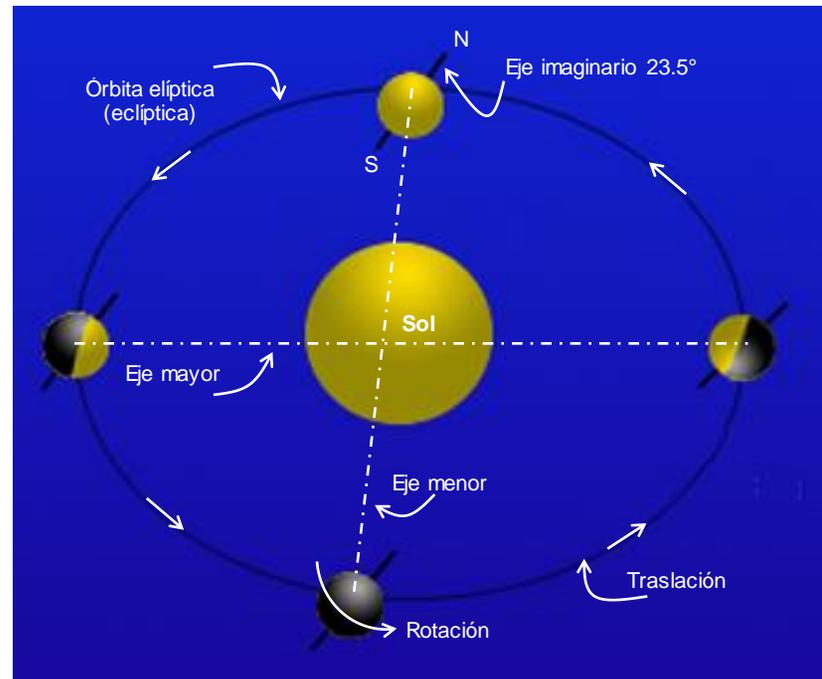
La **traslación** es el movimiento por el cual la Tierra describe una vuelta completa alrededor del Sol, es decir, una **órbita** completa.

El tiempo que tarda la Tierra en llevar a cabo una traslación completa es lo que nosotros llamamos un **año**, aproximadamente 365 días y unas 6 horas. Debido a estas horas extras, cada cuatro años hay que añadir un día más: son los que llamamos **años bisiestos**.

Como la órbita de la Tierra no es exactamente circular, sino ovalada o elíptica, en ella no se puede definir un radio, sino dos ejes, uno mayor y otro menor, de tal

manera que dos veces al año la Tierra pasa por los extremos del eje mayor, y otras dos veces por los del eje menor.

La **rotación** es el movimiento de la Tierra alrededor de su eje, una línea imaginaria que atraviesa a la Tierra desde el polo Norte hasta el polo Sur.



Movimientos de la Tierra alrededor del Sol.  
Fuente: <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1ESO/Astro/contenido12.htm>

El tiempo que tarda la Tierra en completar una rotación es lo que llamamos un **día**, y dura 24 horas.

La Tierra presenta siempre una cara iluminada por el Sol en la que es de día, y la cara opuesta oscurecida en la que es de noche, y entre ambos hay una zona de

penumbra que representa el amanecer, por un lado, y el atardecer, por el otro. El Sol sale por el este y se pone por el oeste, lo que implica que la Tierra rota en sentido contrario a las agujas de un reloj si la miramos desde el Polo Norte, es decir, rota hacia el este.

El punto de la órbita de la Tierra que coincide con uno de los extremos del eje mayor recibe el nombre de **solsticio** (del latín solstitium (sol sistere), "Sol quieto"). Hay dos solsticios, uno coincide con el inicio del verano (solsticio de verano) y el otro con el inicio del invierno (solsticio de invierno). El solsticio de verano también es el día que tiene la noche más corta del año, y el de invierno tiene la noche más larga del año.

Los puntos de la órbita en los que la Tierra coincide con los extremos del eje menor se llaman **equinoccios** (del latín aequinoctium (aequus nocte), "noche igual"). También son dos, que coinciden con el inicio de la primavera (equinoccio de primavera) y el otoño (equinoccio de otoño). Los equinoccios son los días del año en los que el día y la noche duran lo mismo.

Desde el equinoccio de primavera hasta el solsticio de verano la duración de la noche es cada vez menor, y hay cada vez más horas de luz. A partir del solsticio de verano las horas de luz se van reduciendo, hasta que en el equinoccio de otoño se igualan las horas de luz y de oscuridad, y en el solsticio de invierno se alcanza el máximo de horas de oscuridad.

Los solsticios y los equinoccios son distintos en el hemisferio Norte terrestre y en el Sur, ya que mientras en un hemisferio se da el solsticio de verano, en el otro

es el de invierno y al revés, y lo mismo sucede con los equinoccios.



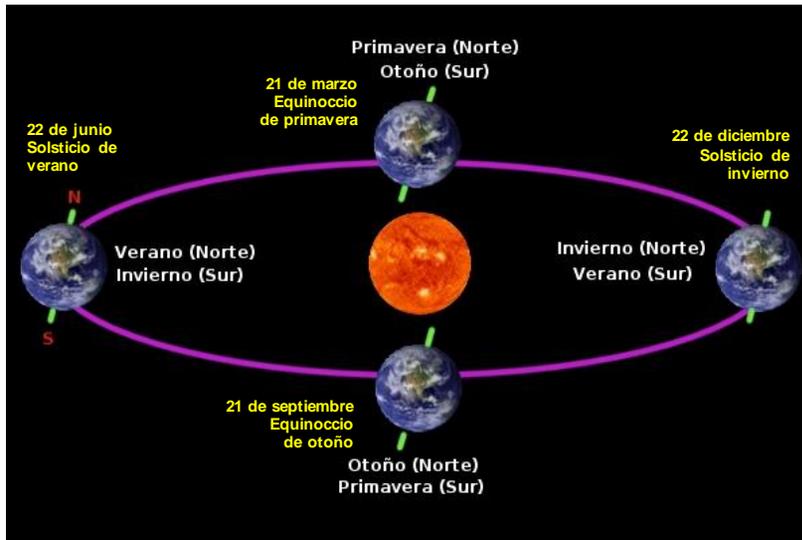
Solsticios y Equinoccios para el hemisferio norte.

Fuente: <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1ESO/Astro/contenido12.htm>

Como el eje de la Tierra no es recto, sino que está inclinado  $23.5^\circ$  con respecto al plano de su órbita, los rayos del Sol no llegan uniformemente a toda la cara iluminada, sino que llegan antes y más rectos a uno de los hemisferios que al otro (hemisferio norte o sur), por lo que las temperaturas van a ser algo más altas en el hemisferio donde la radiación llega antes y más recta. Es decir, en un hemisferio las temperaturas son algo

más altas que en el otro hemisferio. Esto constituye la base de las **estaciones**.

Cuando en un hemisferio los rayos solares llegan antes, las temperaturas son más altas y ese hemisferio estará cerca del verano, mientras que en el otro hemisferio las temperaturas serán más bajas y estará cerca del invierno.



Estaciones terrestres.  
Fuente: <http://universosistemasolar.wikispaces.com/file/view/traslaciontierra.jpg/48139541/traslaciontierra.jpg>

### 3.6.3 Características geográficas de la Tierra

#### a. Ecuador terrestre

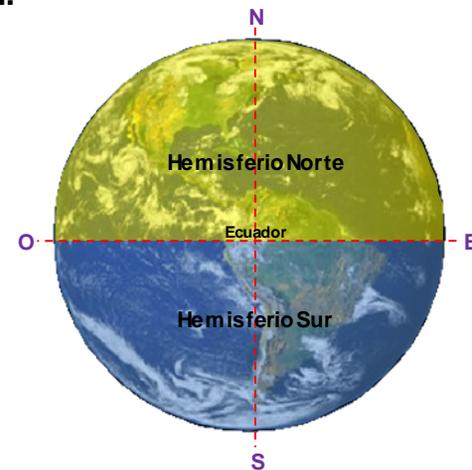
El ecuador (del latín *æquātōris*: igualador), o ecuador terrestre, es el plano perpendicular al eje de rotación de la Tierra y que pasa por su centro. Divide la superficie del planeta en dos partes: el hemisferio norte y el

hemisferio sur. En el ecuador, la Tierra se ensancha ligeramente. El diámetro promedio del planeta es de 12,750 kilómetros. El radio ecuatorial es 43 kilómetros mayor que el resultante de medirlo pasando por los polos.

#### b. Hemisferios

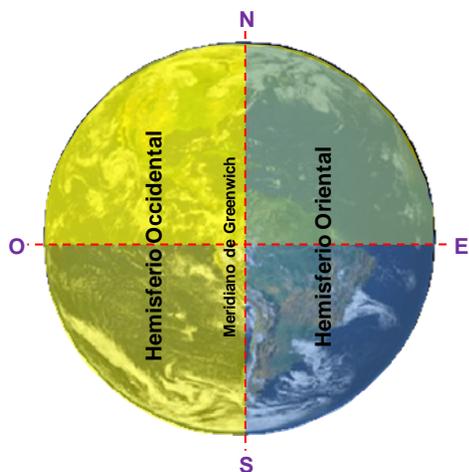
Un hemisferio es cada una de las mitades en que un plano, que pasa en medio, divide una esfera. Proviene del latín y este a su vez del griego: «hemi», mitad o media, y «sphaera», esfera.

La Tierra, se puede considerar dividida en dos hemisferios a partir del plano que define la línea del ecuador, el llamado **hemisferio norte** o **hemisferio boreal** o **hemisferio septentrional**, y el llamado **hemisferio sur** o **hemisferio austral** o **hemisferio meridional**.



Hemisferios terrestres, norte y sur.  
Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, se puede dividir la Tierra en un **hemisferio occidental** y un **hemisferio oriental**, teniendo en cuenta las partes al oeste y al este del meridiano de Greenwich, una determinación arbitraria.



Hemisferios terrestres, occidental y oriental.  
Fuente: Elaboración propia

### c. Latitud y Longitud

Son un sistema de referencia que utiliza las dos coordenadas angulares, **latitud** (norte y sur) y **longitud** (este y oeste) y sirve para determinar los laterales de la superficie terrestre; se suelen expresar en grados sexagesimales.

La **latitud** objetiva mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. Las líneas de latitud se denominan

**paralelos**. Se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , al ecuador le corresponde la latitud  $0^\circ$ .

Los polos Norte y Sur tienen latitud  $90^\circ\text{N}$  y  $90^\circ\text{S}$  respectivamente. Para el paralelo del ecuador, sabiendo que la circunferencia que corresponde al ecuador mide 40,075.004 km,  $1^\circ$  equivale a 111,319 km.

La **longitud** subjetiva mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud  $0^\circ$ . Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman **meridianos**. Para los meridianos, se forman circunferencias de 40,007.161 km de longitud,  $1^\circ$  de dicha circunferencia equivale a 111,131 km.

Combinando estos dos ángulos, se puede expresar la posición de cualquier punto de la superficie de la Tierra. Por ejemplo, la ciudad de Guatemala, tiene latitud  $14.6^\circ$  norte, y longitud  $-90.5^\circ$  oeste. Así un vector dibujado desde el centro de la Tierra al punto  $14.6^\circ$  norte del ecuador y  $-90.5^\circ$  al oeste de Greenwich pasará por ciudad de Guatemala.



Coordenadas geográficas.  
 Fuente: <http://3.bp.blogspot.com/cPjMQR6orLU/Tow1LEHbdr/AAAAAAAAAUE/RTw m9CAs6VI/s1600/localizaci%25C3%25B3ncoordenadas.jpg>

#### d. Paralelos y Meridianos

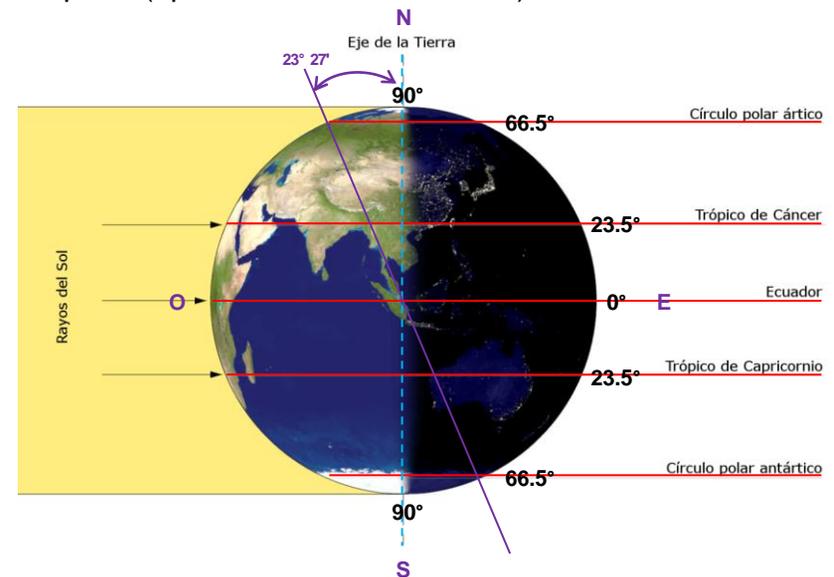
Los **paralelos** son los planos imaginarios trazados en forma perpendicular al eje de la tierra, que es el que la atraviesa desde el polo norte al sur. No todas estas circunferencias tienen igual tamaño, sino que su diámetro disminuye hasta convertirse en un punto al llegar a los polos. La más grande es la de Ecuador, que divide a la Tierra en dos partes iguales, llamadas hemisferio norte y sur.

Existen cinco **paralelos** principales que corresponden con una posición concreta de la Tierra en su órbita

alrededor del sol y que, por ello, reciben un nombre particular:

- Círculo polar ártico (latitud  $66^{\circ} 33' N$ ).
- Trópico de Cáncer (latitud  $23^{\circ} 27' N$ ). Es el paralelo más al Norte en el cual el sol alcanza el cenit. Esto ocurre en el solsticio de junio.
- Ecuador, (latitud  $0^{\circ}$ ). En el ecuador el sol culmina en el cenit en el equinoccio de primavera y de otoño.
- Trópico de Capricornio (latitud  $23^{\circ} 27' S$ ). Es el paralelo más al sur en el cual el sol alcanza el cenit. Esto ocurre en el solsticio de diciembre.
- Círculo polar antártico (latitud  $66^{\circ} 33' S$ ).

Estos ángulos son determinados por la oblicuidad de la eclíptica (aproximadamente  $23^{\circ} 27'$ ).

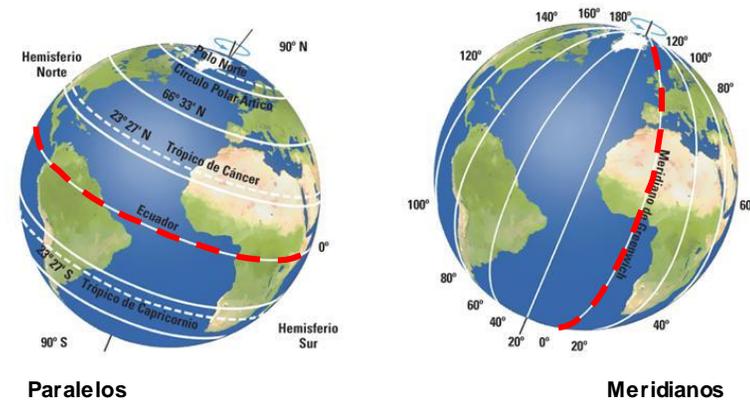


Paralelos principales.  
 Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Equinoccio#/media/File:Earth-lighting-equinox\\_SP.PNG](https://es.wikipedia.org/wiki/Equinoccio#/media/File:Earth-lighting-equinox_SP.PNG)

Los **meridianos** son los semicírculos máximos del globo terrestre que pasan por los polos norte y sur. Son líneas imaginarias que sirven para calcular el huso horario (cada una de las veinticuatro áreas en que se divide la Tierra, siguiendo la misma definición de tiempo cronométrico. Se llaman así porque tienen forma de huso de hilar, y están centrados en meridianos de una longitud que es un múltiplo de 15°). Las líneas que cortan verticalmente los planos paralelos son llamadas **meridianos**. También se miden en grados, minutos y segundos; y la semicircunferencia máxima que divide a la Tierra en dos partes iguales se denomina **meridiano de Greenwich**, ubicado con 0°.

A partir del grado 0 y hacia el este aumentará la hora, y hacia el oeste, disminuirá la hora. El eje de rotación terrestre divide al meridiano del lugar en dos semicircunferencias: Meridiano superior (PM) y Meridiano inferior o antimeridiano (AM). La hora solar es diferente para cada meridiano. Esto se debe a la rotación de la Tierra.

Se tomó al meridiano de Greenwich como lugar para la hora de referencia y al antimeridiano como lugar de cambio de día. De esta manera, los husos horarios ubicados al oeste y al revés, los del este, tendrán una hora más por cada huso horario.

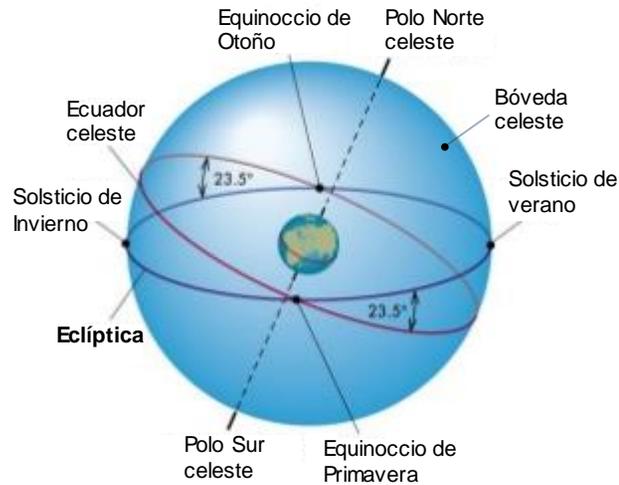


Paralelos y meridianos.

Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/XcjCF\\_IObOo/UVdCFPPFQA/AAAAAAAAAH8M/CQ3\\_m9ny1iz8/s1600/Meridianos\\_y\\_paralelos.jpg](http://2.bp.blogspot.com/XcjCF_IObOo/UVdCFPPFQA/AAAAAAAAAH8M/CQ3_m9ny1iz8/s1600/Meridianos_y_paralelos.jpg)

### e. Trópicos

**Trópico** proviene del latín *tropĭcus*, y éste del griego τροπικός [*tropikós*], que significa “vuelta”. El plano horizontal en el cual se produce el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol se conoce como plano de la eclíptica. Ya que el eje de rotación de la Tierra no es perpendicular al plano de la eclíptica, la intersección de este plano con la esfera no coincide con el plano ecuatorial terrestre. La latitud máxima a la que la eclíptica corta a la esfera terrestre es de 23° 26' 14" N y 23° 26' 14" S; por lo que los paralelos que pasan por estas latitudes tienen una relevancia especial y se les conoce como **trópico de Cáncer** (en el hemisferio norte) y **trópico de Capricornio** (en el hemisferio sur).



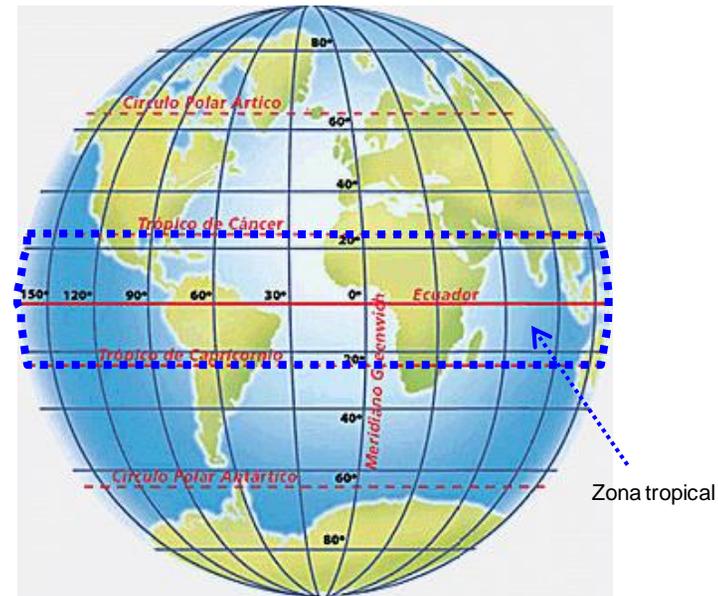
Eclíptica.  
 Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/jbgaf2-140129191638phpapp02/95/astro-noma-de-posicin-25-638.jpg?cb=1391023027>

Se le denomina «de Cáncer» porque en la antigüedad, cuando se producía el solsticio de verano en el hemisferio norte, el sol estaba en la constelación de Cáncer; y «de Capricornio» porque cuando se producía el solsticio de verano en el hemisferio sur, el sol estaba en la constelación de Capricornio.

Las zonas terrestres que se hallan entre ambos trópicos se conocen como **tropicales**. Dichas regiones presentan características en común en cuanto a su clima, su vegetación, etc. Las precipitaciones sobre el terreno tropical son abundantes, lo que favorece a la actividad agrícola.

En los países tropicales, las temperaturas no suelen variar demasiado en el transcurso del año, aunque sí pueden cambiar mucho en una misma jornada. El clima

ayuda a que la vegetación sea densa y diversa, con presencia de selvas en la zona más cercana al ecuador.



Trópicos.  
 Fuente: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/telesecundaria/tsa04g01v01/imgs/039-03.gif>

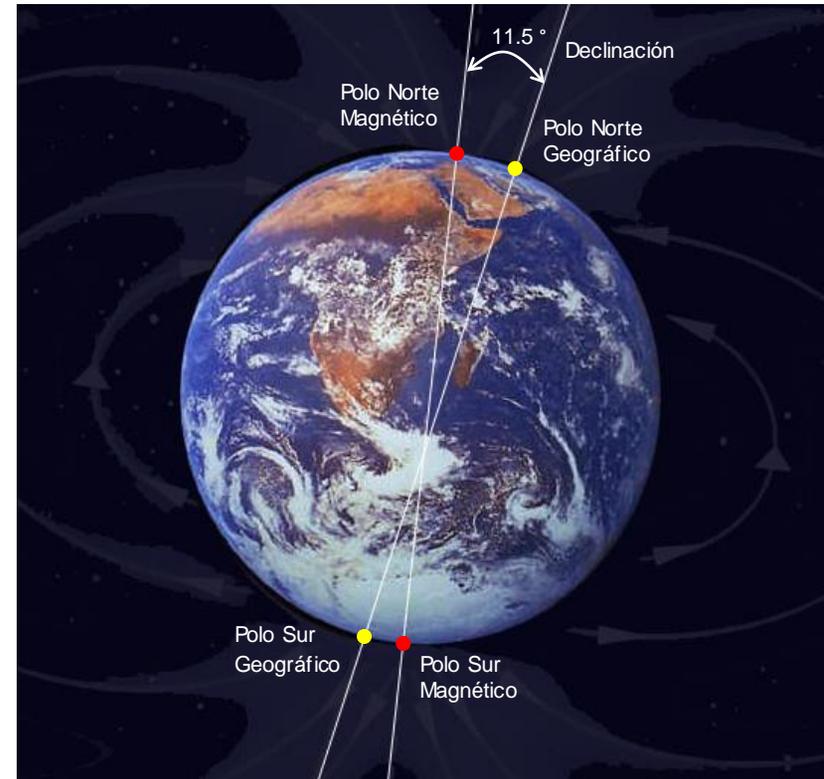
## f. Polos

**Polos geográficos** son los dos puntos de la superficie terrestre, que son atravesados por el eje de rotación. El polo norte geográfico se encuentra a una latitud geográfica de 90 grados al norte del ecuador, mientras que el polo sur geográfico se encuentra a 90 grados al sur del ecuador. Al ser los puntos donde coinciden todos los meridianos, los polos no tienen longitud geográfica.

En el caso de la esfera terrestre, la cual es atravesada por el eje terrestre, al estar situado en el extremo norte se le llama polo norte, boreal o ártico y al situado en el extremo sur polo sur, meridional o antártico.

Los **polos magnéticos** son el conjunto de puntos del globo terráqueo que se hallan ubicados en las zonas polares y que, debido al campo magnético de la Tierra, ejerce atracción sobre los elementos imantados. Las brújulas, por ejemplo, cuentan con agujas que, por la imantación, siempre señalan al polo sur magnético (debido a que los polos diferentes se sienten atraídos y los idénticos se rechazan, la brújula se orienta al polo norte geográfico, que casi equivale al polo sur magnético).

Los polos magnéticos no coinciden con los polos geográficos: la ubicación de cada polo magnético, de hecho, evidencia un desplazamiento frente al eje geográfico del planeta. El ángulo que se crea entre dicho eje y el eje magnético se conoce como **declinación magnética**, y equivale a  $11.5^\circ$ .



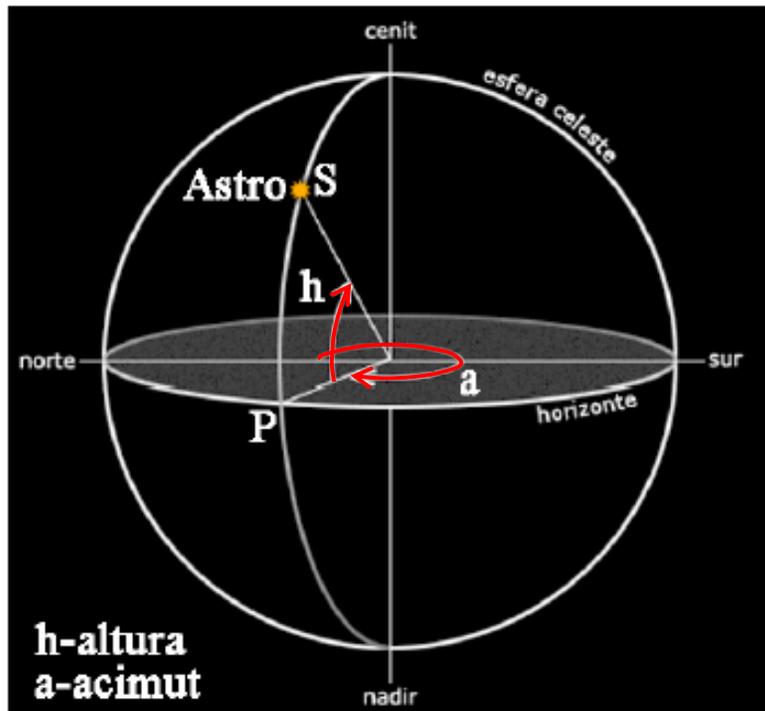
Polos.

Fuente: <http://turevista.com.do/revista/actualidad/839-el-peligro-de-la-inversi%C3%B3n-de-los-polos-magn%C3%A9ticos-de-la-tierra>

### g. Altura y Acimut

El sistema de coordenadas más sencillo que podemos utilizar para definir la posición de un astro en el cielo, en un momento determinado, es el **sistema de coordenadas horizontales** el cual está centrado en la Tierra. Las coordenadas astronómicas definidas por este sistema son la **altura** y el **acimut**. La **altura (h)** es la

distancia angular entre el astro S y el punto P (punto de intersección entre la vertical que pasa por el astro y el horizonte). El **acimut (a)**, se mide sobre el horizonte, y es el ángulo comprendido entre el punto cardinal Norte (que se toma como origen) y el punto P siguiendo el sentido de las agujas del reloj. De esta forma un acimut de  $90^\circ$  corresponde al punto cardinal Este.



Sistema de coordenadas horizontales o altacimutales.  
Fuente: <http://astroaula.net/recursos-didacticos/actividades/altura-y-azimut/>

### 3.7 Geometría Solar

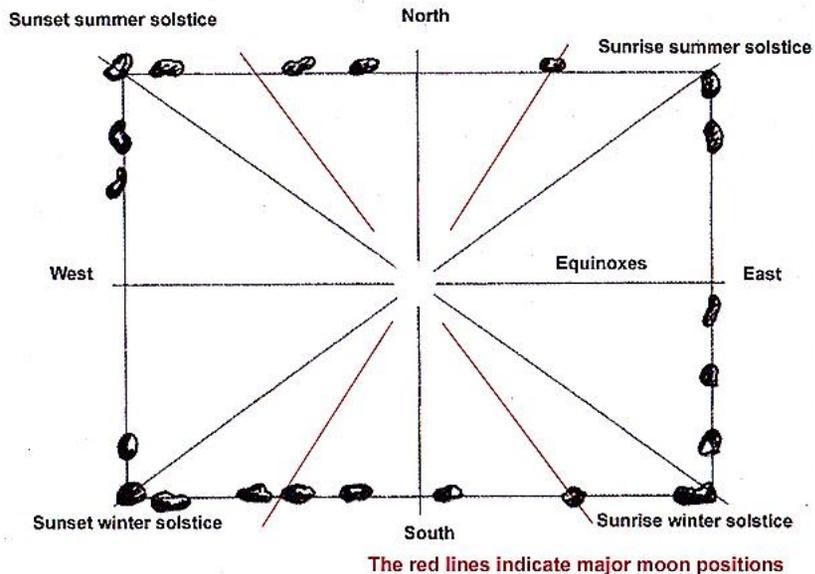
Referente a la cita textual, Flisfisch (2012) señala:

Antiguamente un maestro de obra elegía el lugar para la construcción luego de un gran conocimiento del lugar. El maestro de obra visitaba el lugar para el solsticio de verano y marcaba en el centro de la futura construcción el ángulo de salida del sol. A partir de ahí, conociendo los 4 orientes, se definía el ritmo solar del lugar; solsticios y equinoccios. También las salidas y puestas de la luna en sus máximos y mínimos: todo un circuito. Todas estas mediciones se hacían in situ y podían llegar a tomar varios años. Si había nubes, tocaba hacer la visita dentro de un año más. Los constructores del Templo de Dídimo, por ejemplo, tardaron 18 años antes de llegar construir.

Desde los tiempos megalíticos, específicamente desde el neolítico medio, hay constancia del empleo de la geometría solar en las construcciones. Con más o menos precisión, a lo largo de su historia, el hombre ha ido observando y utilizando las características locales del Sol, la Luna y los astros (posicionamientos, movimientos, ciclos, luminosidad, planetas, estrellas, la forma de las constelaciones) para localizar, proporcionar, medir, y orientar sus construcciones; casas, palacios, lugares públicos y lugares de culto (sagrados). Esto le permitía religarse sutilmente con la Tierra, el universo y acceder a los ritmos vitales más profundos.

Si bien esta geometría se conoce como geometría solar, también es una geometría planetaria, lunar y estelar, pues los más avanzados no sólo se regían por los ritmos

de la tierra, la luna y el sol, sino también por las estrellas. Por ejemplo, los egipcios trabajaban con Sothis o Sirio, los mayas con Venus, los Chinos con la constelación del Dragón y los Incas con las Pléyades y la Cruz del Sur, entre otras.



Cuadrilátero de Crucuno, Bretaña Francia  
Fuente: <http://earthanditsspecialplaces.blogspot.com/2012/01/40-some-sacred-geometry-crucuno.html>

Prácticamente en todo el planeta hay indicios del uso de esta forma de geometría en las construcciones. Ejemplos de ello son el Cuadrilátero de Crucuno, en Bretaña, al lado de Carnac (Francia), los templos Ciclópeos de Malta (Ggantija, Hagar Kim), templos, tumbas, casas y pirámides egipcias, templos griegos y romanos, la Ciudad Prohibida de los chinos y todas las catedrales de Europa (las románicas, góticas, etc.).



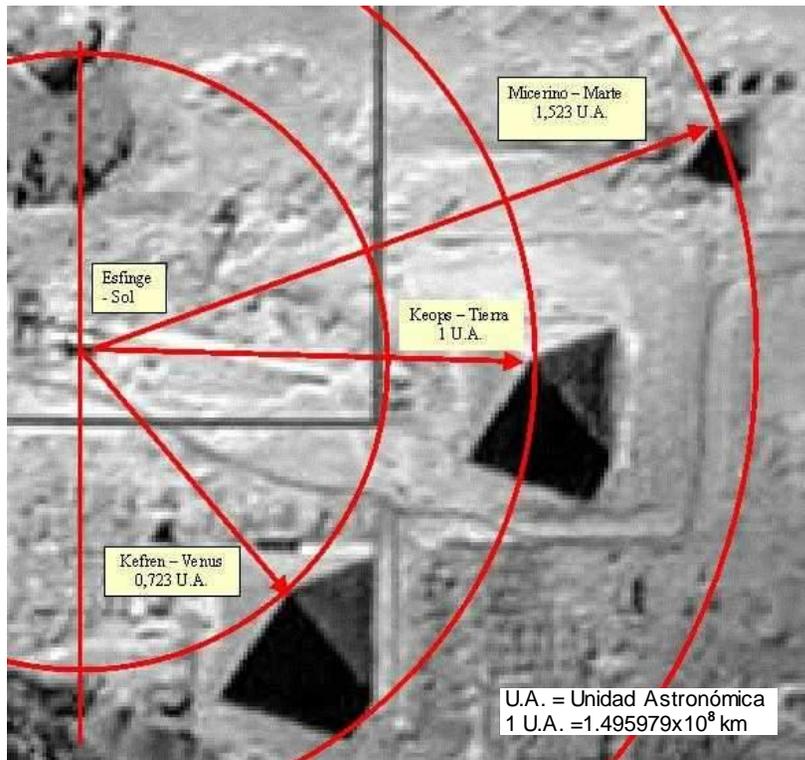
Cuadrilátero de Crucuno, Bretaña Francia  
Fuente: [http://www.the-tribulation-netw.ork.com/new\\_tribnet/ebooks/wonderful\\_numbers\\_of\\_sacred\\_canon/crucuno\\_quadilateral\\_rectangle\\_france\\_sec4\\_pt36.html](http://www.the-tribulation-netw.ork.com/new_tribnet/ebooks/wonderful_numbers_of_sacred_canon/crucuno_quadilateral_rectangle_france_sec4_pt36.html)

Referente a la cita textual, Susani (2013) señala:

En América también fue usada por los mayas, los toltecas, los incas y los aztecas. Los antiguos constructores observaban siempre la naturaleza para definir cómo se organizarían sus casas: las zonas de siembra, dónde estaba el agua, dónde era el mejor lugar para dormir, etc.

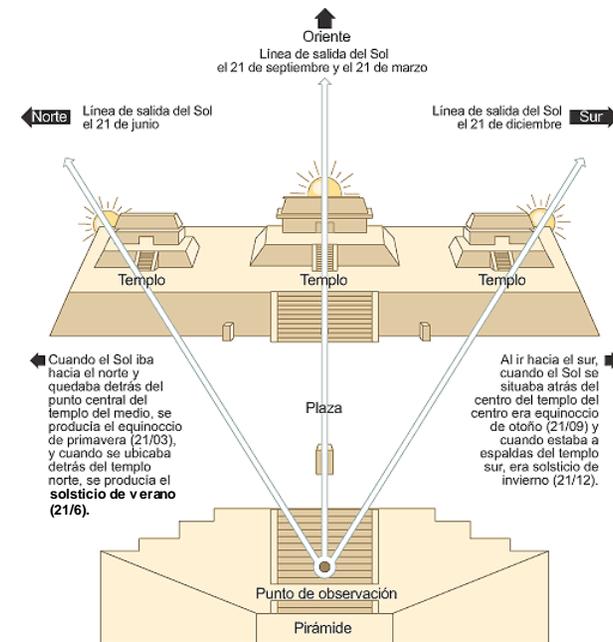
Los indios fueron probablemente unos de los grandes desarrolladores de esta geometría. Delhi y Bombay, por nombrar un par de ejemplos, fueron construidas bajo estos parámetros. El Vastu, doctrina hinduista, tiene mucho en común con la geometría solar. Los japoneses, por su parte, también trabajaban con esta herramienta.

Por ejemplo, en todos los templos sintoístas. Los principios del Feng Shui son los mismos, salvo que el Feng Shui que más se ha difundido en occidente es un Feng Shui de la forma, cuyos principios activos (bases solares) han sido obviados o difundidos con menor fuerza, siguiendo más un formato de recetas que el de un modelo de comprensión profunda.



Proporciones entre el sistema solar y las pirámides de Gizeh, Egipto  
 Fuente: <https://alfilodelarealidad.wordpress.com/2015/05/13/el-abc-de-la-geometria-sagrada/gizatierasolmarteyvenus/>

Los antiguos trabajaban con esos datos porque se habían dado cuenta que construir con esa geometría los religaba al cosmos, propiciaba el desarrollo de lo vivo y hacía que las construcciones fueran más armónicas y benéficas para la salud.



### En dirección al cielo

El primer observatorio astronómico descubierto de la época clásica fue el de la ciudad de Uaxactún, en la región guatemalteca de El Petén. Su objetivo era determinar los equinoccios y solsticios. Para esto, construían una pirámide en el lado occidental de una plaza, mirando al este. Frente a esta se ubicaban tres templos sobre una terraza.

Ciudad de Uaxactún, El Petén Guatemala

Fuente: <https://www.pasadofuturo.com/piramide-articulospedro.htm>

### 3.7.1 Los comienzos de la Geometría Solar

Los orígenes de la geometría solar se remontan a los primeros asentamientos de los pueblos agricultores. Una vez que dejan de ser nómadas, comienzan a tener una observación más fina de la naturaleza, pueden observar el ciclo solar y darse cuenta que la sombra es un marcador del tiempo, una intermediaria entre el tiempo y el espacio que les permite orientarse y determinar ciertos hitos importantes dentro de los ciclos.

Como necesitaban conocer los ciclos estacionales, los ciclos lunares, y en muchos casos los ciclos zodiacales para realizar una buena agricultura, crearon los primeros Gnomones o relojes solares y lunares.

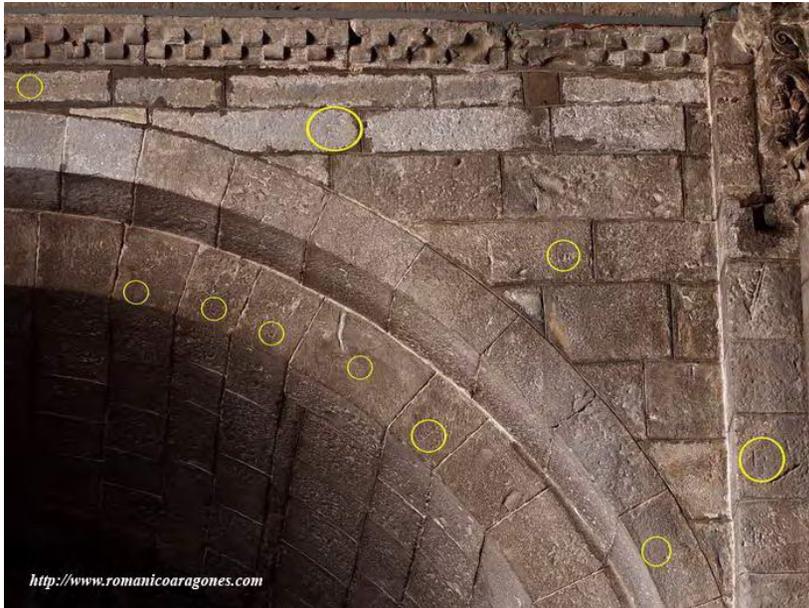


Gnomón o reloj solar. Tarragona, España.  
Fuente: <http://thumbs.dreamstime.com/z/espa%C3%B1a-tarragona-reloj-de-sol-antiguo-11864189.jpg>

### 3.7.2 La Geometría Solar en Europa

En Europa, esta geometría era conocida dentro de una élite (que algunos quisieron llamar iniciados) y se difundía en círculos muy herméticos.

Los Compagnons, los gremios de constructores que construyeron todas las catedrales e iglesias de Europa, la manejaban; tomando como referencia los movimientos del sol y los astros para medir y proporcionar sus construcciones. Entre el siglo X al siglo XIII se construyeron casi todas las iglesias y catedrales en Europa y a partir de fines del XVIII, con el auge científico del siglo de las luces y la influencia de Napoleón, que quiso homogenizar las medidas y extender el uso de “el metro” en Francia e Inglaterra, el uso de la geometría solar comenzó a declinar. Hasta antes de eso, cada lugar tenía su propia medida para construir, determinada en base a la geometría solar del lugar, lo cual daba vida a una arquitectura viva, determinada por patrones naturales. Por ejemplo, en Aragón, España, en uno de los arcos de la entrada principal de la Catedral de Jaca, estaban marcadas las medidas con que se debía construir en el lugar y todos los habitantes se regían por ella, pero llegó un punto en que la construcción bajo los parámetros de la geometría solar dejó de ser interesante para los arquitectos, ya no se pedía y por lo tanto comenzó a desaparecer.

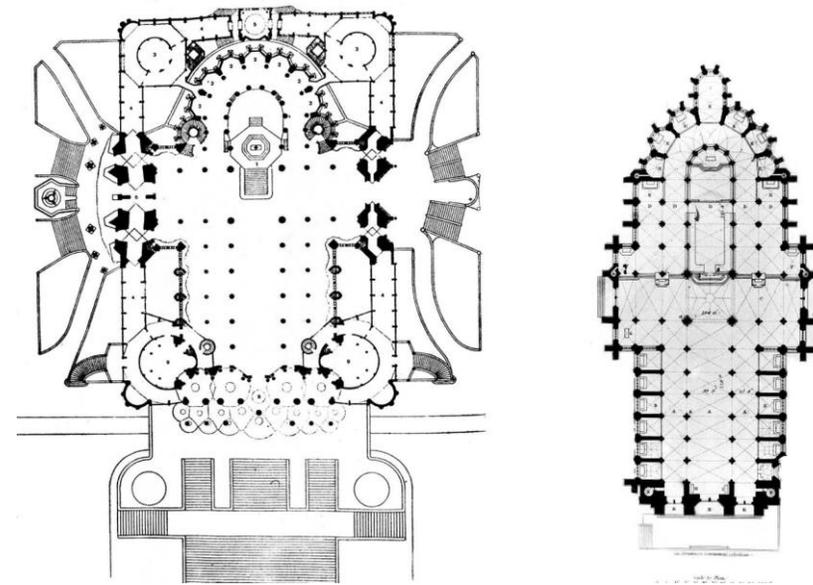


Marcas en el Arco Catedral de Jaca. Aragón, España.  
 Fuente: <http://www.romanicoaragones.com/colaboraciones/Colaboraciones04367-JacaMarcas.htm>

Aun así, muchos curas mantuvieron esta enseñanza hasta fines del siglo XIX, en los seminarios, situación que se prolongó hasta justo después de la I Guerra Mundial.

Con la homogenización de las medidas esto dejó de existir y las construcciones se separaron de los ritmos y ciclos cósmicos y de la naturaleza propia de su lugar.

Uno de los últimos constructores que utilizó esta geometría fue Gaudí. La planta de la Sagrada Familia está hecha con esos criterios.

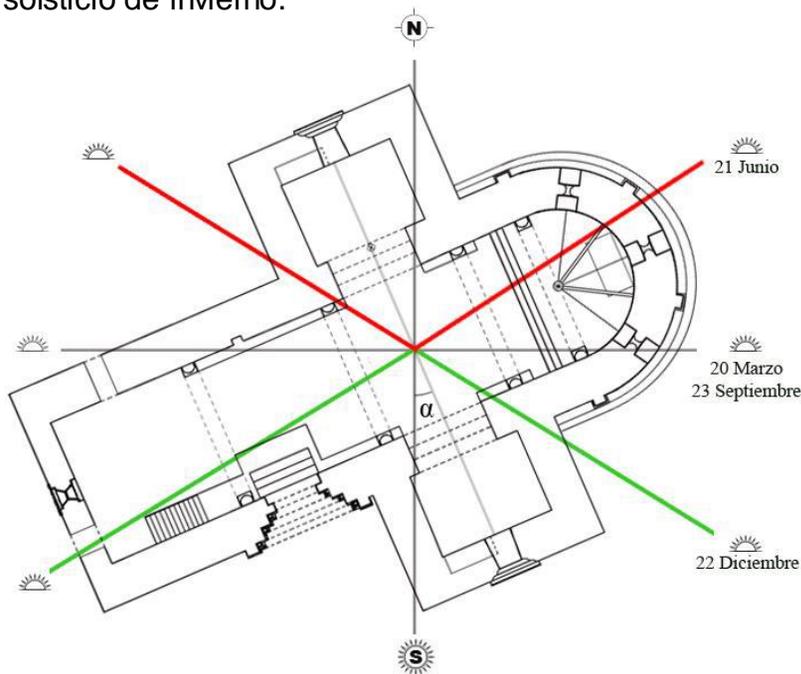


La Sagrada Familia, planta general y planta interior de la iglesia. Barcelona, España.  
 Fuente: <http://www.sergioperezarq.com/wp-content/uploads/2014/08/Planta-Sagrada-familia.jpg>

Otro ejemplo de la utilización de la geometría solar se produce en la ermita románica de San Bartolomé de Uclero, provincia de Soria, al norte de España; fundada a principios del siglo XIII, en donde se produce un efecto de luz muy particular, ya que los rayos solares que atraviesan el rosetón meridional del transepto iluminan, en el solsticio de invierno, una losa colocada en el suelo, en donde tallaron el bajorrelieve de una cruz patada (cruz cuyos brazos se estrechan al llegar al centro y se ensanchan en los extremos).

La orientación de los templos cristianos fue heredada de los antiguos constructores, estableciéndose una vinculación fundamental del templo con el cosmos.

La dirección del eje longitudinal de la nave mayor, conjuga las formas del templo (geometría) y los fenómenos celestes (astronomía). En la antigüedad clásica, los templos estaban dispuestos con la puerta de entrada hacia el Este, de forma que, con la salida del sol, los rayos de luz iluminaran la estatua del dios custodiada al fondo del santuario. En este caso la losa es realmente un marcador astronómico que señala el solsticio de invierno.



Planta de la Ermita de San Bartolomé de Uclero. Soria, España.  
Fuente: <http://www.signoslapidarios.org/inicio/pdf/ESTUDIO-ALINEACIONES-ASTRONOMICAS-SAN-BARTOLOME-RIO-LOBOS.pdf>

En la imagen anterior se aprecia en color rojo, la salida y puesta del sol en el solsticio de verano, y en verde, en el de invierno; y también se aprecia la línea de equinoccios.

### 3.7.3 Al rescate de la Geometría Solar

Raymond Montery, ingeniero en el CERN (Consejo Europeo para la Investigación Nuclear) de Ginebra, ha sido una de las personas que se han interesado por recuperar estos conocimientos en nuestros tiempos. Luego de haber recibido la herencia espiritual de Les Compagnons a través de Raoul Vergez (decano de Les Compagnons), quien le pasó todos sus escritos antes de morir, se ha dedicado a seguir profundizando y difundiendo este arte.

Si bien hasta hace poco tiempo la enseñanza de la geometría solar se caracterizaba por cierto hermetismo, Raymond decide romper con esta tradición y abrir este conocimiento.

Una de las personas que Raymond ha formado y que lo ha acompañado en este proceso de apertura es Dominique Susani. Es por ello que juntos se han dedicado a hacer accesibles estos conocimientos, desde una perspectiva teórica y práctica. Para ellos, lo único que necesita alguien que quiera iniciarse en esto, son conocimientos básicos de matemáticas y geometría. El resto es desarrollo de la sensibilidad y la capacidad de despertar nuestra memoria (de re-cordar, pues según Susani, éstos son conocimientos que forman parte nuestra).

Dominique, a diferencia de una corriente místico religiosa que llama a este tipo de geometría “Geometría Sagrada” (corriente que nace en Inglaterra y que le da este nombre porque se utilizaba para construir iglesias y lugares de culto), prefiere llamarla “Geometría Natural”, porque es una geometría que está relacionada con los

ritmos de la naturaleza y no es ni debería ser exclusiva de los lugares de culto.

Es por ello que tanto Raymond Montery, como Dominique Susani han adaptado estos conocimientos a nuestros tiempos. Hoy basta con tener la latitud del lugar, ciertas mediciones y luego, mediante un programa computacional se pueden obtener aquellos datos que antes requerían de una larga espera y paciencia.

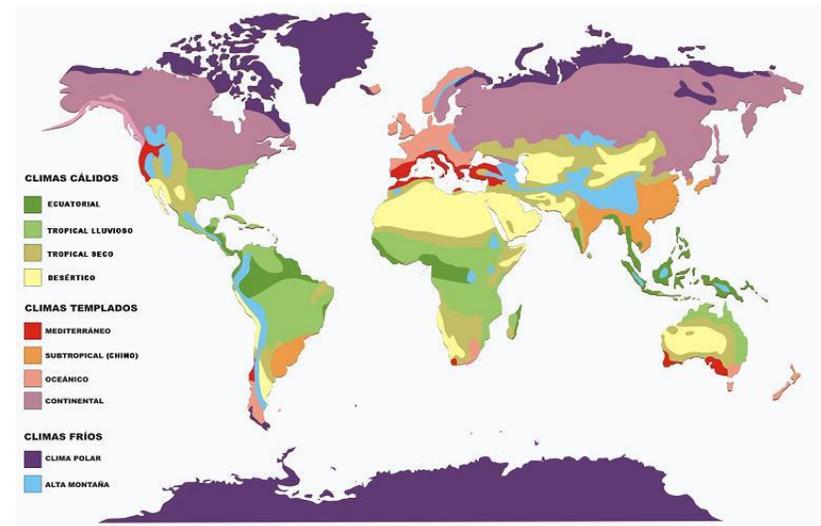
### 3.8 El Clima

La relación entre clima y arquitectura es un aspecto clave en el diseño arquitectónico, pues la obra de arquitectura se beneficia de los aspectos positivos del clima y busca protegerse de sus inclemencias. Siguiendo estos preceptos, es de vital importancia entender al objeto arquitectónico como un modificador del sistema natural, que es a su vez modificado por las características del medio ambiente en el que se inserta.

El clima de un lugar es la combinación compleja de distintos elementos, parámetros y factores determinantes. De todos ellos, la radiación solar es el factor fundamental. Clima viene del griego "Klima" que quiere decir "inclinación" haciendo referencia a la inclinación de los rayos solares. La radiación solar, una vez absorbida por la superficie de la Tierra, calienta el aire a mayor o menor temperatura. Por otro lado, al incidir sobre las superficies de agua las evapora en parte, provocando distintos grados de humedad, nubosidad y pluviometría.

No puede hablarse de un clima global, sino de varios climas distintos a diversas escalas de localización. Así,

los climas pueden ser locales, regionales y, cuanto más, zonales.



Distribución mundial de los principales tipos de climas.

Fuente: [https://departamentosociales.files.wordpress.com/2008/10/mapa\\_climas\\_mundo.jpg](https://departamentosociales.files.wordpress.com/2008/10/mapa_climas_mundo.jpg)

Debido al calentamiento desigual de la superficie de la Tierra, se producen movimientos desequilibrados de masas de aire, dando lugar a los vientos. En menor medida también influye en la composición atmosférica, provocando reacciones químicas en los gases que componen o contaminan la atmósfera.

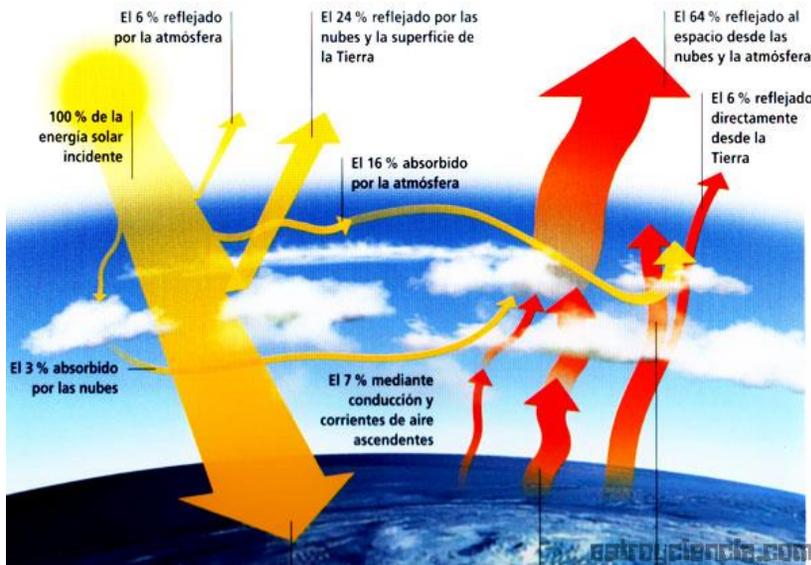
El clima de un lugar, que es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera, queda determinado por los denominados factores climáticos; los que se describen a continuación.

### 3.8.1 Parámetros meteorológicos

Para caracterizar un clima es necesario considerar los distintos parámetros que lo componen. Estos factores ayudan a entender el comportamiento del medio natural en que se emplaza un proyecto de modo de conocer las ventajas que se pueden aprovechar y de qué elementos climáticos es necesario protegerse.

#### a. Radiación solar

La radiación solar depende de la inclinación con que llega ésta a la superficie de la tierra y del ángulo en que se encuentra el sol respecto del norte. Las estaciones del año se diferencian por el ángulo de inclinación de los rayos del sol, lo que afecta a la cantidad de energía que llega efectivamente a la tierra.



La radiación solar global.

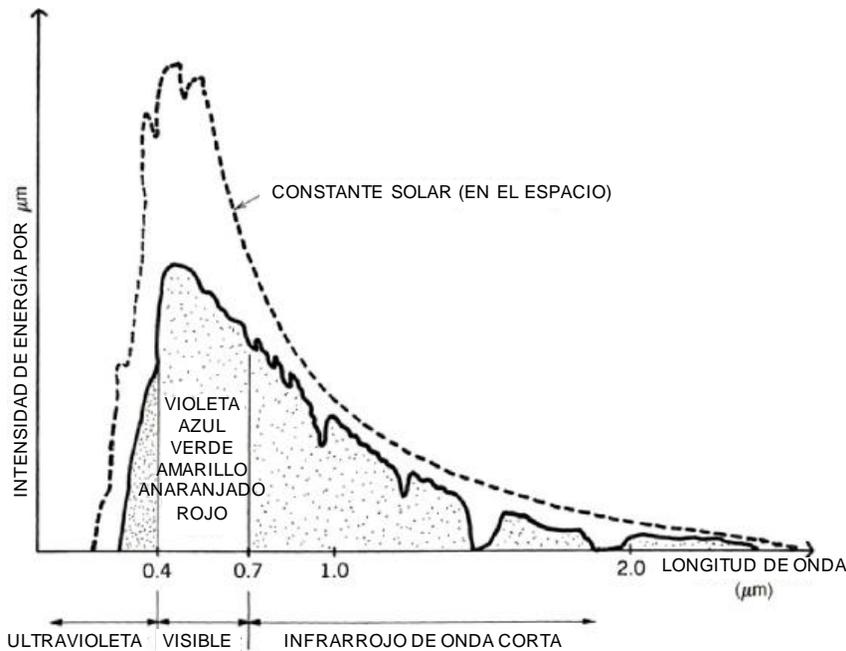
Fuente: <http://blog.technosun.com/wp-content/uploads/2010/06/ciclo-de-la-energia.jpg>

El tipo de radiación que se recibe del sol se distribuye en una amplia zona del espectro electromagnético. Preferentemente se encuentran tres tipos:

- Radiaciones de onda corta (ultravioletas, de 125 a 3,900 Angströms) que llegan muy absorbidas por la atmósfera.
- Radiaciones visibles (de 3,800 a 7,600 A), que son las de mayor intensidad.
- Radiaciones de onda larga (infrarrojo de 7,600 A a 0,1 mm).

Todo este conjunto de radiaciones incide sobre los límites exteriores de la atmósfera terrestre con un valor aproximado de irradiación de 1,400 W/m<sup>2</sup> (unas 1,200 kcal/h m<sup>2</sup>) que llamamos valor de la constante solar.

Para llegar a la tierra, esta radiación debe atravesar unos 8 Km de aire, con lo que disminuye considerablemente el flujo energético, con la difusión, absorción, difracción y refracción que se produce en la masa de aire.



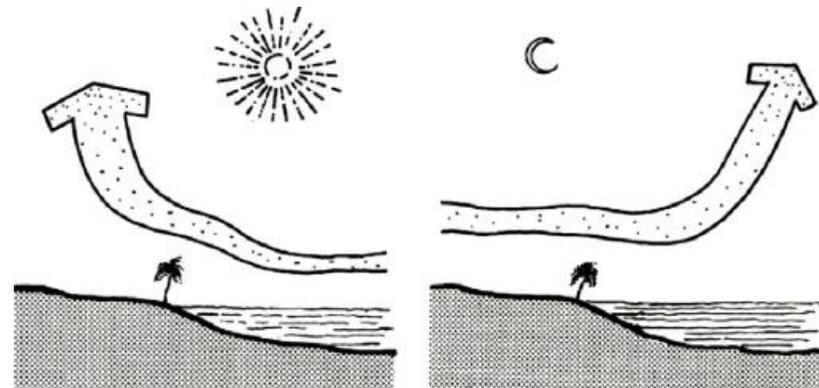
El espectro solar en la superficie terrestre se compone de alrededor de 47% luz visible, 48% infrarrojos de onda corta, 5% de radiación ultravioleta.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Norbert Lechner. Fourth edition.

## b. Temperatura atmosférica

Se define como la cantidad de calor que hay en el aire, en un momento y en un lugar determinado. Se refiere a la radiación solar que es acumulada por el suelo y luego entregada al aire como radiación infrarroja. La temperatura normalmente es medida como temperatura relativa del aire en grados Celsius (°C); utilizando el **termómetro** como instrumento de medición. La temperatura superficial, ya sea del agua o de la tierra es la que provoca la temperatura del aire una vez que se

ponen en contacto. Sobre la Tierra, el calentamiento es siempre más elevado que sobre el mar, donde en general la temperatura suele ser menor y más estable. Por algunas circunstancias, ciertas zonas de la tierra tienen masas marinas con temperaturas mucho más altas o bajas que el resto. Esto da lugar a microclimas singulares en su entorno.



Las diferencias de temperatura entre la tierra y el agua crean las brisas marinas durante el día y las brisas de la tierra en la noche.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

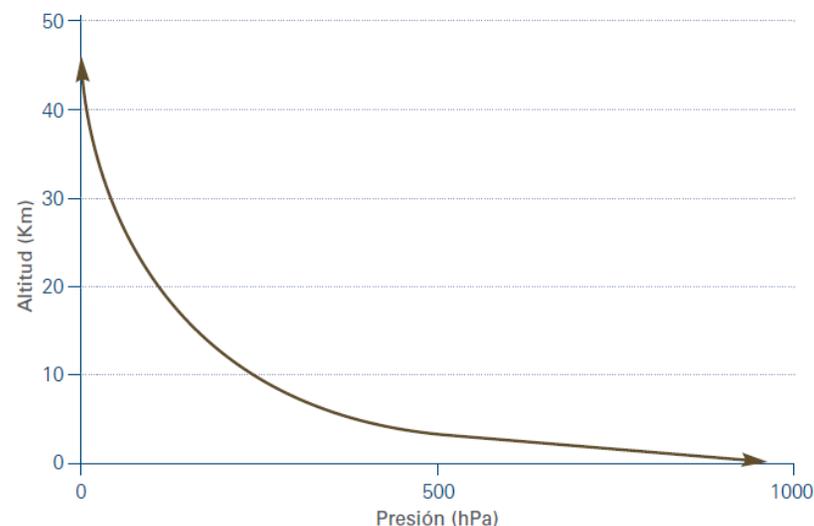
Durante el día y a lo largo del año, las temperaturas experimentan variaciones que se repiten cíclicamente. Esto significa que, aunque en el solsticio de verano (21 junio) es cuando se recibe mayor cantidad de energía a lo largo del día por acción del sol, es el mes de julio el que presenta las temperaturas máximas. De la misma manera, aunque la mínima radiación solar es la del solsticio de invierno (21 diciembre), enero es el mes más frío del año.

En general, los climas más continentales y más desérticos son los que tienen más acusadas las oscilaciones de temperatura, tanto a lo largo del ciclo diario como del ciclo estacional. Es por esto, que muchas veces, se los llama climas extremados, por la marcada diferencia que existe entre las temperaturas diurnas y nocturnas, y entre las temperaturas propias de la estación cálida y de la fría.

### c. Presión atmosférica

El aire que nos rodea, aunque no se note, pesa y por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debido a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1 Newton/m<sup>2</sup>). Existen muy diversas unidades de medida de la presión atmosférica. Las más comunes son: atmósferas, mm de mercurio, pascales, hectopascales y milibares. Se utiliza el **barómetro** para su medición.

La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera se encuentre una persona, la cantidad de aire por encima de ella será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión atmosférica en función de la altitud. En él puede apreciarse cómo la presión atmosférica desciende con la altura, mostrando un decrecimiento aproximadamente exponencial.



Perfil vertical de la presión atmosférica.

Fuente: <http://www.fecyt.es/sites/default/files/publications/img/2014/11/metereologiayclimatologia.jpg>

### d. Viento

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura.

En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión.

En el caso de que sea una diferencia térmica el origen del viento, lo que ocurre es que cuando una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su

entorno, su volumen aumenta, lo cual hace disminuir su densidad. Por efecto de la flotación, la masa de aire caliente ascenderá, y su lugar será ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionarán el viento. Los parámetros de viento son velocidad, dirección y frecuencia.

Clasificación de intensidades de los vientos		
Grado	Tipo	Velocidad
0 a 2	Débiles	Menos de 12 km/h
3 a 5	Medios	De 12 a 30 km/h
6 a 7	Sostenidos	De 30 a 50 km/h
8 a 9	Fuertes	De 50 a 70 km/h
10	Temporal	De 70 a 90 km/h
11	Borrasca	De 90 a 105 km/h
12	Huracán	Más de 105 km/h

Clasificación de intensidades de los vientos.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y energía natural. Serra, R. y Coch, H. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL, Barcelona, España.

La velocidad horizontal del viento se mide con el **anemómetro de cazoletas**, puede ser medida en km/h y en m/s; mientras que la dirección desde la que sopla el viento se mide con las **veletas**, que indican la procedencia geográfica del viento, con respecto a los puntos cardinales y es expresada en grados desde el norte geográfico.

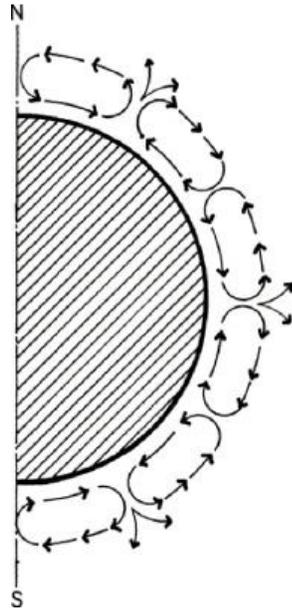
La rotación de la Tierra desvía las corrientes de aire de norte a sur por un efecto conocido como la fuerza de Coriolis.



Fuerza de Coriolis.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

Debido a que la tierra se calienta más en el ecuador que en los polos, se generan grandes corrientes de convección.



Corrientes de convección.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.

## e. Humedad

Se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. El aire al aumentar su temperatura es capaz de contener una mayor cantidad de agua. Este factor es entendido como humedad relativa del aire. El aire contiene una mayor cantidad de vapor de agua si se encuentra cerca de fuentes de agua como el mar o lagos y menor cantidad si se trata de climas áridos o

desérticos. La humedad del aire influye en la sensación térmica y en la posibilidad de condensación.

Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera:

- Humedad absoluta: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1m<sup>3</sup> de aire seco.
- Humedad específica: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.
- Razón de mezcla: masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco.

Sin embargo, la medida de humedad que más se utiliza es la denominada humedad relativa, que se expresa en %.

En climas con alta humedad relativa y bajas temperaturas invernales existen mayores riesgos de ocurrencia de condensación en los elementos constructivos. En efecto, la temperatura y el viento intenso aceleran el ritmo al que el agua de una superficie se evapora.

El factor de influencia más general es la relación masa tierra-agua, pero también influyen otros factores, como los vientos, la altura relativa, la vegetación, etc.

El aire húmedo es más ligero que el seco, pero la evaporación del agua lo enfría y este enfriamiento se acusa con un incremento de peso más significativo que el decremento por la humedad. Por todo ello, si el aire se condensa en forma de niebla, la densidad también es mayor y se encuentra por lo tanto más humedad en el

aire de zonas deprimidas. Como es lógico la humedad relativa es mayor de noche que de día, en invierno que en verano, en otoño (el aire se enfría) que en la primavera (el aire se calienta), etc.

Condensación es el proceso por el que el cambio de estado del agua depende del equilibrio entre el volumen del aire, presión, humedad y temperatura.

Desciende la temperatura cuando la masa de aire se enfría por debajo de su punto de rocío, se satura y se transforma en vapor en líquido, cuando la superficie terrestre se enfría más rápidamente que el aire, el vapor de agua se condensa formando:

Rocío, si está por encima de cero grados.

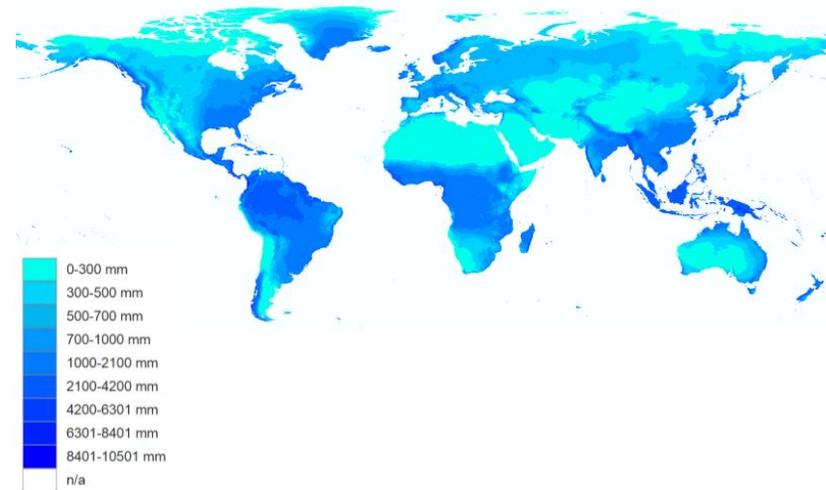
Helada, cuando está por debajo.

Nieblas, cuando las capas bajas tienen una humedad relativa alta y se enfrían.

Nubes, son gotitas en suspensión. Sus formas son: cuando el aire es estable forman nubes planas o estratos; cuando es inestable cúmulos, transparentes cirros y los opacos son nimbos.

## f. Precipitación

La precipitación representa la cantidad el agua que cae sobre la tierra en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, aguanieve, granizos. Esta clasificación no incluye la neblina ni el rocío. La cantidad de precipitación de un lugar y en un tiempo determinado se llama pluviosidad. Ésta se mide en litro por metro cuadrado de agua caída ( $l/m^2$ ) pero se entrega en mm pues un litro sobre un metro cuadrado tiene una altura de 1mm. Este valor se entrega normalmente como promedio mensual.



Precipitaciones totales por año, sobre la tierra.

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/World\\_precip\\_annual.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/World_precip_annual.png)

En esencia toda precipitación de agua en la atmósfera, sea cual sea su estado (sólido o líquido) se produce por la condensación del vapor de agua contenido en las masas de aire, que se origina cuando dichas masas de aire son forzadas a elevarse y enfriarse. Para que se produzca la condensación es preciso que el aire se encuentre saturado de humedad y que existan núcleos de condensación.

El aire está saturado si contiene el máximo posible de vapor de agua. Su humedad relativa es entonces del 100%. El estado de saturación se alcanza normalmente por enfriamiento del aire, ya que el aire frío se satura con menor cantidad de vapor de agua que el aire caliente. Así, por ejemplo, 1 m<sup>3</sup> de aire a 25°C de temperatura, cuyo contenido en vapor de agua sea de

11 g, no está saturado; pero los 11 g lo saturan a 10 °C, y entonces la condensación ya es posible.

Los núcleos de condensación (que permiten al vapor de agua recuperar su estado líquido), son minúsculas partículas en suspensión en el aire: partículas que proceden de los humos o de microscópicos cristales de sal que acompañan a la evaporación de las nieblas marinas. Así se forman las nubes. La pequeñez de las gotas y de los cristales les permite quedar en suspensión en el aire y ser desplazadas por los vientos. Se pueden contar 500 por cm<sup>3</sup> y, sin embargo, 1 m<sup>3</sup> de nube apenas contiene tres gramos de agua.

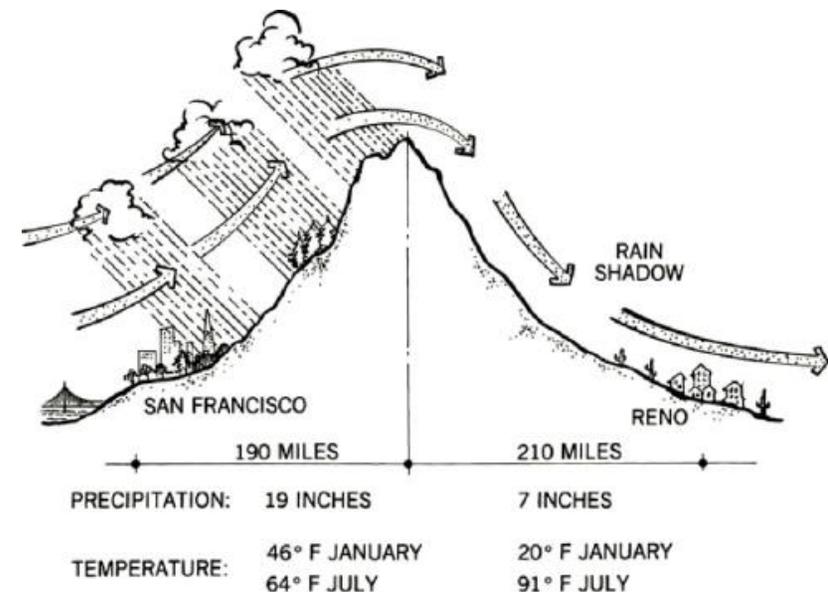
Las nubes se resuelven en lluvia cuando las gotitas se hacen más gruesas y más pesadas. El fenómeno es muy complejo: las diferencias de carga eléctrica permiten a las gotitas atraerse; los «núcleos», que a menudo son pequeños cristales de hielo, facilitan la condensación. Así es como las descargas eléctricas se acompañan de violentas precipitaciones.

La medición de la precipitación se efectúa por medio de **pluviómetros o pluviógrafos**, los segundos son utilizados principalmente cuando se trata de determinar precipitaciones intensas de corto período.

A continuación, un resumen de los parámetros meteorológicos:

Las cordilleras no solo bloquean o desvían los vientos, sino también tienen un efecto importante en el contenido de humedad del aire. En el Océano Pacífico, la radiación solar evapora el agua, y el aire se vuelve bastante húmedo. Los vientos del oeste soplan este aire húmedo

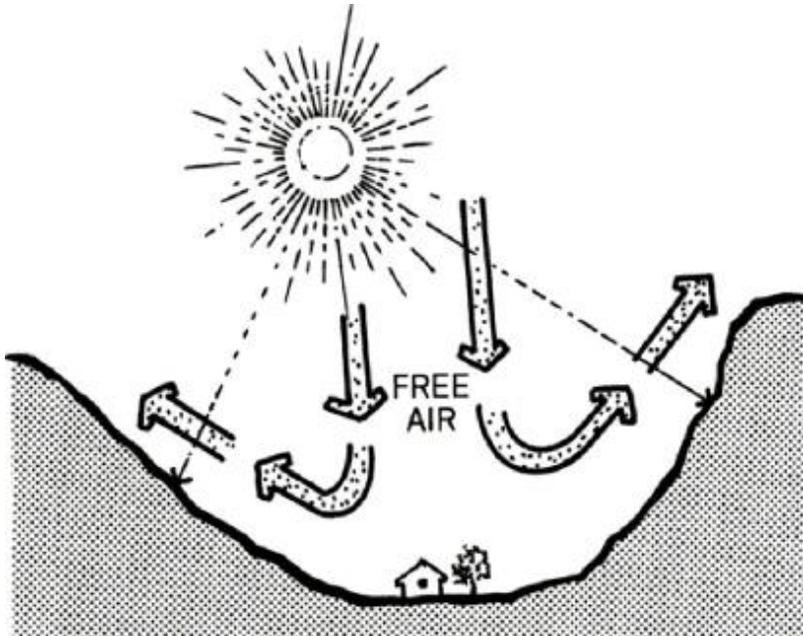
por tierra; a medida que aumenta el aire, se enfría a una velocidad de aproximadamente 2°C por cada 300 m. Cuando la temperatura baja, la humedad relativa (RH) aumenta hasta que alcanza el 100% el punto de saturación. Cualquier enfriamiento adicional hará que la humedad se condense en forma de nubes, lluvia o nieve. Al otro lado de las montañas, el aire más seco ahora cae y, en consecuencia, se calienta de nuevo. A medida que aumenta la temperatura, disminuye la humedad relativa y se crea una sombra de lluvia. Así, una cresta de la montaña puede ser un fuerte fronterizo entre un clima frío y húmedo y un clima cálido y seco.



En ciertos casos, las cadenas montañosas provocan cambios rápidos de relativamente húmedo y frío para climas cálidos y secos.

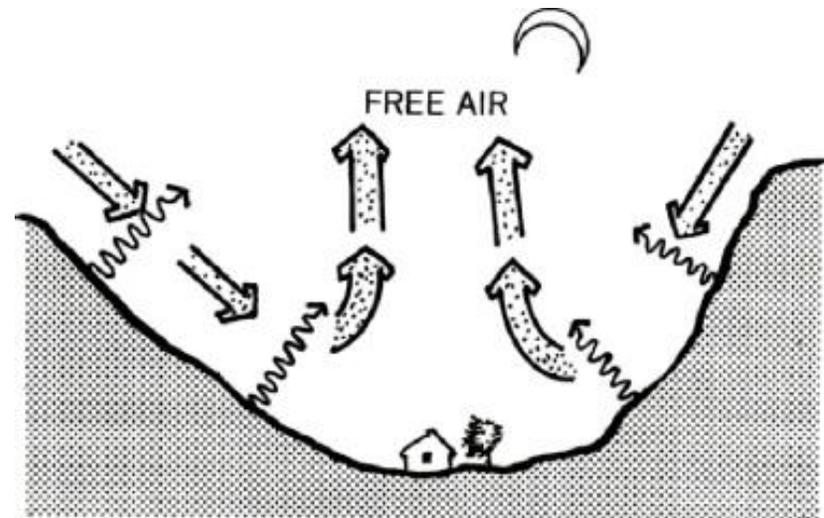
Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.

Las Montañas también crean vientos locales que varían del día a la noche. Durante el día, el aire al lado de la superficie de la montaña se calienta más rápido que el aire libre a la misma altura. Por lo tanto, el aire caliente se mueve hacia arriba a lo largo de las laderas durante el día.



Durante el día, el aire se mueve hacia arriba desde las laderas de las montañas.  
Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.

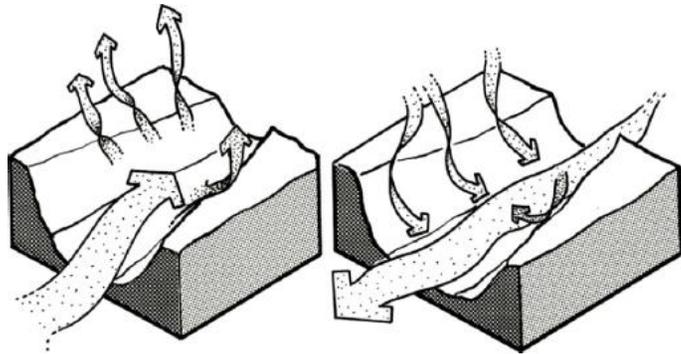
Por la noche, el proceso se invierte: el aire se mueve por las pendientes debido a que la superficie de la montaña se enfría por la radiación con mayor rapidez que el aire libre.



Por la noche, la tierra se enfría rápidamente por la radiación, y las corrientes de aire se mueven por las laderas de las montañas..

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.

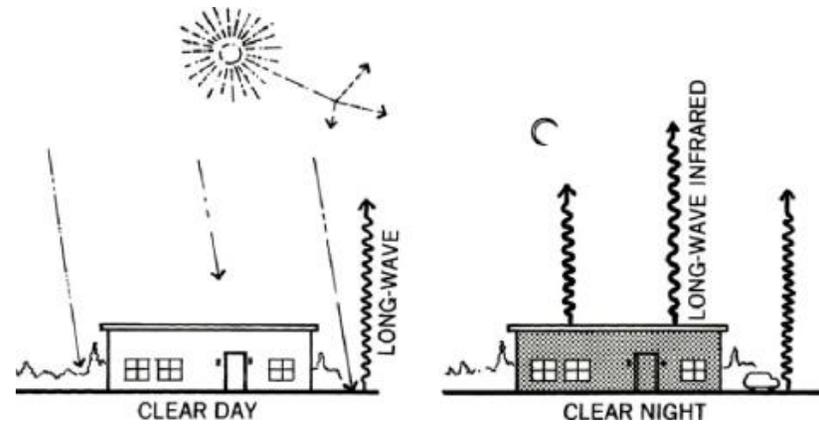
En valles estrechos, este fenómeno puede crear vientos muy fuertes a lo largo del suelo del valle durante el día y por abajo del valle por la noche.



Los efectos descritos en las imágenes anteriores, se magnifican en gran medida en valles de pendiente estrecha. Durante el día, los fuertes vientos soplan hacia el valle; por la noche, los vientos se invierten.

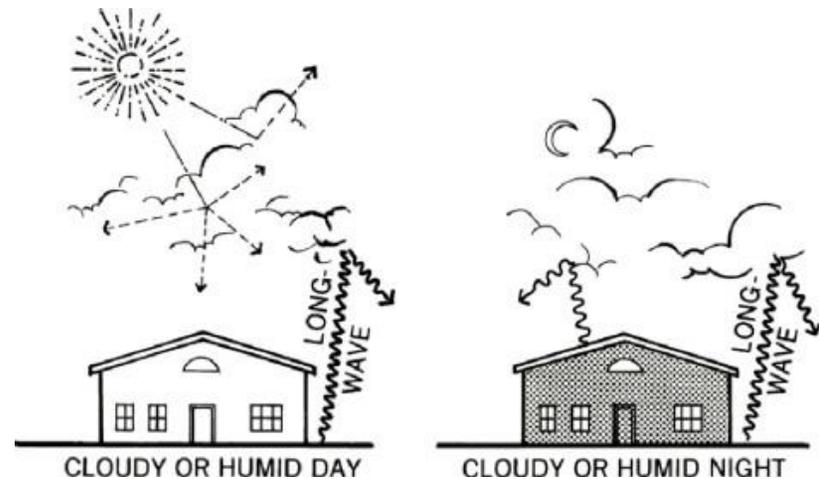
Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.

La cantidad de humedad en el aire tiene un efecto pronunciado sobre la temperatura ambiente. En climas secos, hay poca humedad para bloquear la intensa radiación solar que llega al suelo, y por tanto, las temperaturas diurnas en verano son muy altas (más de 38° C). Además, por la noche hay poca humedad para bloquear la radiación de onda larga saliente; en consecuencia, las noches son frescas y el rango de temperatura diurna es alta (de más de 17 ° C). Por otro lado, en regiones húmedas y especialmente nubladas, los bloques de humedad parten de la radiación solar para hacer en el verano las temperaturas diurnas mucho más moderada (por debajo de 32 ° C). Por la noche, la onda larga de radiación saliente también es bloqueada por la humedad, y en consecuencia, las temperaturas no bajan mucho. El rango de temperatura diurna es, por lo tanto, pequeña (por debajo de 11 ° C). Debe tenerse en cuenta que el agua tiene un efecto mucho más fuerte sobre el bloqueo de la radiación cuando está en forma de gotitas (nubes) que en la forma de gas (humedad).



Los climas secos tienen poca humedad para bloquear la radiación, las temperaturas diurnas son altas y las temperaturas nocturnas son bajas. El rango de temperatura diurna es, por lo tanto, grande.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.



El agua en forma de humedad y especialmente, en forma de bloques de nubes ambos generan radiación solar de onda larga. Por lo tanto, en climas húmedos o nublados, las temperaturas diurnas no son tan altas y en la noche no son tan bajas como en los climas cálidos y secos. La gama diurna es, por tanto, pequeña.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.

### 3.8.2 Factores climáticos

#### a. Latitud geográfica

La latitud determina la inclinación con la que caen los rayos del Sol y la diferencia de la duración del día y la noche. Cuanto más directamente incide la radiación solar, más calor aporta a la Tierra.

- Efectos sobre la temperatura atmosférica:

Las variaciones de la insolación que recibe la superficie terrestre se deben a los movimientos de rotación (variaciones diarias) y de traslación (variaciones estacionales).

Las variaciones en latitud son causadas, de hecho, por la inclinación del eje de rotación de la Tierra. El ángulo de incidencia de los rayos del Sol no es el mismo en verano que en invierno siendo la causa principal de las diferencias estacionales. Cuando los rayos solares inciden con mayor inclinación calientan mucho menos porque el calor atmosférico tiene que repartirse en un espesor mucho mayor de atmósfera, con lo que se filtra y dispersa parte de ese calor. Fácilmente se puede comprobar este hecho cuando comparamos la insolación producida en horas de la mañana y de la tarde (radiación con mayor inclinación) con la que recibimos en horas próximas al mediodía (insolación más efectiva por tener menor inclinación). Es decir, una mayor inclinación en los rayos solares provoca que estos tengan que atravesar mayor cantidad de atmósfera, atenuándose más que si incidieran más perpendicularmente.

Es así que los rayos solares inciden con mayor inclinación durante el invierno por lo que calientan menos en esta estación. También podemos referirnos a la variación diaria de la inclinación de los rayos solares: las temperaturas atmosféricas más frías se dan al amanecer y las más elevadas, en horas de la tarde.

- Efectos sobre las precipitaciones:

La latitud determina la localización de los centros de acción que dan origen a los vientos. La ubicación de los mayores centros de acción determina la dirección y mecánica de los vientos planetarios o constantes y por consiguiente, las zonas de mayor o menor cantidad de precipitación. Los cuatro paralelos notables (Trópicos y círculos polares) generan la existencia de grandes zonas anticiclónicas y depresiones de origen dinámico, es decir, originadas por el movimiento de rotación terrestre y de origen térmico (originadas por la desigual repartición del calentamiento de la atmósfera).

#### b. Altitud del relieve

La altitud es otro de los factores que tiene influencia sobre la temperatura. El gradiente vertical de la temperatura de la atmósfera puede ser de varios grados por metro, debido al alejamiento del elemento que lo tiene que calentar, que es el suelo. De igual modo, al aumentar la altitud, la atmósfera se vuelve más nítida, por lo que el calentamiento directo del aire que se produce a través de sus partículas en suspensión es menor. Sin embargo, por el contrario, al ser menor la capa de aire atmosférico, aumenta el porcentaje de radiación directa. Como resultado de la combinación de estos efectos, se puede evaluar que la temperatura del

aire próxima al terreno, por término medio, sufre una disminución de medio grado por cada cien metros de aumento en la altitud sobre el nivel del mar, si el aire está saturado y de hasta un grado si está seco. También alteran este gradiente los efectos del diferente calentamiento en las laderas de las montañas.

Esto da lugar al clima de montaña, que es un clima frío independientemente de la zona de la Tierra en la que se encuentre.

### c. Orientación del relieve

La más importante disposición de las cordilleras con respecto a la incidencia de los rayos solares determina dos tipos de vertientes o laderas montañosas: de solana y de umbría. Se denomina **solana** a las laderas o vertientes de una cordillera o zona montañosa, orientada hacia el sur en el hemisferio norte, en general que reciben mayor cantidad de radiación solar. Se denomina de **umbría**, a las laderas o vertientes de las zonas montañosas que están orientadas a espaldas del sol, es decir, en la zona de sombra (de donde procede el nombre de umbría, que quiere decir sombra), por lo que la cantidad de radiación solar que recibe es mucho menor que la que tendría si no tuviera el relieve que intercepta gran parte de los rayos solares. En el hemisferio norte, las vertientes de umbría son las que se orientan hacia el norte en el hemisferio norte y hacia el sur en el hemisferio sur.

Al norte del trópico de Cáncer, las vertientes de solana son las que se encuentran orientadas hacia el sur, mientras que al sur del trópico de Capricornio las vertientes de solana son, obviamente, las que están

orientadas hacia el norte. En la zona intertropical, las consecuencias de la orientación del relieve con respecto a la incidencia de los rayos solares no resultan tan marcadas, ya que una parte del año el sol se encuentra incidiendo de norte a sur y el resto del año en sentido inverso.

La orientación del relieve con respecto a la incidencia de los vientos dominantes (los vientos planetarios) también determina la existencia de dos tipos de vertientes: de barlovento y de sotavento. Barlovento es la parte de donde viene el viento, con respecto a un punto o lugar determinado, mientras que sotavento es la parte opuesta, es decir, la parte hacia donde se dirige el viento. Lluvia mucho más en las vertientes de barlovento porque el relieve da origen a las lluvias, al forzar el ascenso de las masas de aire húmedo.

### d. Continentalidad

La distribución de los continentes y océanos, o continentalidad, es otro de los factores que determinan el clima de forma fundamental. La radiación solar al incidir sobre las masas de tierra o de mar las calienta acumulándose en ellas. Sin embargo, no lo hace de la misma forma. Sobre los sólidos, la tierra, lo hace de forma superficial, calentando intensamente las capas exteriores, que a su vez, creando un gradiente térmico, calentarán las capas siguientes, no obstante, los efectos del tiempo atmosférico de un día determinado se aprecian únicamente en los dos primeros metros de terreno, y se puede considerar que los efectos anuales no se dejan notar más allá de los 20 m de profundidad. El resultado es una temperatura superficial

puntualmente muy alta que calentará, de forma igualmente intensa, el aire circundante. Durante la noche, los efectos de reirradiación desde una superficie caliente hacia la bóveda celeste son elevados, lo que provocará el enfriamiento, también intenso, de la superficie de la tierra, y en consecuencia, del aire. No obstante, si la radiación incide sobre el mar o sobre grandes masas de agua, según se van calentando, por tratarse de un fluido, se producirá un movimiento en su masa equilibrando constantemente su temperatura. Dado que también los procesos de enfriamiento nocturno serán más lentos, el resultado es una temperatura superficial, que es la que calienta el aire, más baja y estable.

El resultado climático es que las localidades situadas en zonas continentales tienen climas más extremos, más calientes durante el día y el verano, y más frío durante la noche y el invierno, mientras que las localidades situadas cerca del mar tienen un clima más suave, matizado por la acumulación más efectiva de la energía solar en el agua. Por otro lado, las localidades costeras tendrán humedades más elevadas que las del interior, debido a los procesos de evaporación que en ellas se producen.

### e. Corrientes marinas

Las corrientes marinas o, con mayor propiedad, las corrientes oceánicas, son movimientos continuos y dirigidos debido a diversos factores. Las corrientes oceánicas influyen en el clima de las regiones, en la vida marina y en el ciclo de los nutrientes del agua. Se generan por efecto de fuerzas que actúan sobre el agua:

el viento, la rotación de la Tierra, la fuerza gravitacional de la luna, las diferencias de temperatura y salinidad, la topografía (forma) del fondo marino, el calor, etc.



Corrientes oceánicas.  
Azul: corriente profunda fría y salada  
Verde: corriente superficial cálida  
Fuente: <http://www.geoenciclopedia.com/corrientes-oceanicas/>

Los 3 principales factores que generan corrientes son:

- **Viento.** Impulsan las corrientes que se encuentran cerca o en la superficie del agua. Los vientos estacionales empujan las aguas de la superficie lejos de las costas, así que el agua se eleva en los bordes occidentales de los continentes.
- **Mareas.** Éstas, creadas por efecto de la atracción gravitacional de la luna y otros factores, crean corrientes cerca de las costas, en bahías y en

estuarios. Su patrón es regular, no evidencia cambios y por ello son predecibles.

- **Circulación termohalina.** Es la cinta transportadora oceánica (impulsada por diferencias de densidad debido a la salinidad y la temperatura del agua). Provoca corrientes profundas y superficiales que se mueven lentamente.

Tipos de corrientes oceánicas:

- **Corrientes superficiales**

Suelen ser impulsadas por el viento y corresponden al 8-10 por ciento de agua del océano. En el hemisferio norte se mueven en el sentido de las manecillas del reloj mientras que en el hemisferio sur se mueven en el sentido contrario. Sus aguas son ricas en nutrientes, por lo que están pobladas por una gran variedad de vida marina.

Las corrientes superficiales pueden ser de 2 tipos: a) Cálidas; abarcan desde los trópicos hasta latitudes altas y b) frías, que se originan en las latitudes polares y templadas y fluyen hacia el ecuador.

Cuando varias corrientes oceánicas se conectan, se forman los llamados giros, a partir de los cuales el agua se mueve siguiendo un patrón circular pero respetando el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y al contrario en el hemisferio sur.

- **Corrientes profundas**

También se les llama ríos submarinos, ya que son aquellas que tienen una profundidad de más de 100

metros y son impulsadas las diferencias de densidad en relación con la salinidad y temperatura.

- **Corrientes costeras**

El viento que sopla a lo largo de las costas incide en las olas del mar y éstas a su vez, en las corrientes.

- **Corrientes de mareas**

Se generan de acuerdo con la marea alta o la marea baja. Cuando las mareas cercanas a la orilla se mueven verticalmente, es decir, suben o bajan, el agua se mueve también de forma horizontal, lo que crea corrientes. Son el único tipo de mareas que se generan por atracción gravitacional entre el Sol, la Tierra y la Luna.

### 3.8.3 Tipos de climas

En general, existen tres tipos de clima: cálidos, templados y polares.

Los climas **cálidos** se encuentran en latitudes bajas y se caracterizan por elevadas temperaturas; la inclinación de los rayos solares es mínima y por lo tanto la radiación es constante. En los climas **templados**, localizados en latitudes medias, las temperaturas suelen ser suaves y moderadas y los climas **polares**, que se encuentran en las latitudes altas, presentan generalmente temperaturas por debajo de los 10° centígrados durante los meses más cálidos; normalmente se encuentran en los círculos polares.

Ahora bien, estos tres grupos incluyen climas más específicos, por eso es importante conocer las clasificaciones.

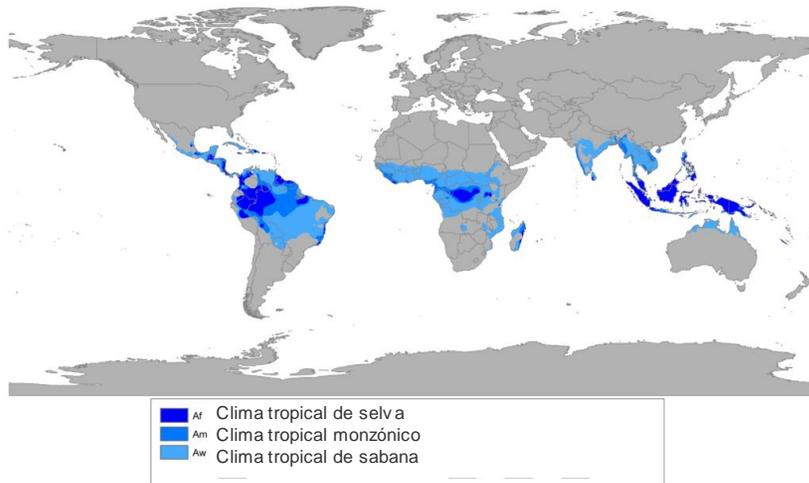
## Clasificación del clima

Aunque existen varias clasificaciones del clima, la más conocida es quizá la de Wladimir Köppen, un climatólogo alemán de origen ruso que dividió los climas de la siguiente manera:

### a. Clima tropical (grupo A)

**Tropical húmedo.** Es un clima cálido pero con presencia regular de lluvias: la precipitación anual supera los 150 centímetros. Las temperaturas varían muy poco durante todo el año.

**Tropical húmedo y seco.** También se conoce como sabana tropical. En este caso, las temperaturas varían de forma moderada pero suelen ser cálidas a calurosas.



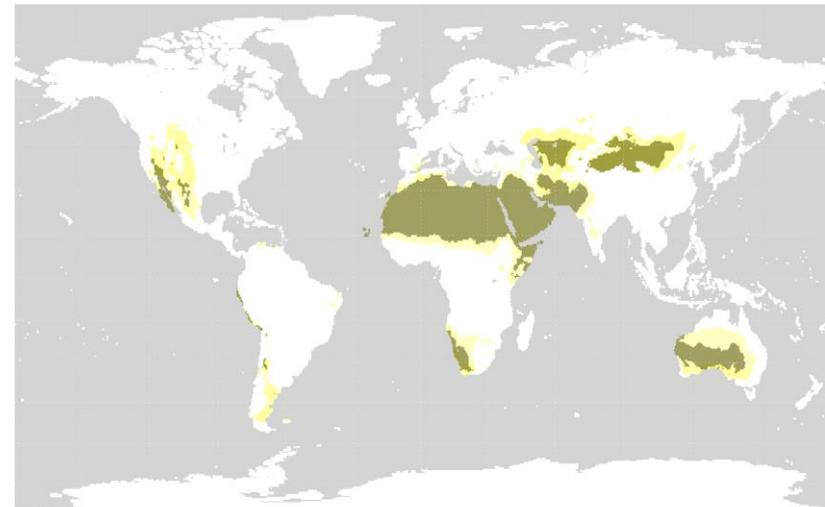
Localización de los climas tropicales por subtipos.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Clima\\_tropical#/media/File:Koppen\\_World\\_Map\\_Af\\_Am\\_Aw.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_tropical#/media/File:Koppen_World_Map_Af_Am_Aw.png)

### b. Clima seco (grupo B)

**Árido.** Los veranos son calientes a muy calientes y los inviernos son frescos o templados. Las precipitaciones son bajas.

**Semiárido.** Aunque es un clima caluroso, es más moderado que el clima árido. Las regiones con este clima se ubican entre las que tienen un clima árido y las que experimentan climas tropicales.



Localización de los climas secos.

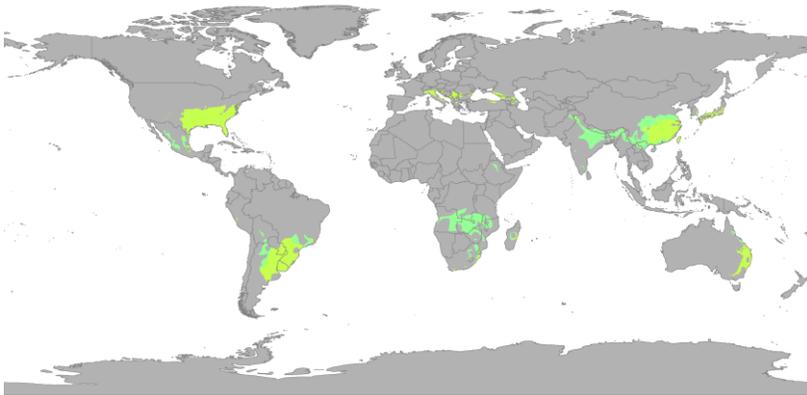
Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Clima\\_seco#/media/File:Koppen\\_classification\\_worldmap\\_B.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_seco#/media/File:Koppen_classification_worldmap_B.png)

### c. Clima moderado (grupo C)

**Mediterráneo.** Es un clima cálido a caluroso. Mientras que los inviernos son lluviosos, los veranos son secos.

**Subtropical húmedo.** Regiones con este tipo de clima se ubican normalmente en la parte oriental de los continentes. Experimentan veranos húmedos y calurosos e inviernos fríos. Las precipitaciones están distribuidas de forma regular durante el año, pero es común la presencia de huracanes.

**Marino de la costa oeste.** Sólo abarca las zonas oeste de los continentes en donde la dirección del viento es del mar hacia la tierra. Los inviernos son frescos a templados y los veranos son cálidos, con presencia de lluvias moderadas la mayor parte del año.



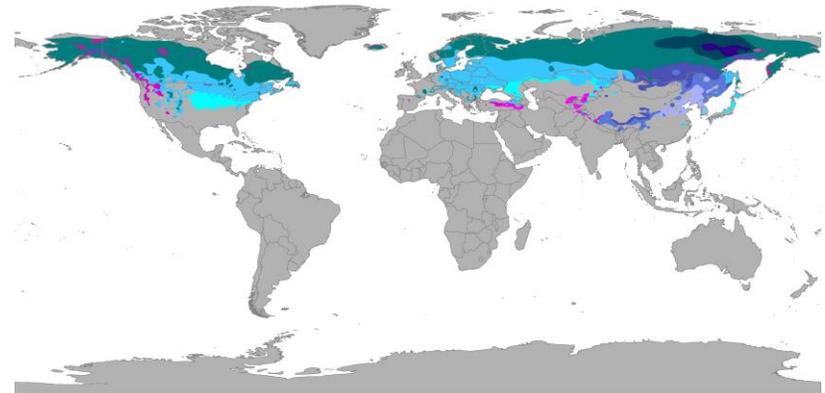
Localización de los climas moderados.

Fuente:[https://es.wikipedia.org/wiki/Clima\\_subtropical\\_h%C3%BAmedo#/media/File:Koppen\\_World\\_Map\\_Cw\\_a\\_Cfa.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_subtropical_h%C3%BAmedo#/media/File:Koppen_World_Map_Cw_a_Cfa.png)

### d. Clima continental (grupo D)

**Continental húmedo.** Las regiones con este clima tienen veranos moderados a calientes e inviernos fríos. Durante todo el año, la diferencia de temperaturas puede ser de 25° a 35° centígrados. Gran parte de Europa del Este presenta un clima continental húmedo.

**Subártico.** Una zona con este clima tiene veranos frescos e inviernos fríos. La mayor parte de sus precipitaciones ocurren durante el verano. El clima está presente en el norte de Escandinavia y Siberia.



Localización del clima continental.

Fuente:[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Koppen\\_World\\_Map\\_D.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Koppen_World_Map_D.png)

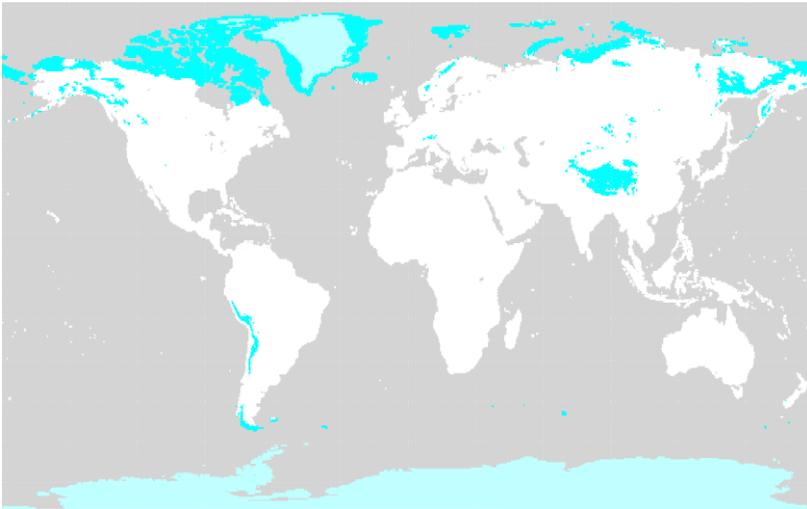
### e. Clima polar (grupo E)

Las bajas temperaturas son la regla durante todo el año, si bien existen variaciones.

#### Tipos:

**Tundra.** Su clima es seco y el suelo está regularmente cubierto con permafrost, una capa de hielo. Domina los límites norte de Norteamérica y algunas partes de Rusia y por supuesto, los bordes de la Antártida.

**Capa de hielo.** Es el clima más frío que tiene la Tierra, pues las temperaturas pocas veces están por encima del punto de congelación. Está presente en Groenlandia y la mayor parte del continente antártico.



Localización del clima polar.  
Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Koppen\\_classification\\_worldmap\\_E.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Koppen_classification_worldmap_E.png)

### f. Clima de tierras altas (grupo H)

Algunas veces, este clima está incluido en el grupo E, pero otras veces se separa mediante la letra H.

Está presente en terrenos montañosos muy elevados, naturalmente. Las zonas con este clima experimentan rápidos cambios de elevación, lo que ocasiona cambios climáticos rápidos en distancias cortas.

#### 3.8.4 Microclima

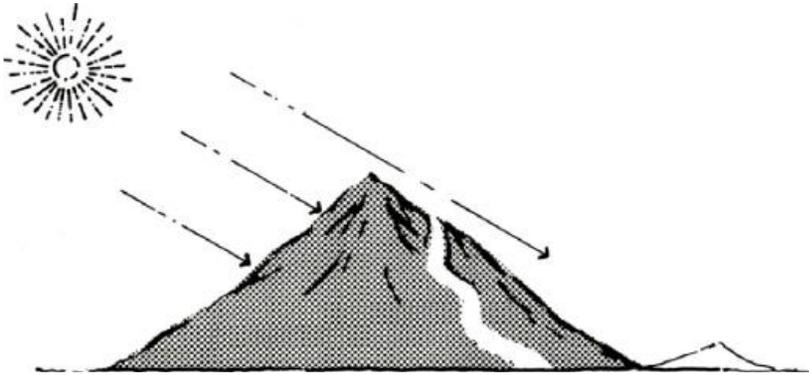
Por una serie de razones, el clima local puede ser bastante diferente al clima de la región en la que se encuentra. Si los edificios van a relacionarse adecuadamente con su entorno, deben estar diseñados para el microclima en el que estarán. Los siguientes son los principales factores responsables de que el microclima se desvíe del macroclima.

##### a. Altura sobre el nivel del mar

Cuanto más pronunciada es la pendiente del terreno, más rápidamente bajará la temperatura con un aumento en la elevación, este ascenso, producirá una velocidad de enfriamiento de aproximadamente 2°C por cada 300 m.

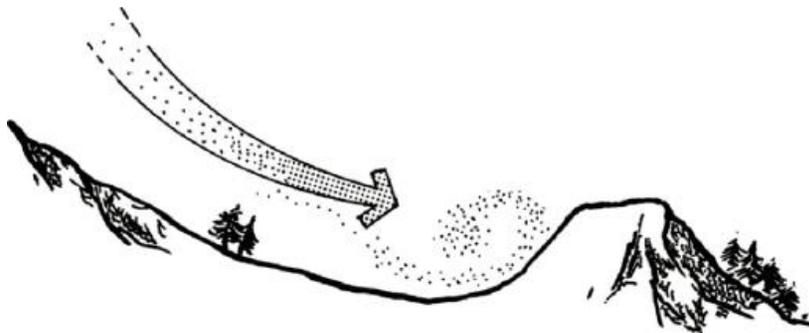
##### b. Forma de la tierra

Orientada hacia el sur las pendientes son mucho más cálidas que las laderas orientadas al norte porque reciben mucho más radiación solar.



Las laderas orientadas al sur, pueden recibir más del 100% de radiación solar que las laderas orientadas al norte.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.



El aire frío es más pesado que el aire caliente, y desemboca en las zonas bajas, formando zonas de aire frío.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N Fourth edition.

### c. El tamaño, la forma, y la proximidad de los cuerpos de agua

Como se mencionó antes, los grandes cuerpos de agua tienen un efecto moderador significativo en la temperatura, generando a diario, brisas alternas de mar y tierra, aumentando la humedad.

### d. Los tipos de suelo

La capacidad calorífica, color, y el contenido de agua del suelo pueden tener un significativo efecto sobre el microclima. La evaporación del suelo enfría el aire por encima del suelo.

La capa superficial de arena, a pesar del color claro, se pondrá muy caliente porque el calor absorbido no se puede conducir fácilmente a las capas inferiores. Además, la arena reflejará gran parte de la radiación solar aumentando así en gran medida la carga de refrigeración radiante para personas y edificios. Debido a su alta capacidad de absorción de calor, las rocas pueden absorber el calor durante el día y luego lo liberan en la noche.

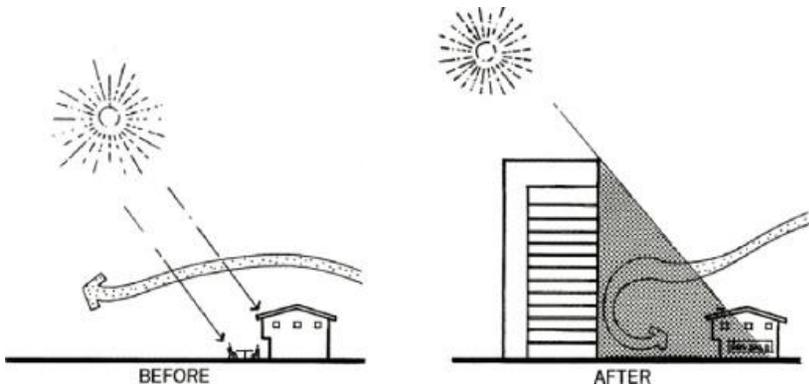
### e. Vegetación

Por medio de la sombra y la transpiración, las plantas pueden reducir significativamente el aire y la temperatura del suelo. También aumentan la humedad. La evapotranspiración es el efecto combinado de la evaporación del suelo y transpiración de las plantas. En un clima cálido y húmedo, la situación ideal es tener un grupo de árboles de considerable altura que generen sombra, pero no plantas bajas que podrían bloquear la

brisa. En climas fríos, las plantas pueden reducir el efecto de enfriamiento del viento mediante el bloqueo de ello. La vegetación también puede reducir el ruido y limpiar el aire de polvo y algunos otros contaminantes.

### f. Estructuras hechas por el hombre

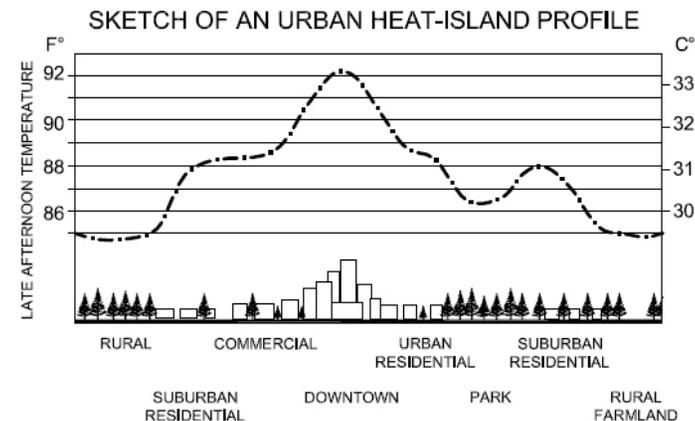
Edificios, muchas calles y estacionamientos, debido a su número, tamaño, masa, y el color, tienen un efecto muy significativo sobre el microclima. La sombra de edificios pueden crear una orientación fría en lo que antes era una cálida exposición sur. Los edificios también pueden crear sombra, del sol caliente del verano y bloquear los vientos fríos del invierno. Grandes áreas de pavimento, especialmente de color oscuro- asfalto, puede generar temperaturas tan altas como 60°C. El aire calentado entonces migra a sobrecalentar áreas adyacentes.



Una exposición sur deliciosamente soleada y protegida del viento, puede cambiarse a un microclima de frío y viento, por la construcción de un gran edificio en el sur.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

En las grandes ciudades, el efecto combinado de todas las estructuras hechas por el hombre se traduce en un clima significativamente diferente de la de los alrededores. La temperatura media anual por lo general será de aproximadamente 0.8°C más caliente, mientras que la temperatura mínima en invierno puede ser sobre 1.7°C más alta. En verano, las ciudades pueden ser 4°C más caliente que las zonas rurales, debido al efecto conocido como las **islas de calor**. La radiación solar, sin embargo, será de aproximadamente 20% menor a causa de la contaminación del aire, y la humedad relativa será de aproximadamente 6% menos, a causa de la reducida cantidad de evapotranspiración. Aunque la velocidad total del viento baja en aproximadamente 25%, la velocidad de los vientos locales es muy alta y se producen en los cañones urbanos. Sin embargo, cuando hay poco viento, los cañones urbanos pueden bombear el aire caliente desde el interior hacia el exterior.



Un bosquejo de un perfil típico de isla de calor urbano. Este perfil de una hipotética área metropolitana muestra los cambios de temperatura correlacionada con la densidad de desarrollo y árboles.

Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

## 3.9 Sitio

El sitio o lugar, es el espacio físico con ciertas características naturales y artificiales, en donde se ubicará el proyecto.

### 3.9.1 La selección del sitio

Se refiere a escoger el lugar donde se desarrollará el proyecto, se relaciona directamente con los sistemas de transporte, infraestructura, distancia entre el edificio y los lugares donde interactúan sus ocupantes, impactos en el paisaje, e incluso en la vida de flora y fauna que pudiese existir, incluyendo las recargas acuíferas y la incidencia solar en el proyecto.

La selección del sitio o lugar debe ser considerada como parte del proceso general de diseño y construcción del edificio desde un principio, particularmente en lo relacionado al diseño bioclimático de forma pasiva del edificio, en temas como: ventilación natural, iluminación natural, calentamiento pasivo por medio solar, enfriamiento pasivo, captación de agua de lluvia, y evitar el uso excesivo de sistemas artificiales de acondicionamiento de aire, de calentamiento de agua, de calentamiento o enfriamiento de espacios, etc.

En ocasiones se eligen las geometrías primero, y se buscan soluciones para hacerlas eficientes después. El objetivo es que la forma, posición en sitio y orientación sean el resultado del proceso, y no al revés. Que vengan definidas por la superposición de las condiciones de programa, microclima y vientos, vistas y paisaje, potencial del entorno en general, restricciones de

normativa aplicable, cultura o patrimonio etc., haciendo especial hincapié en la maximización de las condiciones de confort con los mínimos consumos. Como norma general, las formas alargadas con orientación Este-Oeste, son las energéticamente más eficaces.

Referente a la cita textual, Hernández (2010) señala:

La selección del sitio depende de muchos factores, entre los principales, los siguientes:

- Promover e identificar la capacidad energética de tipo pasiva del lugar.
- Hacer una estrategia de transporte del sitio.
- Aplicar estrategias para el mejoramiento de la dotación de agua y energía del lugar.
- Modificar lo menos posible el medio ambiente.
- Dejar claros de luz y no realizar concentraciones de masa urbana.
- Tratar de no impactar en el paisaje ni en los ecosistemas del lugar.
- Respetar las áreas de cultivo y de reserva ecológica y apegarse a los lineamientos de planeación urbana del lugar y de uso de suelo.
- Seleccionar sitios que permitan un futuro crecimiento y desarrollo planificado, para cubrir las necesidades de los potenciales usuarios.

- Verificar todos los recursos disponibles en la región para efectos de intervenir en todo el ciclo de vida de un conjunto o desarrollo de edificios e infraestructura.
- Apegarse a criterios generales de edificación sustentable, por medio de prácticas de diseño bioclimático y uso racional de los recursos disponibles.

### 3.9.2 La planeación del sitio

Se refiere al trazado que se debe hacer dentro del terreno o sitio elegido, y tiene mucho que ver con la localización y orientación del edificio.

Tiene como base la idea que se puede llevar de forma eficaz para que el ser humano pueda realizar todas sus necesidades de habitabilidad respetando el medio ambiente, teniendo en cuenta que los recursos que lo rodean en su mayoría son limitados, por tanto el espacio de suelo destinado a la edificación debe ser racional. Impacta directamente a la comunidad, al paisaje, en el consumo de energía del edificio y en el confort de sus ocupantes.

La evaluación del sitio donde se localizará el edificio se debe realizar por objetivos, a través de estudios de: geología, topografía, orientación y aspectos de tipo de suelo, hidrología, vegetación y vida silvestre. Toda edificación y construcción sobre el sitio debe ser ubicada de acuerdo a determinadas prioridades de diseño, incluso aun cuando no se requiera un estudio de impacto ambiental.

Referente a la cita textual, Delgado (2010) señala:

Los siguientes temas ayudarán en el proceso general de diseño del sitio:

- Proximidad de árboles respecto a los edificios. Se refiere al tipo de árbol que esté en relación con una estructura física del edificio, y se evalúa el daño que podría causar a la estructura en base a cimentación, crecimiento del árbol, forma, con relación a la insolación, ventilación, iluminación del edificio, etc.
- Preservar la calidad del hábitat, básicamente a zonas de gran extensión, de rica vegetación y vida silvestre, esto depende del lugar y región, además del clima y de otros factores que determinan los ecosistemas.
- En el caso de sitios en donde existan cuencas y micro- cuencas, es importante cuidar las zonas altas para no contaminar ni obstruir los cauces de agua que alimentan dichos retenedores de agua. En este punto simplemente hay que respetar el paisaje del lugar.
- Diseñar y construir barreras, topes o algún otro sistema que protejan ciertas áreas en peligro de erosión, el mismo diseño y planeación del sitio y su relación con la orografía y topografía del lugar, así como los estudios de vegetación, marcarán la pauta.
- Los sistemas de drenaje natural deben tomarse en cuenta, para posteriormente localizar las construcciones y edificios. Los drenes naturales deben de preservarse y disponerse en lo posible de manera que los torrentes de lluvia sigan los cauces naturales y además no dañen a las construcciones. Se deben evitar sitios en donde la afluencia de agua

sea muy grande, ya que se debe de tratar de una zona de reserva ecológica o natural protegida.

- Al seleccionar el lugar, debe considerarse la construcción de los caminos, calles, y vías de transporte, así como las áreas de estacionamiento, éstas deben de ubicarse generalmente de forma paralela a las curvas del terreno y en la parte baja de las pendientes y con orientación norte o este en zonas templadas. En las zonas donde se requiere pavimento, como en estacionamientos y calles, éstas irradian los rayos solares hacia zonas cercanas a ellas, por lo que en zonas templadas y calurosas deben evitar construirse del lado sur de los edificios.
- Los vientos dominantes se deben considerar en igual importancia que los demás factores. Existen cartas dedicadas a establecer las direcciones y fuerzas de los vientos, de las cuales hay que valerse para complementar el diseño del sitio y selección del mismo, así como de la ubicación en el sitio del edificio. Se puede utilizar la dirección del viento como diseño de enfriamiento pasivo del edificio en zonas calurosas.

### 3.9.3 Ubicación y orientación del edificio en el sitio

Referente a la cita textual, Hernández (2010) señala:

La ubicación y orientación del edificio en el sitio puede ayudar directamente y en gran medida a reducir el impacto ambiental del lugar y obtener muchos beneficios en el diseño bioclimático del edificio, así como indirectamente reducir el consumo de energía del mismo.

Una buena orientación y ubicación facilita una buena relación del edificio con el clima del lugar; esto facilita crear oportunidades que se resumen en:

- Crear sistemas pasivos mediante el sol para calentar el edificio en climas fríos.
- Ventilación natural cuanto se requiera.
- Dotar de iluminación natural en todo el año.

Una cuidadosa ubicación del edificio en el sitio ayuda también a la recuperación de los mantos freáticos del lugar y mejorar el micro clima, proteger el espacio abierto, reducir la erosión, y ahorrar energía, como por ejemplo: la utilización del sol para calentar agua y también para producir electricidad; lo cual mejora el consumo energético, y fomenta la iluminación y ventilación natural. Las siguientes recomendaciones ayudarán en esta etapa de localización del edificio en el sitio:

- Las ubicaciones de los edificios pueden tener además un impacto importante respecto al acondicionamiento sustentable y ecológico del edificio. Hay que tratar de concentrarse en aspectos de impacto ambiental y tratar de hacer un ordenamiento más propicio para evitar pérdidas energéticas, de agua, de luz, etc. Se deben localizar tanto los edificios y los caminos dentro del terreno, de tal manera que no proporcionen disturbios (ruido, contaminación, obstrucción de vegetación, etc.) en el lugar, particularmente en zonas donde existan restricciones ecológicas en materia de ecosistemas, biodiversidad y manejo de agua. Se deben localizar los edificios en zonas cercanas a las

vialidades públicas, y a los principales servicios de infraestructura, lo cual ayudará a reducir consumo de materiales, combustibles, en etapas de construcción, ocupación y mantenimiento del edificio, considerando siempre tener espacios libres entre las construcciones y una adecuada conectividad entre ellos.

- Las consideraciones respecto a las pendientes y tipos de suelo son muy importantes para la localización y ubicación de un edificio respecto al entorno debido a los puntos de erosión y retención de agua, y lo que todo esto puede impactar en la etapa de construcción del edificio. Se deben evitar pendientes muy grandes al adaptar el terreno, ya que esto trae como consecuencia inestabilidad de suelos.
- Los edificios rectangulares deben ser orientados de forma longitudinal a lo largo del eje Este- Oeste; en esta configuración los muros orientados al Este y Oeste reciben menos sol directo en verano, por lo tanto la ganancia de calor es reducida, claro que depende el clima del lugar y lo que se requiera dentro del edificio. Esta misma configuración trabaja muy bien en climas fríos y templados fríos en donde la ganancia de calor en forma pasiva se mejora del lado sur del edificio en época de invierno. Asimismo podemos mejorar las condiciones de iluminación y ventilación natural de acuerdo al tipo de clima y vegetación.
- La energía solar, depende como se maneje, puede ser benéfica o nociva para el edificio. Normalmente la mayor insolación se presenta en el lado sur, mientras que del lado norte se presenta la menor, normalmente

el eje Este y Oeste es el más adecuado para orientar un edificio en cualquier clima, aunque hay que considerar para qué se requiere y qué función tendrá el edificio para hacer mejoras respecto a la ganancia de luz y energía solar. Los materiales tienen gran importancia e injerencia respecto a la ganancia de energía solar en los edificios, ya que con ellos se puede aislar de tal forma que se esté regulando la temperatura hacia el interior.

### 3.9.4 Paisaje y entorno

La relación del paisaje y el entorno con el edificio y sus ocupantes es de gran importancia para el confort de los mismos. De acuerdo a la ubicación del inmueble, se pueden solucionar problemas como de abundancia o falta de insolación, ventilación, luz natural, ruido, aspectos visuales tanto al exterior como al interior del edificio, respetando lo más que se pueda a la vegetación existente.

El tema del paisaje trae consigo subtemas que se refieren principalmente al cuidado del suelo, del agua, de los materiales a emplear y su relación directa con los edificios. En la arquitectura y edificación sustentables los principales recursos que se deben cuidar son precisamente éstos, los recursos del paisaje, que forman parte del sistema ambiental.

Acercas del agua y cómo racionalizar su uso en el edificio respecto al sitio; es posible mediante el respeto de los cauces naturales para recarga de los mantos freáticos, y la construcción de trincheras artificiales que sirven para retener y dirigir el agua a sus cauces naturales para prever una zona de recarga artificial como pudiera ser la

captación de agua de lluvia de los techos del edificio. En el aspecto del agua, cabe mencionar que se deben prever las adaptaciones al paisaje, además de las trincheras mostradas anteriormente, consistentes en el manejo de las aguas grises y las aguas tratadas y recuperadas; es necesario separar las aguas grises, las de recuperación y las aguas de lluvia para su control y calidad.

El concepto de mejoramiento del paisaje y jardinería, se refiere al mejoramiento del paisaje alrededor del edificio, en donde se incluyen plantaciones de distintos tipos de vegetación, mejoramiento del terreno natural, procurando no afectar ni cambiar en gran medida el paisaje natural, y procurando no realizar gastos elevados de agua, iluminación, y otros aspectos en donde se manejan recursos naturales; utilizando además las siguientes recomendaciones de diseño:

- Reducir el tipo de plantas que requieran alto consumo de agua y mantenimiento excesivo; si la irrigación es necesaria, proveerla de manera que no se consuma demasiada agua, y si es posible utilizar aguas recicladas obtenidas del mismo sitio, ya sea por captación de agua de lluvia o tratamiento. Seleccionar plantas que sean nativas de la región y de fácil adaptabilidad al micro- ambiente generado.
- Evitar plantas que requieran fertilizantes químicos y que puedan causar alergias a los usuarios de los edificios y de la fauna natural permanente y temporal.
- Dejar suficientes claros y áreas de césped, lo primero para facilitar la ventilación y lo segundo para permitir la filtración de agua a los mantos freáticos.

- Evitar especies que dominen o invadan el espacio vital de otras plantas.
- Zonificar las plantas de tal forma que no se estorben unas con otras durante todo su período de vida, y prever un correcto mantenimiento y poda.

### 3.10 Materiales de construcción

Los materiales utilizados en la construcción de edificios ejercen un gran impacto medioambiental, causado por su extracción, procesamiento, transporte, uso y eliminación. Este impacto se produce en el ámbito mundial, regional y personal y afecta tanto al clima y a la biodiversidad como a la salud de las personas.

Según el Worldwatch Institute de Washington la construcción en todo el planeta emplea:

- El 60% de los materiales extraídos de la tierra (materiales pétreos, metálicos, plásticos, cerámicos, vítreos, etc.).
- Consume entre el 25% y el 40% de toda la energía producida.
- Representa entre el 25% y el 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.
- Consume el 50% de agua.
- El 35% de los residuos generados.

#### 3.10.1 Materiales naturales

Los materiales naturales que se utilizan en construcción, son aquellos simples, que no han necesitado transformación, solo utilizarlos de forma creativa para generar los espacios habitables.

Barro, piedras, madera, ramas de pequeñas plantas, paja, hielo (para el iglú y similares etc.) han sido los materiales más utilizados como materiales básicos de construcción; se han utilizado estos materiales para crear construcciones que se adapten a las condiciones climáticas locales.

Para lograr construcciones con huellas ecológicas mínimas y un cero efectivo en las emisiones de carbono, podemos recurrir a las construcciones naturales, un movimiento internacional que crece cada día y que busca utilizar materiales y técnicas que son ecológicamente apropiadas, culturalmente aceptadas y económicamente adaptables a todos los bolsillos. Por un lado, este movimiento emergente se nutre de la sabiduría que encierra la arquitectura vernácula, de las investigaciones más recientes en eco tecnologías y de una creciente toma de conciencia y acción sobre los problemas medio ambientales, pero sobre todo, se apoya en el diseño y la construcción basados en los materiales y el clima locales.

Antes de descubrirse el cemento y, consecutivo a este el concreto, la tierra y la madera eran los materiales más populares para la construcción en el mundo. Sin embargo, con la aparición del acero y del concreto, sumado esto a la explosión de megaciudades en todos los continentes, las técnicas de construcción hicieron de lado materiales de bajo consumo energético y fácilmente renovables, dando paso a otros que requieren de altas cantidades de energía para su extracción y que presentan un panorama a mediano plazo muy preocupante, en la medida en que éstos no son renovables.

Los materiales más empleados en la industria de la construcción históricamente han sido: la tierra, la madera, el concreto, el acero y el vidrio. A excepción de la tierra y de la madera, los demás son materiales compuestos que se fabrican con materias primas no renovables. Son también los materiales predominantes en los últimos cien años en ciudades, pueblos y, desafortunadamente, hasta en los campos.

#### a. La tierra

Referente a la cita textual, Bedoya (2011) señala: La tierra como material de construcción tiene una tradición milenaria, remontándose las primeras construcciones de este tipo, a 5,000 a.C. Compactada, en adobe o como sistema combinado, ha sido empleada en América, Asia y Europa. Posee todas las ventajas desde el punto de vista ambiental: disponibilidad en el sitio, baja energía incorporada, poca transferencia de calor, inercia térmica y fácilmente reutilizable o reciclable.

La extracción de la tierra como material de construcción puede hacerse de manera sostenible, ya que es necesario para la ejecución de un proyecto, hacer los movimientos de tierra y excavaciones durante la adecuación del terreno y las cimentaciones. En estos trabajos se generan grandes cantidades de tierra que es considerada como residuo, pero ésta es susceptible de ser empleada en el sitio como material de construcción.

Para todos los sistemas constructivos y técnicas en donde se utiliza la tierra, es muy importante contar con un cimiento y un sobrecimiento adecuados que garanticen que la humedad no llegará al muro por

capilaridad. También hay que protegerlas de la lluvia mediante un techo, de preferencia con aleros.

Para lograr un diseño adecuado al clima es preciso conocer el funcionamiento térmico de los materiales, tomando en cuenta que las técnicas que involucran mayor cantidad de tierra, actuarán como termo masa.

- **Adobe.** También conocido como “ladrillo de tierra”. La palabra adobe proviene de la palabra árabe **atob**, que significa ladrillo secado al sol. Los adobes se han encontrado en diferentes regiones geográficas del mundo y los más antiguos datan de 7,000 a.C.

Referente a la cita textual, Caballero (2011) señala: Los adobes se fabrican con una mezcla de tierra que tenga entre 20% a 30% de tierra arcillosa, que es el ligamento, y entre un 70% y 80% de tierra arenosa, que constituye el agregado grueso, al cual se le agrega agua y paja. Las fibras vegetales tienen una función múltiple; aumentan la resistencia a la tracción y la flexibilidad de la mezcla de tal modo que los adobes puedan sufrir deformaciones sin fisurarse, ya que las fibras reparten en toda la masa del material las tensiones que provoca la arcilla al contraerse. Adicionalmente a la paja se le puede añadir también crin de caballo o heno.

A la tierra con paja se le agrega agua y se mezcla hasta conseguir una pasta manejable que se coloca en moldes (tradicionalmente hechos de madera) y posteriormente se dejan secar al sol, durante 25 a 30 días. Una vez secos se apilan hasta el momento de su colocación en el muro donde se pegan con una mezcla de tierra y agua. Estructuralmente, los adobes pueden funcionar como muros de carga y es posible construir varios niveles sin

necesidad de estructura; solamente hay que considerar la relación alto-ancho y las características sísmicas de la zona donde se va a construir.

Este material tiene una gran inercia térmica y es un buen aislante acústico, por este motivo sirve como regulador de temperatura interna (verano-fresco, invierno-calor).



Construcción con adobe.

Fuente:<http://2.bp.blogspot.com/B5cinsU3gVg/T47s5ZnS6nI/AAAAAAAAANtE/h4RB9UMQzp4/s1600/ADOBES.png>

- **Ladrillo.** Es una pieza de arcilla cocida, generalmente con forma de prisma rectangular, que se usa en la construcción de muros, tabiques, pilares, etc. se obtiene por el moldeo, secado y cocción de una pasta arcillosa.

Las dimensiones de las caras del ladrillo guardan una proporción entre sí, siendo cada una el doble de la anterior (incluyendo el mortero que los une), lo cual permite formar los distintos tipos de levantados. Las dimensiones usuales del ladrillo son: 0.065x0.11x0.23 m. Existen ladrillos tayuyos (macizos), tubulares y perforados.

A diferencia del adobe, el ladrillo es un producto más procesado que tiene una energía incorporada que le permite ser 6 veces superior al adobe; y posee una elevada resistencia térmica.



Construcción con ladrillo tubular. TEC Universidad Rafael Landívar.  
Fuente: Elaboración propia

- **Cob.** Se utilizó como técnica común hasta fines del 1,800, en que se introdujeron los ladrillos de barro cocido. Después de esto fue considerada una técnica “primitiva” y cayó en desuso, hasta que a finales de 1,980 hubo un renacimiento que se dio de forma

paralela tanto en Inglaterra y Gales, como en Oregon, Estados Unidos.

La mezcla es muy similar a la del adobe, tanto en composición como en materiales, con la diferencia de que para el cob se deja un poco más seca, ya que en lugar de vaciarla en moldes, es necesario hacer bolas que se lanzan hasta el lugar en que se va a construir el muro y éste se moldea directamente, posibilitando con ello que los muros no sean necesariamente rectos y que se puedan lograr interesantes formas orgánicas. Al igual que el adobe, tiene una gran resistencia a la compresión lo que permite construir edificios bastante altos, siempre y cuando se respete la relación alto-ancho y donde predomine el macizo sobre el vano.



Construcción con cob.  
Fuente: <http://www.inspirationgreen.com/cob-under-construction>

- **Tapial.** También conocida como “tierra compactada”, es una técnica que aún se emplea en países tan diferentes como Dinamarca, Marruecos, Perú y China (parte de la Gran Muralla está construida con esta técnica).



Construcción con tapial.

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/tapial-1.jpg>

A diferencia del adobe y el cob, no necesita agregársele paja y requiere una mínima cantidad de agua. Normalmente la tierra utilizada se extrae directamente del suelo, siempre y cuando tenga entre un 15% o 25% de tierra arcillosa y el resto sea tierra arenosa o una composición de gravilla, arena y limo. La humedad requerida es solo la necesaria para que la arcilla pueda ligar los otros materiales.

Este sistema constructivo consiste en disponer formaletas verticales y llenar su interior con tierra, compactándola manualmente por capas hasta formar muros macizos que tienen espesores entre 0.50 m y 0.80 m.

El tapial consiste en apisonar la tierra por capas entre dos planchas de madera (formaleta). Cuando se ha terminado una sección de muro se desplaza el encofrado hacia arriba o hacia un lado y se continúa la operación hasta su realización total. Las dimensiones más generalizadas del encofrado son de 3.0 m de longitud, 0.90 m de altura y 0.50 m de ancho.

- **Bajareque.** Este es un sistema constructivo tendinoso, dado que funciona basado en una estructura de bambú recubierta con tierra, la cual puede estar mezclada con estiércol. Este tipo de construcción tiene gran uso a nivel rural. A diferencia del tapial, el bajareque no emplea espesores tan considerables en los muros, ya que al configurar inicialmente una estructura esquelética con el bambú, hace que no se requiera de tanta inercia para soportar las sollicitaciones externas de viento y sismos.



Construcción con bajareque.  
Fuente: [http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2011/09/4595991560\\_dc29b6e88c.jpg](http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2011/09/4595991560_dc29b6e88c.jpg)

- **Suelo-Cemento.** El suelo-cemento es la mezcla íntima y homogénea de suelo pulverizado con determinadas cantidades de cemento portland y agua, y que luego de compactado, para obtener densidades altas, y curado, para que se produzca un endurecimiento más efectivo, se obtiene un nuevo material resistente a los esfuerzos de compresión, prácticamente impermeable, termo aislante y estable en el tiempo. El tamaño aproximado de los bloques es de 0.40 m de largo, 0.20 m de ancho y 0.10 de alto.



Construcción con bloques de suelo-cemento.  
Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/sZk2Bcjpwj4/hqdefault.jpg>

Desde hace más de 60 años, en diversas partes del mundo, aunque no de forma masiva y generalizada, se viene empleando en la construcción de base y sub-base de carreteras, caminos, aeropuertos, calles y en la

ejecución de edificaciones de viviendas, naves agropecuarias e industriales. Durante los últimos años estas mezclas se han empleado en la construcción de canales y otras obras relacionadas con la rama hidráulica.

### **b. Pacas de Paja**

Las pacas de paja fueron utilizadas originalmente como material de construcción en Nebraska, utilizando las primeras empacadoras hacia finales del 1,800.



Construcción con pacas de paja.

Fuente: [http://www.bajatec.net/wp-content/uploads/2011/06/paja\\_autoportante.jpg](http://www.bajatec.net/wp-content/uploads/2011/06/paja_autoportante.jpg)

Las construcciones con pacas de paja fueron redescubiertas en la década de 1,980 y se puede considerar la más popular de las técnicas alternativas de construcción, ya que la paja es un material con una baja energía involucrada en su cultivo y empacamiento, es

barata (si es local) y tienen un valor de aislamiento térmico y acústico muy alto; se puede utilizar tanto paja de cereales comerciales (avena, trigo, cebada, centeno) como pastos fibrosos locales.

La técnica constructiva es muy rápida; estructuralmente puede ser utilizada como muros de relleno o muros de carga. Las pacas se instalan como si fueran ladrillos y se requiere una cadena de repartición de cargas que permita tanto la distribución uniforme del peso del techo como la conexión ente el techo y el cimiento, que es muy importante para efectos de vientos y sismos. Su principal enemigo es la humedad y tiene ciertas limitaciones espaciales por el ancho de los muros. Sin embargo esto se ve compensado con lo económico y fácil de la técnica.

### **c. Palma**

Este tipo de material orgánico es utilizado comúnmente para los techos de las viviendas. Es común en lugares cálidos y húmedos, por ejemplo zonas costeras o tropicales.

La hoja de la palma no es sólo un material constructivo, es un sistema constructivo, pues por sí sola es un material articulado y estructurado, ya que constituye por sí misma una especie de panel capaz de cubrir o dividir con muy poco esfuerzo un espacio completo.



Construcción de cubierta con hojas de palma.  
Fuente: <http://thumbs.dreamstime.com/z/construcci%C3%B3n-de-una-choza-tradicional-en-timor-del-oeste-16855384.jpg>

#### d. Bambú

Material de origen vegetal considerado una gramínea leñosa y por demás renovable; no necesita de plaguicidas ni fertilizantes y en cuanto a su ciclo de producción, se resalta la rapidez con la que el bambú alcanza su madurez, ya que a unos seis años de su siembra, está listo para ser cosechado y tratado como nuevo material para la construcción, alcanzando en este período alturas de hasta 20 m.

Sus características físico-mecánicas logran un buen desempeño ante los esfuerzos de flexión y compresión; su bajo peso, ya que se trata de una pieza cilíndrica vacía en su interior, lo que hace que las cargas muertas de la edificación disminuyan y con ellas el tamaño de

sus cimentaciones; bien inmunizado y protegido de la intemperie, puede durar cientos de años; su alta capacidad de interacción con otros materiales como el acero y el concreto.

Es ideal para columnas, cubiertas, techos, muros o también como revestimiento. Cuanto más oscuro sea el bambú, más blando es, por lo que para una estructura se necesita la mayor resistencia y elasticidad.



Construcción con bambú en Bali.  
Fuente: [http://cdn3.lavozdelmuro.net/wp-content/uploads/2015/05/casa\\_bambu\\_12.jpg](http://cdn3.lavozdelmuro.net/wp-content/uploads/2015/05/casa_bambu_12.jpg)

### e. Piedra

Pesántes (2012) define: la piedra es el material de construcción noble por excelencia. Como material estructural lo más utilizado es el granito, arenisca, caliza, mármol y pizarra. Este material también es usado para cimentaciones, paredes, fachadas. Las ventajas de usar la piedra es su durabilidad y bajo mantenimiento; es un buen aislante térmico y acústico, buena protección de calor en verano y de frío en invierno. Tiene la desventaja de que es complicado su transporte y requiere de maquinaria para acabados finos.



Construcción con piedra natural.

Fuente: [http://cdn3.lavozdelmuro.net/wp-content/uploads/2015/05/casa\\_bambu\\_12.jpg](http://cdn3.lavozdelmuro.net/wp-content/uploads/2015/05/casa_bambu_12.jpg)

- **Piedra caliza.** Esta piedra es un tipo de roca calcárea, compuesta por carbonato de calcio. Para el uso exterior se recomienda encalar el muro con el fin de aumentar su resistencia a la humedad y mejorar su aislamiento.



Construcción con piedra caliza.

Fuente: [http://static.habitisimo.es/photos/business/big/casa-con-piedra-caliza-entaco\\_686515.jpg](http://static.habitisimo.es/photos/business/big/casa-con-piedra-caliza-entaco_686515.jpg)

- **Piedra pizarra.** La pizarra es una piedra metamórfica homogénea formada por la compactación de arcillas. Se presenta generalmente en un color opaco azulado oscuro y dividido en lajas u hojas planas, siendo por esta característica, utilizada en cubiertas. Se puede presentar en forma cuadrada, rectangular o incluso customizada.



Construcción con piedra pizarra en cubierta de techo.

Fuente: <http://dnconstruccion.com/wp-content/uploads/2015/03/cubierta-pizarra.jpg>

- **Mármol.** El mármol es roca sedimentaria carbonatada, el cual por un proceso de metamorfosis ha alcanzado su cristalización. Es resistente y dura más que la caliza y es moldeable.

#### f. Madera

La madera es uno de los pocos materiales que son naturales, sostenibles y completamente renovables. La producción de la madera es beneficiosa para el medio ambiente. Entre las numerosas ventajas de cultivar árboles, se encuentra la reducción de la cantidad de gases invernadero en la atmósfera y así también la atenuación del cambio climático.

La estructura de la madera es lo que determina para qué se puede utilizar. Hay distintos tipos de madera que se distinguen por su dureza en relación con el peso específico: madera blanda (o suave) y madera dura.



Construcción en madera.

Fuente: <http://icasasecologicas.com/wp-content/uploads/2012/07/Casa-de-madera-23.gif>

En términos prácticos, las maderas suaves son más fáciles de trabajar. Tienen menor densidad, absorben la pintura más fácilmente, producen más estillas y por lo regular tienen un color claro. Son mucho más económicas que las maderas duras y por lo tanto se utilizan en muebles comerciales; normalmente no se consideran adecuadas para la construcción, sin embargo se utilizan comúnmente en construcciones rápidas y económicas. Las maderas suaves provienen

de árboles de crecimiento rápido y tienen el período de vida más corto. La madera blanda es más común que la madera dura. Ejemplos de maderas blandas son el pino, cedro, abeto, ciprés, haya, fresno, álamo y abedul.

Las maderas duras provienen de árboles de lento crecimiento. Tienen una vida útil larga y son más densas (pesadas) y difíciles de trabajar, cortar, rayar, comprimir y desfigurar. Tienen un precio mucho mayor que las maderas suaves, en parte debido a su calidad y en parte a la escasez provocada por su lento crecimiento. Producen pocas o nulas estillas y por lo regular tienen un color natural atractivo. Se utiliza la madera dura para muebles de alta calidad y construcciones duraderas. También se utiliza para hacer tallas de madera, vigas y otros productos en los que es importante la calidad y fuerza. Ejemplos de maderas duras son el roble, nogal, arce (maple), cerezo, encina, olivo, castaño, caoba y olmo.

- **Utilización de madera certificada**

Se contempla una producción sostenible de este material que considere una gestión responsable de los bosques, la cual permita satisfacer sus necesidades ecológicas, sociales, culturales y económicas. Existen diferentes Certificaciones y Normativas de referencia relativas al uso de madera certificada.

Implementando programas de reforestación y tala controlada para que la velocidad del consumo no exceda la capacidad de regeneración, haciendo este trabajo sostenible. El problema se presenta en la tala indiscriminada que se da en Latinoamérica a los

bosques maderables, cuya velocidad de consumo excede con creces a la velocidad de regeneración.

### 3.10.2 Materiales regionales

La utilización de materiales no regionales ocasiona elevados consumos energéticos producidos en su mayor medida por el transporte. Mediante la utilización de materiales regionales se evita un derroche energético, en muchos casos innecesario, así como elevadas emisiones de gases de efecto invernadero. A su vez se fomenta y potencia una estrategia de desarrollo económico regional.

### 3.10.3 Materiales reciclados

La utilización de materiales reciclados en el edificio supone el ahorro energético y de materia prima en la producción de nuevos materiales, contribuyendo así a la mejora del medio ambiente.

A continuación, se presenta una tabla resumen con la descripción de los diferentes materiales reciclables y su aplicación actual en la construcción.

MATERIALES RECICLABLES	
USO	DESCRIPCIÓN
MUROS PET	Envases triturados e incorporados a mezclas cementicias, haciendo bloques
REVESTIMIENTO DE PAREDES	Tablero de polietileno reciclado prensado
	Tamoc: tablero de triturado de alfombras
METALES RECICLADOS	Aluminio
	Hierro
	Acero
Consumo de energía disminuye en un 70% y el uso del agua se reduce en un 40%	
TABLEROS AGLOMERADOS	Ecoplak: compuesto de triturado de alfombras de automóvil
	Panel: de partículas de madera unidas con un adhesivo ureico
	Placa masisa: usada en tabiques y muros no expuestos a la humedad
LADRILLOS DE PAPEL	Bloques de papel reciclado
CONCRETO CON VIDRIO RECICLADO	Se agrega vidrio molido al concreto como reemplazo de la arena o pedrín. Concreto más liviano
DEXTERRA	Lavamanos y tops de vidrio reciclado mezclado con cemento aglutinante, puzolanas, arena y fibra. Se puede pulir con equipos industriales
NAKEDBOARD	Panel de papel reciclado, triturado y comprimido resistente a la humedad
NYLOSHEET	Panel de material reciclado compuesto de alfombras y resinas libres de COV (compuestos orgánicos volátiles), impermeable resistente al moho y termitas
BLOX	Bloques con fibras de celulosa (en un 65%) procedentes de periódicos, guías telefónicas, boletos de lotería, combinados con cemento
ADOQUINES	Fabricados con residuos de neumáticos y plásticos reciclados; no absorben agua ni se agrietan con los cambios de temperatura. Son 30% más ligeros que los adoquines de concreto
LADRILLO VIDRIADO	Tipo de azulejo con acabado vidriado a base de barniz de plomo libre de COV
BIO-GLASS	Tablero con superficie lisa antideslizante, de vidrio reciclado calentado y aglomerado bajo presión, sin aglutinantes ni colorantes
TEJAS DE VIDRIO	Fabricadas de vidrio normal, y empleadas para captar la energía solar, permiten calentar el agua mediante un intercambiador de calor
PAVIMENTO ECOLÓGICO	Compuesto por calcín de vidrio, reactivos y áridos, se consigue un cemento de vidrio micronizado, formando el pavimento
AZULEJOS	Producto cerámico con un 70% de material reciclado: residuos de post-consumo, botellas de vidrio, porcelana de sanitarios, polvo de granito y abrasivos
ECORE	Suelos de caucho y plástico reciclado a partir de neumáticos y botellas PET, en un 95%
MAIN STREET	Baldosas ecológicas, procedentes de azulejos de desecho con un contenido entre el 4-20%
TABLEROS CAF	Panel rígido formado por el tamizado de material reciclado, comprimido con calor y presión envuelto en papel de alta resistencia, permitiendo la insonorización
ECOCYCLE	Baldosa producida con un 40% de material cerámico reciclado, con acabado antideslizante
MIXOLOGY	Azulejos metálicos con un 50% de material reciclado
CRUSH	Azulejos con 100% de vidrio reciclado de cristales rotos de las ventanas
GEOSILEX	Pavimento fabricado con residuos de la producción del acetileno, absorbe CO2 y es una pasta aditiva para concretos en una proporción del 3-10% de su peso

Tabla de materiales reciclables

Fuente: Elaboración propia y adaptado de [https://prezi.com/xrrkik0ncwwf/materiales-](https://prezi.com/xrrkik0ncwwf/materiales-recicladus-usados-en-construccion/)

recicladus-usados-en-construccion/  
3 Teoría y Conceptos

### 3.10.4 Materiales de construcción nocivos

Algunos materiales de construcción tienen efectos nocivos para la salud y el medio ambiente. Por ejemplo: El concreto y ciertos tipos de granito pueden ser radiactivos. El *radón* es un gas radiactivo que no tiene olor ni color y puede encontrarse en casi todos los tipos de suelo, incluso en las rocas y el agua, este gas proviene de la descomposición natural del uranio. En general, el radón se mueve hacia arriba, a través del suelo, hasta el aire que se respira y puede llegar a causar cáncer de pulmón.

El *amianto* o *asbesto* es un material aislante de origen mineral peligroso cuando se dispersa en el aire en forma de fibras diminutas invisibles a simple vista; produce asbestosis ocasionando graves dificultades respiratorias y cáncer de pulmón. Muchas pinturas, barnices y materiales sintéticos emanan gases tóxicos (fenoles, formaldehídos, benceno, tricloroetileno y otros). Estas sustancias tienen estructuras moleculares que no se hallan en la naturaleza, por lo que los ecosistemas no están preparados para procesarlos fácilmente. No se conocen sus efectos a largo plazo.

A continuación se enuncian algunos materiales o sustancias de diferentes niveles de toxicidad nocivos para la salud.

MATERIAL o SUSTANCIA	PROBLEMA	SE RECOMIENDA
Aislación de fibra de vidrio	El polvo de lana de vidrio es un carcinógeno, la resina plástica ligante tiene fenol formaldehído	Sellar para evitar el contacto de la fibra con el aire interior.
Aislación de espuma plástica (poliuretano o PVC)	Emanaciones de componentes orgánicos volátiles (VOC). Humo muy tóxico al inflamarse	Evitar su uso si está en contacto con el interior. Buscar sustitutos naturales como la viruta de madera o el corcho
Tuberías de cobre para agua (con soldadura de plomo)	La soldadura de plomo desprende partículas de este metal.	Solicitar soldadura sin plomo y contraflujo de vapor o agua sobrecalentada por el sistema antes de habilitar la instalación
Pinturas sintéticas de interior	Algunas emanan componentes orgánicos volátiles y gases de mercurio	Optar por pinturas al agua y libres de mercurio. Ventilar bien el edificio antes de ocuparlo. Emplear pinturas de baja toxicidad
Ladrillos refractarios	Contienen distintos porcentajes de aluminio tóxico	Elegir los ladrillos de tonalidad más clara, que contienen menos aluminio

Tabla de materiales o sustancias contaminantes  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Bioconstrucción - Materiales Contaminantes en las Construcciones (GARCEN 2000).

La exposición a químicos tóxicos afecta al sistema inmune del organismo humano. Los síntomas pueden variar desde dolor de cabeza, depresión, estados gripales continuos. La mayoría de los productos tóxicos no sólo afectan la salud de los seres humanos, sino también a la naturaleza (la tierra, el aire, el agua...). A

largo plazo pueden derivar en malformaciones congénitas y al desarrollo de distintos tipos de cáncer. Por lo general son productos derivados del petróleo.

El amianto o asbesto es un material aislante de efectos cancerígenos comprobados, su uso está prohibido por su alta toxicidad. Otros materiales contienen plomo, mercurio o arsénico. El plomo origina daños al sistema nervioso, inhibe el transporte de oxígeno y calcio.

La instalación eléctrica de una vivienda y los electrodomésticos (microondas) producen campos magnéticos y eléctricos que alteran el equilibrio orgánico. Otros materiales filtran radiaciones naturales que son necesarias para una vida saludable. Una sustancia tóxica puede actuar a través de la piel por contacto, de la respiración por inhalación, de la ingestión y del contacto con los ojos.

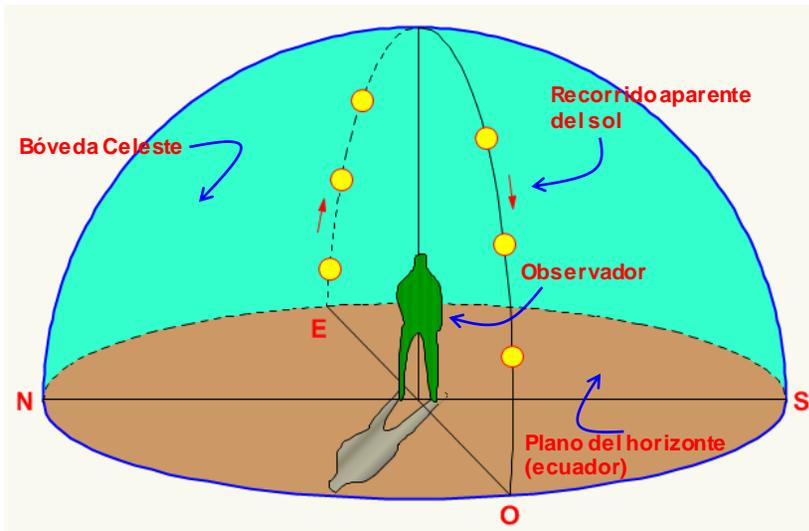
### 3.11 Carta solar

#### 3.11.1 Recorrido aparente del sol

Si se observa el cielo desde la tierra, da la impresión de que los objetos celestes se mueven alrededor de la tierra, esto dio pie a la teoría geocéntrica en la antigüedad, en la que se pensaba que la Tierra era el centro del Universo y todo lo demás giraba a su alrededor, evidentemente esto no es cierto, tan solo es un efecto provocado por el movimiento de rotación de la Tierra.

Para comprender mejor la incidencia del Sol sobre la Tierra, y para el estudio del asoleamiento en arquitectura y el urbanismo, se supondrá que la Tierra está inmóvil y

el Sol se mueve a su alrededor. Y para esto, se utiliza la llamada bóveda o esfera celeste de tamaño arbitrariamente grande sobre la que se proyecta cualquier objeto lejano (estrella, planeta, luna, sol, etc.) haciendo que el rayo de proyección pase por el centro de la Tierra, que se encuentra en el plano del ecuador.

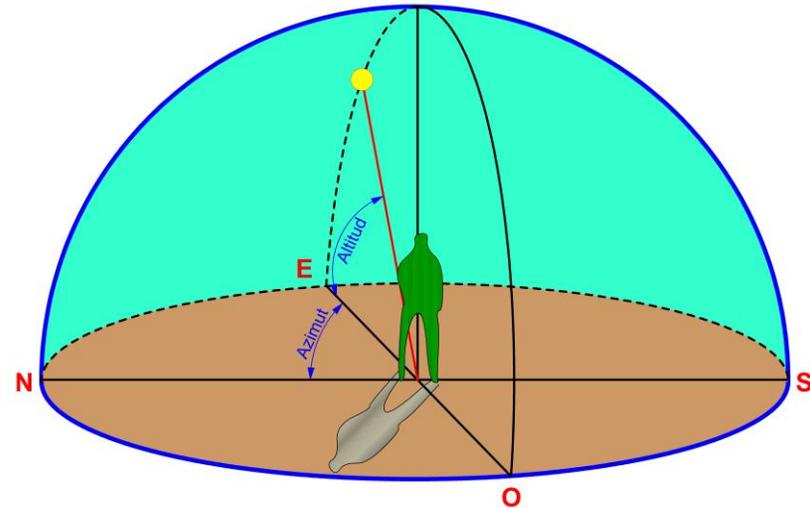


Bóveda Celeste  
Fuente: Elaboración propia

Si se quiere conocer la ubicación del Sol en un determinado día y hora, respecto al observador, es necesario utilizar las **coordenadas celestes**.

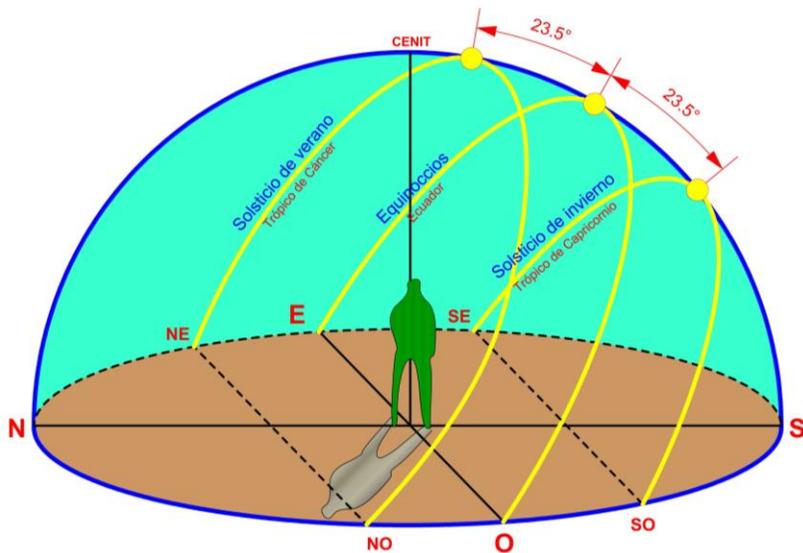
- **Ángulo Acimutal Solar**, es el ángulo horizontal con relación entre la dirección del norte y un punto en el círculo del horizonte (en sentido de las agujas del reloj), va de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ .

- **Ángulo de Altitud Solar**, es el ángulo vertical entre el plano del horizonte y la línea que une el sol con el observador, va de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ .



Coordenadas celestes  
Fuente: Elaboración propia

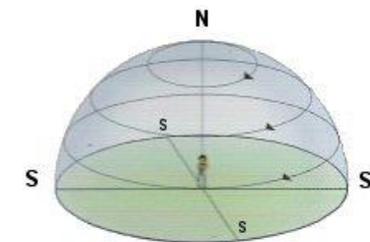
El recorrido durante el día del sol traza arcos semicirculares alrededor de la Tierra. En ellos vemos que la salida y puesta del Sol de Este a Oeste corresponde a los equinoccios, y en los solsticios un desplazamiento paralelo al recorrido anterior, provoca una modificación de las horas del día.



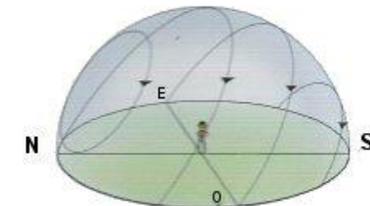
Trayectoria aparente del sol en el cielo del hemisferio norte  
Fuente: Elaboración propia

Dependiendo en que “latitud” se encuentre el observador, se puede apreciar el siguiente desplazamiento del sol:

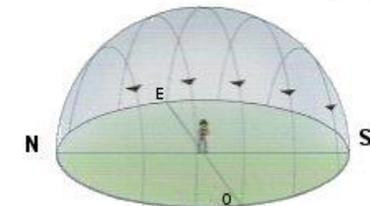
En el **polo norte** ( $90^\circ$  N), el recorrido trazará circunferencias paralelas al horizonte, sin salir ni ponerse. En el **ecuador** ( $0^\circ$ ), el recorrido será vertical, los dos polos se encontrarán uno al norte y el otro al sur. En las latitudes **boreales medias** ( $40^\circ$  N), el recorrido se muestra inclinado hacia el sur, y el polo norte se observa a media altura en el cielo. En las latitudes **australes medias** ( $40^\circ$  S), el recorrido se muestra inclinado hacia el norte en torno al polo sur, visible también a media altura.



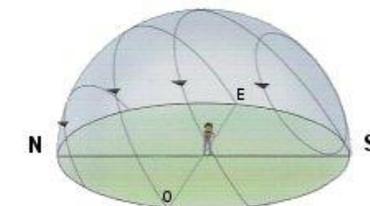
En el polo norte ( $90^\circ$ N)



En latitudes boreales medias ( $40^\circ$ N)



En el ecuador ( $0^\circ$ )



En latitudes australes medias ( $40^\circ$ S)

Recorrido solar dependiendo de la latitud donde se encuentre el observador  
Fuente: <http://www.astronomiainiciacion.com/images/xmovimiento.jpg.pagespeed.ic.XIPKv6Ybao.jpg>

### 3.11.2 Métodos de análisis

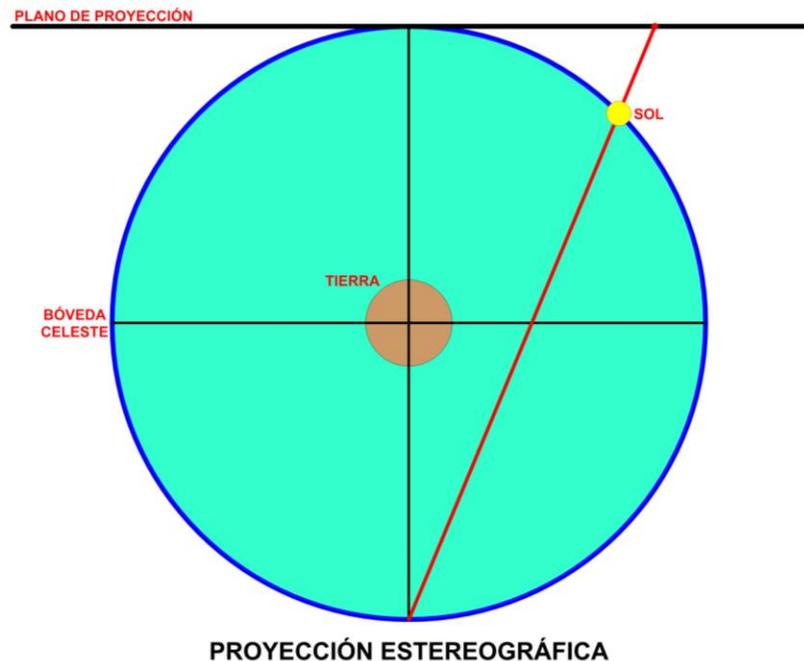
Existen tres formas de conocer y analizar el comportamiento solar. La primera es a través de **métodos gráficos**, que de hecho son los más prácticos para los arquitectos, ya que a pesar de que no proporcionan información precisa o exacta, sí se presentan en forma clara, fácilmente traducible en términos de diseño y con la aproximación necesaria para los fines arquitectónicos. Existen varios tipos de diagramas, cada uno de ellos con distinta finalidad; diagramas de trayectoria y posición solar: diseño, análisis y evaluación de sistemas y dispositivos de control, orientación y ubicación de los espacios, análisis de obstrucciones etc. y diagramas para la estimación cuantitativa de la energía solar.

La segunda es a través de **métodos matemáticos**, los cuales proporcionan información precisa, utilizada principalmente para fines técnicos como lo son: balances de energía, análisis y evaluación de materiales constructivos y su transferencia térmica, diseño de sistemas y dispositivos solares activos, etc.

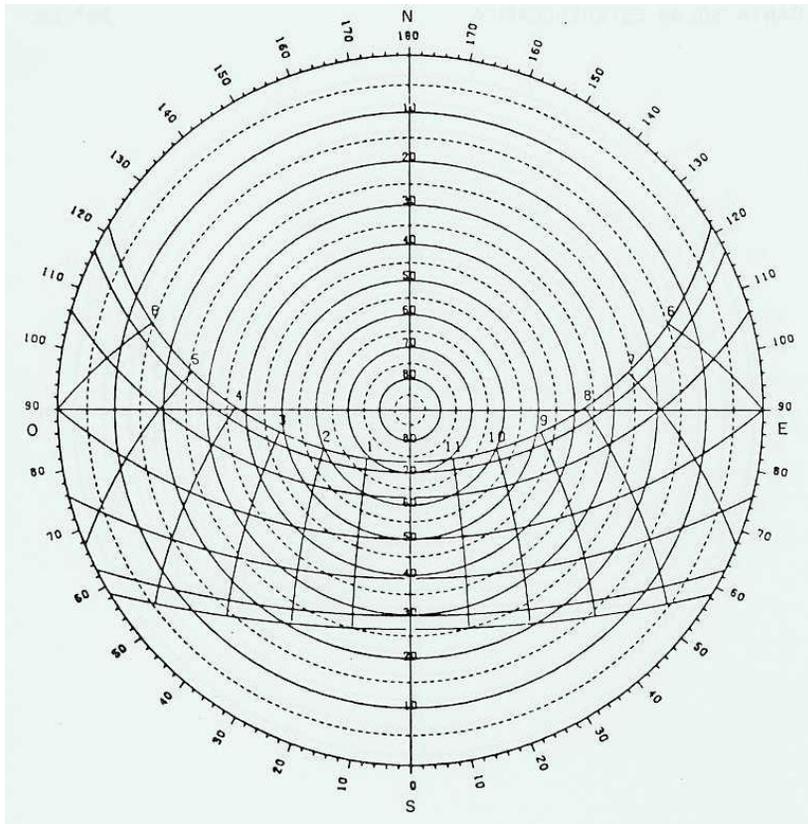
La tercera es a través de **modelos físicos de simulación**; maquetas y heliodones, que dan únicamente una visión cualitativa del comportamiento del edificio.

Los **métodos gráficos** se clasifican según el sistema de proyección de la trayectoria solar en:

- Cartas de proyección estereográfica
  - Cartas de proyección ortogonal
  - Cartas de proyección gnomónica
  - Cartas de proyección cilíndrica
- En las **cartas estereográficas** se proyecta la posición del Sol sobre un plano tangente a la bóveda celeste en el polo norte y paralelo al ecuador celeste, tomando como referencia el polo sur celeste. Tiene como propiedad que conserva los ángulos y, por tanto, se puede utilizar para dibujar sombras sobre ella.

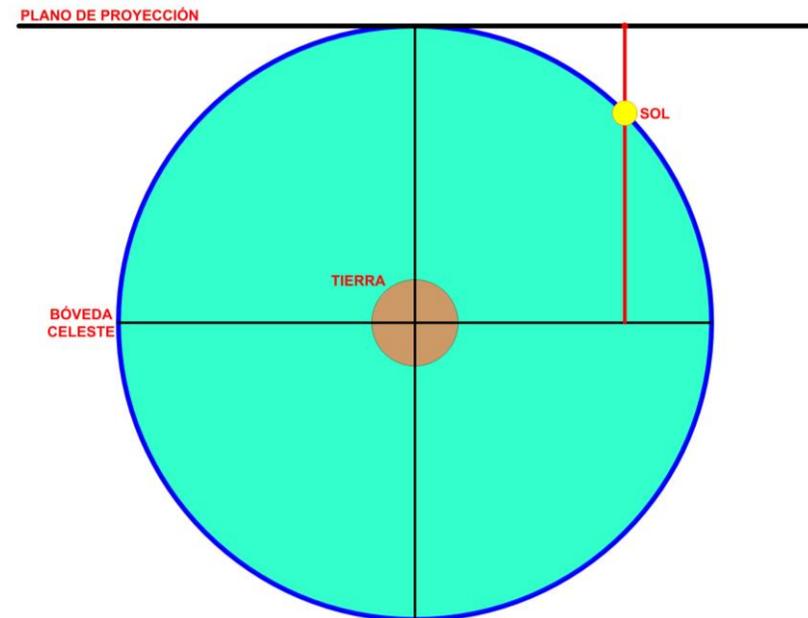


Proyección estereográfica  
Fuente: Elaboración propia



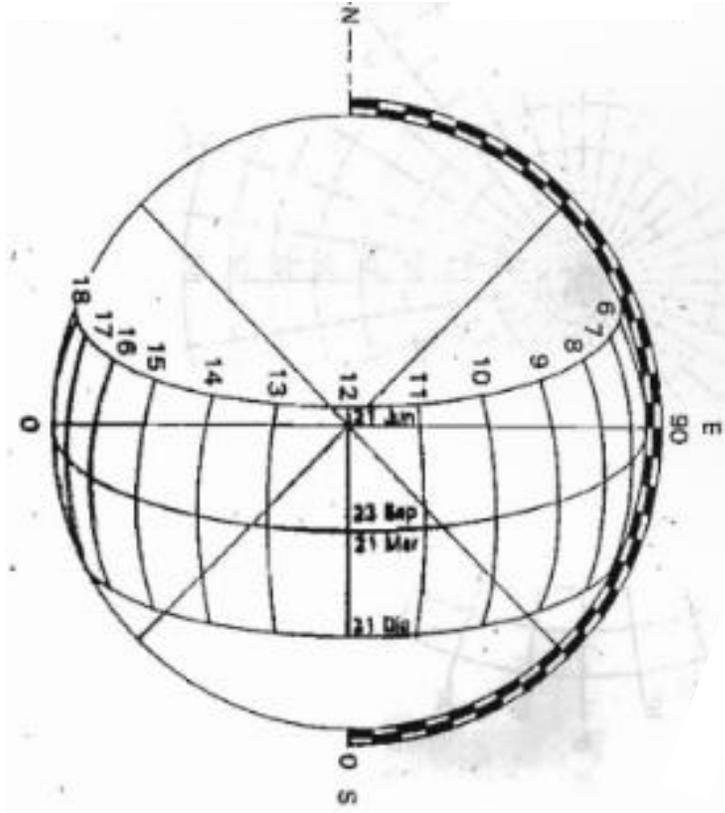
Carta solar estereográfica, latitud 40° Norte  
 Fuente: <http://www.sergioperezarq.com/wp-content/uploads/2015/01/Carta-solar-BIEN.jpg>

- En las **cartas ortográficas u ortogonales** se proyecta la posición del Sol perpendicularmente sobre un plano paralelo al ecuador celeste. Tiene como propiedad que mantiene correctamente las formas en la superficie cerca del ecuador, pero las falsea si están lejos del ecuador; no permiten su empleo en el sombreado.



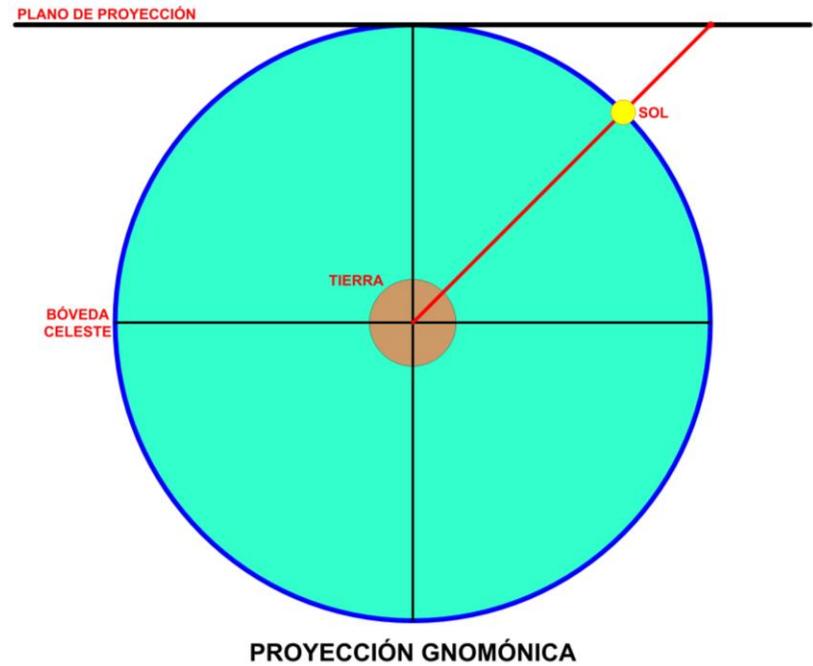
**PROYECCIÓN ORTOGRÁFICA**

Proyección ortográfica  
 Fuente: Elaboración propia

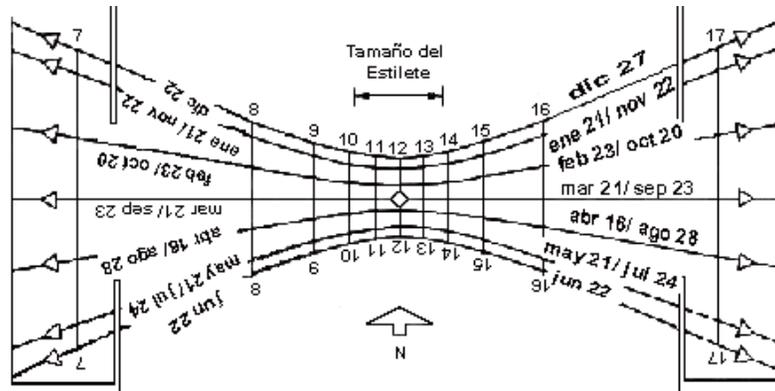


Carta solar ortográfica  
 Fuente: [https://issuu.com/residente/docs/manual\\_de\\_grafica\\_solar/c/sl8trod](https://issuu.com/residente/docs/manual_de_grafica_solar/c/sl8trod)

- En las **cartas gnomónicas** se proyecta la posición del Sol sobre un plano tangente a la bóveda celeste en el cenit y paralelo al ecuador celeste y tomando como referencia el centro. Tiene como aplicación la construcción de relojes solares.

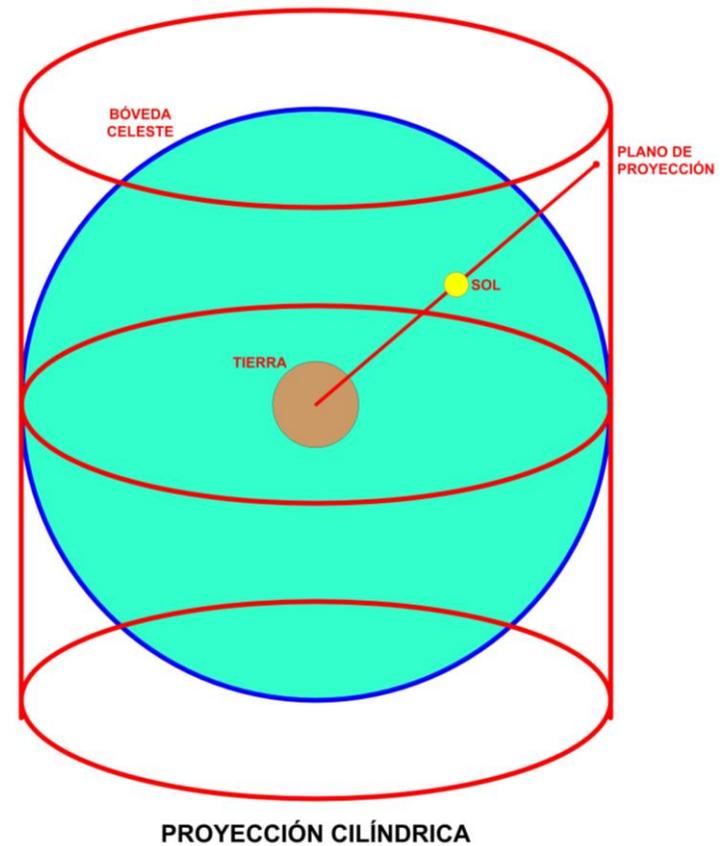


Proyección gnomónica  
 Fuente: Elaboración propia

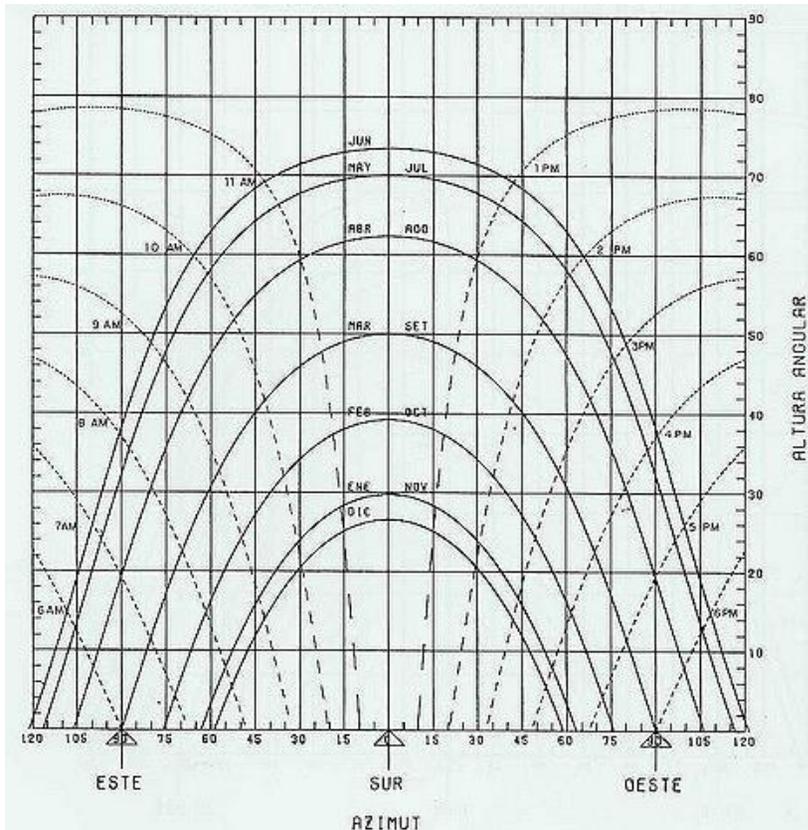


Carta solar gnomónica  
 Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/arquitectura/clase33/dibujo153.gif>

- En las **cartas cilíndricas** se proyecta la posición del Sol sobre un plano que rodea a la bóveda celeste tangente a ella a la altura del ecuador celeste y tomando como referencia el centro. Tiene como inconveniente que en todas aquellas localidades en las que el Sol alcanza el cenit, es decir aquellas con latitudes de menos de  $23^{\circ} 27'$ , no se puede dibujar completa la trayectoria solar.

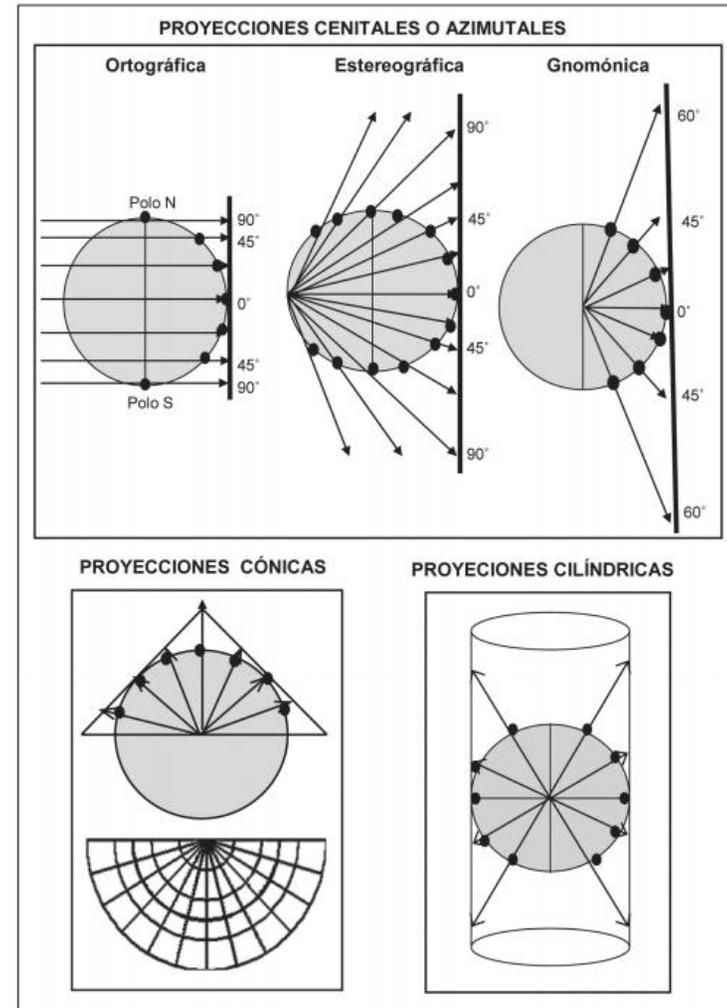


Proyección cilíndrica  
 Fuente: Elaboración propia



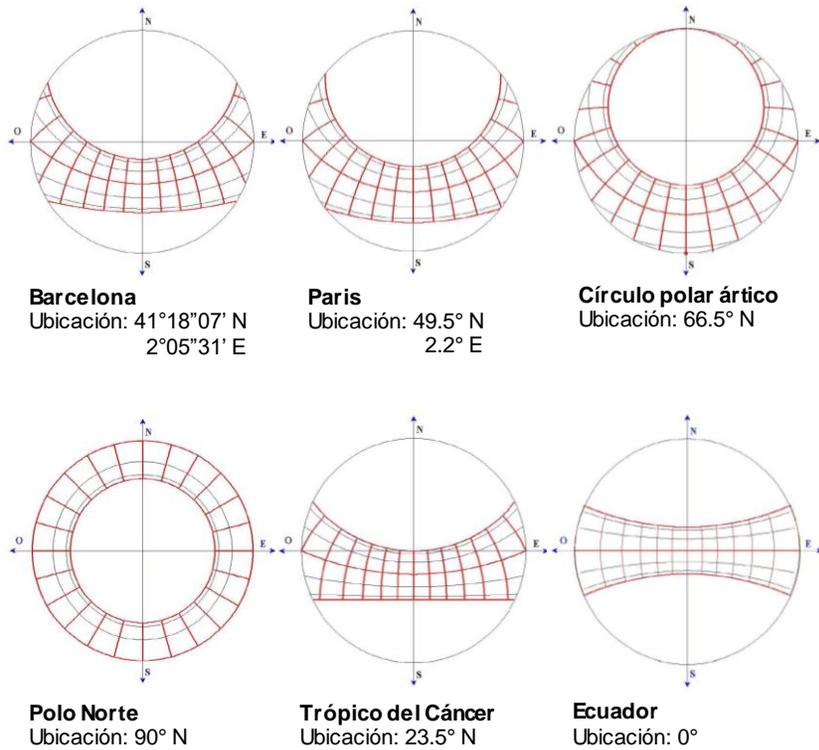
Carta solar cilíndrica, latitud 40° Norte

Fuente: [https://c1.staticflickr.com/5/4055/4362666969\\_3736d68c24\\_z.jpg?zz=1](https://c1.staticflickr.com/5/4055/4362666969_3736d68c24_z.jpg?zz=1)



Principales tipos de proyecciones

Fuente: [http://www.crea.uab.es/propies/pilar/LibroRiesgos/15\\_Cap%C3%ADtulo14.pdf](http://www.crea.uab.es/propies/pilar/LibroRiesgos/15_Cap%C3%ADtulo14.pdf)

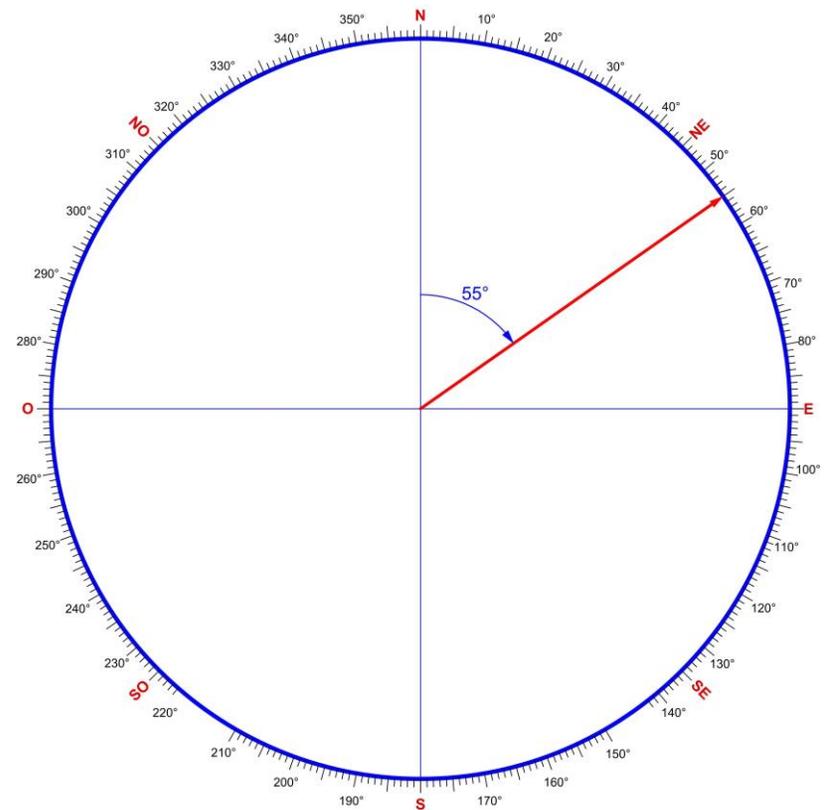


Diferentes Cartas Solares de acuerdo a ubicación  
 Fuente: [http://www.heliodon.net/downloads/Beckers\\_2004\\_Ir\\_El\\_diagrama\\_solar.pdf](http://www.heliodon.net/downloads/Beckers_2004_Ir_El_diagrama_solar.pdf)

### 3.11.3 Cómo entender la Carta Solar estereográfica

- **Acimut**

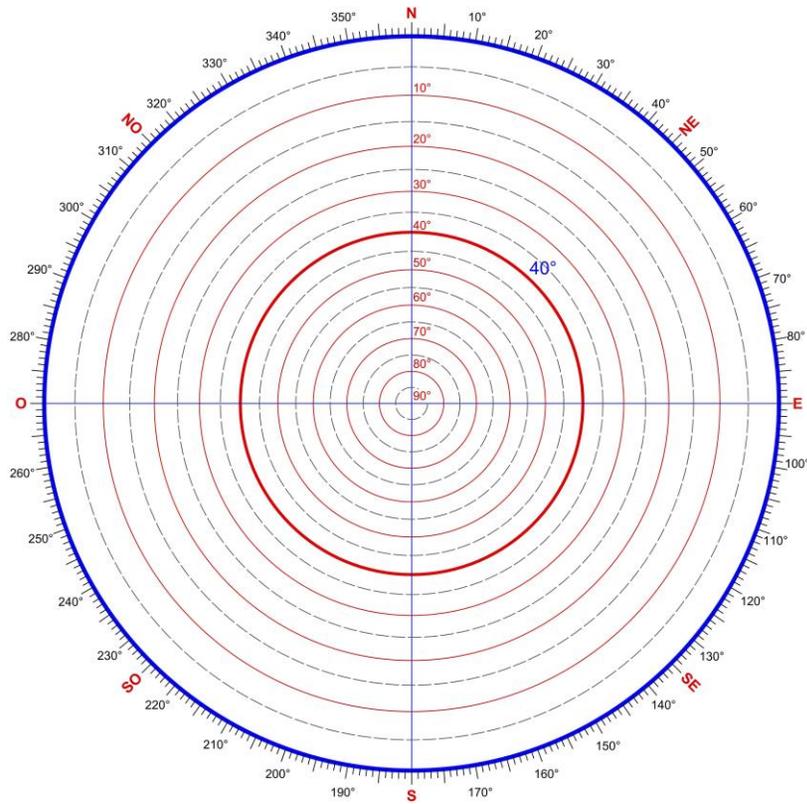
Se representa en una escala angular de 0° a 360° alrededor del círculo. Los ángulos exteriores determinan el ángulo acimutal, el cual es medido a partir del Norte y en sentido de las agujas del reloj.



Acimut de 55°  
 Fuente: Elaboración propia

- **Altitud**

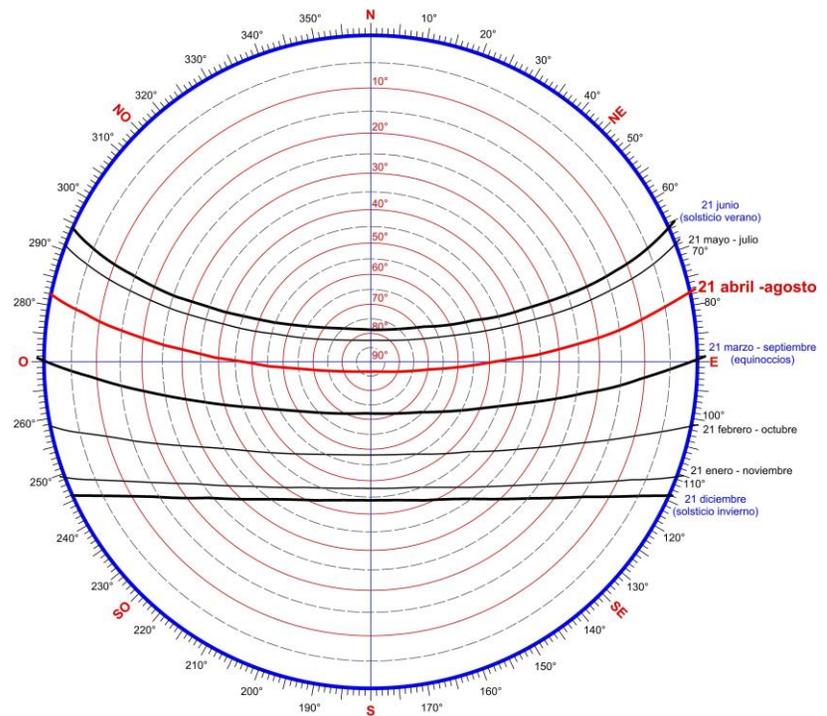
Los círculos concéntricos determinan la altura del sol; y se miden hacia arriba desde el horizonte (0°) al cenit (90°).



Altitud de 40°  
Fuente: Elaboración propia

- **Fechas**

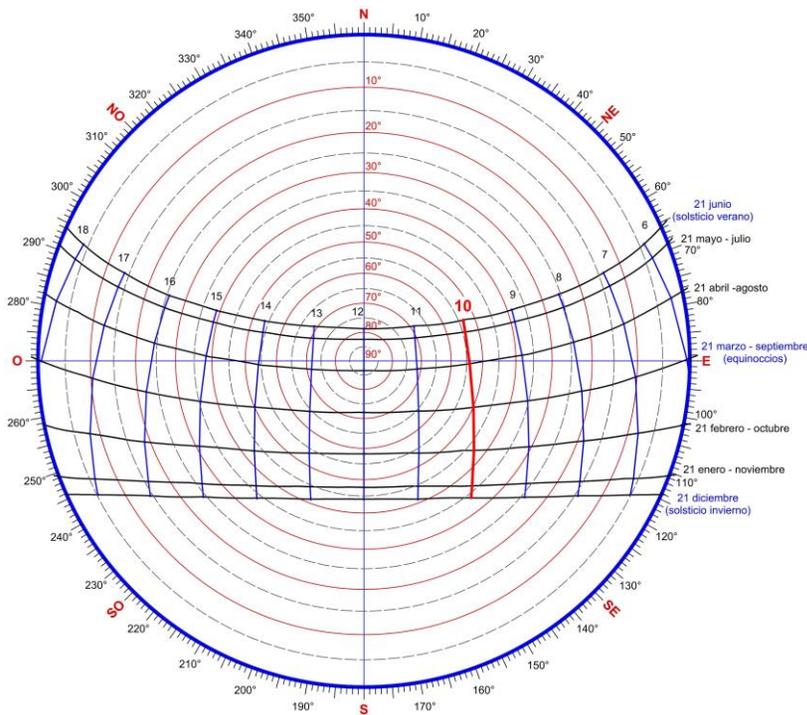
Las curvas que recorren el dibujo de izquierda a derecha representan las trayectorias solares según los días y meses, de acuerdo a la latitud de Guatemala 14.64° N; siendo la curva superior la correspondiente al solsticio de verano, la inferior la del solsticio de invierno y las intermedias las parejas de meses entre esas fechas.



Fecha 21 abril-agosto  
Fuente: Elaboración propia

- **Horas**

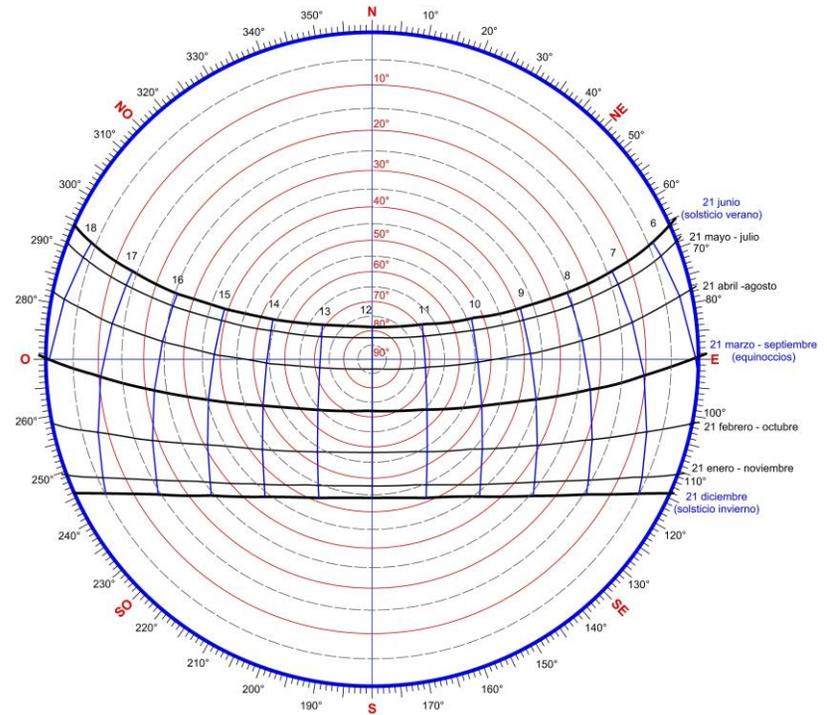
Las curvas que cortan a estas trayectorias de arriba abajo representan las horas del día, siendo la vertical del centro la de las 12:00, hacia la derecha las horas de la mañana de una en una y hacia la izquierda las de la tarde.



Hora 10 a.m.  
Fuente: Elaboración propia

- **La Carta Solar para la ciudad de Guatemala**

Abajo se representa la carta solar estereográfica para la Ciudad de Guatemala, basada en las coordenadas geográficas: Latitud: 14.64° N y Longitud: -90.51° O.



Carta Solar para la Ciudad de Guatemala  
Fuente: Elaboración propia

## • Aplicación de la Carta Solar

Ejemplo:

Encontrar los ángulos de acimut y altitud, para las siguientes fechas y horas:

> 21 diciembre, 10 a.m.

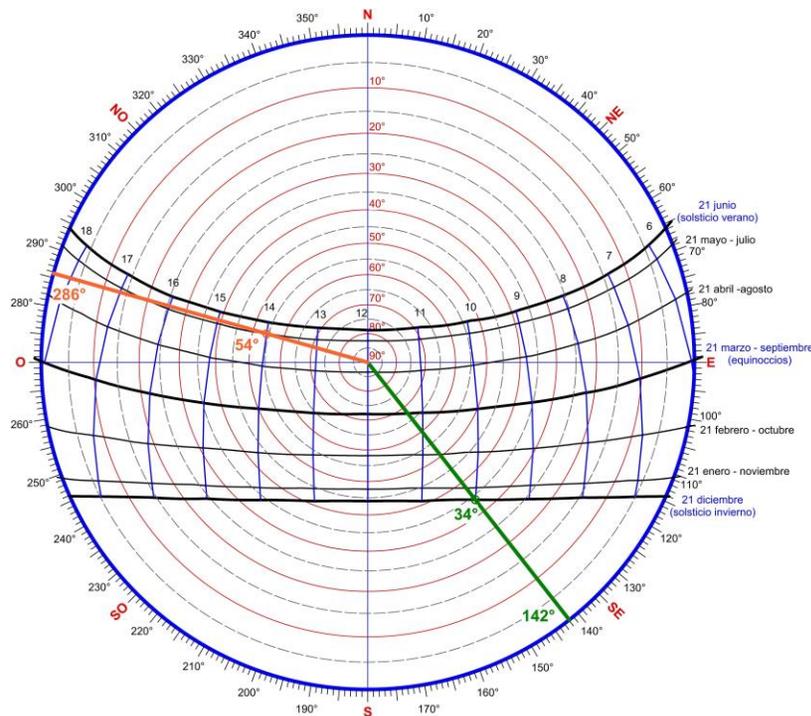
- Acimut: 142°

- Altitud: 34°

> 21 mayo, 2 p.m.

- Acimut: 286°

- Altitud: 54°



Aplicación de la Carta Solar para encontrar el acimut y la altitud a una fecha y hora específica.

Fuente: Elaboración propia

## 3.12 Heliódón

Hoy en día una de las preocupaciones en arquitectura, es el ahorro de energía, la cual se consume en las edificaciones donde el hombre desarrolla sus actividades.

El buen aprovechamiento de la energía, así como evitar los asoleamientos que afecten los espacios que requieran de un nivel de confort adecuado, va a depender de la habilidad en el diseño, elección de materiales constructivos y la orientación de los espacios.

Al lograr dichos objetivos se optimizará el consumo de energía y los niveles de confort serán los apropiados para que las actividades que se desarrollen en estos espacios sean satisfactorias para los usuarios.

Para poder lograr lo antes mencionado es necesario comprender, calcular y poder simular las trayectorias geométricas solares en los diseños arquitectónicos.

Para poder calcular asoleamientos se cuenta con las gráficas solares, ya sean ortogonales, estereográficas o equidistantes, que son las que nos proporcionan los datos suficientes para poder diseñar siguiendo un criterio de la geometría solar aplicándolas a los diseños de nuestras edificaciones. Y como complemento didáctico y práctico se necesita un aparato que sea capaz de simular exactamente la forma en que las edificaciones van a ser afectadas por el sol cualquier hora y día del año.

Este instrumento se denomina heliodón (del griego “hélíos” que significa Sol), y sirve para simular didácticamente la trayectoria aparente del sol en la bóveda celeste. La utilidad principal reside en el estudio del asoleamiento de un edificio o área urbana por medio de modelos a escala o maquetas; a través de una fuente de iluminación artificial en ambiente interior.

La aplicación del heliodón es versátil y puede utilizarse para la comprobación de diseño adecuado de elementos, tales como aleros, parteluces y ventanas, como también para aplicaciones de viviendas completas, edificios o análisis urbanístico.

Estos dispositivos pueden ser clasificados en tres grupos:

- De fuente luminosa fija y modelo arquitectónico móvil
- De fuente luminosa móvil y modelo fijo
- De fuente luminosa y modelo móviles

En todos éstos tipos de heliodones, los mecanismos de movimiento deben ajustar tres variables:

- Latitud, la cual define el ángulo del rayo del sol con relación a la localización geográfica.
- Variación estacional, la cual define la declinación solar en un día específico.
- Variación horaria, la cual define el ángulo horario del sol en cualquier momento del día.

Estas tres variables, permiten ilustrar las sombras producidas por la luz solar.



Mecanismos de movimiento del Heliodón URL  
Fuente: Elaboración propia

### 3.12.1 Heliodón de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Rafael Landívar

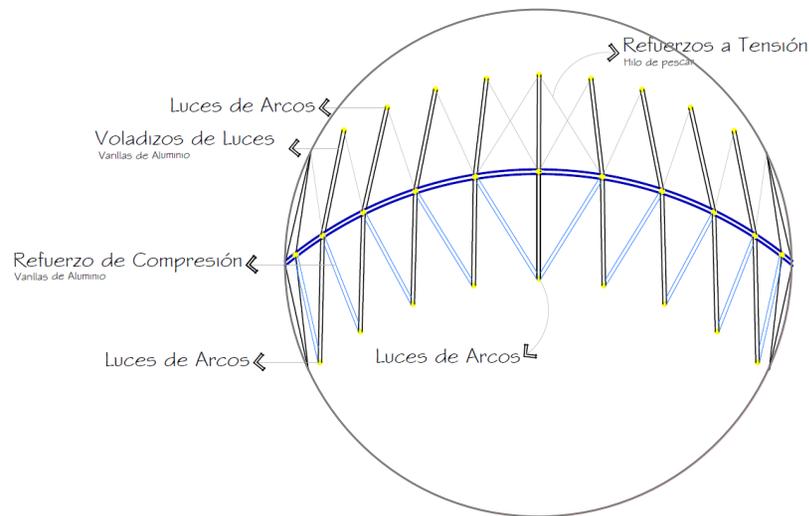
La Universidad Rafael Landívar, a través de la Facultad de Arquitectura y Diseño, llevó a cabo el acto de inauguración de dos heliodones, los cuales permiten que esta facultad sea la primera en Guatemala que cuenta con dicho sistema, que a partir del 18 de noviembre de 2014, se encuentra a disposición de los alumnos en el Laboratorio de Modelos y Prototipos en el edificio P.

La introducción de esta herramienta es de mucha importancia para los futuros profesionales de la arquitectura, ya que les permite obtener cálculos precisos de la exposición a la luz solar que tendrá alguna obra en proceso de diseño, permitiendo

verificarla, modificarla y volver a comprobarla durante las primeras etapas, con el objetivo de adecuar el inmueble respondiendo a las condiciones de radiación e iluminación del lugar, con el objetivo de lograr un diseño bioclimático y sustentable.

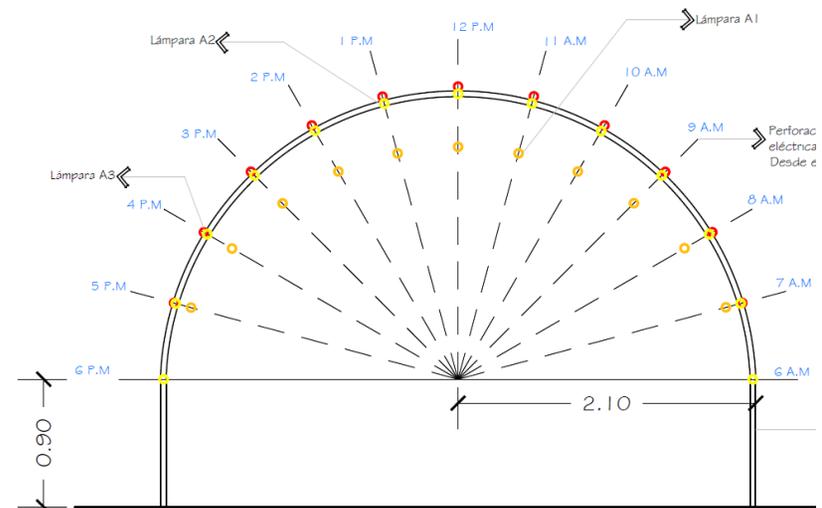
Es el primer país en Centroamérica en tener un heliodón a nivel universitario.

Durante cuatro meses, 40 alumnos de la promoción 2012, del curso Proyectos Arquitectónicos 5 del tercer año de la carrera; asesorados por los catedráticos arquitectos Rodolfo Castillo, Juan Carlos Mejía, Gladys Barrios y Esteban Lavagnino, investigaron y trabajaron en dos heliodones, uno de ellos portátil y más pequeño. Los estudiantes invirtieron +/- Q.14,000.00 de su bolsillo para llevar a cabo el proyecto, y la universidad aportó el espacio.



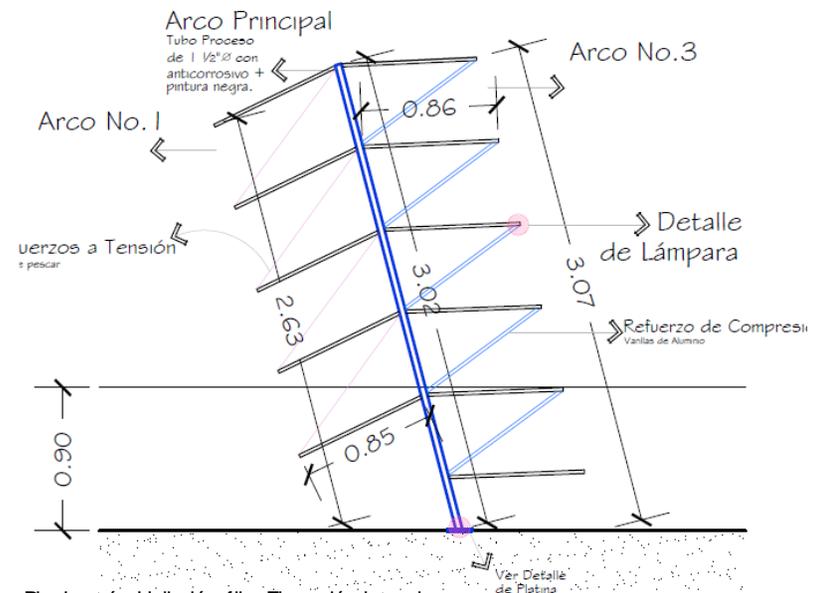
Planimetría Heliodón fijo. Planta

Fuente: Juan Daniel García, alumno del grupo diseñador



Planimetría Heliodón fijo. Elevación frontal

Fuente: Juan Daniel García, alumno del grupo diseñador



Planimetría Heliodón fijo. Elevación lateral

Fuente: Juan Daniel García, alumno del grupo diseñador



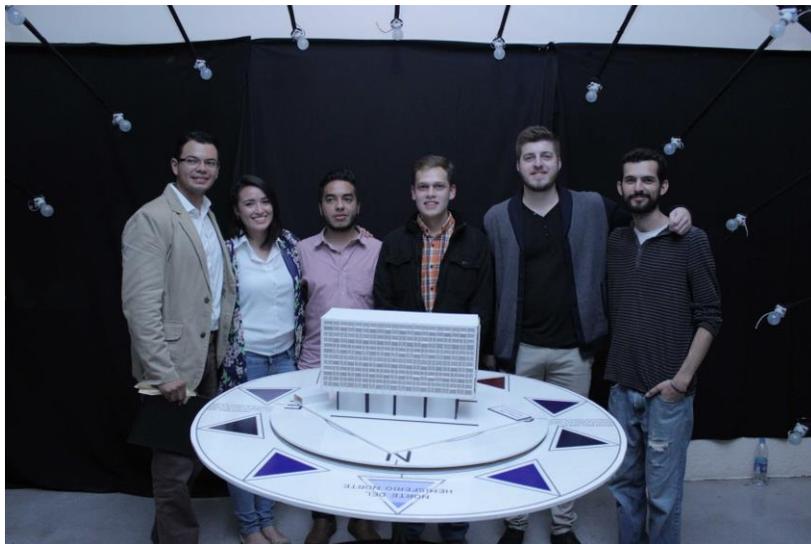
Heliodón portátil. Los alumnos con sus catedráticos Arq. Juan Carlos Mejía y Arq. Gladys Barrios

Fuente: Dirección de Comunicaciones, URL



Análisis de soleamiento en solsticio de invierno.

Fuente: Elaboración propia



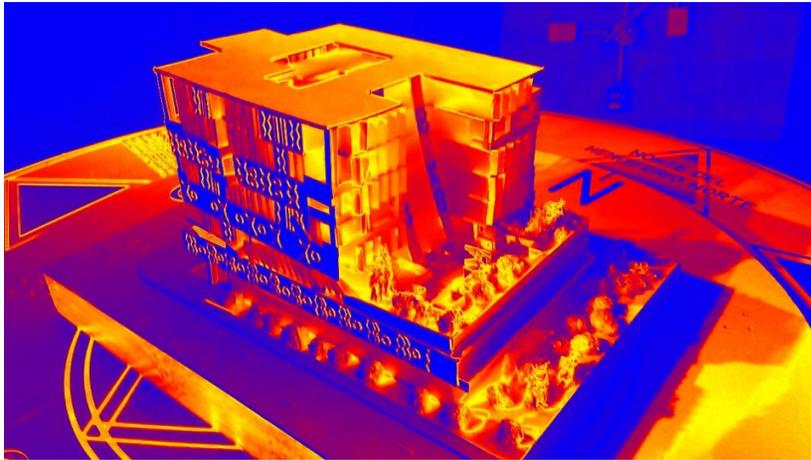
Heliodón fijo. Los alumnos con sus catedráticos Arq. Rodolfo Castillo y Arq. Esteban Lavagnino.

Fuente: Dirección de Comunicaciones, URL

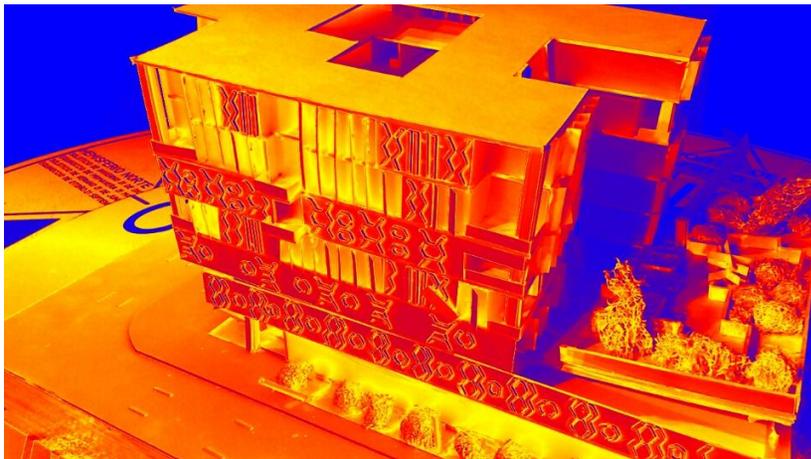


Análisis de soleamiento en equinoccio de primavera 3:00 pm.

Fuente: Elaboración propia



Análisis térmico de fachadas con ThermalVision®.  
Fuente: Elaboración propia



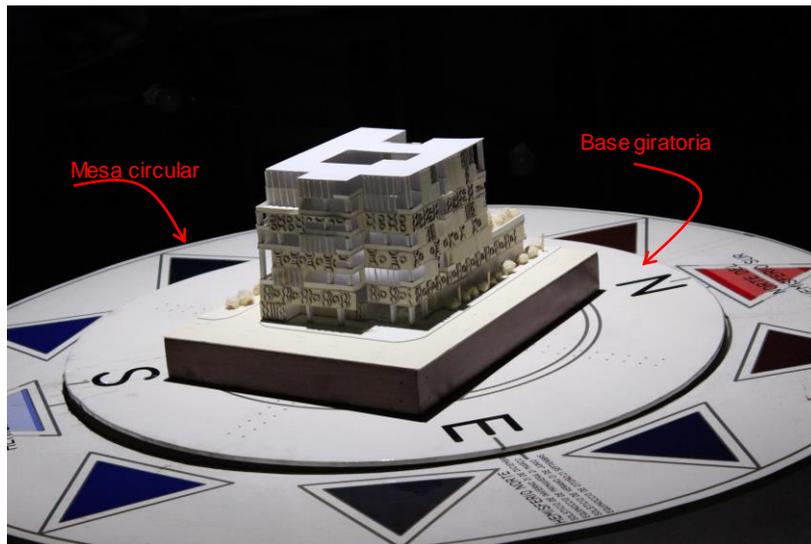
Análisis térmico de fachadas con ThermalVision®.  
Fuente: Elaboración propia

En el laboratorio de simulación climática de la Facultad de Arquitectura y Diseño, se podrá realizar el análisis solar y térmico en maquetas; a través del heliodón que está conformado por 3 recorridos principales del sol (solsticio de invierno, solsticio de verano y equinoccios de primavera y otoño); estructurados por tres arcos de tubo metálico. En cada uno existen 13 posiciones horarias registrables (de 6 am a 6 pm), a través de reflectores de luz blanca tipo Led, de 7w. Su inclinación está adecuada a la latitud de Guatemala ( $14.64^\circ$ ).



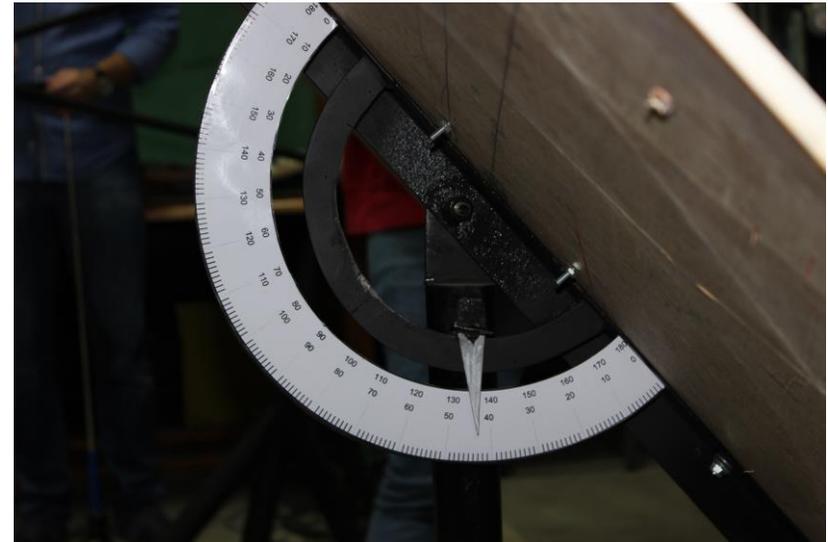
Recorridos aparentes principales del Sol.  
Fuente: Elaboración propia

El heliodón fijo, también está compuesto de una mesa en forma circular de  $\varnothing$  1.20 m. y 0.90 m. de altura, que simula el plano horizontal en su asociación con una maqueta. Sobre la cual están trazados los puntos cardinales que conforman un sistema de referencia cartesiano en base al norte geográfico. Sobre ésta hay otra base circular giratoria más pequeña de  $\varnothing$  0.785 m, que permite ubicar la orientación exacta del modelo.



Mesa circular con base giratoria.  
Fuente: Elaboración propia

La mesa tiene en su base, un transportador que permite ubicar y graduar exactamente la latitud que se requiera; considerada de grados en grados ( $0^\circ$  hasta  $180^\circ$ ).

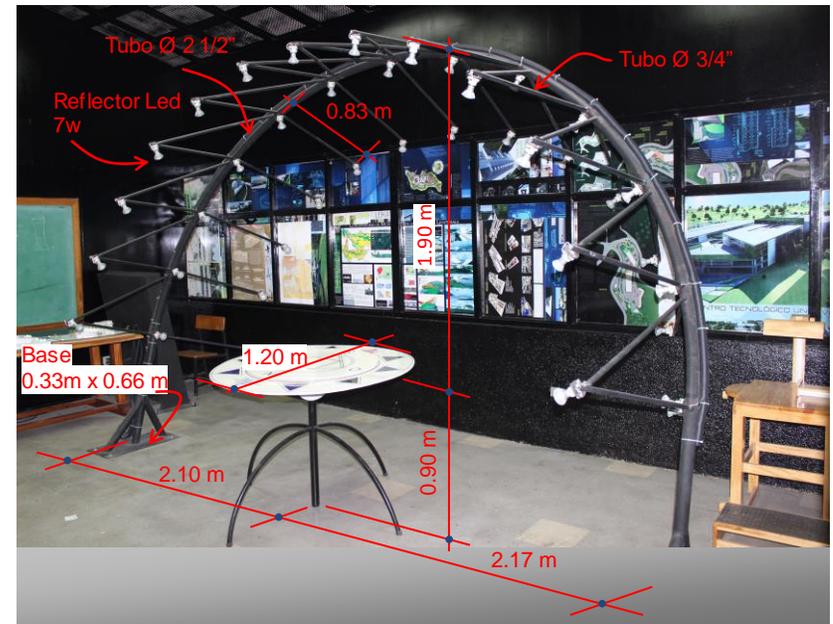


Transportador para graduación de latitud.  
Fuente: Elaboración propia

Las posiciones horarias, se controlan a través de un panel que posee 39 interruptores.



Panel de control con 39 posiciones horarias.  
Fuente: Elaboración propia



Dimensiones heliodón fijo.  
Fuente: Elaboración propia



Los 3 recorridos solares.  
Fuente: Elaboración propia



# 4 Entorno y Contexto

*La arquitectura debe pertenecer al entorno donde va a situarse y adornar el paisaje en vez de desgraciarlo.  
Frank Lloyd Wright*

## 4. Entorno y Contexto

El manual de estrategias de diseño bioclimático que se propone, pretende ser una herramienta de apoyo didáctico al área Proyectual y al área Tecnológica, de la carrera Licenciatura en Arquitectura de la Universidad Rafael Landívar.

### 4.1 Lugar

De acuerdo con sus estatutos, la Universidad Rafael Landívar es “una institución privada, no lucrativa, de educación superior, de inspiración cristiana, fundada por la Compañía de Jesús y un grupo de ciudadanos guatemaltecos identificados con el proyecto educativo jesuita, confiada a la Compañía de Jesús” (URL, 2007:1). Asimismo, a través de sus funciones de investigación, docencia y proyección social, busca contribuir a la formación de profesionales que transformen la sociedad a estados más humanos, justos inclusivos y libres.

Fue fundada en 1961 y en 1973 iniciaron las actividades académicas de la Facultad de Arquitectura.

### 4.2 Características del lugar

Actualmente, la Universidad Rafael Landívar está ubicada en la zona 16 de la capital, y cuenta con sedes en ocho regiones del país, siendo los Campus Central y de Quetzaltenango aquellos en los que se ofrece la carrera de Arquitectura. La carrera de Arquitectura dura cinco años y se ofrece en jornada matutina, los tres primeros años, y en jornada vespertina, los siguientes dos.

### 4.3 La carrera licenciatura en Arquitectura

La carrera licenciatura en Arquitectura, junto con las licenciaturas en Diseño Gráfico y Diseño Industrial, forma parte de la oferta académica de la Facultad de Arquitectura y Diseño. Es una carrera que fue acreditada en el año 2008 y re acreditada en el 2014.

El perfil que debe tener el profesional al egresar de la carrera es el de un arquitecto consciente de su entorno cultural, social, económico, político y ambiental. Por lo que se espera que sea prudente en el uso de los recursos y de la tecnología aplicada a la arquitectura; creativo para transformar el entorno, desde el planeamiento, la organización hasta la gestión de proyectos, así como en el trabajo en equipo y multidisciplinario; crítico para manejar los problemas de los sistemas constructivos de vanguardia; con capacidad para generar productos y soluciones espaciales, adecuados a las necesidades de los usuarios; y especialmente, identificado con los valores humanos y cristianos que impulsan el desarrollo de la sociedad (Universidad Rafael Landívar, s.f.).

El pensum de estudios consta de 5 áreas de desarrollo profesional, siendo ellas el área proyectual, el área tecnológica, el área humanística, el área de formación integral y el área complementaria.

Específicamente, el manual que se propone puede utilizarse en las siguientes áreas y cursos, que se distribuyen a través de la malla curricular, desde el primero hasta el décimo ciclo de la carrera:

- Área Proyectual: en los cursos de Fundamentos del Diseño y Metodología del Diseño. En los 8 cursos de Proyectos Arquitectónicos. En los cursos de Proceso de Investigación y Proyecto de Grado en Arquitectura. Y en los cursos de Teoría de la Arquitectura 1 y 4.
- Área Tecnológica: en los cursos de Instalaciones 1, 2 y 3. En los cursos electivos de énfasis Arquitectura Sustentable 1 y 2.
- Área Humanística: en el curso de Evolución Arquitectónica 5.

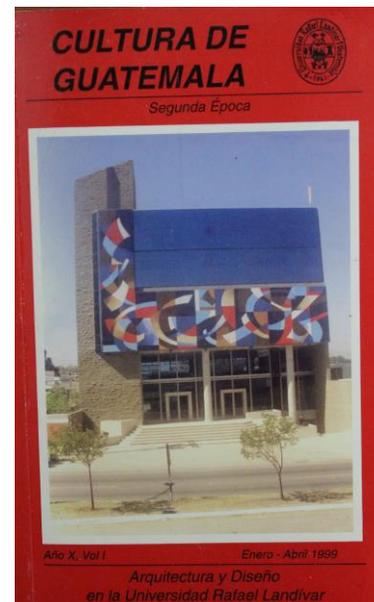
Como toda carrera, cuenta con aulas especiales para desarrollar las labores teóricas y prácticas, así como con laboratorios de apoyo. También se han generado algunos documentos que sirven a la academia como para el desarrollo de las asignaturas.

#### 4.4 Manuales y documentos de uso en la carrera

Los manuales y documentos de uso en la carrera pueden clasificarse en los que ha producido la universidad y los que han sido elaborados por instancias externas a la misma.

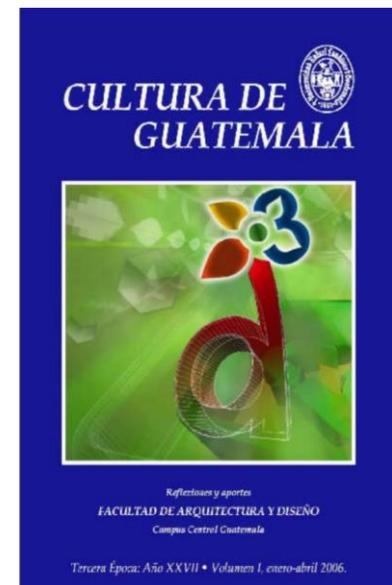
La Facultad de Arquitectura y Diseño, a lo largo de sus años de presencia, ha generado diversos documentos que plasman el producto de reflexión de su quehacer, así como de procesos, e investigaciones. A continuación se describen algunos de ellos, en relación con su objetivo, el momento y el grupo para el que fueron creados.

- Revista Cultura de Guatemala. Reflexiones y aporte académico Facultad de Arquitectura y Diseño: La revista Cultura de Guatemala, es una publicación de la Facultad de Humanidades, quien ha otorgado el espacio a la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Rafael Landívar, para publicar diferentes artículos, de los académicos, relacionados con el Diseño (Arquitectónico, Gráfico, Industrial) y el Urbanismo; presentando una variada temática vinculada con la investigación, docencia y proyección social, condiciones que norman nuestra participación dentro del plan educativo. Publicaciones en 1999, 2006, 2008 y 2010.



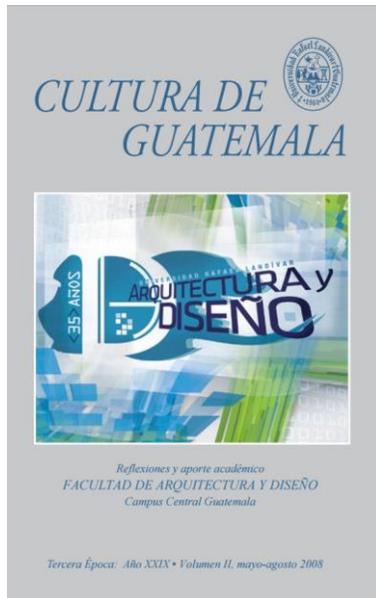
Portada Revista Cultura de Guatemala 1999

Fuente: Propia

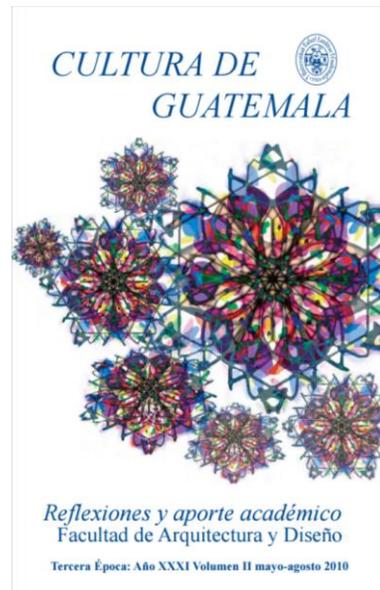


Portada Revista Cultura de Guatemala 2006

Fuente: [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/Archivos/REVISTA%20CULTURA\\_ARQ&DIS\\_2006.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/Archivos/REVISTA%20CULTURA_ARQ&DIS_2006.pdf)



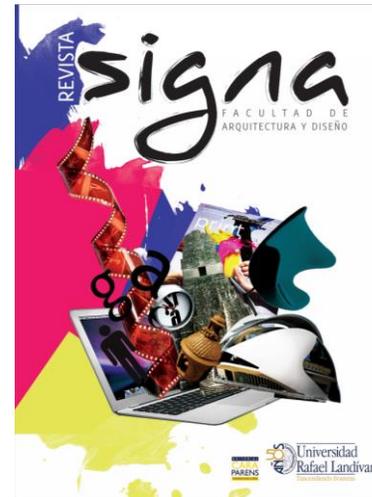
Portada Revista Cultura de Guatemala 2008  
 Fuente: <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/Archivos/revcultura2008.pdf>



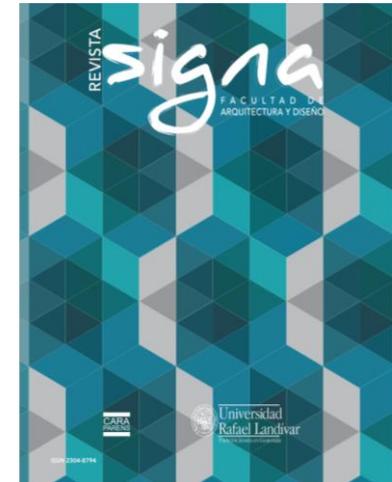
Portada Revista Cultura de Guatemala 2010  
 Fuente: <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/Archivos/revcultura2010.pdf>

- Revista Signa, Facultad de Arquitectura y Diseño: Es una publicación periódica anual, de carácter académico, en la que se presentan artículos de temas afines con el patrimonio cultural, del ámbito guatemalteco e internacional, de investigación científica y tecnológica, de docencia, de reflexión, entre otros. La revista tiene como propósito fundamental ser un aporte al progreso de la investigación de la comunidad académica nacional.

Tal objetivo tiene sentido en la medida en que faltan en el medio publicaciones especializadas que permitan una reflexión científica en temas de arquitectura y diseño. Publicaciones en 2011, 2012, 2013 y 2014.



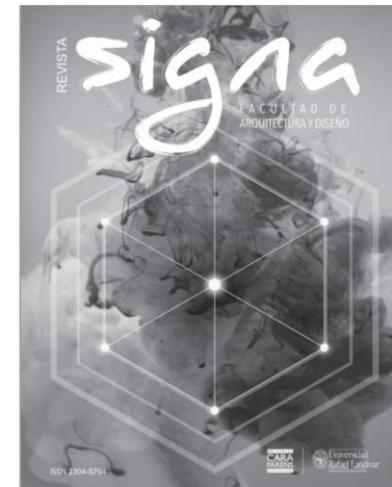
Portada Revista Signa 2011  
 Fuente: <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/archivos/revistasigmafinal.pdf?sm=c42>



Portada Revista Signa 2012  
 Fuente: <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/archivos/revistasigna2012.pdf?sm=c43>



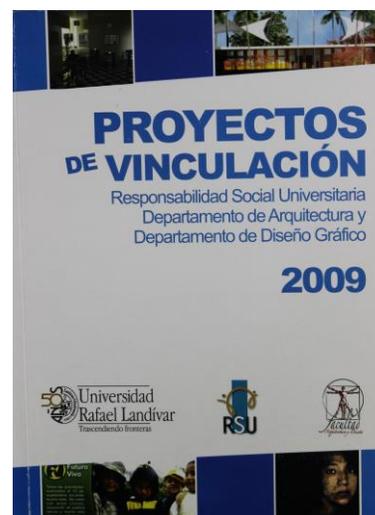
Portada Revista Signa 2013  
 Fuente: [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/archivos/Revista\\_Signa\\_2013\\_portal.pdf?sm=c44](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/archivos/Revista_Signa_2013_portal.pdf?sm=c44)



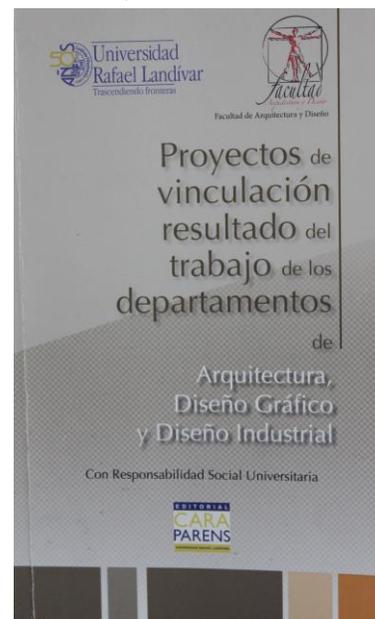
Portada Revista Signa 2014  
 Fuente: <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/archivos/RevistaSigna2014.pdf?sm=c45>

- Proyectos de vinculación, resultado del trabajo de los departamentos de Arquitectura, Diseño Gráfico y Diseño Industrial, con Responsabilidad Social Universitaria: Con el acompañamiento del Departamento de Responsabilidad Social Universitaria, la Facultad de Arquitectura y Diseño, por medio de los proyectos de vinculación, conducidos por la pedagogía ignaciana, los alumnos se confrontan a lo que se puede considerar como una relación profesional y a la vez de proyección académica, compartiendo diferentes experiencias que ayudan a desarrollar hábitos de reflexión, de evaluación y de acción que nacen de las vivencias de los estudiantes con situaciones sociales distintas a las de su vida cotidiana, humanizando la educación.

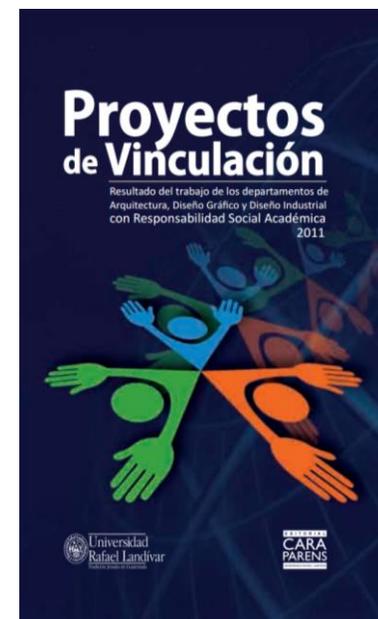
El departamento de Arquitectura, ha institucionalizado la inserción de proyectos que puedan ser de beneficio para segmentos más necesitados en los cuales el aporte de las propuestas signifique un beneficio real, concreto y verificable, ya sea para mejorar la calidad de vida o bien las condiciones en las que viven las comunidades y sus integrantes. Publicaciones en 2009 y 2011.



Portada Proyectos de Vinculación 2009  
Fuente: Propia



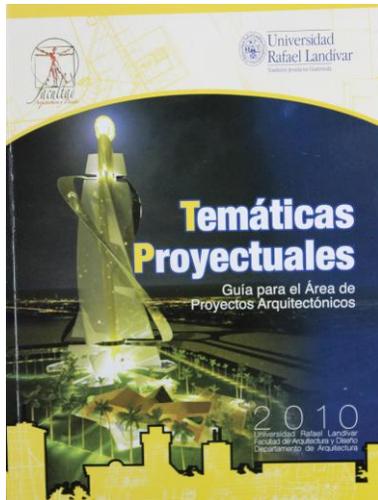
Portada Proyectos de Vinculación 2011  
Fuente: Propia



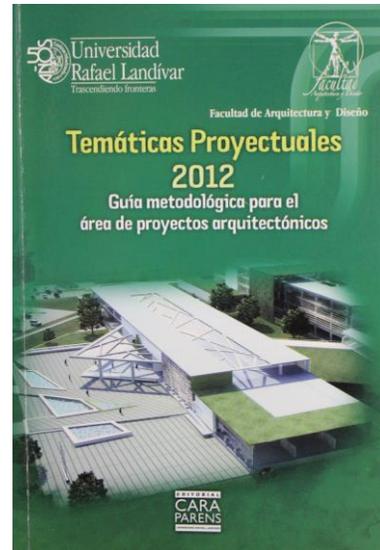
Portada Proyectos de Vinculación 2011  
Fuente: <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/archivos/Revistadevinculacion2011.pdf>

- Temáticas proyectuales, guía metodológica para el área de proyectos arquitectónicos: Definen los ejes, temas, contenidos y metodologías que se abordarán en los cursos de Proyectos Arquitectónicos, Teorías de la Arquitectura, Teorías Urbanas y Taller de Urbanismo.

Es una guía tanto para el docente como para el estudiante, cuya finalidad es proporcionar la información necesaria para lograr la unificación del proceso enseñanza-aprendizaje en el Departamento de Arquitectura. Publicaciones en 2010, 2012 y 2014.



Portada Temáticas Proyectuales 2010  
Fuente: Propia



Portada Temáticas Proyectuales 2012  
Fuente: Propia



Portada Temáticas Proyectuales 2010-2014

Fuente: <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/171/Archivos/tematicasproyectuales2010-2014.pdf>

- Plan Élite Académico. Facultad de Arquitectura y Diseño: La Universidad Rafael Landívar, en su Plan Consolidado de Fidelización 2008: Etapa de Seguimiento, tiene entre sus principales estrategias, “lograr que el estudiante permanezca, pertenezca y forme parte de la comunidad landivariana, a través de su identificación con los principios orientados a la excelencia académica con valores”.

Con base en esta estrategia y de acuerdo a la búsqueda de la excelencia continua, se formuló el “Plan Élite Académico” (PEA) con el fin de darle seguimiento de forma cercana a los estudiantes; atendiendo a los

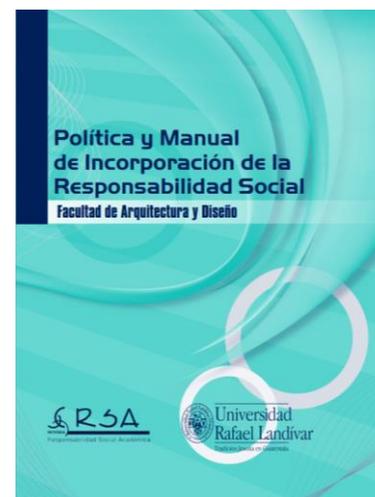
alumnos que muestran interés en mejorar en determinada área y, a quienes los catedráticos de dedicación completa (CDC) u horarios, detecten que tienen cierta deficiencia y que necesiten un refuerzo académico, a fin de brindarles el acompañamiento y apoyo necesario para su adecuada formación.

El PEA involucra en su orden, al director del departamento, los coordinadores académicos, los CDC, catedráticos horario, alumnos tutores y a los actores más importantes, los estudiantes de las licenciaturas. Publicación en 2014.



Portada Plan Élite Académico 2014  
Fuente:<http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/01/archivos/Plan%20%C3%89lite%20Fac.%20de%20A%20y%20D%20final.pdf?sm=c6>

- Política y Manual de Incorporación de la Responsabilidad Social. Facultad de Arquitectura y Diseño: Este documento incorpora la propuesta metodológica para la articulación de la Responsabilidad Social Universitaria RSU, en los procesos de formación académica de la facultad, a través de los ejes de abordaje temático, siendo estos: ambiental, social, cultural, tecnológico y económico. Contemplando para el efecto, las temáticas de diseño urbano sostenible, servicios, arquitectura de contexto y/o de identidad, investigación y aplicación adecuada de métodos y materiales constructivos y desarrollo de plan maestro. Publicación en 2013.



Portada Política y Manual de Incorporación de la Responsabilidad Social 2013  
Fuente:<https://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/89/Archivos/Manual%20Arquitectura%20y%20Dise%C3%B1o.pdf>

- Catálogo nacional de Alojamiento. Albergues de transición: El presente estudio concentra información referente a los alojamientos (albergues) de transición como un aporte académico del INDIS y la Universidad Rafael Landívar en el que se recopilan datos sobre varios prototipos –propios y de otras instituciones– empleados como modelos de estudio y diseños aplicados en asentamientos de transición reales, que se han retroalimentado a través de las experiencias aprendidas, con objeto de que el catálogo sirva como marco de referencia para la evolución de los albergues de transición que se construirán a futuro y que la información y experiencia de estos años permanezcan en las instituciones y sean del conocimiento de los diferentes actores.

El documento se refiere principalmente a los alojamientos de transición como unidad habitacional recalcando su adecuación a las características climáticas y cultura habitacional, entendida como la forma de utilización del espacio de las comunidades afectadas. Publicación en 2012.



Portada Catálogo nacional de Alojamiento. Albergues de transición 2012  
 Fuente:[http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/indis\\_catalogo\\_de\\_alojamiento.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/indis_catalogo_de_alojamiento.pdf)

- Revista e-spacio DUS: La Facultad de Arquitectura y Diseño, a través del Instituto de Investigación en Diseño y Arquitectura –INDIS–, publica esta revista que tiene como objetivo ser un espacio de publicación académica entorno al urbanismo, proyectándose como una plataforma de opinión y análisis que permita reflexionar sobre temas directamente vinculados con la problemática actual de nuestras ciudades.

Pretende convertirse así en un medio de comunicación escrito de la maestría en Diseño Urbano Sostenible -MDUS- de publicación anual, que presenta temas relevantes en urbanismo, desarrollados por profesionales expertos y estudiantes del programa académico. Publicación en 2014.



Portada Revista e-spacio dus 2014  
 Fuente:[http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/revista\\_espacio\\_dus.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/revista_espacio_dus.pdf)

- Arquitectura y Diseño, Investigación y Proyección: Los artículos contenidos en la publicación buscan plasmar el trabajo elaborado por investigadores, catedráticos de facultad, docentes del INDIS y estudiantes de licenciatura y maestría de la Facultad de Arquitectura y Diseño, en conjunto con el departamento de Responsabilidad Social Académica, con el propósito de descubrir la capacidad de servicio a la sociedad, desde la formación e investigación vinculando a los diferentes actores a experiencias vivenciales en las que se abordan diferentes sectores que contribuyen al desarrollo integral de las comunidades, a través del código de honor Landivariano: dignidad, responsabilidad, libertad y servicio.

De esta manera, se brindan soluciones integrales como respuesta a una problemática concreta identificada, a través de la creatividad y la innovación, con una visión de trabajo interdisciplinario, de manera comprometida y socialmente responsable. Publicación en 2014.



Portada Arquitectura y Diseño, Investigación y Proyección 2014  
 Fuente: [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/revista\\_vinculacion.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/revista_vinculacion.pdf)

- Guía de Diagnóstico Urbano para Asentamientos Precarios: La Guía pretende convertirse en una herramienta de gestión para las comunidades y los gobiernos locales, con el objetivo de orientar los esfuerzos para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de quienes habitan en los asentamientos precarios.

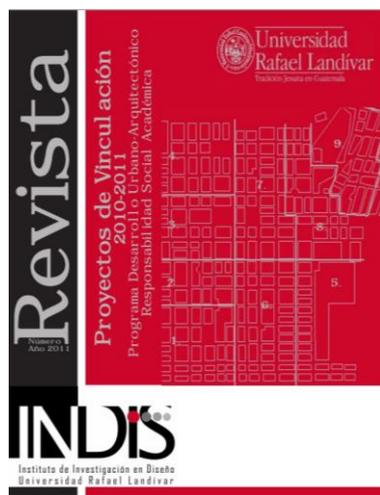
Esta publicación se llevó a cabo en el ámbito de un convenio de cooperación universitaria, por la colaboración entre la Universidad de Roma Sapienza, en específico la Facultad de Arquitectura Valle Giulia, Departamento ITACA (Diseño Industrial, Tecnología de la Arquitectura y Cultura del Ambiente) y la Universidad Rafael Landívar de Guatemala, a través del INDIS (Instituto de Investigación en Diseño), así como el Departamento de Responsabilidad Social Universitaria -RSU-. Publicación en 2010.



Portada Guía de Diagnóstico Urbano para Asentamientos Precarios 2010  
 Fuente: [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/guia\\_de\\_diagnostico\\_urbano.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/guia_de_diagnostico_urbano.pdf)

- Revista Proyectos de Vinculación 2010-2011: El presente documento muestra varios proyectos en que se ha vinculado al Programa Urbano-Arquitectónico del INDIS con diferentes actores y se ha tenido el acompañamiento del departamento de Responsabilidad Social Académica. Algunos de éstos con un impacto significativo en la realidad nacional y las comunidades de escasos recursos en búsqueda de la mejora de sus condiciones.

En otros el mayor impacto se percibe hacia adentro, apoyando la formación y concientización de nuestros estudiantes, sobre la realidad nacional, que presentan propuestas de soluciones arquitectónicas como resultado de los procesos de enseñanza-aprendizaje, frente a necesidades específicas de instituciones públicas y privadas. Publicación en 2010.



Portada Proyectos de Vinculación 2010-2011  
 Fuente: [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/revista\\_vinculacion\\_dua\\_rsu.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/revista_vinculacion_dua_rsu.pdf)

- Maestría DUS. Diseño Urbano Sostenible: Conscientes de la prioridad que tiene hoy día los espacios de formación académica especializada en el tema concreto del diseño urbano, el presente trabajo descrito a continuación, tiene como finalidad, realizar un estudio que analice y fundamente la formulación de un proyecto académico a nivel de posgrado, con énfasis en dicha temática, dentro de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Rafael Landívar.

El trabajo busca responder a interrogantes que desde hace un tiempo se han formulado dentro y fuera de la propia Universidad, en torno a la carencia de un programa de postgrado en Urbanismo y la formulación de un proyecto académico que responda a las necesidades de la sociedad tanto a nivel regional como nacional que fortalezca aún más la Facultad de Arquitectura y Diseño y por consiguiente a la propia Universidad, otorgando su sello propio de calidad a la formación profesional impartida y apegada al contexto nacional. Publicación en 2012.



Portada Maestría DUS. Diseño Urbano Sostenible 2012  
 Fuente: [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/investigacion\\_dise%C3%B1o\\_urbano\\_2012.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/69/Archivos/investigacion_dise%C3%B1o_urbano_2012.pdf)

- Problemas Geométricos. Cursos de Dibujo Técnico: Este folleto se utiliza como texto, en los cursos de Dibujo Técnico 1 y 2. Los problemas geométricos constituyen una parte esencial en el conocimiento del dibujo en general, y muy particular del dibujo arquitectónico, industrial y de ingeniería. La geometría estudia las propiedades de la extensión, a través de la aplicación de los diferentes problemas geométricos; de los cuales hay muchos que tienen más de una solución. El autor es el Arq. Carlos J. De León Peláez, 1986.



Portada Problemas Geométricos 1986  
Fuente: Elaboración propia

Dentro de los manuales que se utilizan en algunos cursos y que fueron creados por entidades externas a la universidad se encuentran los que se describen a continuación.

- Método práctico de Dibujo Técnico: Es un manual que se utiliza como referencia en los cursos de Dibujo Técnico 1 y 2 en la carrera de arquitectura, para reforzar el conocimiento en el uso de instrumentos, técnicas y materiales para dibujo. El autor es el Arq. Nery William García, 2008.
- Método práctico de Dibujo e Interpretación de Planos 1 y 2: En los cursos de Construcción 1 y 2 se utilizan estos manuales como apoyo para que el alumno pueda dibujar e interpretar planos constructivos con sus respectivos detalles, para viviendas de uno y dos niveles. El autor es el Arq. Nery William García, 2012.
- Método práctico para la Elaboración de Presupuestos de Construcción: Aporta los conocimientos básicos relacionados con los factores y costos que se deben considerar en un presupuesto de construcción, basados en las cuantificaciones de mano de obra y materiales. Su utilización se da en el curso de Construcción 5. El autor es el Arq. Nery William García, 2014.
- Supervisión Básica en el Proceso de Construcción de Viviendas: Este manual sirve de referencia a los alumnos de Construcción 9, ya que se explican de una manera muy gráfica, desde las primeras hasta las últimas actividades que se deben de realizar para supervisar la construcción de una edificación. El autor es el Arq. Nery William García, 2015.

- Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Hidráulicas: Son cartillas técnicas que sirven como guía auxiliar de consulta en el estudio, proceso de diseño, cuantificación, dibujo y construcción en lo referente a instalaciones eléctricas e hidráulicas propiamente. Son consultados por los alumnos de Instalaciones 1 y 2 respectivamente. El autor es el Arq. Nery William García, 2014.

- Sistemas de Estructuras: Es un libro utilizado como referencia en los cursos de Estructuras, que contiene de una manera muy gráfica, las diferentes tipologías estructurales que se pueden utilizar en las soluciones arquitectónicas. El autor es Heinrich Engel, 1980.

Como pudo observarse, se han generado diversos recursos de apoyo, para el profesor, el estudiante y el profesional de arquitectura; sin embargo, ninguno de ellos ha sido específicamente creado para fortalecer el área de aplicación de estrategias de diseño bioclimático. Es por ello que se considera que el manual que se creará será de valor para la academia y la profesión.

## 4.5 Usuarios

Principalmente el manual será de beneficio para los estudiantes de la carrera de arquitectura de la Universidad Rafael Landívar, especialmente para cuando cursen las asignaturas del área de Proyectos Arquitectónicos.

La Facultad de Arquitectura y Diseño, según el Sistema de Facultades (2015), cuenta con 1,382 estudiantes inscritos en el primer ciclo de 2015, tanto de primer ingreso como de re-ingreso, de ellos 596 pertenecen a la carrera de arquitectura.

En su mayoría, son estudiantes entre los 17 y los 29 años de edad, solteros, de diferentes religiones, niveles socioeconómicos y que en su mayoría no trabajan, únicamente se dedican a estudiar.

La principal necesidad detectada para la elaboración del manual es que en los diferentes cursos del área de Proyectos Arquitectónicos no se cuenta con el apoyo de una guía donde se organicen los diferentes elementos que deben considerarse al momento de implementar el diseño ecológico dentro de un proyecto.

El manual podrá ser utilizado en todos los cursos del área de proyectos arquitectónicos, debido a que consiste en una orientación sobre las estrategias de diseño ecológico y en cada curso se podrán extraer diferentes herramientas de acuerdo con el nivel de complejidad de la asignatura.

## 4.6 Otros beneficiarios

Además de los estudiantes y profesores de la universidad Rafael Landívar, el manual podrá utilizarlo cualquier estudiante o profesor de las carreras de arquitectura e ingeniería, como un apoyo para la elaboración de proyectos. Profesionales que no hayan contado con formación en el área de estrategias de diseño bioclimático también podrán recurrir a esta herramienta como un recurso para complementar sus proyectos.

manual de estrategias de diseño bioclimático



# 5 Estrategias de Diseño Bioclimático

*La existencia humana se basa en tres relaciones fundamentales estrechamente conectadas: la relación con Dios, con el prójimo y con la tierra.  
Carta Encíclica: "Laudato sí" sobre el cuidado de la casa común. Papa Francisco*

## 5. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

La arquitectura bioclimática desde su concepción más básica, es la relación entre el clima, la arquitectura y los seres vivos.

Es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir confort térmico de los espacios para la vida y el desarrollo del hombre.

Aprovecha los recursos naturales disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

La estructura de esta arquitectura, se fundamenta en tres pilares:

- La captación de la energía
- Su acumulación
- Su distribución

La captación de la energía calorífica se puede realizar mediante **sistemas de acondicionamiento pasivos**.

Estos sistemas son parte constituyente del edificio, ya sea como elementos constructivos básicos (muros, ventanas, cubiertas, etc.) o como elementos básicos modificados en su función (invernaderos, galerías, chimeneas, sótanos, etc.).

De este modo, la edificación se convierte, de una **forma natural**, en el sistema de captación, control, regulación, acumulación y distribución de la energía que necesitan sus ocupantes para vivir, sin generar sobre costos en la construcción.

La arquitectura bioclimática se basa en el uso de **estrategias de diseño pasivo**, que contribuyan a minimizar el uso de energía convencional para calefacción, refrigeración e iluminación.

Estas estrategias deben ser adecuadamente seleccionadas e integradas al proyecto, desde el inicio del proceso de diseño; tomando en cuenta el contexto climático y a las características de uso del edificio.

Una vez realizado un buen análisis de las características climáticas y microclimáticas del emplazamiento del proyecto, se deben tomar decisiones de diseño para aprovechar las ventajas del clima y minimizar sus desventajas.

Dentro de las **estrategias generales de diseño bioclimático**, que se tomarán en cuenta en este capítulo, están:

- Estrategias de diseño arquitectónico pasivo
- Estrategias de calentamiento pasivo
- Estrategias de enfriamiento pasivo

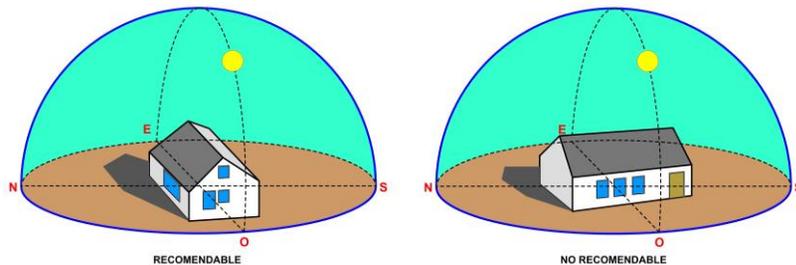
## 5.1 Estrategias de diseño arquitectónico pasivo

Después de haber realizado un buen análisis de las características climáticas y microclimáticas del emplazamiento del proyecto, se deben tomar decisiones de diseño para aprovechar las ventajas del clima y minimizar sus desventajas, con el objetivo de alcanzar el bienestar de los usuarios de las edificaciones, con un mínimo consumo de energía.

### 5.1.1 La Orientación

La orientación de los edificios determina en gran parte la demanda energética de calefacción y refrigeración del mismo en el futuro.

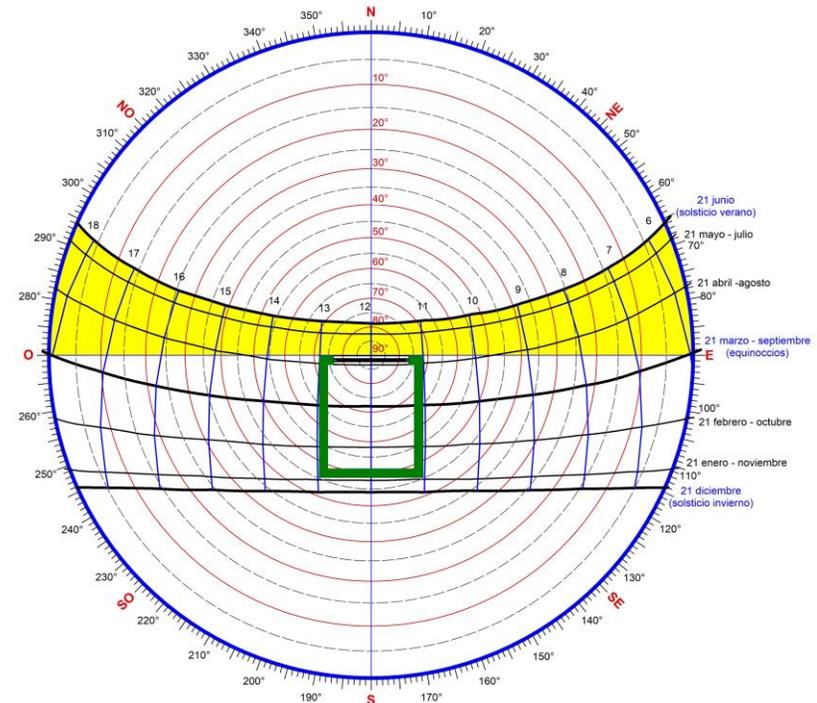
Una buena orientación podría minimizar considerablemente las demandas energéticas a través del control de las ganancias solares.



Orientación de las fachadas  
Fuente: Elaboración propia

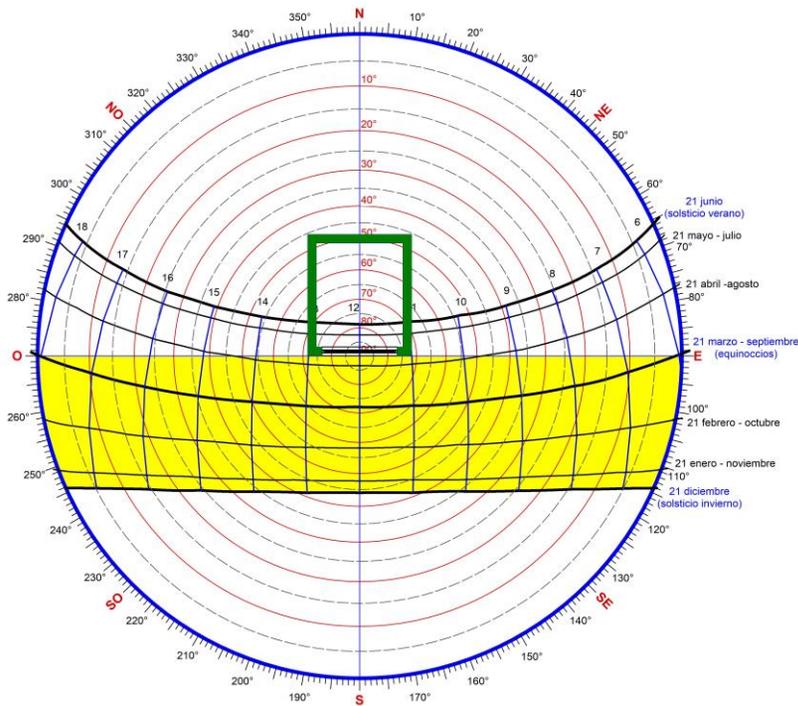
### a. Orientación fachadas

Una fachada orientada hacia el **norte**, estará afectada por los rayos solares solo durante mayo, junio, julio y la mitad de agosto, tres meses y medio; siendo el 21 de junio el día más crítico, por lo que analizando y neutralizando los rayos solares en esa fecha, se estará protegiendo también de cualquiera otra época. El resto del año estará bajo sombra. Entendiendo que aun en el día más crítico, la declinación al norte será solo de  $8^{\circ} 27'$  en el cenit; por lo que se considera la orientación ideal en climas cálidos y templados.



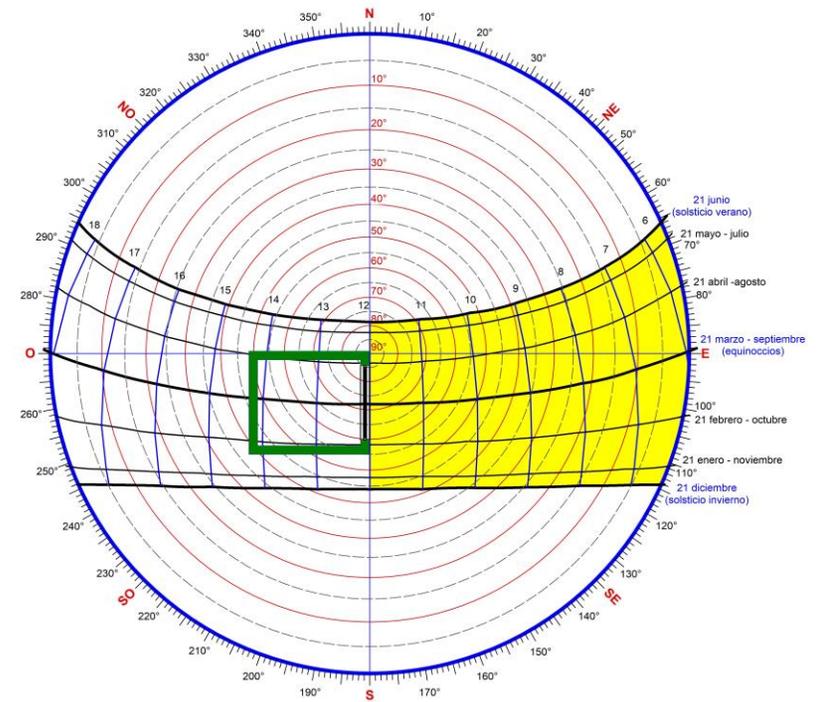
Orientación de fachadas al Norte  
Fuente: Elaboración propia

Una fachada orientada al **sur**, tendrá soleamiento durante agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, ocho meses y medio; siendo el 21 de diciembre el día más crítico con una declinación de  $38^{\circ} 7'$  en el cenit; por lo que analizando y neutralizando los rayos solares en esa fecha, se estará protegiendo también del resto de meses del año.

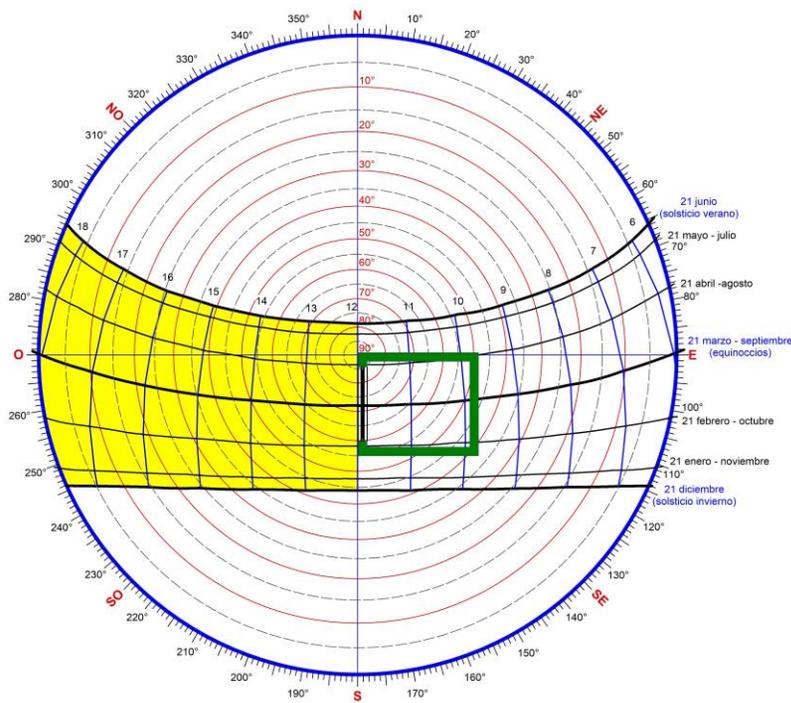


Orientación de fachadas al Sur  
Fuente: Elaboración propia

Las fachadas orientadas al **este** tendrán sol todo el año, pero únicamente por la mañana. Las orientadas al **oeste** tendrán su soleamiento solo por la tarde, todo el año. En ambos casos deberá hacerse un análisis conjunto de los solsticios (21 de junio y 21 de diciembre), y los equinoccios (21 de marzo y 21 de septiembre).



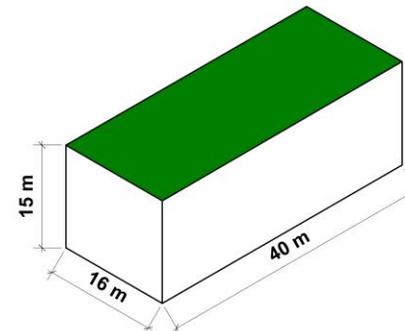
Orientación de fachadas al Este  
Fuente: Elaboración propia



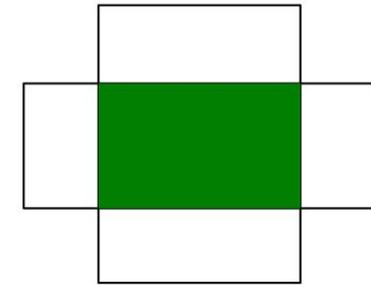
Orientación de fachadas al Oeste  
Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Factor de forma

La forma de un edificio interviene de manera directa en el aprovechamiento climático del entorno, mediante su **volumen** y su **superficie**, a mayor superficie mayor capacidad de intercambio de calor, a mayor volumen, mayor capacidad de almacenamiento de calor. El factor de forma viene a cuantificar estos parámetros, siendo el cociente entre la superficie y el volumen de un edificio. En climas fríos se aconsejan factores pequeños entre 0.5 y 0.8; y en climas cálidos se aconsejan valores mayores a 1.2.



VOLUMEN EDIFICIO



SUPERFICIE EDIFICIO

Factor de forma de un edificio

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Instituto de la Construcción. Santiago de Chile

Ejemplo:

Se requiere calcular el factor de forma de un edificio de 5 pisos (alto 15m); de ancho 16m y de largo 40m.

$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Superficie}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Factor de forma} = \frac{2,320 \text{ m}^2}{9,600 \text{ m}^3} = 0.24$$

El aumento de tamaño hace disminuir el factor de forma, lo cual lleva a la conclusión que, en lo relacionado con la forma, en climas fríos es preferible grandes volúmenes para albergar un determinado espacio, en cambio en climas cálidos sería preferible un mayor número de volúmenes más pequeños.

En el caso de que no se pueda modificar el factor de forma de un edificio, debido a requerimientos funcionales, se debe prestar más atención a la calidad de la envolvente (en climas fríos) y al control de la radiación solar (ya sea aprovechándola en climas fríos o minimizándola en climas cálidos).

Otra consideración a tener en cuenta es que la **cubierta** es una de las partes con mayor exposición en un edificio, por lo que son mejores las soluciones en las que tiene menor extensión.

Según Víctor Olgay (2008), en su libro *Arquitectura y Clima*, sintetiza que:

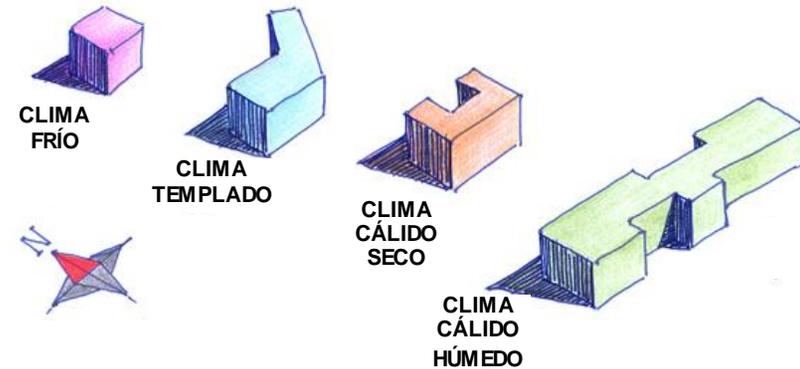
La casa de planta cuadrada no es la forma óptima en ninguna zona.

Todas las formas alargadas en dirección norte-sur funcionan menos eficientemente que la forma cuadrada; tanto en invierno como en verano.

La forma óptima en todos los climas templados es la alargada en dirección este-oeste.

Como se puede ver, la orientación juega un papel decisivo en el comportamiento térmico del edificio, más allá de la forma que tenga.

La imagen siguiente, representa una primera aproximación en cuanto a las formas básicas más adecuadas de los edificios para los diferentes climas según Olgay.



Formas básicas más adecuadas de los edificios, en diferentes climas  
Fuente: [https://huellasdearquitectura.files.wordpress.com/2013/05/el-factor-de-forma\\_artc3adculo.jpg](https://huellasdearquitectura.files.wordpress.com/2013/05/el-factor-de-forma_artc3adculo.jpg)

La forma resultante debe permitir hacer un buen acopio de la radiación solar en verano, eludir los vientos de invierno y proporcionar la adecuada ventilación y frescura en verano.

### 5.1.3 Zonificación interior

Con esta estrategia se requiere organizar los espacios que contiene un edificio, ya que deben ser jerarquizados de acuerdo a su función, grado de privacidad, accesos, etc., pero también de acuerdo a sus requerimientos ambientales (térmicos, lumínicos, acústicos, de ventilación, etc.) de acuerdo a todo ello debe lograrse una zonificación y organización espacial adecuada.

Desde el punto de vista ambiental, los diferentes espacios interiores de un edificio se pueden clasificar en tres tipos generales:

- **Espacios principales.** Son los que piden unas condiciones ambientales de confort más estrictas. Esto se debe a que, en general, son los destinados a un tipo de uso que exige una permanencia continua dentro de ellos. En el caso de las viviendas se trataría de salas de estar, dormitorios, comedores, etc. En el caso de edificios de oficinas serían los despachos, salas de reuniones, etc.



Zonificación Nivel 1. Condominio San Sebastián, Guatemala  
Fuente: Elaboración propia

- **Espacios secundarios.** Son los que permiten una cierta flexibilidad de las condiciones ambientales. En general, se trata de espacios de uso discontinuo, tanto a lo largo del tiempo como del espacio. En casi todo tipo de edificios pueden ser espacios de circulación, de almacenaje, etc.

- **Espacios independientes.** Son los que tienen unas características ambientales propias que, según la función del espacio, pueden llegar a ser muy exigentes o muy diferentes de los otros espacios del edificio. Se trata pues de espacios que no pueden o no suelen estar integrados ambientalmente con el resto. Un ejemplo de este tipo son las cocinas en edificios de viviendas, siempre y cuando no se trate de cocinas-comedores.



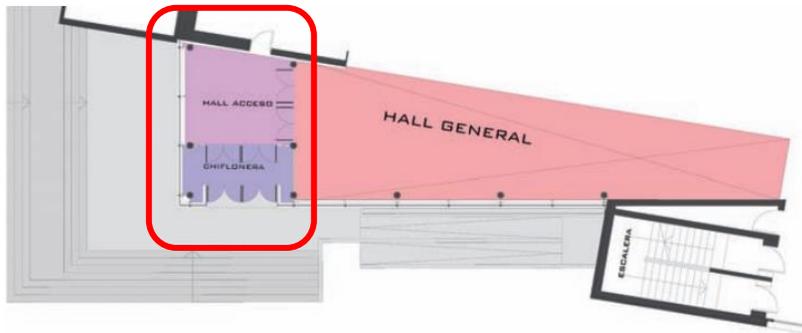
Zonificación Nivel 2. Condominio San Sebastián, Guatemala  
Fuente: Elaboración propia

### 5.1.4 Protección del acceso

En climas fríos o templados es necesario proteger los accesos a los edificios de las temperaturas exteriores y del viento en invierno.

Con este fin se recomienda que la entrada a los edificios sea por un espacio cerrado o vestíbulo configurado por dobles puertas (esclusa, chiflonera). Esta estrategia permite que el acceso actúe como una zona de transición que evita excesivas pérdidas de calor por ventilación.

En zonas con lluvias, es necesario además crear un espacio donde la gente pueda guarecerse antes de ingresar a los edificios.



Vestíbulo con dobles puertas.  
Oficinas Policía de Investigaciones, Puerto Montt, Chile.  
Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Instituto de la Construcción. Santiago de Chile



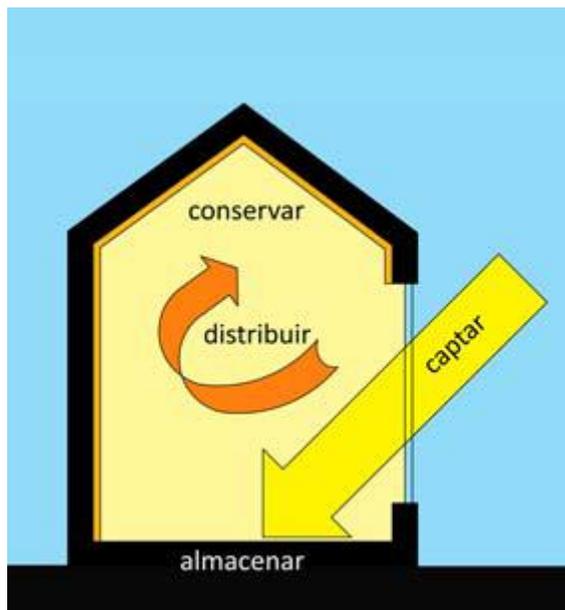
Protección del acceso exterior.  
Edificio Forum. Barcelona, España.  
Fuente: Elaboración propia

### 5.2 Estrategias de calentamiento pasivo

Las estrategias de calentamiento pasivo corresponden a aquellas que se generan para la época de invierno y se orientan al calentamiento pasivo de los espacios.

El objetivo es aprovechar las ventajas del clima de invierno, en particular el asoleamiento, y además protegerse de las desventajas, en particular de las bajas temperaturas.

Según André de Herde (1997), las estrategias principales de calentamiento pasivo en las edificaciones son las siguientes:



Estrategias de calentamiento pasivo.  
Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Instituto de la Construcción. Santiago de Chile

**Captar:** La energía solar en forma de radiación puede ser captada por el edificio y transformada en calor, a través de una orientación principalmente sur. Esta captación puede ser de forma directa, indirecta y aislada.

**Conservar:** Es necesario mantener el calor dentro de los recintos, para esto es necesario aislar la edificación del exterior, a través del diseño de la envolvente.

**Almacenar:** La masa térmica de las edificaciones, dada por su materialidad, contribuye a almacenar calor durante el día para emitirlo durante la tarde y noche.

**Distribuir:** El calor captado deberá distribuirse, de manera que llegue a distintos recintos del edificio, lo que puede realizarse en forma natural o forzada.

Para poder establecer las estrategias de calentamiento pasivo, es necesario conocer bien las distintas formas en que se genera el calor.

### 5.2.1 El calor

El calor es una energía que sale de los cuerpos calientes y se transmite a los fríos; En un edificio nunca entra el frío, sino que sale el calor del interior hacia el exterior. El calor se transmite de varias formas:

- **Por conducción**

El calor se transmite de molécula a molécula sin que éstas se desplacen. Es el modo en que se calienta una cuchara fría que se mete en el café caliente o una sartén que se pone en contacto con la llama.

De este modo, los seres humanos transmiten calor a la ropa y al aire que están en contacto con la piel.

- **Por convección**

El calor se transmite desde las moléculas de un cuerpo caliente a las moléculas de un fluido en movimiento. Es el modo en que un radiador calienta el aire de una habitación, puesto que el aire al calentarse se dilata,

baja su densidad, se eleva y otro aire frío más denso pasa a ocupar su lugar tocando al radiador.

El aire que rodea a las personas también se eleva al calentarse, produciendo corrientes de convección.

- **Por evaporación (o vaporización)**

Un líquido para evaporarse necesita una cantidad de calor que capta del ambiente. En días calurosos una persona se puede refrescar, mojándose la piel. El agua al evaporarse roba calor al cuerpo y la persona se siente más fresca.

El calor se transmite desde un cuerpo caliente al líquido que se evapora.

- **Por condensación (o licuefacción)**

Un gas posee una cantidad de calor que obtuvo al convertirse de líquido en gas. Este calor lo devuelve cuando se enfría y se convierte de nuevo en líquido.

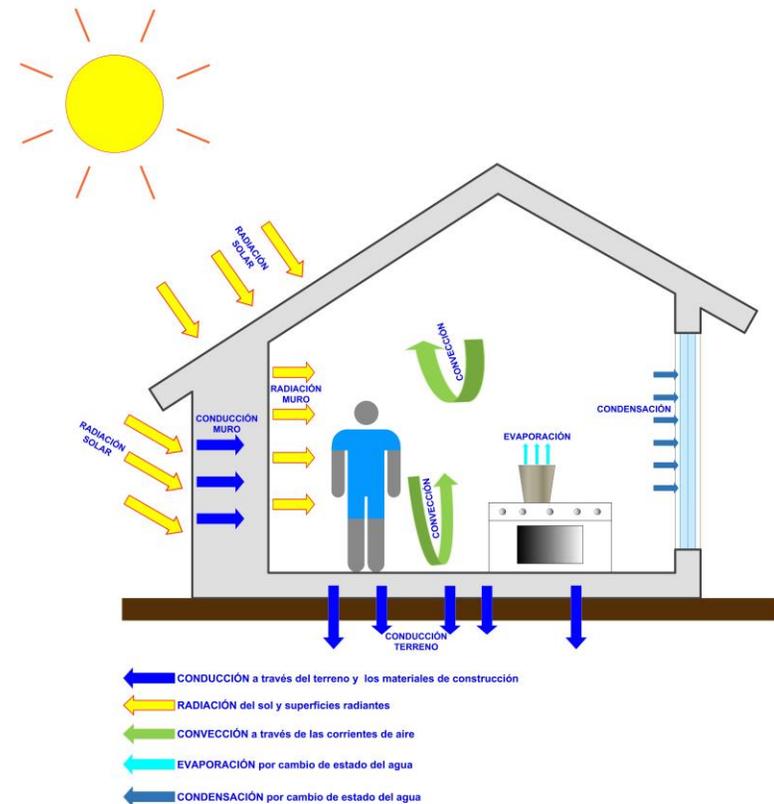
Se observa en las mañanas frías, cómo el vapor de agua que contenía el aire de una habitación se ha condensado en el cristal de la ventana.

- **Por radiación**

Es una transmisión de calor a través de ondas electromagnéticas. No necesita un soporte material ya que las radiaciones electromagnéticas se transmiten en el vacío. Es el modo por el que llega hasta el ser humano el calor del Sol. Las personas también transmiten calor por radiación.

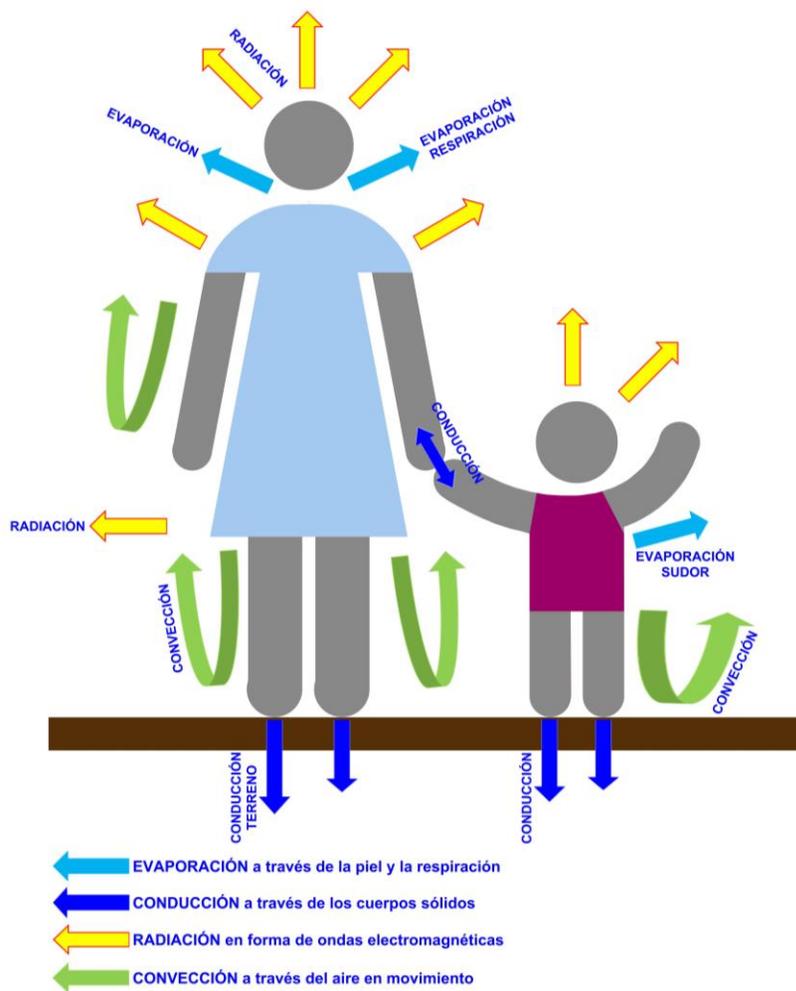
Se estima que en los seres humanos el 88% de las transmisiones térmicas se realizan a través de la piel y el 12 % por los pulmones.

Las pérdidas por radiación son alrededor del 40% y las de conducción y convección del 39%.



Modos de transmisión de calor en los edificios.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Modos de transmisión de calor en los seres humanos.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

### 5.2.2 Captación solar pasiva

Se denomina así al método de captación de la radiación solar que funciona sin necesitar aporte energético

externo (ventiladores, bombas o controladores complejos).

Generalmente son parte constituyente del edificio, como ventanas, muros, cubiertas, etc.; o como elementos básicos modificados en su función: invernaderos, galerías, chimeneas, sótanos, etc.

La captación solar pasiva abarca dos tipos de elementos:

#### a. Elementos captadores

Recogen la radiación solar de una manera directa, indirecta o añadida.

#### b. Elementos acumuladores

Son sistemas que almacenan en su interior la energía calorífica durante el día, para cederla durante la noche. Otros son capaces de almacenar el calor durante muchos días, incluso meses. Se pueden clasificar en sistemas puramente constructivos y depósitos de acumulación.

#### a1. Sistemas de captación directa

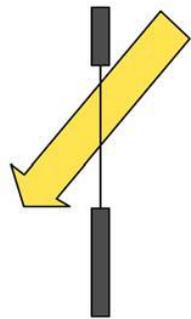
- Ventanas

A través de éstas, radiación solar entra directamente en el espacio que se desea caldear. Esto se consigue haciendo que los rayos solares atraviesen las superficies vidriadas y calienten el aire, los suelos y los muros interiores.



Captación directa a través de espacio solar integrado, y almacenamiento en piso con masa térmica.

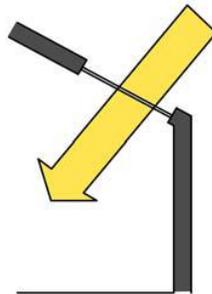
Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Instituto de la Construcción. Santiago de Chile



**Ventana a plomo de muro.**



**Ventana saliente**  
Un menor porcentaje de radiación solar es recibida.



**Ventana cenital**  
Una mayor cantidad de radiación ingresa al ambiente. Considerar que es más difícil controlar el sobrecalentamiento en verano

Diferentes tipos de ventanas.

Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Instituto de la Construcción. Santiago de Chile

Según Kwok y Grondsik (2007), se puede estimar el tamaño de las superficies vidriadas utilizando los siguientes rangos:

En un clima frío a templado considerar entre 0.02 y 0.04 m<sup>2</sup> de superficie vidriada por cada m<sup>2</sup> de área a calentar; en un clima moderado a templado considerar entre 0.1 y 0.2 m<sup>2</sup> por cada m<sup>2</sup> de área a calentar.

Es aconsejable, para las superficies vidriadas, no excederse de aproximadamente 20 por ciento de la superficie del suelo.

- **Invernadero, galería o terraza cubierta con vidrio**

Se trata de un espacio especialmente diseñado para captar y almacenar el calor proveniente del sol. El método utilizado es el **efecto invernadero**. Se utilizan muros de vidrio, acrílico, policarbonato alveolar u otro material translúcido para captar la radiación solar que es recibida por muros y pisos, los que la transforman en energía de onda larga que no puede salir tan fácilmente por los vidrios, acumulándose dentro del espacio constructivo.

Las habitaciones a caldear se prolongan, sobresalen de la fachada, disponen de un espacio donde se pueden cultivar plantas, usarse como zona de estar, de recreo, o simplemente tomar el sol.

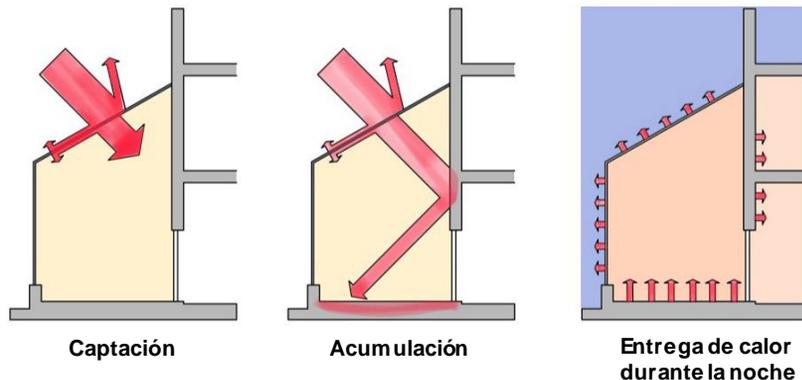
Durante el día, el aire que se calienta en el invernadero se distribuye por toda la casa gracias a las corrientes de convección. Por la noche deben evitarse las pérdidas de calor colocando persianas o contraventanas. También puede ser útil el empleo de vidrios aislantes. No sólo se

requiere conservar el calor de adentro, también se necesita captar el calor del sol.

Si se cultivan plantas en el invernadero, la propia vegetación hace de acondicionador térmico suavizando las temperaturas para que no haya tanta diferencia entre el día y la noche y regulando la humedad ambiental.

En verano se debe impedir la entrada de la radiación solar con los elementos de cierre y facilitar una buena ventilación para evitar la captación de energía solar y favorecer la refrigeración. Un invernadero siempre debe tener respiraderos o aberturas en la parte superior para dejar salir el calor en verano.

Para el dimensionado energético de un invernadero, la superficie de acristalamiento, debe disponer entre 0.30 y 1.00 m<sup>2</sup> de vidrio por cada metro cuadrado de superficie útil de local.



Funcionamiento de un espacio solar aislado.  
Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos,  
Instituto de la Construcción. Santiago de Chile



Invernadero adosado a vivienda.

Fuente: <http://blogventanasycerramientosdama.es/wpcontent/uploads/2015/01/invernadero.jpg>

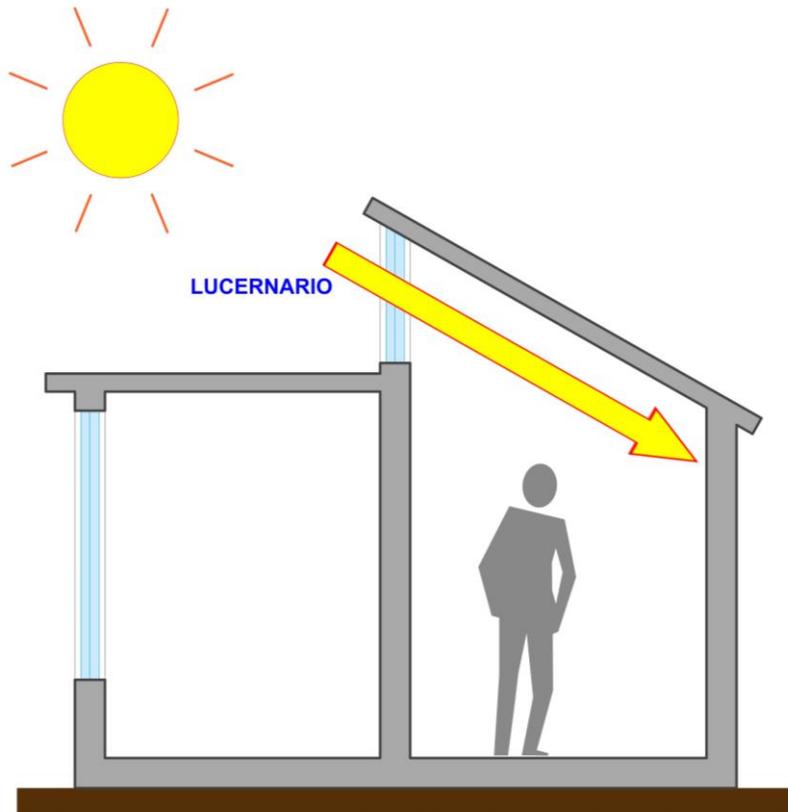


Invernadero con protección cenital

Fuente: <http://lekune.blogspot.com/2013/01/terrazza-cristal-o-de-tipo-invernadero.html>

- **Lucernarios y claraboyas**

Este tipo de ventanas proporcionan tanto la captación solar, así como una excelente iluminación natural, debido a que la luz superior es mejor.



Lucernario, lleva la radiación solar directamente a las habitaciones interiores.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.



Lucernarios de Smith Middle School en Chapel Hill, Carolina del Norte. Llevan la radiación solar directamente a las habitaciones interiores.  
Fuente: Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.



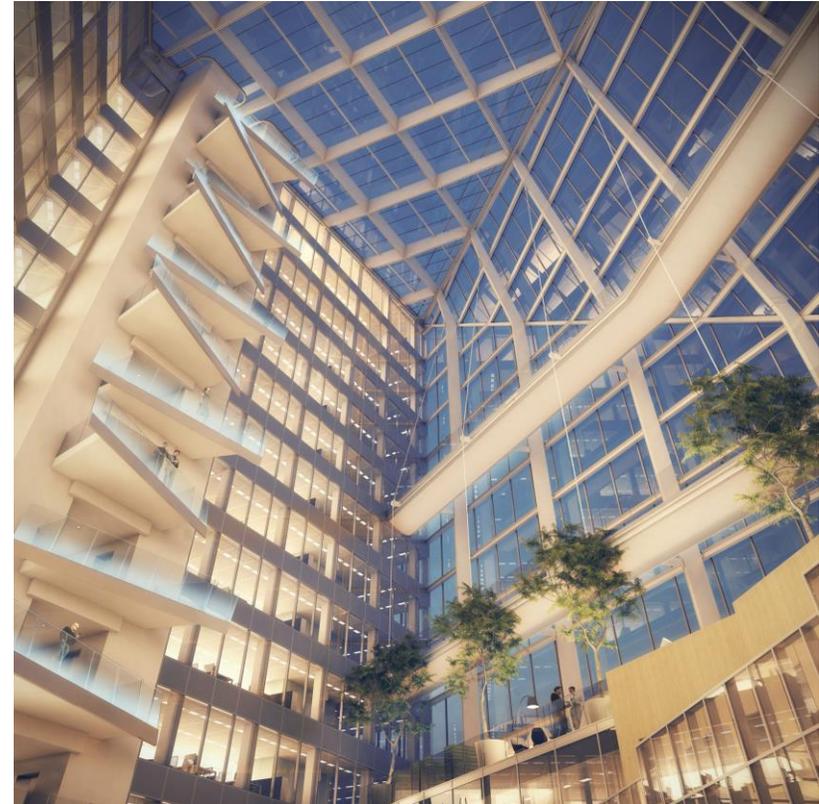
Claraboya, permite la captación solar cenital.  
Fuente: [http://www.comercialgumara.es/wpcontent/uploads/2014/10/claraboya\\_Comercial\\_Gumara.jpg](http://www.comercialgumara.es/wpcontent/uploads/2014/10/claraboya_Comercial_Gumara.jpg)



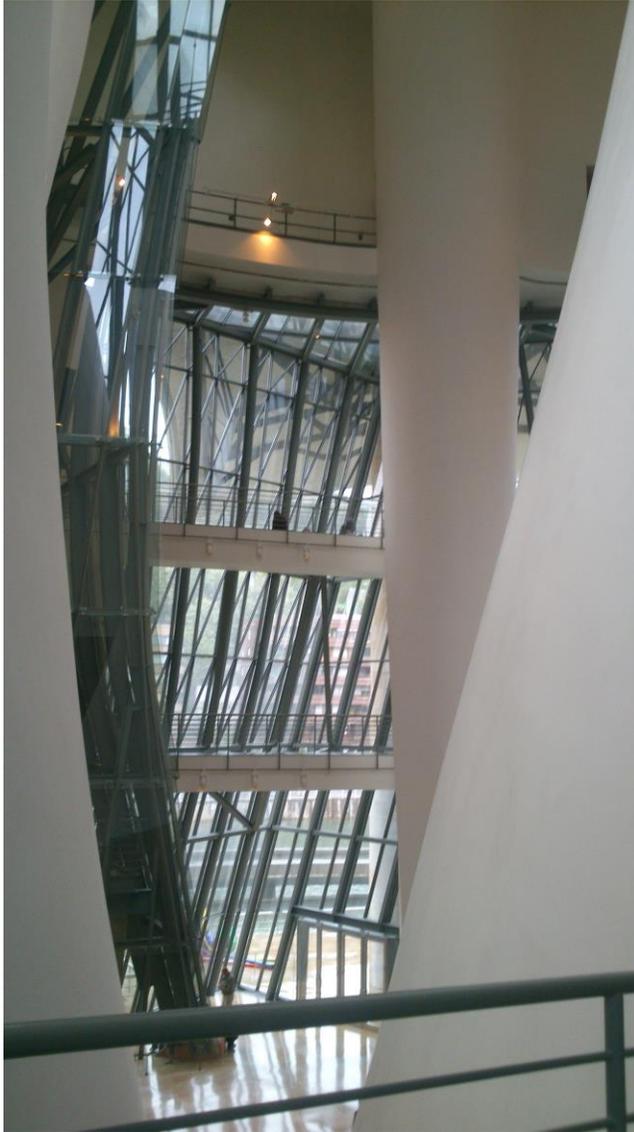
Claraboyas sobre techo  
Fuente:<http://blog.prefire.es/2016/01/nueva-actualizacion-une-en-1873-de-marzo-2015/>

- **Atrios acristalados**

Estos sistemas, de gran dimensión, están casi reservados para los climas frescos o fríos, donde la incidencia de la radiación solar en verano no es excesivamente conflictiva, ya que no resultan fáciles de proteger.



The Edge, Amsterdam.  
Interior atrio acristalado que permite la captación solar directa.  
Fuente:<https://www.ipparking.com/en/projects/The-Edge-Amsterdam-.html?id=1359>



Museo Guggenheim, Bilbao, España.  
Interior de atrio acristalado.

Fuente: [https://mdcnieto.files.wordpress.com/2013/05/dsc\\_0095.jpg](https://mdcnieto.files.wordpress.com/2013/05/dsc_0095.jpg)

## a2. Sistemas de captación indirecta

Son modos de captar la radiación solar por medio de elementos constructivos que actúan de intermediarios. Captan y almacenan la energía solar que cederán posteriormente a las habitaciones.

Una vez que los materiales de construcción han absorbido la energía solar, van cediendo lentamente la energía sobrante en forma de radiación infrarroja. La radiación infrarroja no es capaz de atravesar el vidrio, acumulándose dentro del espacio constructivo. Es el llamado efecto invernadero.

Los suelos, muros y cubierta pueden ser muy útiles para captar y almacenar la energía procedente del Sol, en invierno acumulan energía solar durante el día que van cediendo lentamente durante la noche. El agua es también un excelente elemento para captar y almacenar calor.

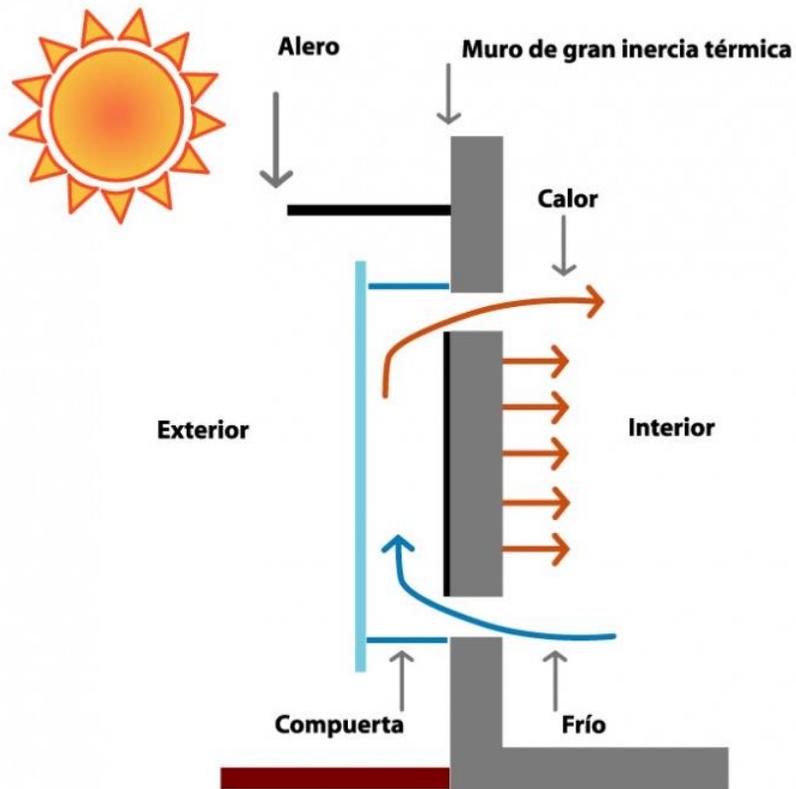
- **Muro Trombe**

Muro de gran masa térmica (adquiere este nombre por el profesor Félix Trombe, que desarrolló esta técnica en Francia en 1966); construido de piedra, concreto, bloques de tierra, adobes o ladrillo sin pulir.

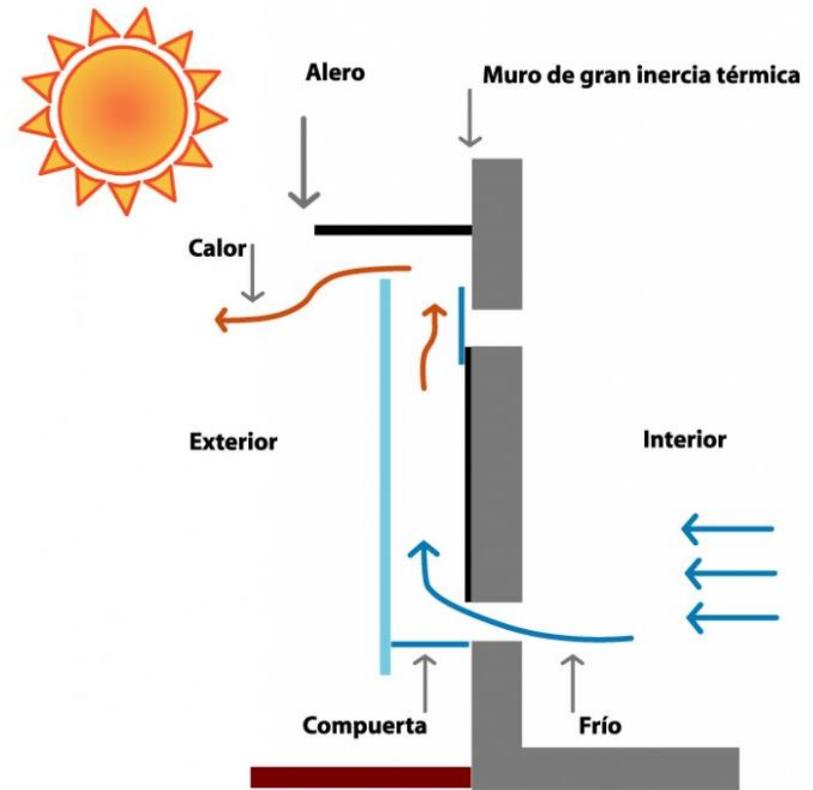
Orientado al sur y precedido de un vidrio o elemento translúcido para generar el efecto invernadero. Lleva aberturas en su parte superior e inferior para favorecer los intercambios térmicos entre la cámara de aire que calienta el sol y el interior del ambiente.

La superficie del muro que está orientada hacia el sol, debe de pintarse de un color oscuro, para que atrape la mayor energía radiante solar posible.

Es necesario aislar el vidrio en las noches de invierno para no perder calorías y sombrear en verano para evitar la acumulación de calor. Se le conoce también como “**muro de almacenamiento térmico**”.



Muro Trombe uso en invierno.  
Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-68622/en-detalle-muro-trombe/06-muro-trombe>



Muro Trombe uso en verano.  
Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-68622/en-detalle-muro-trombe/07-muro-trombe>

A causa de retraso de tiempo, la mayoría de calor se almacena, en un sólido, cerca de la superficie que está expuesta al sol.

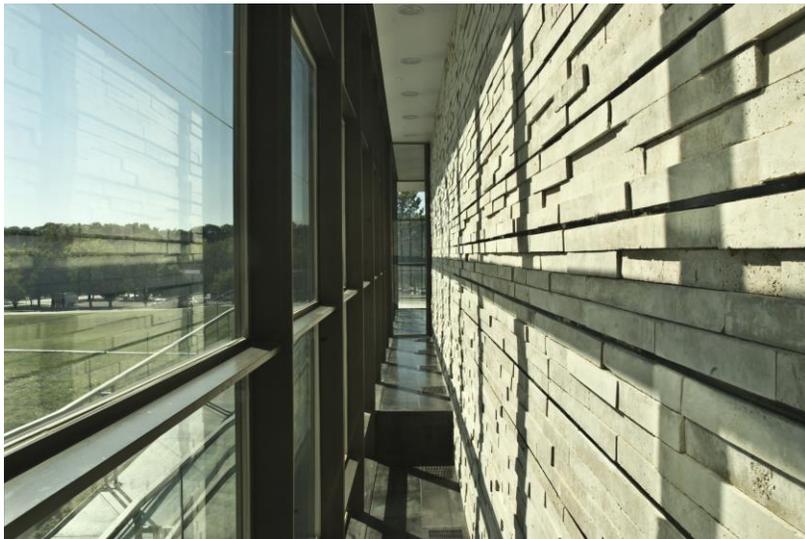
Puesto que el calor no llega más de 15 cm. antes de la puesta de sol, sólo los primeros 15 cm. son útiles para el almacenamiento de calor. En el agua, sin embargo, el calor se transfiere rápidamente por corrientes de

convección. Por lo tanto, los recipientes de agua pueden tener más de 30 cm. de profundidad

MATERIAL	ANCHO RECOMENDADO (cm)
ADOBE	15 - 25
LADRILLO	25 - 40
CONCRETO	25 - 40
AGUA	20 - 30

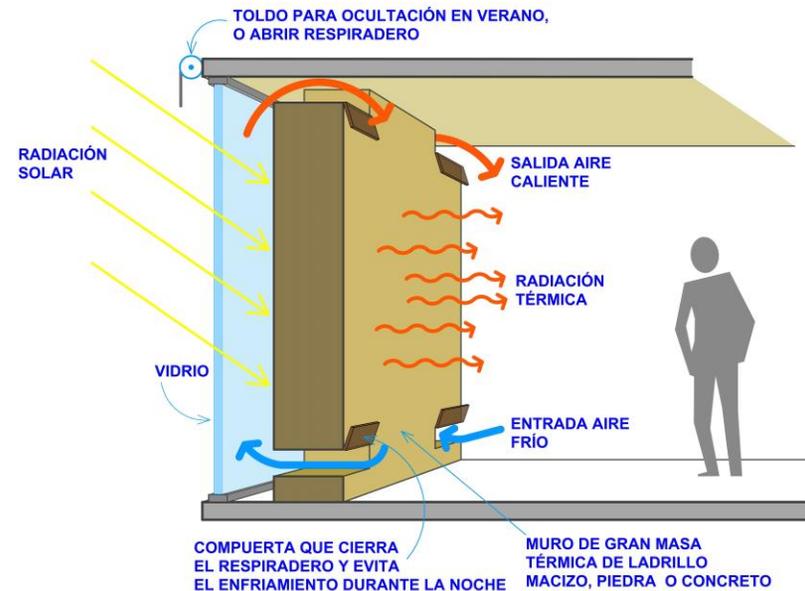
Espesor requerido para un Muro Trombe.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.



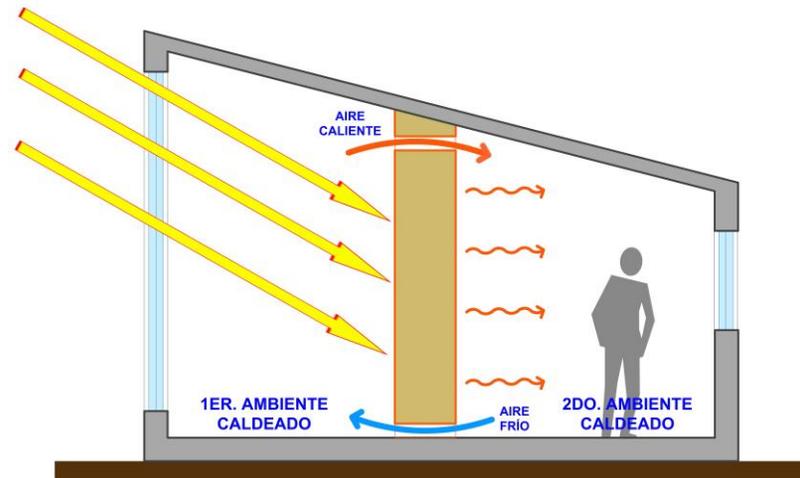
Muro Trombe revestido con rafas de piedra natural.

Fuente: <http://www.certificadosenergeticos.com/wpcontent/uploads/2015/06/muro-trombe.jpg>



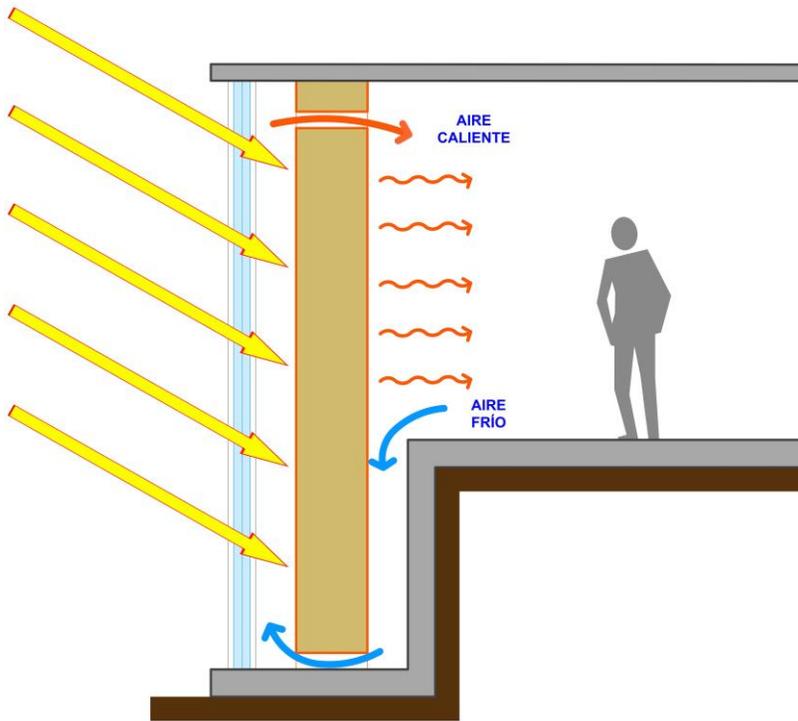
Componentes y funcionamiento de un muro Trombe.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

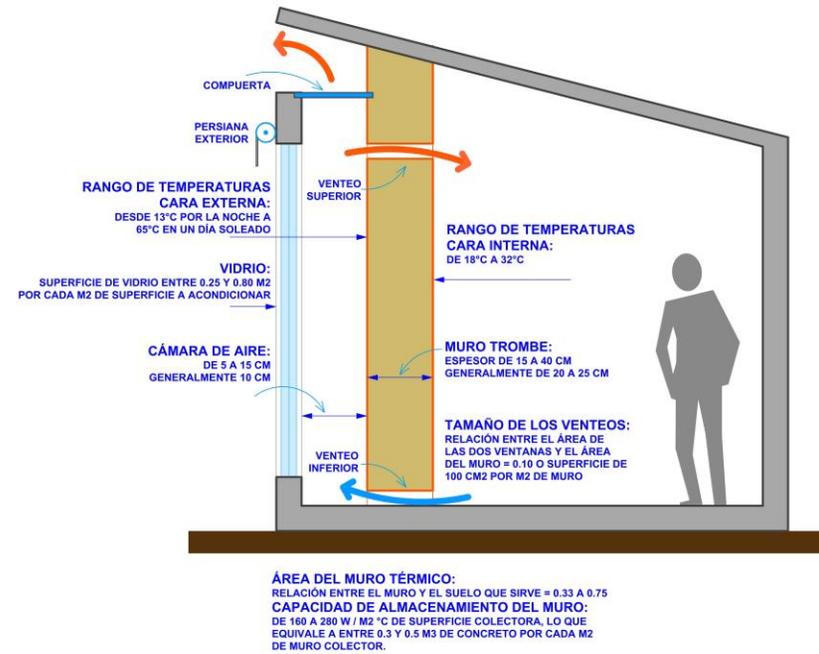


Posición intermedia de un muro Trombe.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



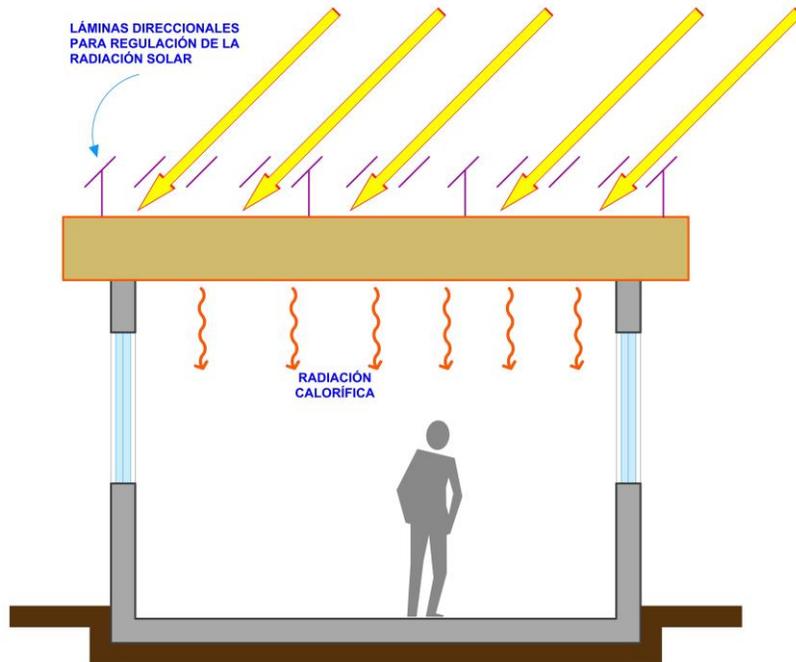
Opción de muro Trombe, cuando se necesita más superficie de captación solar.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Dimensiones de los componentes de un muro Trombe.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura. María López de Asiain. Universidad politécnica de Catalunya.

- **Sistemas de Inercia Térmica: Cubierta de inercia térmica**

Es una cubierta realizada con materiales de construcción de elevado peso específico. Su gran masa amortigua las oscilaciones térmicas.

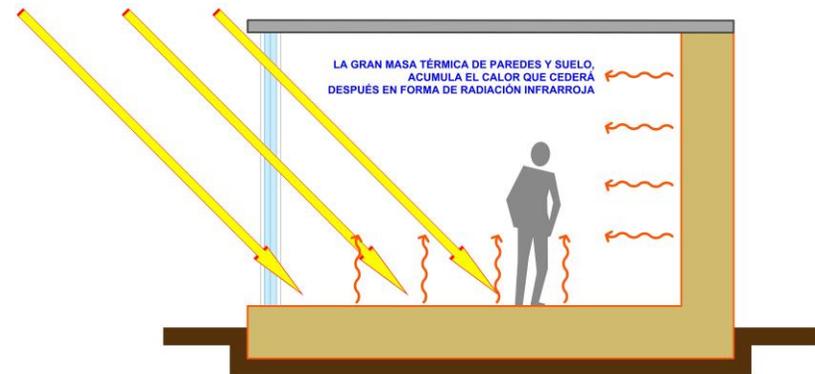


Cubierta de Inercia térmica.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

- **Sistemas de Inercia Térmica: Inercia térmica interior**

Consiste en situar en las paredes y suelos del interior del edificio, grandes masas térmicas que capten y acumulen la radiación solar.



Inercia térmica interior.

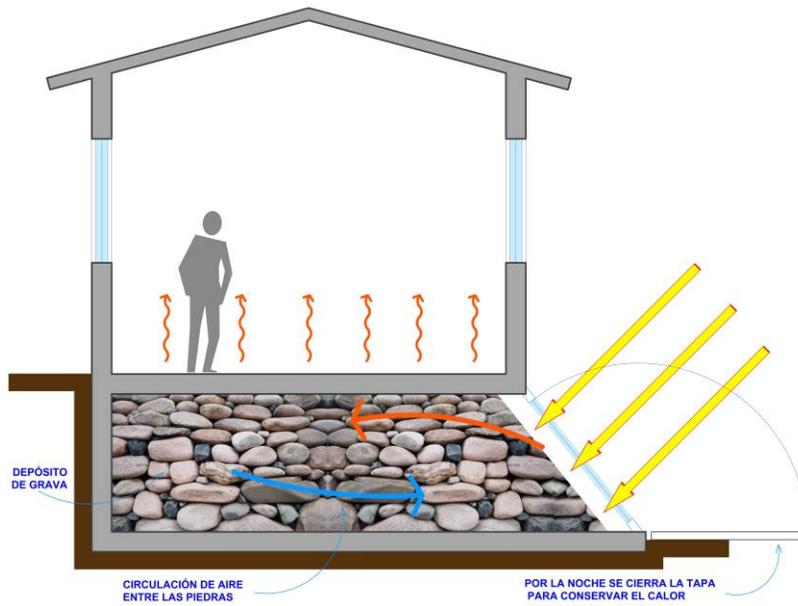
Fuente: Adaptada de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

Deben situarse en lugares donde puedan captar la energía, cerca de ventanales, invernaderos, etc.

Deben repartirse lo más posible por todo el edificio, no concentrar las masas térmicas solamente en una zona para amortiguar mejor los ciclos noche-día. El aislamiento del edificio debe ir por el exterior, para proteger el calor acumulado en muros y suelos.

- **Sistemas de Inercia Térmica: Solera de grava**

Consiste en disponer una solera de grava muy bien aislada que actuará de depósito acumulador. Hay que asegurarse de que la humedad del terreno no llegará a la grava.



Solera de grava.

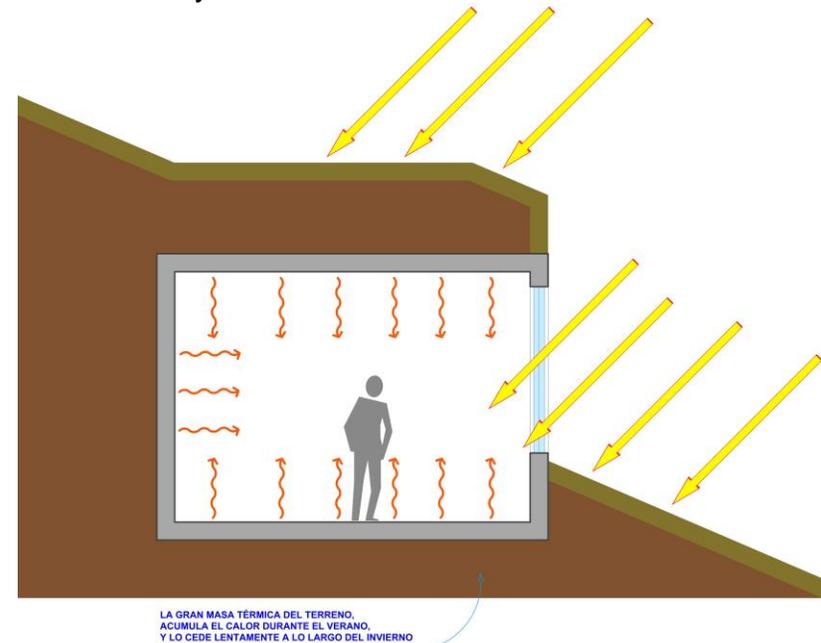
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

La captación se realiza a través de un vidrio como en la pared Trombe. La energía almacenada se conduce al interior del edificio, bien por radiación o bien haciendo circular aire por el interior de la solera.

- **Sistemas de Inercia Térmica: Inercia subterránea**

Este sistema aprovecha la gran masa térmica del terreno para amortiguar las oscilaciones climáticas del

exterior. Da muy buenos resultados en climas extremados y de montaña.



Inercia subterránea.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

### a3. Sistemas de captación añadidos

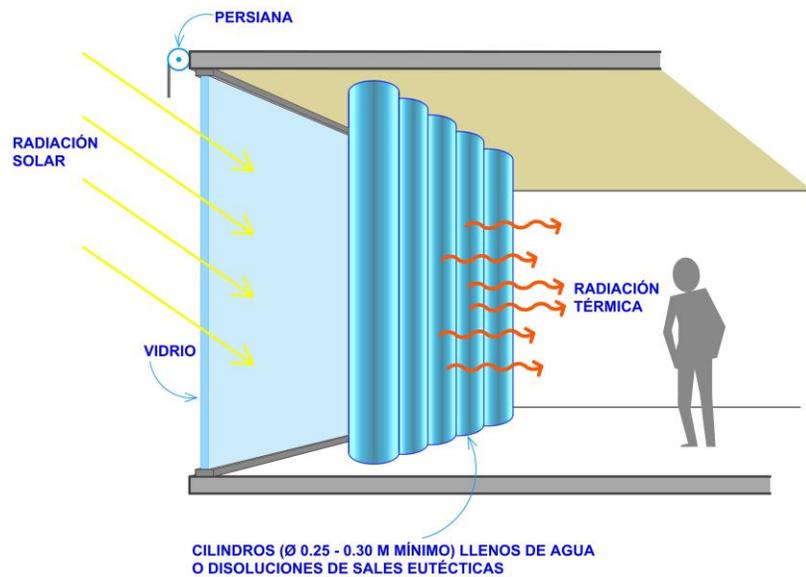
La captación y acumulación de la energía solar se realiza por medio de elementos que no pertenecen al edificio propiamente dicho.

- **Muro de agua**

Muro similar al Trombe, formado por depósitos de agua entre los que se dejan huecos para favorecer las

corrientes de convección y facilitar los intercambios de calor con el interior del edificio.

Suelen colocarse 200 litros de agua por metro cuadrado de superficie de captación.



Muro de agua.

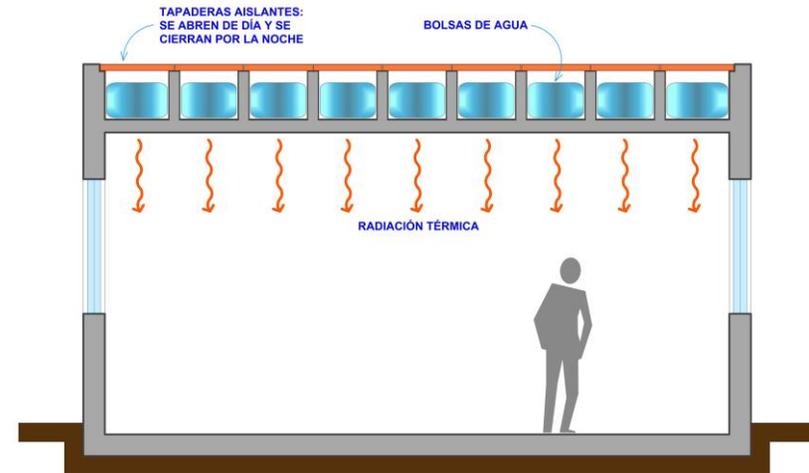
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

En vez de agua, puede colocarse una solución eutéctica que tiene una concentración de sales tal que su punto de congelación sea el mínimo, para una presión dada. Esta sal acumula 6 veces más calor que el agua y 11 veces más calor que las piedras.

### • Cubierta de agua

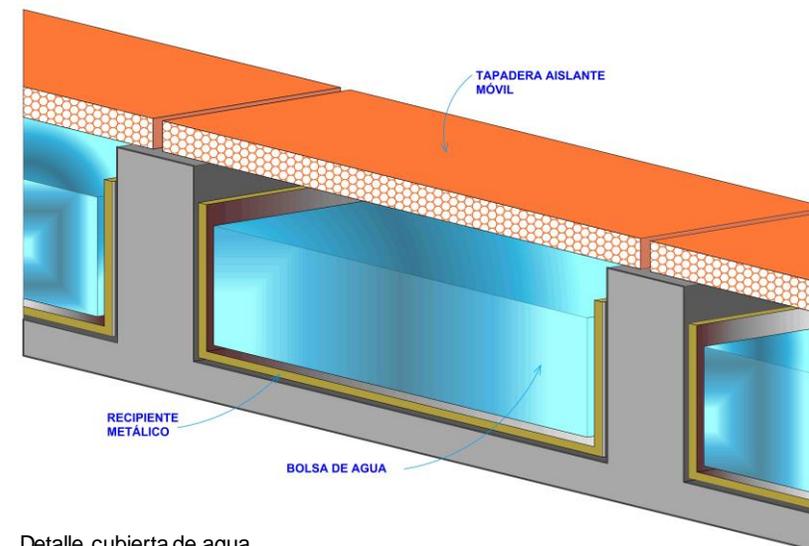
Sobre una azotea pintada de color muy oscuro o negro se colocan bidones o sacos de plástico que se llenan de

agua. Su eficacia aumenta si se cubren con vidrio o un material translúcido.



Cubierta de agua.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Detalle cubierta de agua.

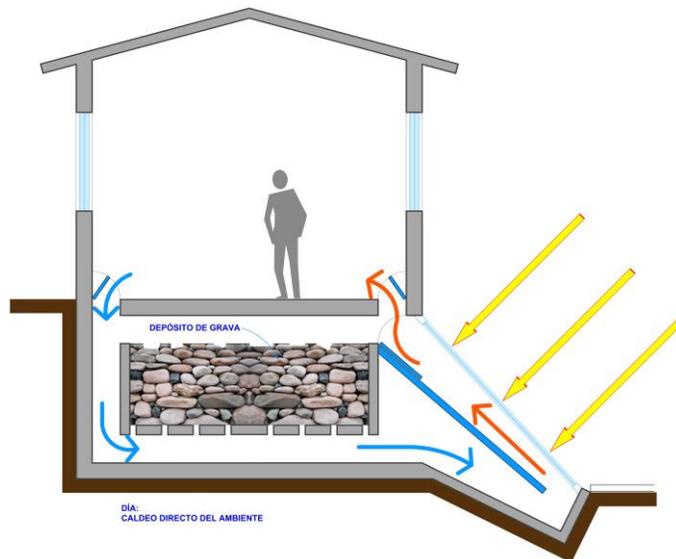
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

Deben de cubrirse durante la noche invernal. En verano puede utilizarse este sistema para refrigerar, dejando destapados los depósitos de agua para que se enfríen durante la noche.

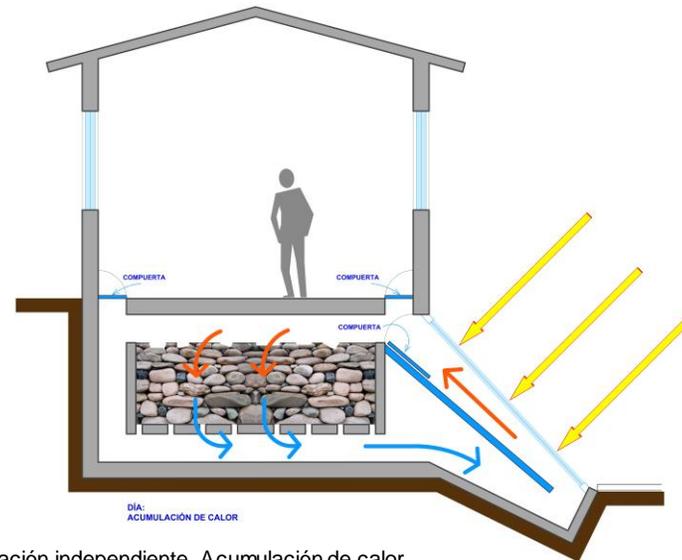
- **Sistema de captación independiente**

Consta de un elemento captador adosado al edificio que aprovecha el efecto invernadero y mediante corrientes de convección de aire o agua, transmite el calor a un depósito acumulador desde donde se transferirá al edificio.

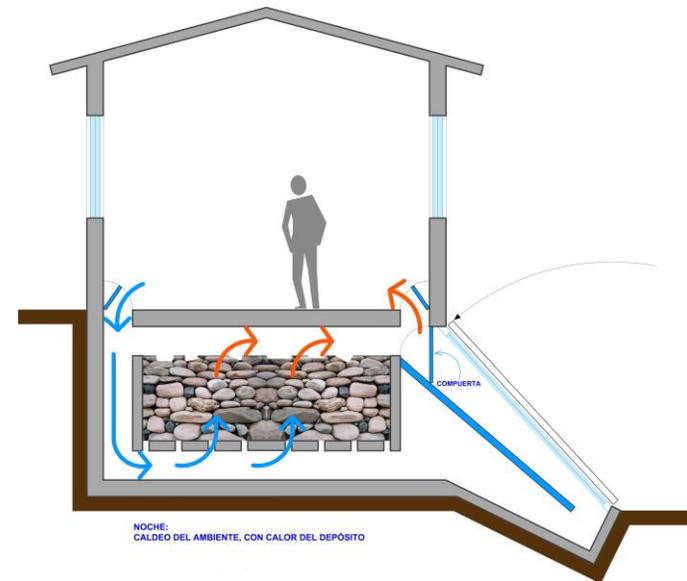
Estos elementos captadores pueden construirse in situ con materiales de construcción, por ejemplo ladrillos o cantos rodados y un recubrimiento de vidrio.



Captación independiente. Caldeo directo del ambiente.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



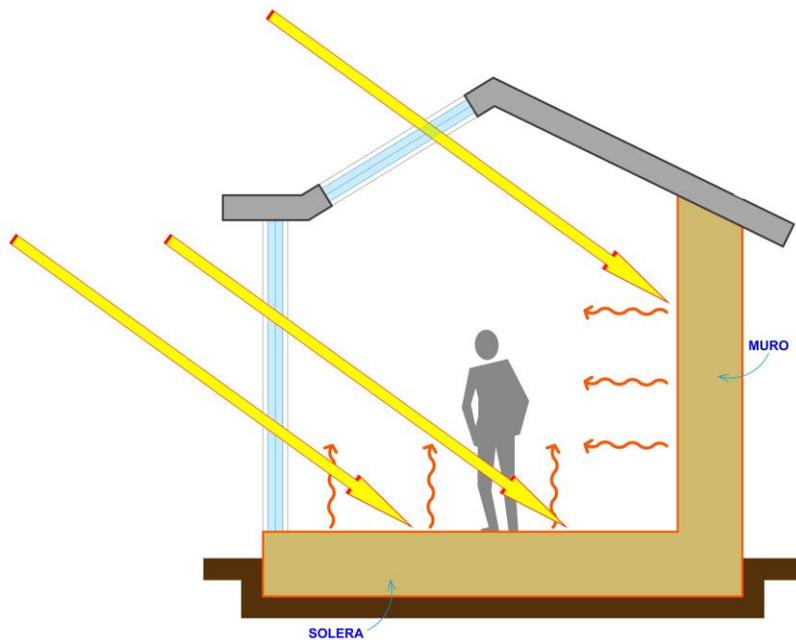
Captación independiente. Acumulación de calor.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Captación independiente. Caldeo del ambiente, con calor del depósito  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

## b1. Elementos acumuladores puramente constructivos

Son elementos constructivos que realizan una doble función constructiva y de almacén de calor. Son los sistemas constructivos de inercia térmica ya citados: muros, soleras, etc.



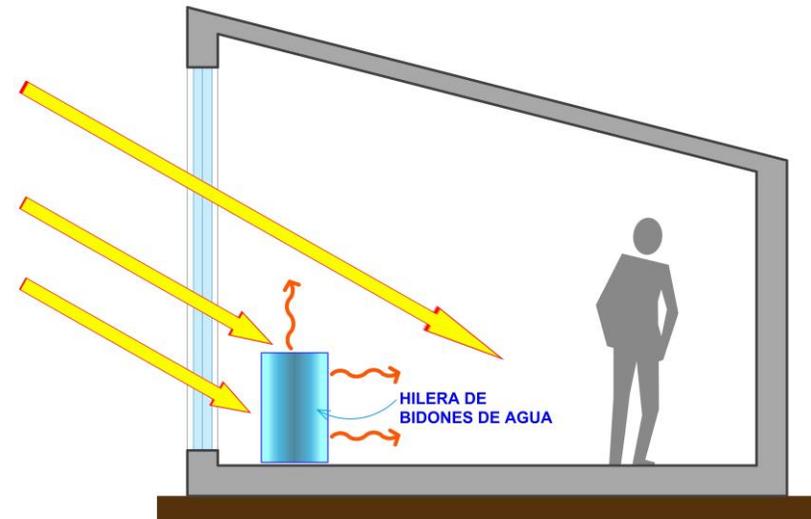
Elementos constructivos de gran inercia térmica.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

## b2. Depósitos de acumulación

Su objetivo es exclusivamente la de almacenamiento del calor. Son depósitos de cualquier material utilizable como almacén de calor: grava, ladrillos, recipientes llenos de agua, sales eutécticas en disolución, etc. En

las regiones frías el depósito acumulador del calor es un elemento fundamental de cualquier sistema de bioclimatización.



Depósitos de acumulación.

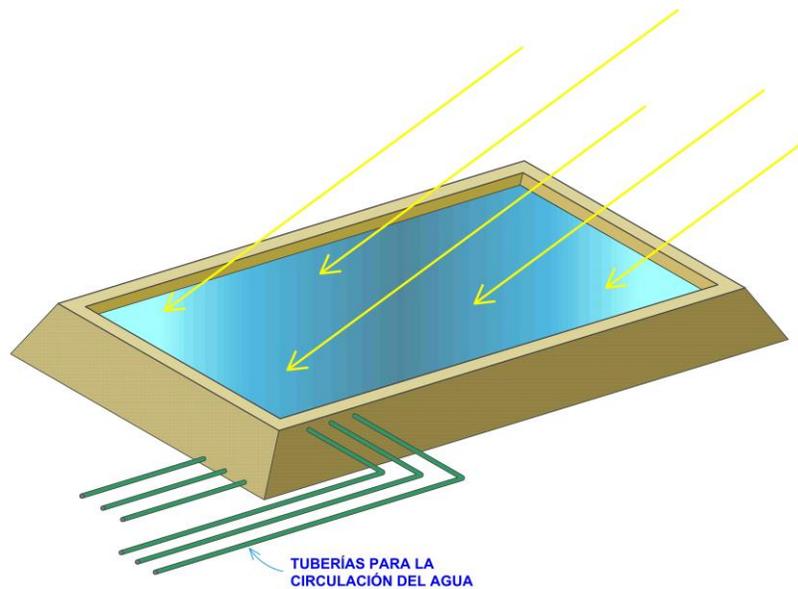
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

### • Lagunas de termo-acumulación

Permiten la posibilidad de utilizar el calor acumulado en lagos y lagunas, debido al calor que pierden las grandes centrales eléctricas. Una laguna de superficie 300 x 500 metros cuadrados puede abastecer de calefacción a una población de 3,000 habitantes. Es necesario cubrirla con bolas flotantes de material aislante para que no pierdan calor.

- **Lagunas solares**

Son muy utilizadas en Japón para calentar el agua de los arrozales. Estas lagunas tienen una superficie de 3,000 metros cuadrados y 2 metros de profundidad. Sobre ellas se esparcen copos de hollín o poliestireno para evitar pérdidas de calor y alcanzan temperaturas de unos 35° C.

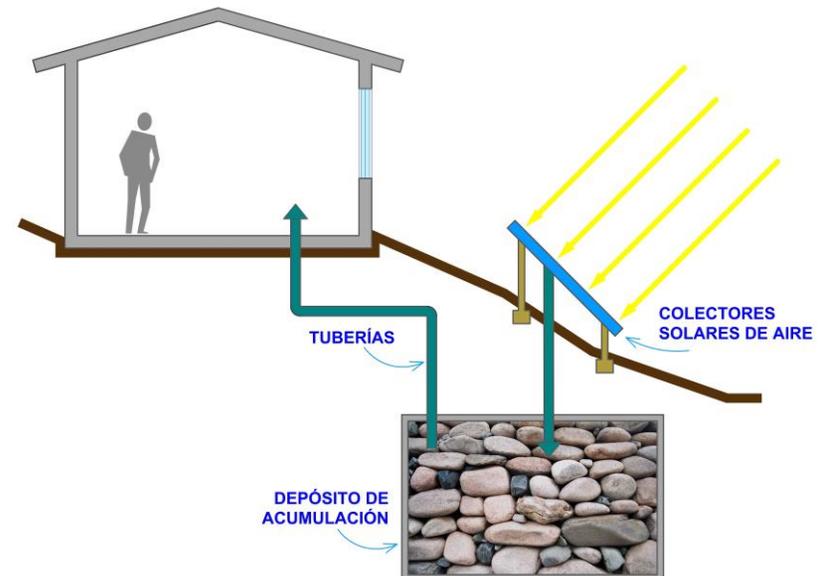


Lagunas de termo-acumulación / Lagunas solares.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

- **Acumuladores de calor subterráneos**

El calor se acumula en depósitos de grava subterráneos. Puede utilizarse agua como material de transferencia de calor, aunque el uso del agua como elemento acumulador puede plantear problemas de proliferación de bacterias. Los acumuladores subterráneos de piedras han sido muy utilizados en viviendas unifamiliares.

El colector solar plano, consiste en una caja cerrada por su parte superior con un vidrio para producir el efecto invernadero. En el fondo del colector hay un absorbedor de calor, generalmente una lámina de cobre o aluminio, que cede su calor al aire, el que circula por tuberías hasta el depósito de grava.



Acumuladores de calor subterráneos.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

## 5.3 Estrategias de enfriamiento pasivo

Las estrategias de verano se orientan al enfriamiento pasivo de los espacios; a través de una adecuada protección solar que contemple las diferentes orientaciones de los recintos.

Diseñar pensando en las condiciones de verano es mucho más difícil que hacerlo para las condiciones de invierno, ya que no existen fuentes naturales de refrigeración como alternativa al sol. La dificultad radica en la propia naturaleza, que no ha sido tan generosa en el verano como lo es en el invierno.

En verano el entorno no aporta mecanismos de enfriamiento tan sencillo como la radiación solar, y únicamente en climas muy fríos, donde no es necesaria la refrigeración en verano, se puede encontrar con fuentes energéticas frías disponibles, agua, aire o incluso hielo.

En condiciones de verano la conservación de energía resulta menos necesaria que en invierno. El motivo fundamental es que en invierno se capta o genera energía calorífica. Sin embargo, en verano no hay una clara aportación de energía frigorífica, sino una simple eliminación del exceso de calor interior, el **sobrecalentamiento**, y a lo sumo, una introducción del frescor exterior mediante la ventilación.

El sobrecalentamiento es un fenómeno que se produce a lo largo de todo el año como consecuencia de la transformación, en un espacio cerrado, de la energía radiante de origen solar en energía térmica. Este fenómeno provoca que en el interior de los espacios, se

puedan alcanzar temperaturas superiores a las del ambiente exterior, ya de por sí elevadas.

Las estrategias que hay que incorporar en primer lugar en un edificio, para que funcione en condiciones de verano, son las que controlen el sobrecalentamiento.

### 5.3.1 Sistemas de ventilación

Las medidas de eliminación del sobrecalentamiento, que son tan imprescindibles, se pueden resumir en una palabra: **ventilación**. La ventilación se debe utilizar para sustituir el aire interior sobrecalentado por aire exterior, pues, aunque su temperatura sea elevada y por encima de la de bienestar, siempre será inferior a la del ambiente interior si éste se ha mantenido cerrado.

La ventilación es una estrategia de múltiples aplicaciones en condiciones de verano, motivo por el que ha sido objeto de utilización y empleo a lo largo de todos los tiempos, y que en la actualidad se utiliza como la gran estrategia bioclimática en los edificios de alta tecnología.

La **ventilación natural** es aquella que se obtiene mediante técnicas naturales, sin necesidad de emplear ningún dispositivo mecánico. La diferencia de temperatura, la diferencia de densidad, que ésta provoca, y la velocidad y presión del viento son los mecanismos que se emplean solos o combinados para mover el aire.

Ventilar es renovar el aire de un lugar. La ventilación es la corriente de aire que se establece al ventilarlo. Tanto el ventilar, como su acción o efecto, que es la

ventilación, sirven para cubrir un conjunto de exigencias higiénicas y de bienestar necesarias para hacer más saludable y agradable la estancia en un espacio abierto o cerrado.

La ventilación viene a cubrir las necesidades provocadas en estos ambientes por su uso y ocupación, mediante dos posibles estrategias, la sustitución del aire y su movimiento.

Si bien la primera de ellas es la más importante, dado que corresponde al hecho de renovar el aire viciado o molesto, la segunda, recirculando simplemente el aire sin necesidad de sustituirlo, permite reducir la sensación de calor en un ambiente sobrecalentado al favorecer la evapotranspiración.

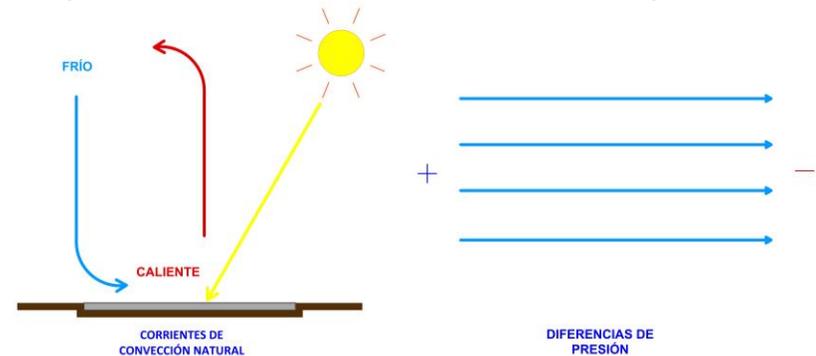
La ventilación natural, utiliza únicamente los recursos del viento o del calor para renovar el aire, lleva acarreados habitualmente ciertos problemas: descontrol, pues no se puede cuantificar el aire renovado; ruido, al ser necesario abrir el edificio al exterior; introducción de polvo, polen y olores, al no disponer generalmente de ningún dispositivo de filtración, cuya pérdida de carga no podría salvar la ventilación natural; y frío o calor excesivos, cuando el edificio se encuentra situado en climas extremos.

### a. Principios básicos de flujo de aire

Para diseñar con éxito la ventilación en el verano o para la protección contra el viento en el invierno, los siguientes principios de flujo de aire deben ser entendidos:

### • Flujo de aire

El aire fluye, ya sea debido a las corrientes de convección natural, causada por diferencias de temperatura, o debido a las diferencias en la presión.

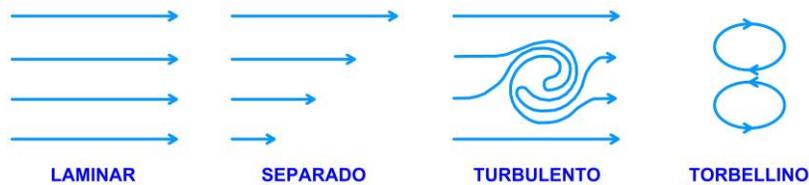


Flujo de aire.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

### • Tipos de flujo de aire

Hay cuatro tipos básicos de flujo de aire: laminar, separado, turbulento, y las corrientes torbellino. Los diagramas de abajo, son similares a los que se vería en una prueba de túnel de viento usando corrientes de humo. Se dan cambios de flujo de aire laminar a turbulento, cuando se encuentra con obstrucciones agudas, tales como edificios. Las corrientes torbellino son los flujos de aire circulares inducidas por corrientes de aire laminares.



Tipos de flujo de aire.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

- **Inercia**

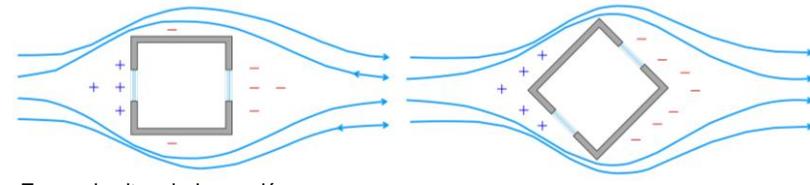
Puesto que el aire tiene algo de masa, el aire en movimiento tiende a ir en línea recta (flujo laminar). Cuando se ven obligados a cambiar de dirección, las corrientes de aire adaptan formas curvas (flujo turbulento o torbellino), pero nunca más ángulos rectos.

- **Conservación del aire**

Dado que ni se crea ni se destruye el aire, cuando se aproxima a un edificio debe ser igual al aire que sale del edificio. Por lo tanto, las líneas que representan las corrientes de aire deberían ser lo más continuas.

- **Zonas de alta y baja presión**

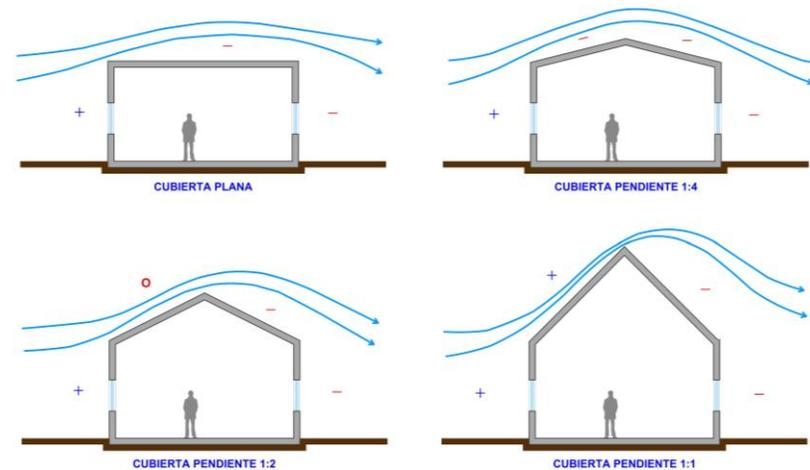
Si el viento incide directamente sobre una fachada se creará en ella una zona de alta presión, conocida como **presión positiva (+)**. Al circular el aire en torno al edificio se crearán ligeras zonas de baja presión o **presión negativa (-)**; al igual que en las fachadas laterales, en la cubierta y en la pared posterior; estas presiones no se distribuyen de manera uniforme.



Zonas de alta y baja presión.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

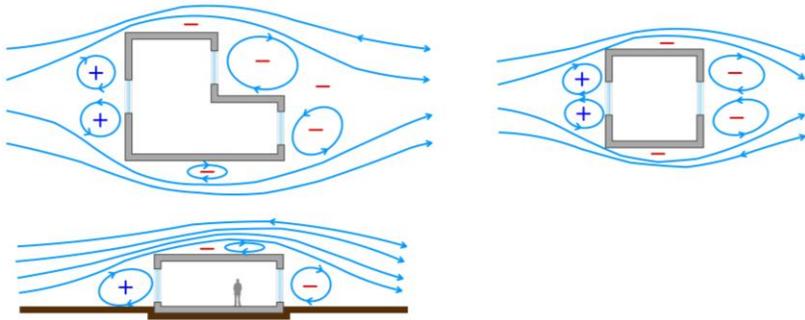
El tipo de presión creado por encima de la cubierta, depende de su inclinación. Estas áreas de presión alrededor del edificio determinan cómo el aire fluye a través del edificio. La presión en el lado posterior de una cubierta es siempre negativa, pero en el lado frontal dependerá de la inclinación de la cubierta.



Comportamiento del flujo de viento en cubiertas con pendientes diferentes.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

También hay que señalar que estas áreas de alta y baja presión no son lugares de calma, ya que se desarrollan flujos de aire del tipo turbulencia y torbellino; revirtiendo el flujo de aire en ciertos lugares.

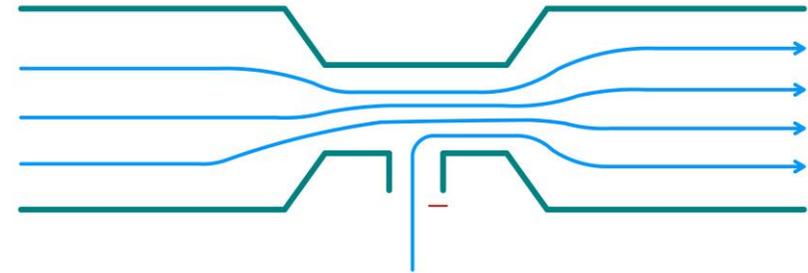


Corrientes del tipo torbellino.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

### • Efecto Bernoulli

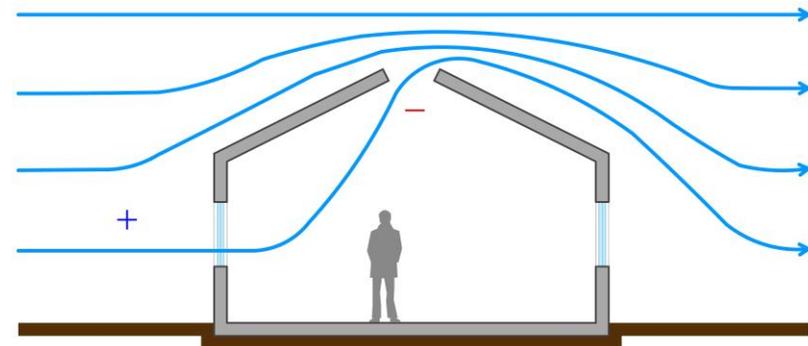
En el efecto Bernoulli, un aumento en la velocidad de un fluido (tanto gases como líquidos) disminuye su presión estática. Debido a este fenómeno, hay una presión negativa en el estrechamiento de un tubo Venturi. El **efecto Venturi** consiste en un fenómeno en el que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado, disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor.

El tubo Venturi ilustra el efecto Bernoulli: A medida que la velocidad del aire aumenta, su presión estática disminuye. Por lo tanto, una abertura en el estrechamiento succionará el aire.



El tubo Venturi ilustra el efecto Bernoulli.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

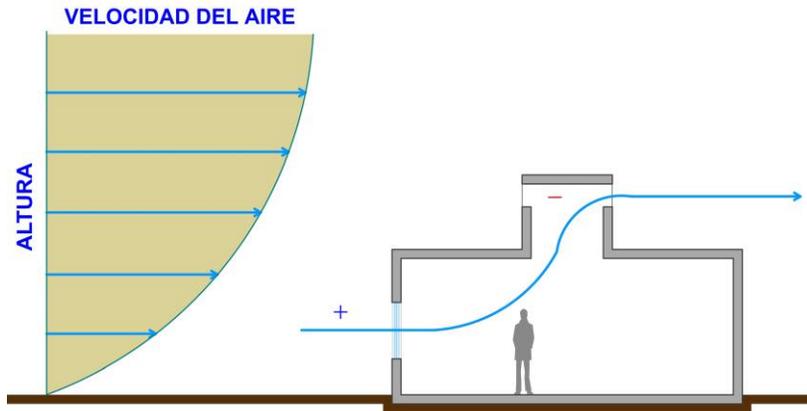
Una cubierta a dos aguas, también puede funcionar como un tubo de Venturi; haciendo cualquier abertura cerca de la cresta y permitiendo que el aire sea succionado hacia afuera.



El efecto Venturi hace que el aire se escape a través de aberturas en el techo, cerca de la cresta.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

Hay otro fenómeno en donde la velocidad del aire aumenta rápidamente con la altura sobre el suelo. Por lo tanto, la presión en la cresta de un techo será más bajo que el de las ventanas a nivel del suelo. En

consecuencia, incluso sin la ayuda de la geometría de un tubo de Venturi, el efecto Bernoulli agotará aire a través de aberturas en el techo.



El aire tiene una menor presión estática en el techo que en el suelo (efecto Bernoulli).  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

## b. La ventilación natural directa

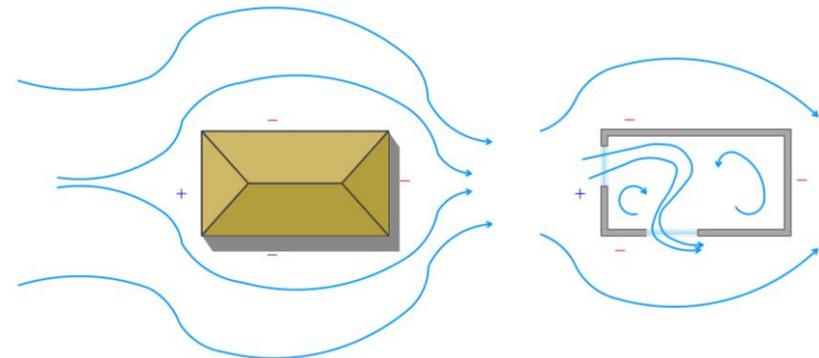
La ventilación natural se produce cuando existen diferencias de presión entre el interior y el exterior del local. La acción del viento sobre una fachada crea sobrepresiones en ella con relación al interior. Esto favorece la entrada del aire por las fachadas batidas por el viento.

La ventilación natural más empleada, es la renovación de aire a través de las ventanas abiertas durante un período de tiempo al día. Los dos ambientes puestos en contacto tienden a equilibrar su presión intercambiando masas de aire. Si para la ventilación se dispone exclusivamente del vano de la ventana, se forma un

gradiente de presiones de tal modo que, en invierno, en la parte superior se forma una zona de mayor presión por la que sale el aire y en la parte inferior una depresión que succiona aire exterior; en verano, por el contrario, la salida de aire se produce por la parte de abajo y la entrada por arriba.

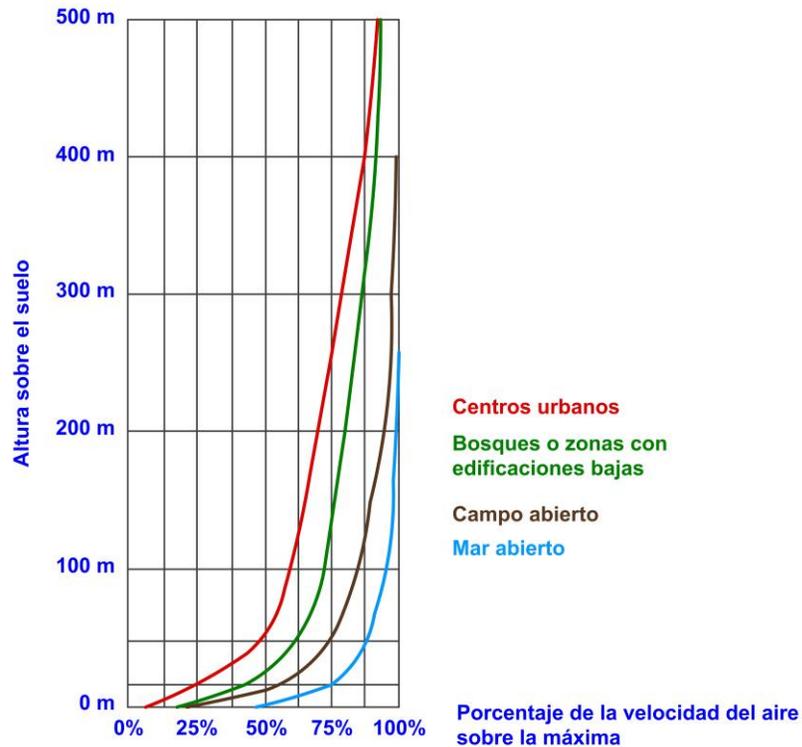
No obstante, se puede mejorar e incrementar la ventilación empleando las diferencias de presión que genera el viento en las diferentes fachadas. Si el viento incide directamente sobre una fachada se creará en ella una fuerte sobrepresión (+). Al circular el aire en torno al edificio se crearán ligeras depresiones (-) en las fachadas laterales, en la cubierta y en la pared posterior.

Si existen ventanas en varias fachadas, la diferencia de presión que ha provocado el viento entre ellas, crea un plano de entrada por la fachada a sobrepresión y uno de salida por la ventana a depresión.



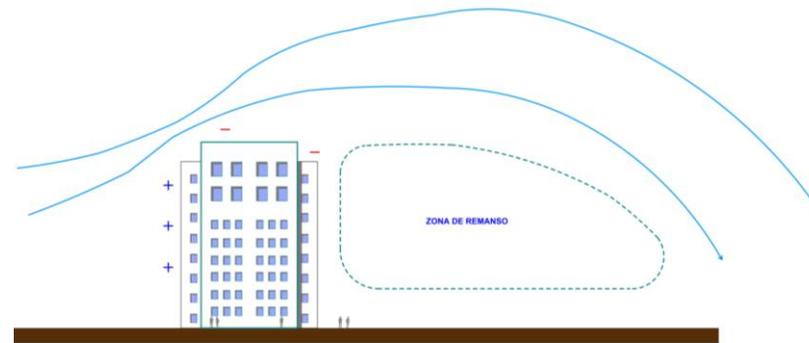
Efectos del viento, presiones y depresiones, sobre el exterior e interior del edificio en planta.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

La ventilación natural en edificios de altura puede resultar compleja, ya que la velocidad del aire crece de un modo significativo con la altura. Los sistemas que se empleen deberán moderar el efecto del viento, reduciendo su velocidad.



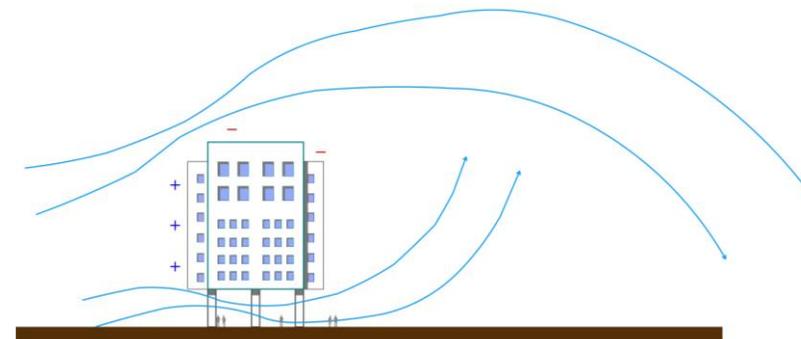
Gráfica con la variación de la velocidad nominal del viento con la altura.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

Si el edificio es muy alto se puede crear una **zona de remanso** considerable junto a la fachada posterior, que reducirá la diferencia de presión entre caras.



Zona de remanso en edificio de gran altura.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

Esa zona de remanso puede llegar a tener una altura de vez y media la altura del edificio, y una longitud de hasta cuatro veces la anchura de la construcción. Si el edificio está elevado sobre el terreno, el aire también circulará por debajo reduciendo notablemente esa zona de remanso y favoreciendo la ventilación entre fachadas.



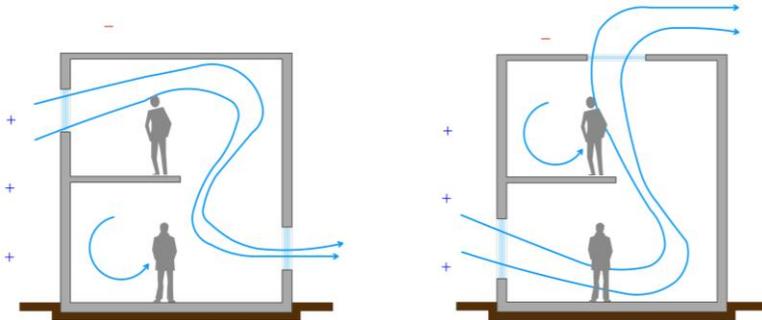
Edificio elevado sobre terreno.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

### c. La ventilación natural cruzada

La ventilación más adecuada es la ventilación cruzada entre vanos situados en fachadas distintas; no es necesario que sean opuestas.

Si las fachadas son opuestas y una está sometida al viento, en ella se crearán presiones, mientras que en la opuesta se producirán depresiones, lo que hace que las diferencias sean aún mayores y la ventilación más eficaz.

También se puede incrementar el efecto de la ventilación cruzada cuando las ventanas están no solamente en planos distintos sino a alturas diferentes. Esto se puede conseguir dentro de la misma habitación colocando una de las ventanas a la altura del techo.



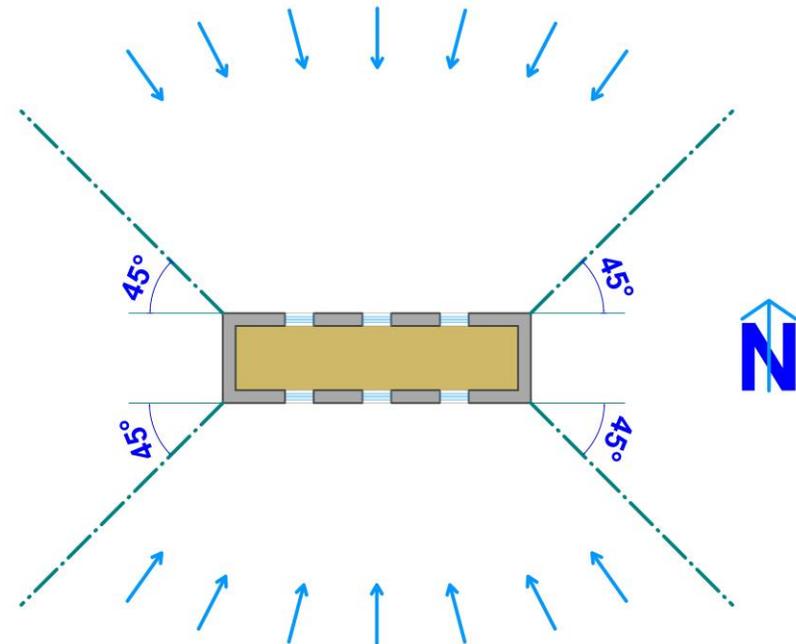
La circulación del aire a través de las diferentes plantas de un edificio.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

Más eficaz resulta colocar las entradas de aire en una planta y la salida en otra, conectándolas verticalmente para crear un mejor movimiento del aire. Sin embargo, la mayor eficacia se produce cuando la ventilación de salida se establece por la cubierta. En condiciones de

verano el aire caliente tiende a acumularse en el techo; si se abren ventanas en la cubierta ese aire caliente tendrá una tendencia natural a salir, ayudado por la depresión que se establece en la cubierta, y ayudando a que la ventilación por sobrepresión entre por las fachadas batidas por el viento; por otro lado, esto creará un tiro natural en todo el edificio que inducirá al movimiento de aire de todos los ambientes.

#### • Condiciones del sitio

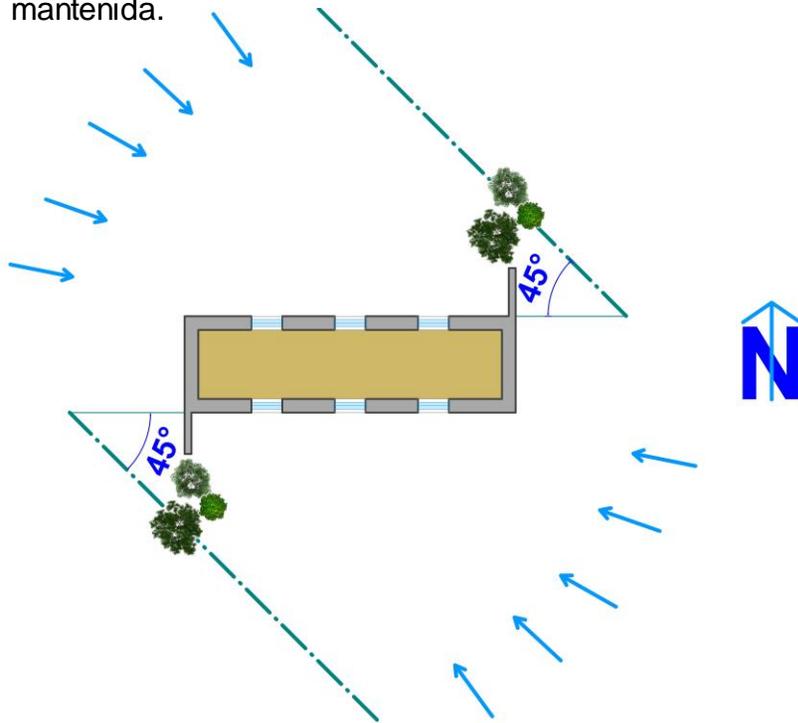
Edificios adyacentes, paredes y la vegetación en el sitio, afectarán en gran medida el flujo de aire a través de un edificio.



Direcciones del viento aceptables para la orientación ideal en verano y en invierno.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

En la mayoría de los climas, la necesidad de sombra en el verano y el sol en invierno requiere una orientación del edificio con el eje largo en la dirección este-oeste, permitiendo una gama de direcciones del viento que funcionan bien con esa orientación. Incluso cuando los vientos son de este a oeste, la orientación solar por lo general tiene prioridad porque los vientos pueden ser desviados con mayor facilidad que el sol.

Se pueden utilizar paredes de desviación y la vegetación, para cambiar la dirección del flujo de aire, de manera que la orientación solar óptima puede ser mantenida.

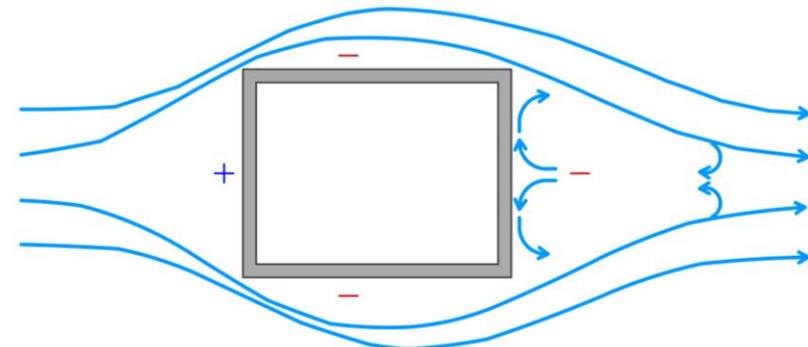


Paredes de desviación y uso de vegetación, para cambiar la dirección del flujo de aire.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

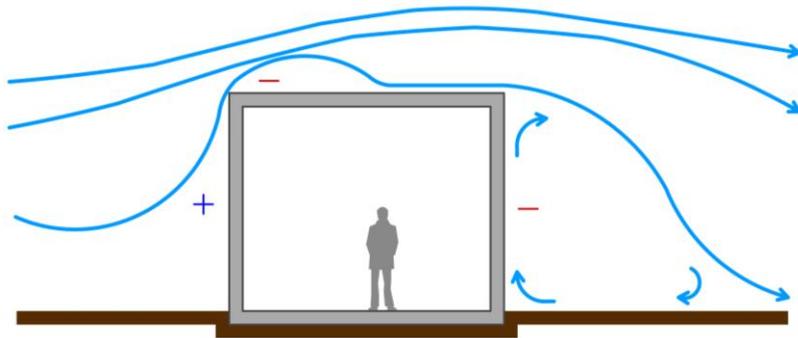
La vegetación baja y la obstrucción producida por la presencia de árboles originan desviaciones en el flujo del aire que pueden ser muy beneficiosas. Además de sus propiedades estéticas y su capacidad para proporcionar sombra, el valor de los árboles como cortavientos radica en su capacidad para reducir las velocidades de viento. Este efecto mecánico proporciona cambios perceptibles tanto en la temperatura como en la humedad del aire, y en los efectos de la evaporación.

#### • Ventilación producida por las fuerzas del viento

Un edificio situado en una corriente de aire, disminuye la velocidad del mismo y lo acumula en su lado más expuesto, originando un área de presión relativamente alta.



Modelo de movimiento del aire alrededor de un edificio.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas. Víctor Olgyay. Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona 2008.



Modelo de movimiento del aire en la sección de un edificio.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas. Víctor Olgyay. Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona 2008.

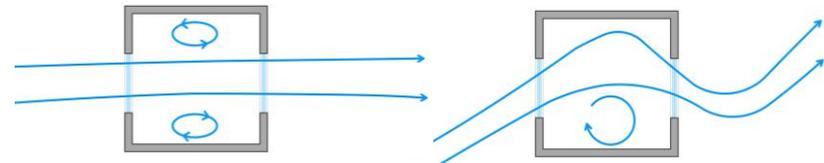
El movimiento de aire que rodea una edificación, crea zonas de baja presión en los lados adyacentes a la fachada de mayor exposición. En la fachada posterior se producirá una zona de sombra de viento con baja presión. Esta sombra de viento se llenará de aire gradualmente, de forma tal que, a una distancia aproximada del doble de la altura del edificio, el aire se encuentra en reposo. A partir de allí, y fluyendo hacia y desde el edificio, el viento recuperará su velocidad original a una distancia de aproximadamente siete veces la altura de la construcción. Los modelos de movimiento del aire creados alrededor de la vivienda vienen determinados por la geometría de la edificación y son independientes de la velocidad del viento.

El emplazamiento de aberturas es más eficaz si se colocan las entradas en las zonas de alta presión y las salidas en las de baja presión.

- **Orientación de las ventanas y la dirección del viento**

Los vientos ejercen la máxima presión cuando son perpendiculares a una superficie, y la presión se reduce aproximadamente 50% cuando el viento está en un ángulo oblicuo de aproximadamente 45°.

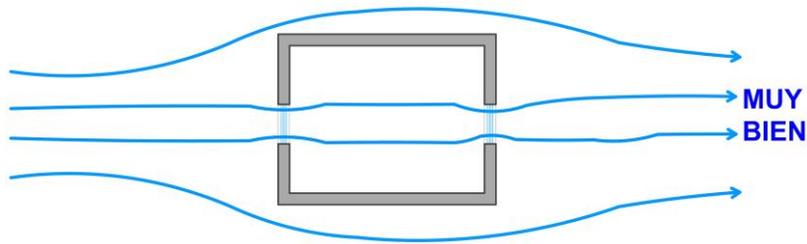
Sin embargo, la ventilación interior es a menudo mejor con los vientos oblicuos, ya que generan mayor movimiento del viento en el interior, cubriendo más área de la habitación.



Vientos perpendiculares y oblicuos.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

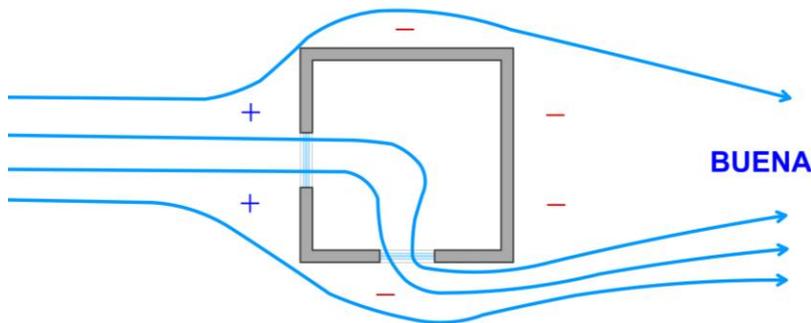
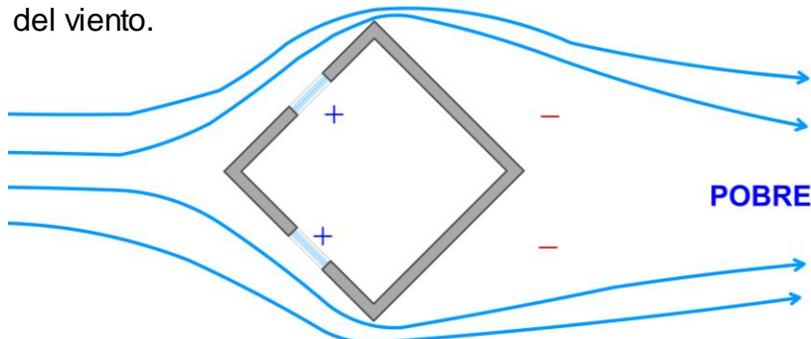
- **Ubicaciones de las ventanas**

La ventilación es muy eficaz y con presión positiva en el lado frontal, y realiza un recorrido en el interior del edificio; teniendo una presión negativa en el lado posterior. La ventilación de las ventanas en las paredes adyacentes puede ser buena o mala, dependiendo de la distribución de la presión, que varía con la dirección del viento.



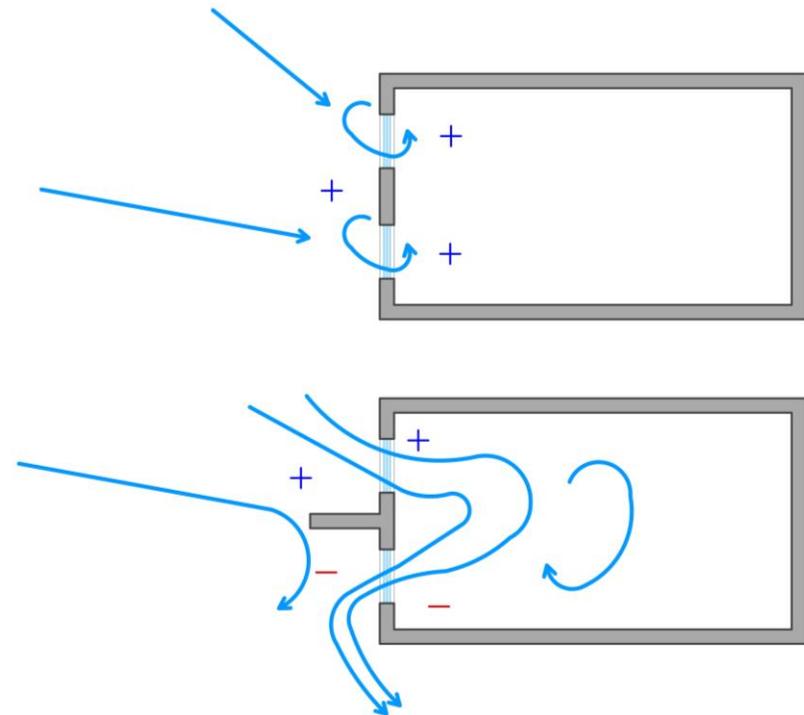
El cruce de ventilación entre ventanas en paredes opuestas es la condición ideal.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

La ventilación de las ventanas en los lados adyacentes puede ser pobre o buena, dependiendo de la dirección del viento.



Ventilación pobre o buena de las ventanas.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

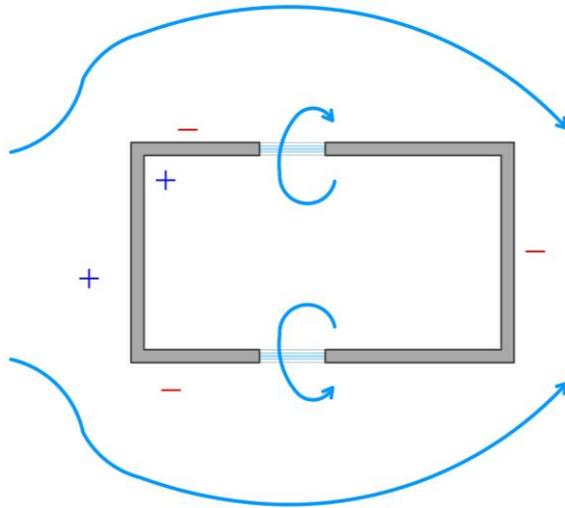
Cuando un ambiente tiene una sola fachada es imposible colocar ventanas en varias paredes del mismo, para crear la ventilación cruzada. Tampoco resulta fácil conectar claramente los diferentes ambientes para que se produzca la ventilación entre ellos. Aunque se dispongan múltiples ventanas situadas en la misma pared, al estar sometidas a la misma presión o depresión no encuentran diferencias entre ellas que induzcan a un movimiento fluido del aire de ventilación.



Lo ventilación a través de ventanas situadas en la misma fachada.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

La presencia de obstáculos en la fachada (cuerpos salientes, parasoles verticales, jardineras, etc.) puede dar lugar a diferentes zonas dentro de la misma fachada, creándose suficiente diferencia de presión entre ventanas como para establecer una buena ventilación entre ellos.

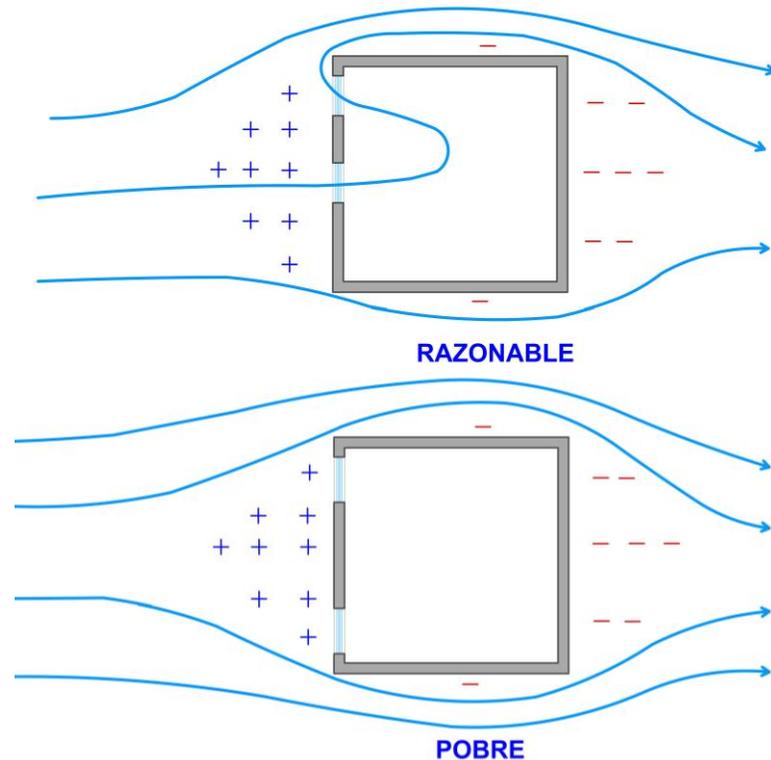
Un efecto parecido al mencionado anteriormente, se crea cuando el viento incide sobre una fachada sin ventanas, dejando el resto de las posibles ventanas todas ellas a depresión.



Inducción del viento por ventanas laterales, no expuestas al viento.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

Los edificios que se colocan perpendicularmente a la dirección de los vientos, reciben en su fachada de mayor exposición, el impacto total de la velocidad. Si se sitúan a 45° la velocidad del viento se reduce un 50%.

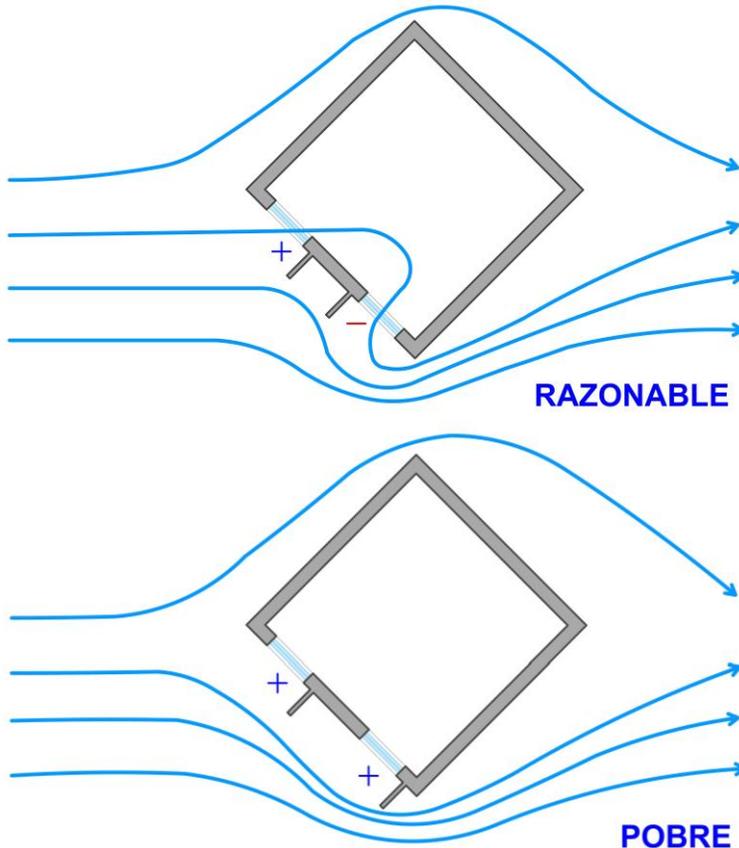
La ventilación de las ventanas en un lado de un edificio, puede variar de razonable a pobre, dependiendo de la ubicación de las ventanas. Puesto que la presión es mayor en el centro de la pared frontal que en los bordes, hay una cierta diferencia de presión en la colocación asimétrica de ventanas, mientras que no hay diferencia de presión en el esquema simétrico.



Colocación asimétrica y simétrica de ventanas.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

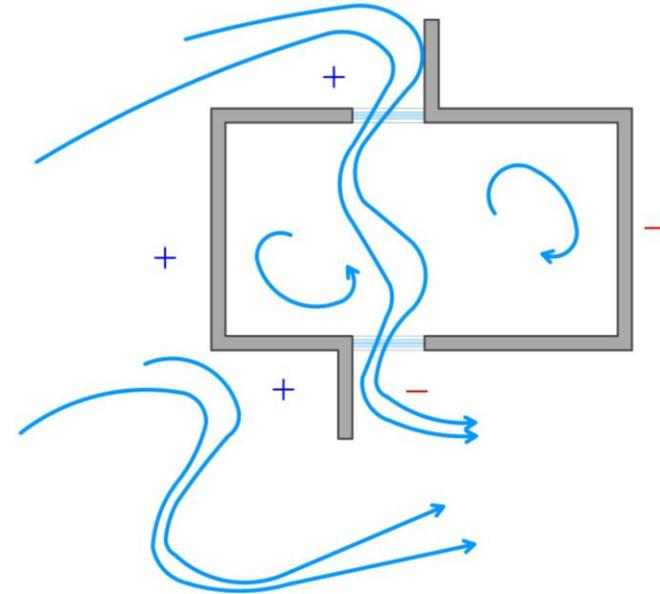
- **Las paredes de aleta**

Las paredes de aleta pueden aumentar en gran medida la ventilación a través de ventanas en el mismo lado de un edificio, cambiando la distribución de la presión. Sin embargo, cada ventana debe tener solamente una aleta. Además, las paredes de aletas no funcionarán si se colocan en el mismo lado de cada ventana. Funcionan mejor para los vientos a 45° a la pared de la ventana.



Paredes de aleta.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

La presencia de cuerpos salientes (obstrucciones integradas en la pared), favorecerán la creación de zonas con diferente presión y por tanto, una mejor ventilación cruzada.

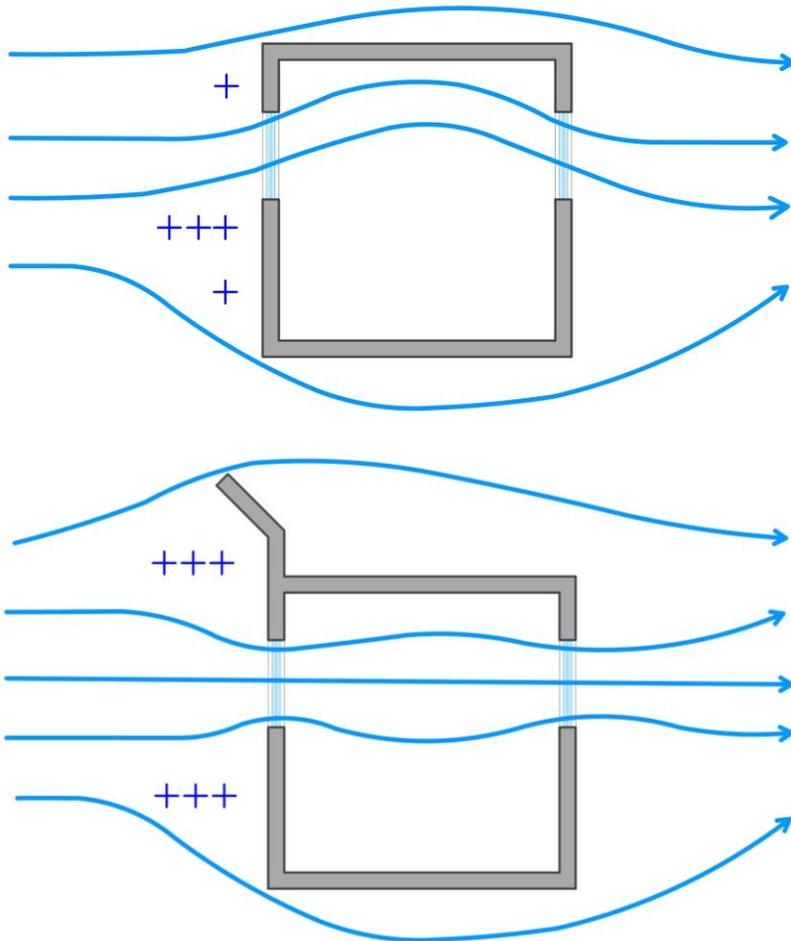


Obstrucciones integradas en pared (aletas).  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

La colocación de ventanas en una pared, determina no sólo la cantidad sino también la dirección inicial del aire entrante. Una ventana ubicada fuera del centro de la pared, genera un área a su lado, con la mayor presión positiva, desviando la corriente de aire en la dirección equivocada. Gran parte de la habitación permanece sin ventilación.

Para mejorar la ventilación del ambiente, se debe desviar la corriente de aire en la dirección opuesta. Una

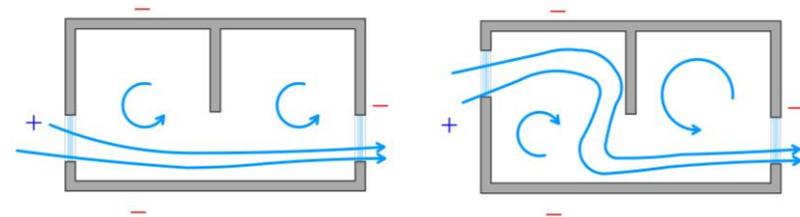
pared de aleta puede ser utilizada para cambiar el equilibrio de la presión y, por tanto, la dirección de la corriente de aire hacia el centro de la habitación.



Ventanas fuera de centro y pared de aleta para mejorar ventilación.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

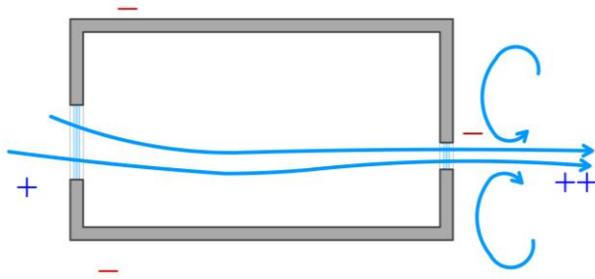
La distribución interior y el diferente tamaño de las ventanas también afectarán a la correcta ventilación cruzada. Si la ventilación se establece sin modificar la dirección del aire que atraviesa el edificio de una fachada a la otra, su velocidad no disminuirá de forma significativa, lo que siempre representa una gran ventaja.

No obstante, esa ventilación no suele llegar a todos los puntos del interior, dejando grandes zonas sin cubrir. Si el aire debe cambiar de dirección, al encontrarse con divisiones interiores, su velocidad disminuirá, pero se crearán pequeñas áreas de turbulencia que inducirán el movimiento de más cantidad de aire, facilitando la ventilación integral.



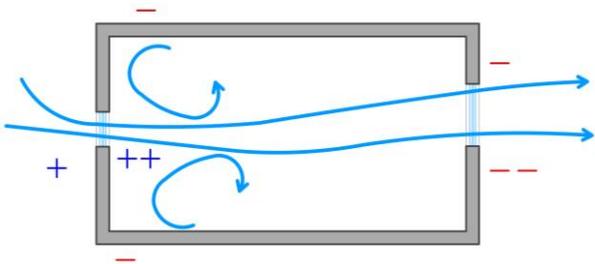
El cambio de dirección del aire de ventilación reduce su velocidad pero moviliza mejor el resto del aire de los ambientes.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

Por otro lado, el uso de ventanas con tamaños diferentes afecta a su velocidad. Si la abertura de entrada es mayor que la de salida, el aire disminuirá de velocidad al entrar en el edificio y se acelerará, por efecto Venturi, a la salida; esto no representa ninguna ventaja para la ventilación ya que la velocidad es uno de los objetivos; perdiendo el efecto refrescante.



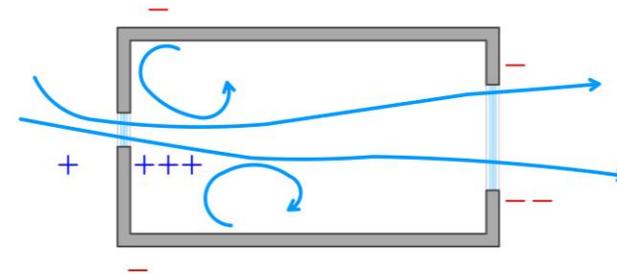
Influencia del tamaño de las aberturas (mayor en la entrada) en la velocidad del aire.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

Sin embargo, si la abertura es pequeña en la entrada y grande en la salida, el efecto se invierte y el aire se acelera al entrar en el edificio, creando una gran zona de inducción; si se tiene en cuenta que las velocidades en general son reducidas, cualquier proceso de aceleración resulta interesante.



La influencia del tamaño de las aberturas (menor en la entrada) en la velocidad del aire.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

Por otro lado, cuanto mayor sea la diferencia de tamaño entre las aberturas, mayor será el incremento de velocidad que se producirá.



La influencia del tamaño de las aberturas (gran tamaño en salida) en la velocidad del aire.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004.

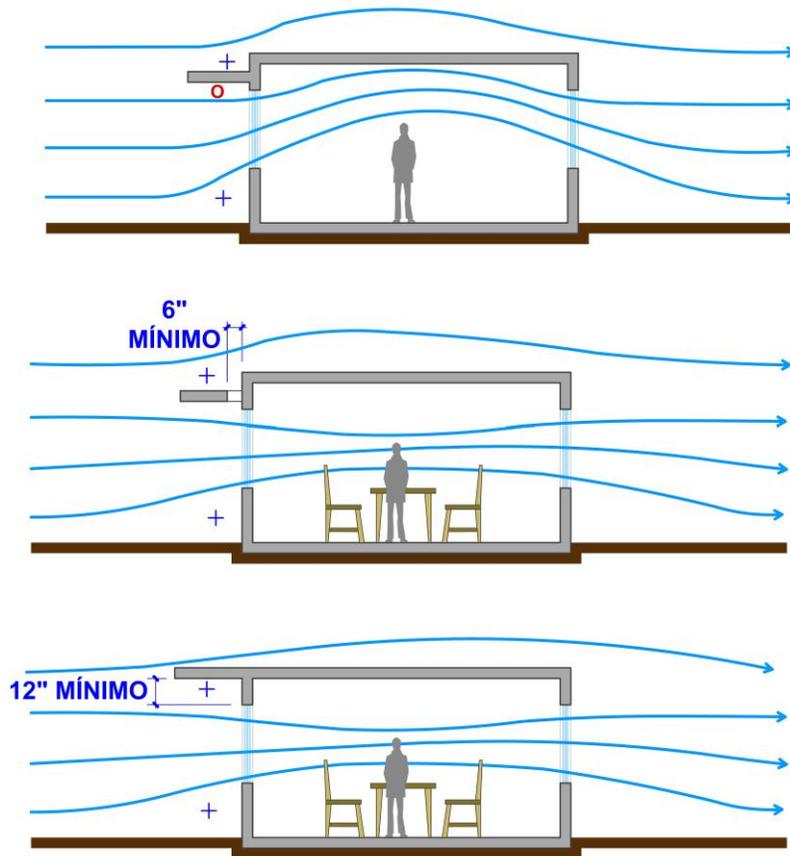
Una buena combinación de estrategias, como los tamaños de aberturas diferentes, el cambio de dirección de aire y la ventilación entre fachadas y plantas, sobre todo si es con la cubierta, darán lugar a una buena ventilación cruzada.

- **Los aleros horizontales y el flujo de aire**

Un voladizo horizontal justo por encima de la ventana, hará que la corriente de aire se desvíe hacia el techo, debido a que el voladizo sólido evita que la presión positiva por encima de él, de equilibrio a la presión positiva por debajo de la ventana.

Sin embargo, una abertura de 6" (15 cm) o más en el voladizo, permitirá que la presión positiva por encima de él pueda enderezar la dirección del flujo de aire.

Un voladizo horizontal sólido, colocado por encima de la ventana con una distancia mínima de 12" (30.5 cm), también enderezará la corriente de aire; dirigiendo el flujo de aire hacia abajo para los ocupantes.



Ubicación de aleros horizontales.

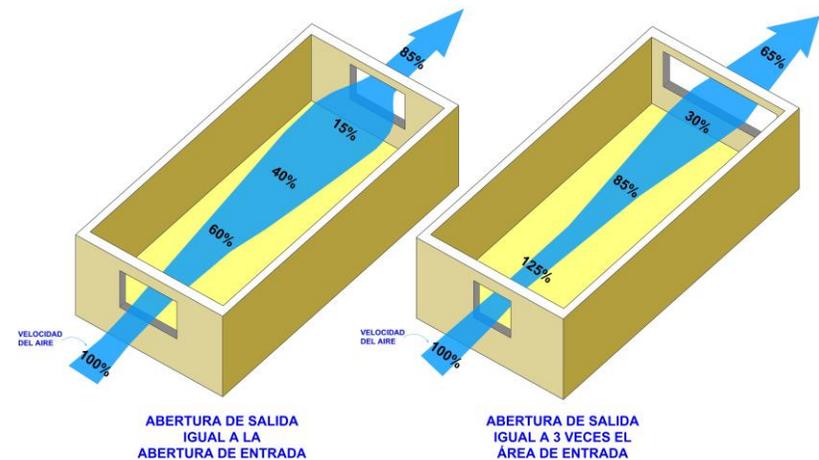
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

### • Dimensiones de las aberturas de salida

Un sistema de ventilación perdería su eficacia si no se facilitase una salida al flujo de aire que ventila la casa. Debe diseñarse una salida de dimensiones adecuadas y en el sitio adecuado para que el aire circule con soltura.

Las dimensiones de las aberturas determinan la velocidad del flujo de aire. De modo similar a lo que ocurre en una tubería que transporta un líquido, una abertura pequeña incrementa la velocidad del aire. Una abertura grande lo enlentece.

La velocidad del aire en el centro de un local es menor que en las aberturas debido a que dispone de mucho espacio y se enlentece. Para una idéntica abertura de entrada, la velocidad del aire a través de la habitación será mayor o menor según la superficie de la abertura de salida.



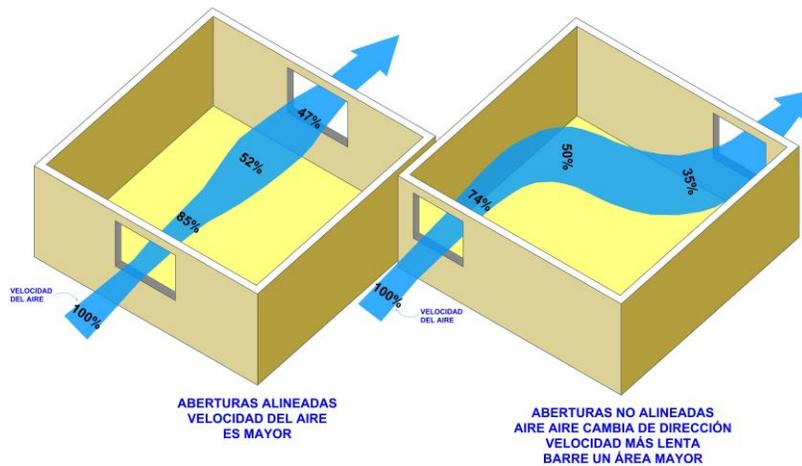
Aberturas de entrada y salida.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

- **Situación de las aberturas de salida**

La velocidad del aire a través de la casa es mayor si la salida se encuentra enfrentada a la entrada. Su inconveniente es que solamente queda eficazmente ventilado el espacio situado entre las dos aberturas.

Si se desea ventilar más área se diseñará un cambio de dirección en el flujo del aire, pero en este caso la velocidad del aire se enlentecerá.

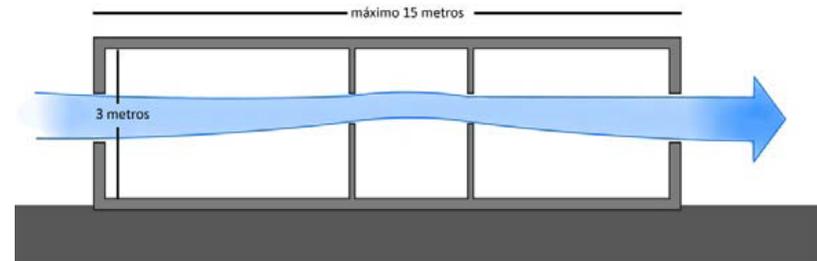


Situación de las aberturas de salida.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

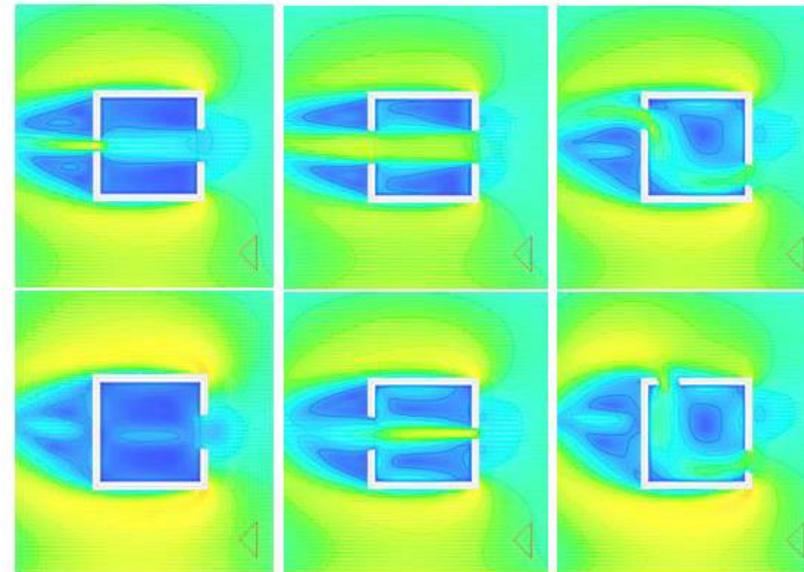
- **Distancia máxima para ventilación natural cruzada**

Para que este tipo de ventilación funcione la distancia de una ventana a otra debe ser como máximo 5 veces la altura de piso a cielo, sin exceder los 15 metros.



Distancia máxima para ventilación natural cruzada.

Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Instituto de la Construcción. Santiago de Chile



Ventilación natural cruzada, imagen de simulación CFD.

Fuente: <http://www.lowcarbonarchitecture.com/servicios/modelado-y-simulacion/>

#### d. La ventilación natural forzada

En muchas ocasiones la ventilación natural no funciona correctamente, a veces porque la dirección que trae no es la adecuada, pero en la mayor parte de los casos porque la velocidad es insuficiente para mover el caudal necesario, dirigirlo a todos los puntos del edificio y cubrir la pérdida de carga que supone atravesar los ambientes.

Es necesario recurrir a refuerzos que hagan a la ventilación natural suficientemente eficaz. Ese tipo de refuerzos pueden ser mecánicos, como ventiladores, extractores o impulsores que actúan cuando la ventilación natural pura es insuficiente. Esos sistemas pueden estar combinados con los sistemas naturales de tal forma que si la impulsión es mecánica la extracción se produzca de forma natural, o al revés.

La aceleración del movimiento del aire también puede conseguirse mediante refuerzos naturales basados en el recalentamiento del aire o en dispositivos que aceleren su extracción.

- **Recalentamiento en fachada**

Cuando el sol incide sobre una fachada se produce un recalentamiento de su superficie y del aire que se encuentre en contacto con ella. Los dispositivos bioclimáticos de calentamiento producen ese efecto en invierno y aprovechan el aire caliente generado para la calefacción.

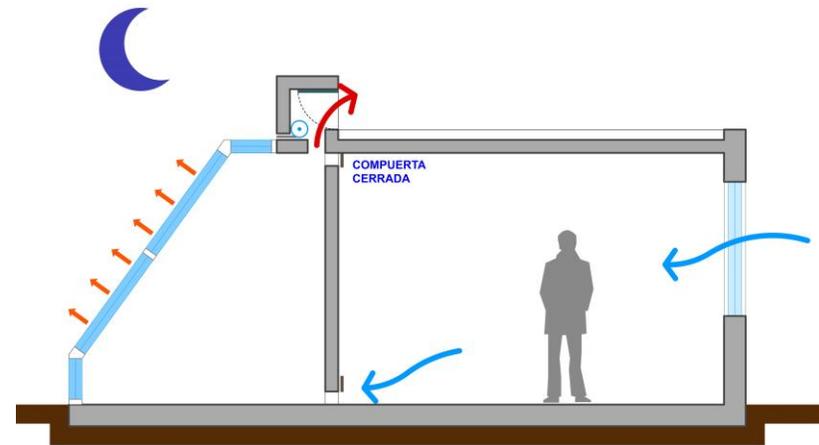
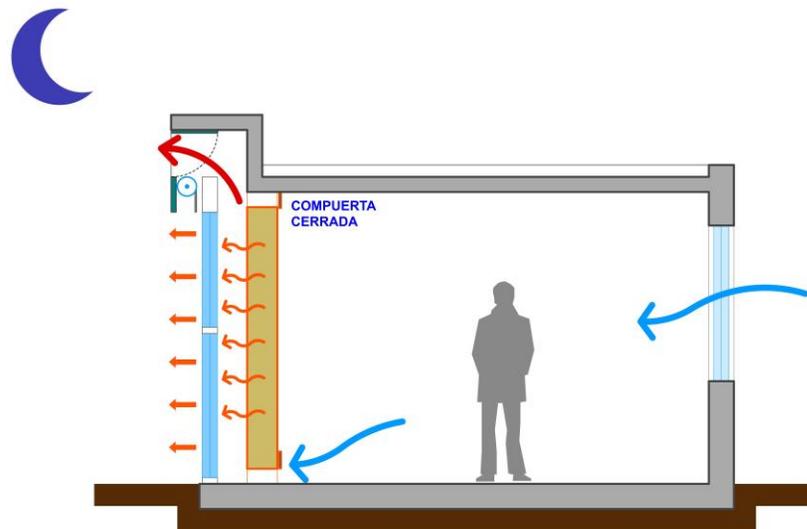
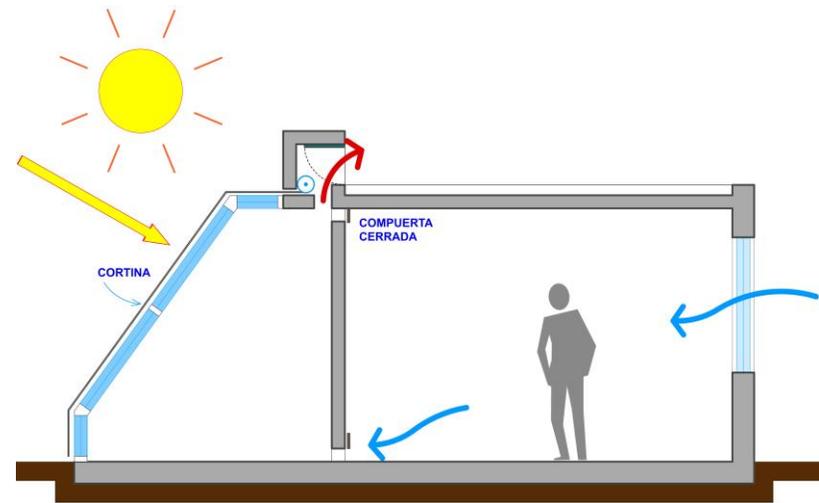
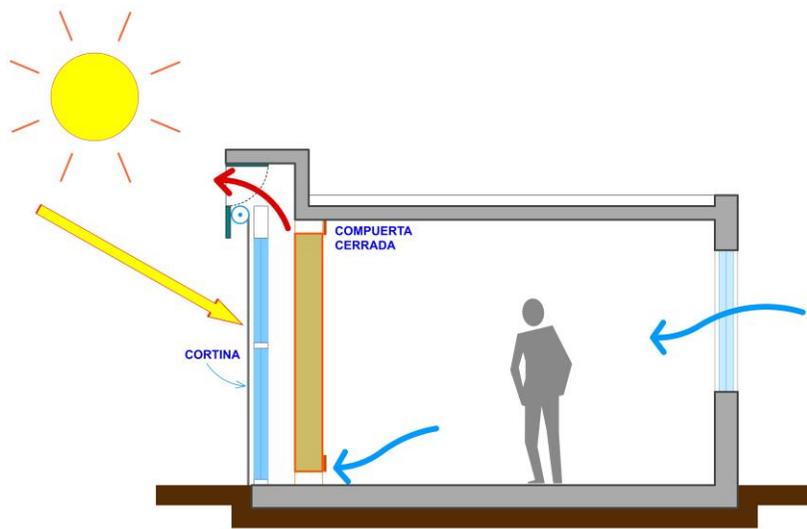
Esos dispositivos de calentamiento, como el muro trombe o las distintas formas de los invernaderos, pueden convertirse en auténticas trampas de calor

durante el verano, si no se protegen y se evacua el calor generado. Si estos dispositivos se utilizan correctamente no solamente servirán para el calentamiento en invierno sino que, al actuar como recalentadores de aire en verano, incrementarán su velocidad forzando de manera natural la ventilación.

Para poder aprovecharse de este modo, los invernaderos, galerías acristaladas y muros trombe deberán modificar su funcionamiento; protegiéndose durante el día, en lugar de durante la noche, como ocurre en invierno. También el régimen de aperturas de las rejillas de aireación debe modificarse. La rejilla superior de las cámaras que permitía la entrada de aire caliente en las habitaciones a nivel de techo debe permanecer cerrada. En su lugar debe haber otra rejilla o hueco de aireación situados, también en la zona alta de la cámara, pero dando hacia el exterior. El aire caliente generado en el interior de la cámara ascenderá hasta su parte superior y se escapará del edificio.

La depresión generada en el interior provocará la succión de aire de los ambientes colindantes

En el día resulta imprescindible proteger el dispositivo de la radiación directa, ya sea mediante una persiana o mediante el sombreado, aunque se reduzca el calentamiento del aire.

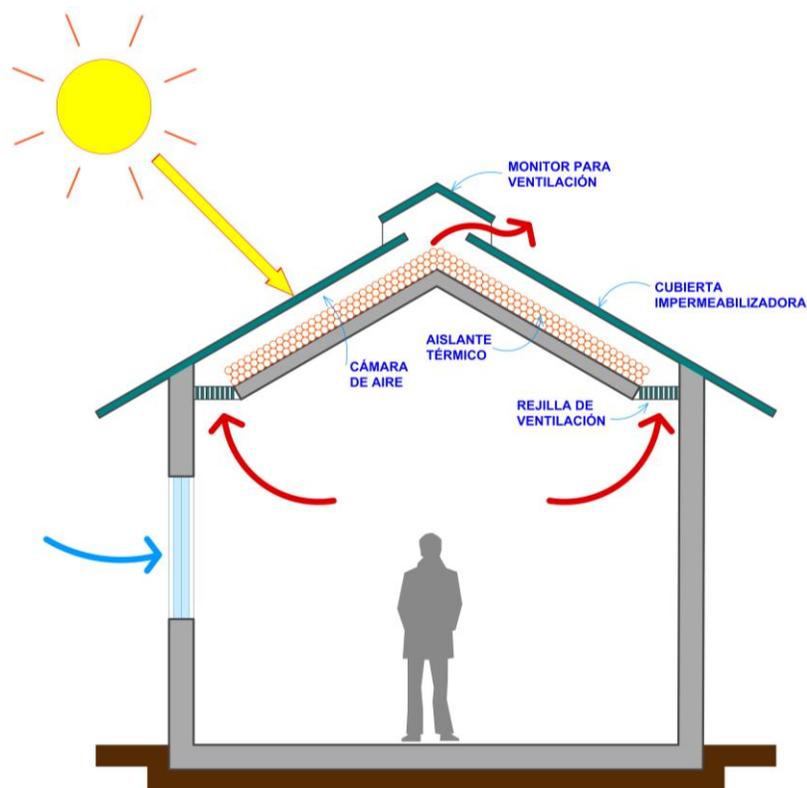


Muro Trombe funcionando como estrategia de ventilación en condiciones de día y noche.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

Invernadero funcionando como estrategia de ventilación en condiciones de día y noche.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

- **Recalentamiento en cubierta**

Dado que la cubierta es la superficie que recibe más radiación y durante más horas en verano, los dispositivos de recalentamiento en cubierta deberán ser más eficaces que los de fachada. Su funcionamiento generalmente no está vinculado a un uso operativo en invierno ya que el aire caliente generado en la cubierta no bajará espontáneamente para distribuirse por el local.

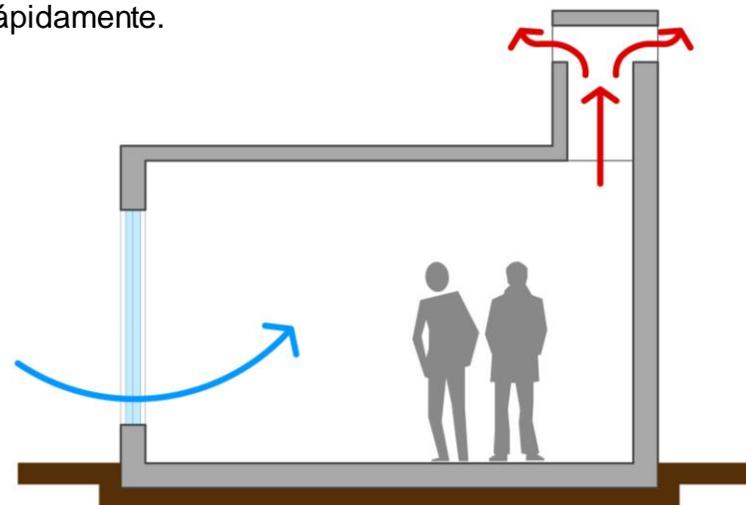


Ventilación forzada mediante el recalentamiento de la cubierta.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

- **Efecto chimenea**

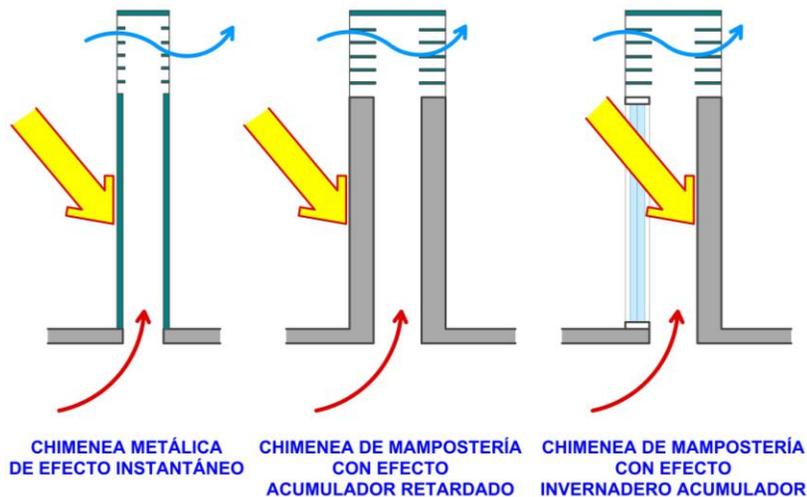
También es posible utilizar sistemas de ventilación independientes de las ventanas; y es el conocido como **efecto chimenea**, que se produce al crear una extracción de aire por unas aberturas que hay en la parte superior del espacio, conectadas a un conducto de extracción vertical. La propia diferencia de densidad del aire, en función de la temperatura hace que el aire caliente menos denso salga por estas aberturas superiores. Este sistema siempre se ha de completar con la presencia de aberturas inferiores para la entrada de aire más frío, de mayor densidad, para poder asegurar su buen funcionamiento.

La ventaja del efecto chimenea sobre el efecto Bernoulli es que no depende de viento. La desventaja es que es una fuerza muy débil y no puede mover el aire rápidamente.



Sistema de extracción de aire por efecto chimenea.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y energía natural. Rafael Serra / Florensa Helena Coch Roura. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL 1995

Este tipo de efecto se ve representado en las denominadas **chimeneas térmicas de ventilación o chimeneas solares**, cuya función es la misma que la de las chimeneas de humos pero eliminando aire caliente. Situadas en los puntos correctos, el aire caliente estratificado en los techos tendrá una tendencia natural a escaparse por ellas. Para facilitar y acelerar este efecto, las chimeneas solares tienen expuesto su tramo exterior al sol para provocar un recalentamiento de esa zona y de las masas de aire que se encuentren en esa zona. Ese aire no plantea ningún problema, pues al generarse por encima de la zona habitable nunca podrá entrar en el edificio.



Diferentes tipos de chimeneas solares.

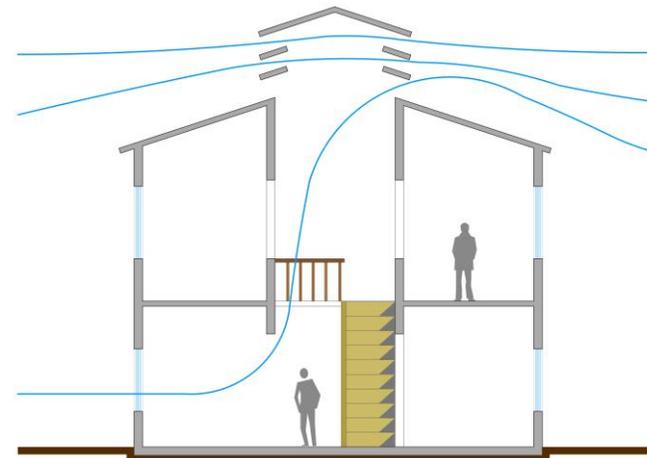
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

Para que el efecto sea mayor puede pintarse exteriormente de negro o recubrirse con una cámara de aire y un vidrio para provocar el efecto invernadero. El

efecto más rápido lo tendremos en las chimeneas metálicas, debido a la alta conductividad del metal, pero aunque su capacidad de acumulación es alta lo sería aún más si la chimenea fuera de un muro suficientemente grueso; en esos casos los efectos de succión por el recalentamiento en el remate se mantienen horas después de que deje de dar el sol.

Si la temperatura en el exterior es alta, no se genera una buena extracción por efecto chimenea. Para que funcione correctamente debe existir una diferencia de temperatura entre el aire caliente que está en la parte más alta del espacio habitable y el aire exterior.

La imagen de abajo ilustra cómo por la acción combinada de la escalera central, la estratificación, el efecto de chimenea, la forma del techo (el efecto Venturi), y el aumento de la velocidad del viento en el techo (el efecto Bernoulli) se pueden combinar para ventilar un edificio de forma efectiva y natural.



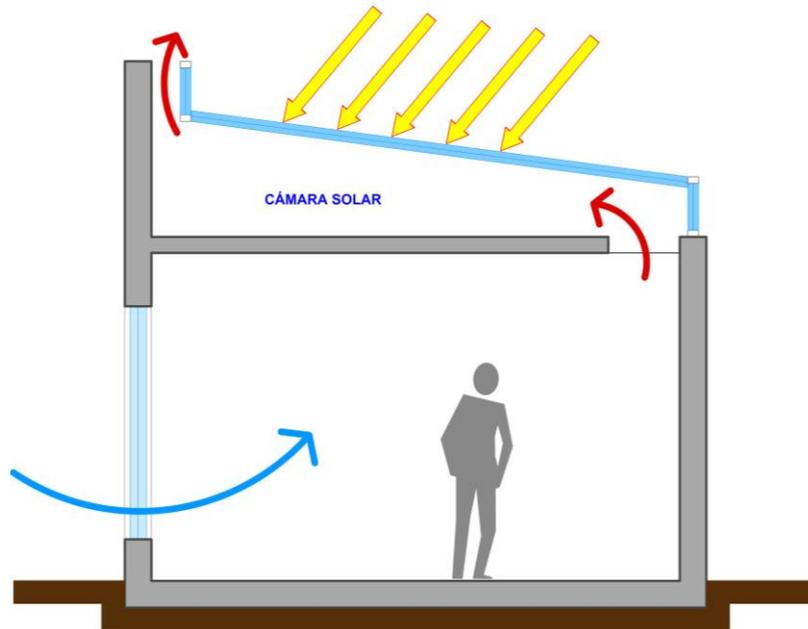
Sistema de extracción de aire por efecto chimenea.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

Un sistema que favorece el movimiento del aire interior por el efecto de una extracción forzada por medio de la radiación solar es la **cámara solar**.

El funcionamiento de este sistema consiste en calentar el aire que hay dentro de una cámara con un captador de color oscuro protegido por una cubierta de cristal. Al calentarse el aire y disminuir su densidad, se produce un efecto de succión en las aberturas inferiores que están en contacto con el ambiente interior y por lo tanto una extracción del aire interior hacia el exterior.

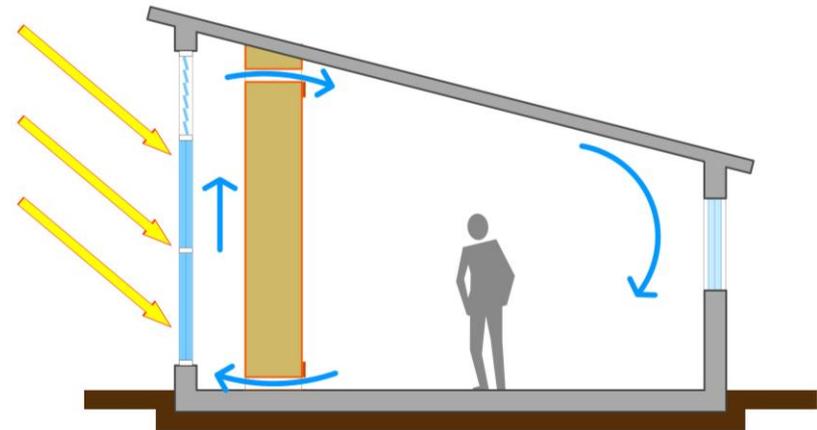
Las cámaras solares deben orientarse siempre hacia la máxima intensidad de la radiación solar.



Sistema de extracción de aire por cámara solar.

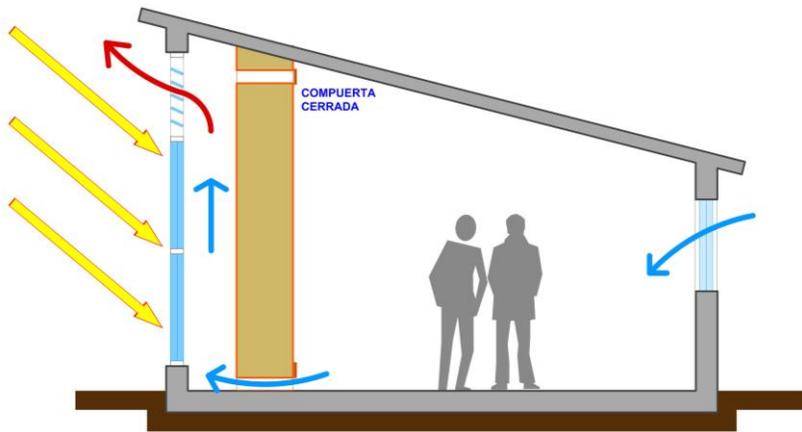
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y energía natural. Rafael Serra / Florensa Helena Coch Roura. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL 1995

Algunos sistemas captadores, como el muro Trombe y los invernaderos, pueden utilizarse en verano para generar ventilación, si se invierte el sentido del flujo de aire. Esto se consigue abriendo hacia el ambiente exterior las aberturas que hay en la parte alta de la cámara y hacia el interior las aberturas inferiores. Estos sistemas solares no crean una ventilación demasiado alta, pero tienen otras ventajas importantes, como el hecho de que pueden combinarse fácilmente con los sistemas de tratamiento de aire, o que el rendimiento del sistema aumenta con la intensidad de la radiación y por lo tanto es más efectivo cuanto más calor hace y más necesario es.

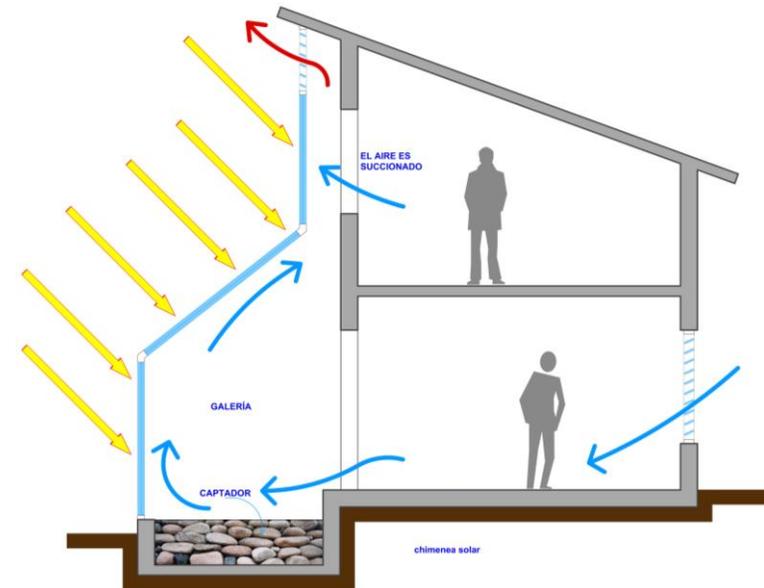


Utilización de muro Trombe como chimenea solar en invierno.

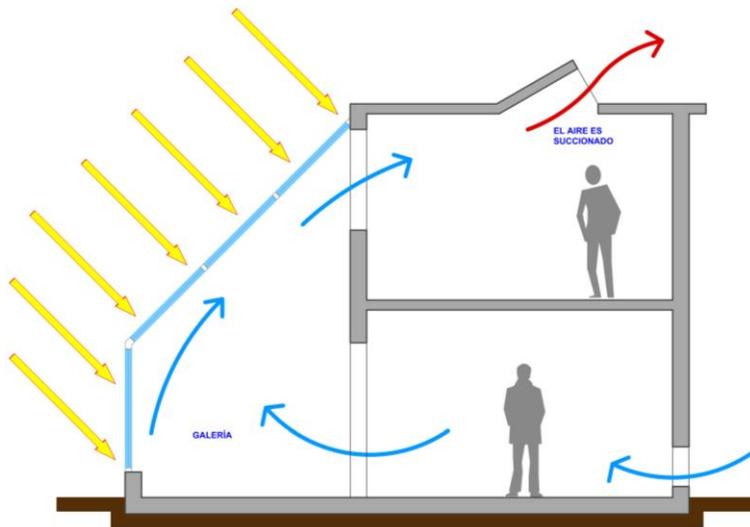
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Utilización de muro Trombe como chimenea solar en verano.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Utilización de galería acristalada como chimenea solar en verano.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



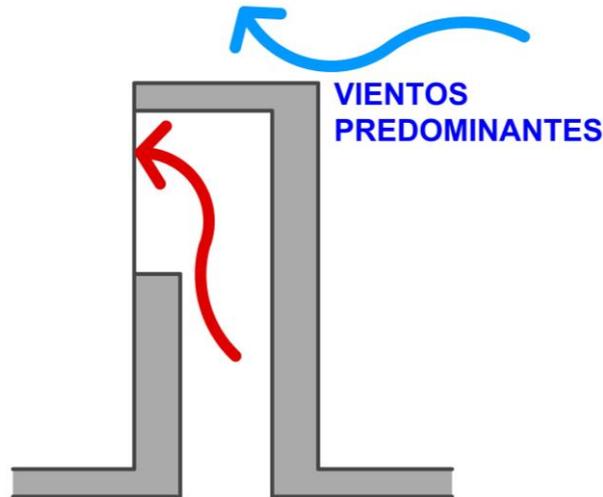
Utilización de galería acristalada como chimenea solar en invierno.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

### • Extracción por viento

En todos los remates abiertos expuestos al viento se produce el efecto chimenea, que es la generación de una succión en el interior del conducto; se trata del efecto Venturi generado por la circulación del viento a alta velocidad sobre la boca de la chimenea. Este efecto se puede mejorar de diferentes modos.

El primero de ellos es colocando la boca de la chimenea en dirección contraria a los vientos dominantes, de ese modo se puede evitar, en la mayoría de las situaciones, la inducción de aire en lugar de su salida. Otro sistema es el empleo de remates con dispositivos de veleta que

mantienen constantemente desorientada la boca de la chimenea, venga de donde venga el viento.

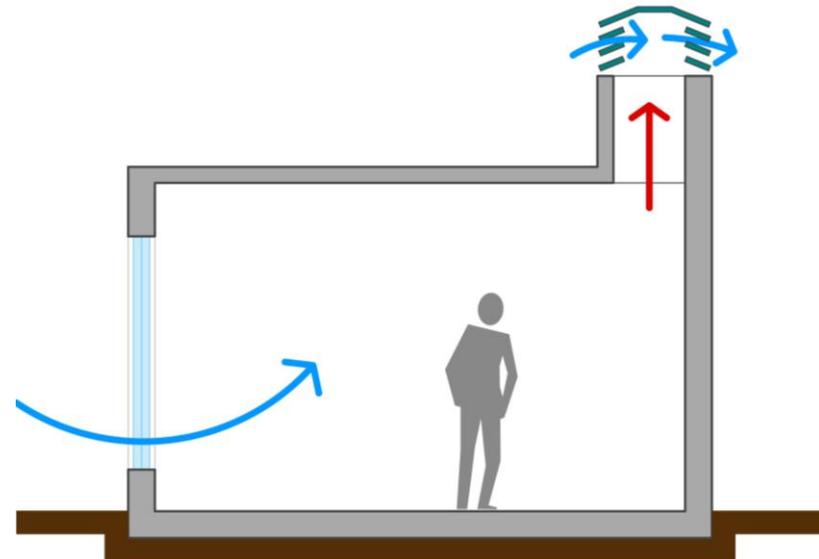


Chimenea de succión con la boca desorientada.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

Otros sistemas para generar movimiento de aire en el interior son los **aspiradores estáticos**, que también fuerzan una extracción de aire del ambiente interior que, juntamente con una entrada de aire de renovación, crean este movimiento. Estos aspiradores producen una depresión en el aire interior de un edificio debida a la succión producida por un dispositivo estático adecuado situado en la cubierta, donde al pasar el viento se produce un efecto Venturi, que es el que crea la aspiración.

Como todos estos sistemas que, de una manera u otra, favorecen o fuerzan la salida de aire interior, esta extracción se completará con una entrada de aire,

situada en la parte inferior del circuito, para asegurar el funcionamiento correcto.



Sistema de aspiración estática.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y energía natural. Rafael Serra / Florensa Helena Coch Roura. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL 1995

Estos sistemas de aspiración estática, pueden utilizarse en climas templados y cálidos, para favorecer la refrigeración, pero deben ser zonas con vientos constantes si se requiere que tengan utilidad real.



Chimeneas con aspiradores estáticos.  
Fuente: <http://www.lacasadelaconstruccion.es/imagen/acabados-materiales-construccion/aspiradores-estaticos-050101004.jpg>

Otros sistemas más eficaces, son los **aireadores dinámicos o aspiradores eólicos**, que son capaces de generar una corriente de aire ascendente en el interior del conducto acelerando su extracción; mejorando la ventilación alrededor del 30% sobre una chimenea.



1. Estático  
100%

2. Turbina  
130%

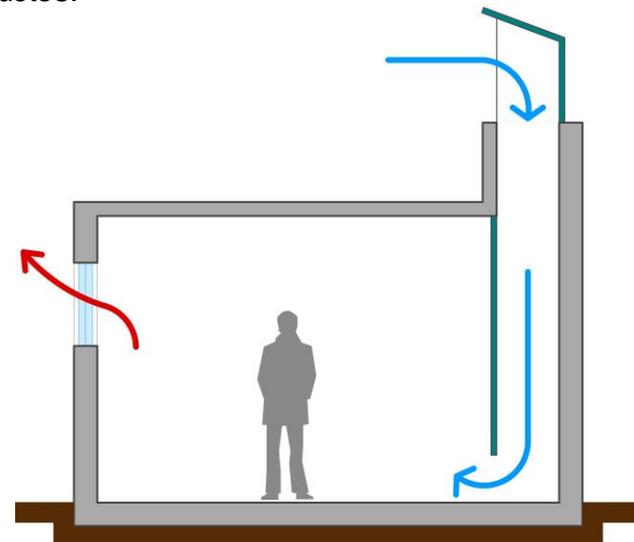
3. Veleta  
220%

Aspiradores eólicos como remates de chimeneas, y su porcentaje de extracción.  
Fuentes:  
1. [http://1.bp.blogspot.com/kGRVD4xf\\_T4V/s9RJMdv\\_8/AAAAAAAAAqA/TH9TLvvBg\\_o/s1600/sombrerete%2Bchino%2B02.JPG](http://1.bp.blogspot.com/kGRVD4xf_T4V/s9RJMdv_8/AAAAAAAAAqA/TH9TLvvBg_o/s1600/sombrerete%2Bchino%2B02.JPG)  
2. <http://www.extractoreolicos.com.ve/images/galeria/extractor.jpg>  
3. <http://hisemar.es/es/eolicos-y-veletas/388-veleta-inox-simple-pared.html>

### e. La ventilación inducida

Los sistemas naturales de ventilación inducida han sido menos frecuentes que los de extracción. Resulta mucho más complejo forzar la entrada del aire dentro de un local que extraerlo, no obstante, si se dispone de una boca suficientemente grande, correctamente orientada y a suficiente altura, se puede provocar la ventilación por inducción.

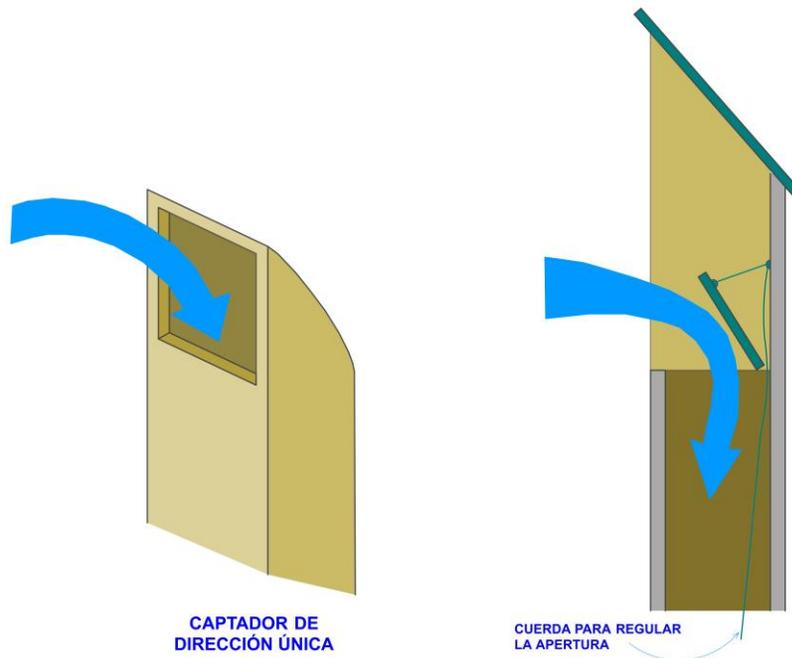
Es el caso de las denominadas **torres de viento**; en donde la introducción de aire exterior al ambiente, se hace mediante una torre que se eleva hasta una altura suficiente por encima de la cubierta del edificio y recoge el viento donde es más intenso. El aire así captado se conduce hasta la parte baja de los locales mediante conductos.



Sistema de entrada de aire por torre de viento.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y energía natural. Rafael Serra / Florensa Helena Coch Roura. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL 1995

- **Chimenea de viento de una boca**

Las chimeneas de viento se diferencian de las chimeneas solares porque a través de ellas se produce una entrada de aire en lugar de una extracción. Para que resulten efectivas deben tener suficiente altura y situar la boca hacia los vientos dominantes. El origen de estas construcciones se encuentra en la arquitectura islámica de los climas cálidos, generalmente secos.



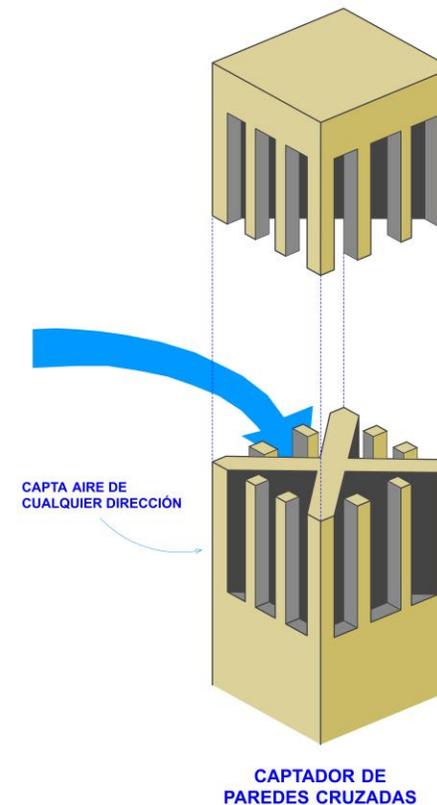
Chimenea de viento de una boca.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

- **Chimenea de viento de múltiples bocas**

En algunos lugares se han construido chimeneas de viento de dos bocas en lugar de una.

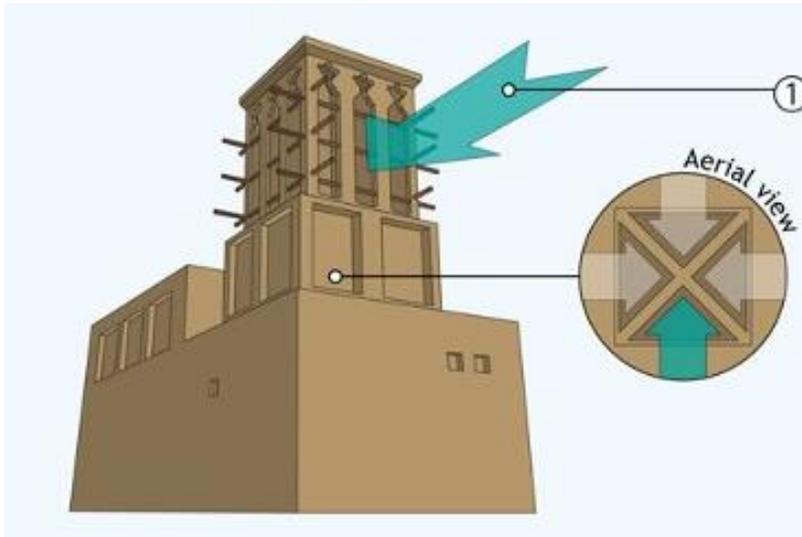
El funcionamiento de esta doble boca, es más complejo y permite, no sólo inducir el aire cuando llega de direcciones distintas sino actuar simultáneamente como inductor-extractor, utilizando una de las bocas para la entrada del aire fresco y la segunda para la extracción del aire caliente.



Chimenea de viento de múltiples bocas.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

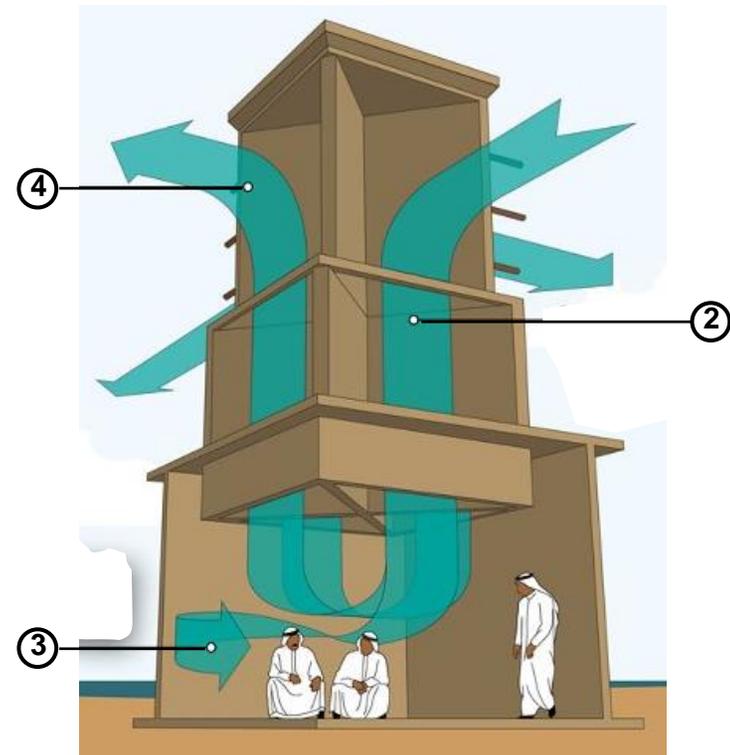
Este tipo de torres de viento se construyeron usando métodos locales de construcción y materiales naturales, su diseño y apariencia estética es un ejemplo de arquitectura en armonía con la sociedad tradicional y el medio ambiente.



1. Las torres eólicas a menudo se elevan a más de 15 metros de altura, donde la velocidad del viento es mayor y el aire es filtrado y menos cargado de arena. Son torres eólicas multidireccionales que capturan el viento dominante, el que puede cambiar estacionalmente o diariamente.

La configuración en "X" de los paneles interiores, permiten captar los vientos en diferentes direcciones al igual que los predominantes.

Funcionamiento de chimenea de viento de múltiples bocas.  
Fuente: <http://goumbook.com/w-p-content/uploads/2012/07/wind-tower.jpg>



2. El embudo ayuda a acelerar el aire descendente en la habitación de abajo. El viento ejerce una alta presión positiva en las paredes que enfrenta su flujo.

3. La circulación de aire transmite una brisa fresca. La brisa ayuda a enfriar el cuerpo aumentando la evaporación de la humedad de la piel.

4. Una fuerte corriente ascendente de aire que mantiene la circulación. Un efecto contrario se crea en los otros lados, haciendo que el aire sea aspirado a través de la construcción y de los otros orificios de ventilación.

Funcionamiento de chimenea de viento de múltiples bocas.  
Fuente: <http://goumbook.com/w-p-content/uploads/2012/07/wind-tower.jpg>



Torre de viento de múltiples bocas.

Fuente: [http://ep01.epimg.net/elviajero/imagenes/2014/01/24/actualidad/1390578693\\_503250\\_1390579556\\_sumario\\_normal.jpg](http://ep01.epimg.net/elviajero/imagenes/2014/01/24/actualidad/1390578693_503250_1390579556_sumario_normal.jpg)



Torres de viento de múltiples bocas.

Fuente: [http://www.iranontrip.com/public/user\\_data/images/Windcatchers-of-Iran2.jpg](http://www.iranontrip.com/public/user_data/images/Windcatchers-of-Iran2.jpg)

### 5.3.2 Sistemas de enfriamiento pasivo

El enfriamiento se produce por la transmisión de calor entre dos sistemas (aire-agua, aire-aire, aire-suelo) que intercambian energía mediante diferentes mecanismos: evaporación, conducción, convección o radiación. Las posibilidades de enfriamiento pasivo son limitadas, pero aplicadas conjuntamente con las técnicas de ventilación pasiva pueden dar resultados óptimos.

Para el diseño de sistemas de enfriamiento pasivo se tienen en cuenta los cuatro sumideros de calor naturales: La absorción de calor por el **agua** (enfriamiento evaporativo), la **bóveda celeste** que nos cubre (enfriamiento radiante), el **terreno** que nos soporta (enfriamiento conductivo) y el **aire** que nos envuelve (enfriamiento convectivo).

#### a. Enfriamiento evaporativo

Consiste en la absorción de calor asociada al proceso de evaporación. La absorción de calor por el **agua** permite generar una disminución de las temperaturas y una mayor sensación de confort por incremento de la humedad relativa.

Cuando el agua se evapora, se extrae una gran cantidad de calor sensible de su entorno y convierte este calor en calor latente en forma de vapor de agua; es por esto que la temperatura baja.

Este tipo de enfriamiento consiste en hacer circular una corriente de aire en contacto con una masa de agua, de modo que la evaporación del agua produce una

disminución de las temperaturas de ambos. El aire enfriado contribuye a refrescar el edificio.

La efectividad del enfriamiento evaporativo es muy alta, pero tiene grandes limitaciones: es necesario un ambiente suficientemente seco y exponer el agua a una corriente de aire. La temperatura menor que puede alcanzarse por este procedimiento es igual a la temperatura del bulbo húmedo del aire, que varía en función de la humedad relativa del aire: cuanto menor sea ésta, menor será la primera.

Es un sistema apropiado para climas cálidos secos y su buen funcionamiento depende básicamente de la relación existente entre la superficie de agua y el volumen de aire tratado.

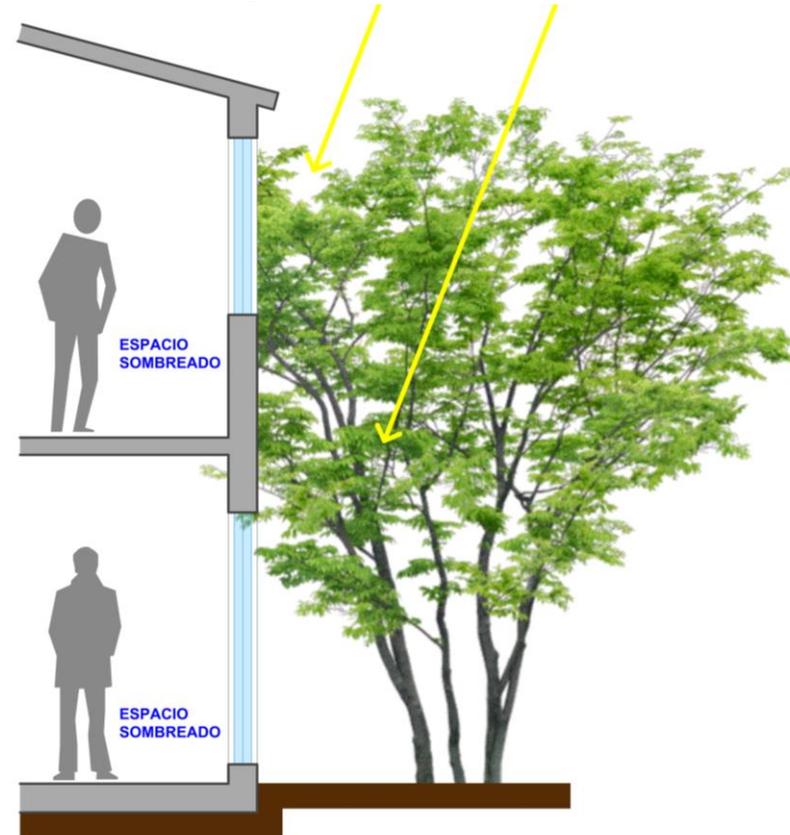
Esta técnica de enfriamiento puede materializarse de muy diversas formas: estanques y fuentes interiores o en patios, cubiertas inundadas, aspersión de agua en las cubiertas, etc.

El uso del agua en estrategias de refrigeración evaporativa puede ser considerado como un sistema de tratamiento del aire previo a su introducción en la edificación.

- **Vegetación**

El tratamiento del ambiente exterior se realiza mediante el uso de vegetación (liberadora de agua mediante el proceso de evapo-transpiración), láminas de agua o fuentes.

La vegetación sombrea el entorno y baja la temperatura del suelo y del aire, al evaporar agua a través de las hojas y aportar agua a través de sus sistemas de raíces.



Uso de vegetación como sombreado.

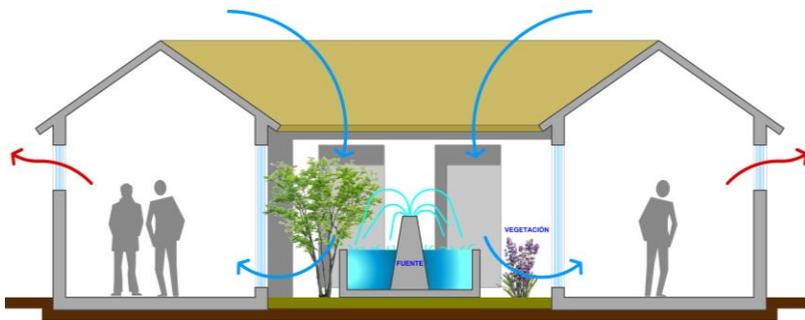
Fuente: Elaboración propia

- **Fuentes y vegetación en patios interiores.**

El efecto ambiental de un patio consiste en crear un espacio abierto dentro del volumen de un edificio, que genera un microclima específico relativamente controlado y actúa como filtro entre las condiciones exteriores y las interiores; permitiendo enfriar el aire destinado a ventilación. Como otros espacios intermedios, el patio no actúa sólo sobre las condiciones térmicas, sino que también tiene efectos lumínicos y acústicos. Como sistema de tratamiento del aire, actúa sobre su temperatura y humedad.

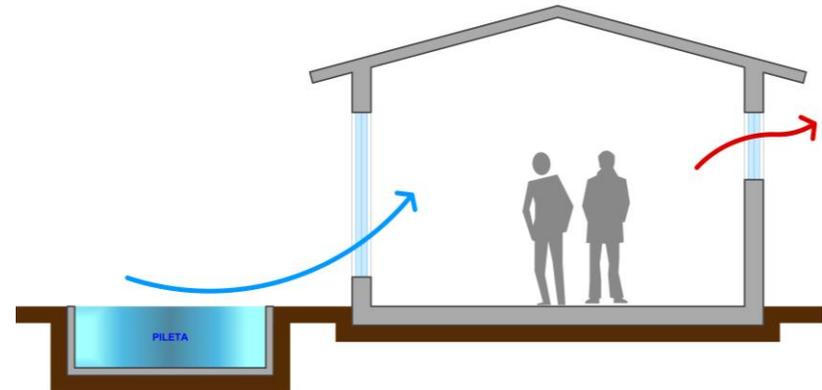
Los patios están sombreados la mayor parte del día, permitiendo el enfriamiento radiativo y convectivo durante la noche.

En zonas de clima seco puede aumentarse el enfriamiento por medio de la evaporación del agua, colocando fuentes o superficies húmedas expuestas a las corrientes de aire. En zonas tropicales muy húmedas este sistema es menos eficaz.

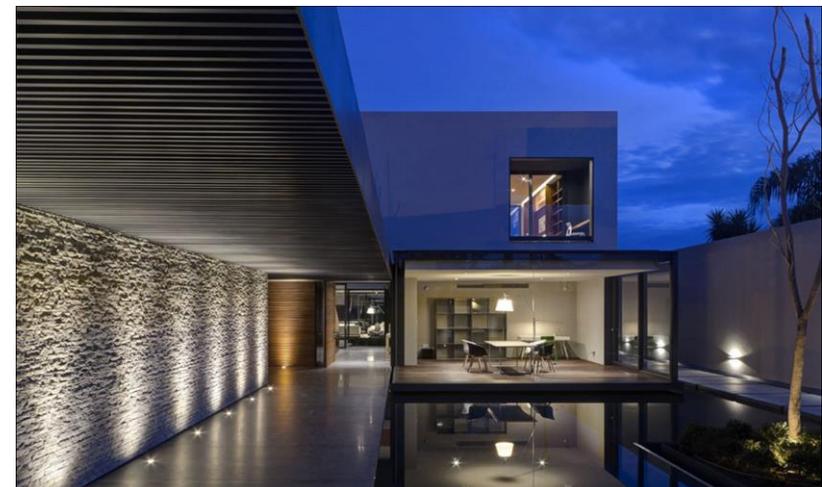


Fuente y vegetación en patio.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

El patio también puede actuar de otras formas, como es protegiendo los ambientes de la radiación directa del sol, para mantener más baja la temperatura del aire dentro del espacio sombreado.



Pileta expuesta a las corrientes de aire.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Enfriamiento a través de un patio con pileta.  
Fuente: <http://cdn.home-designing.com/wp-content/uploads/2014/11/reflecting-pool.jpg>



Enfriamiento a través de un patio.  
 Fuente: <http://interioresminimalistas.com/wp-content/uploads/2010/11/destacado-apollo-architects.jpg>

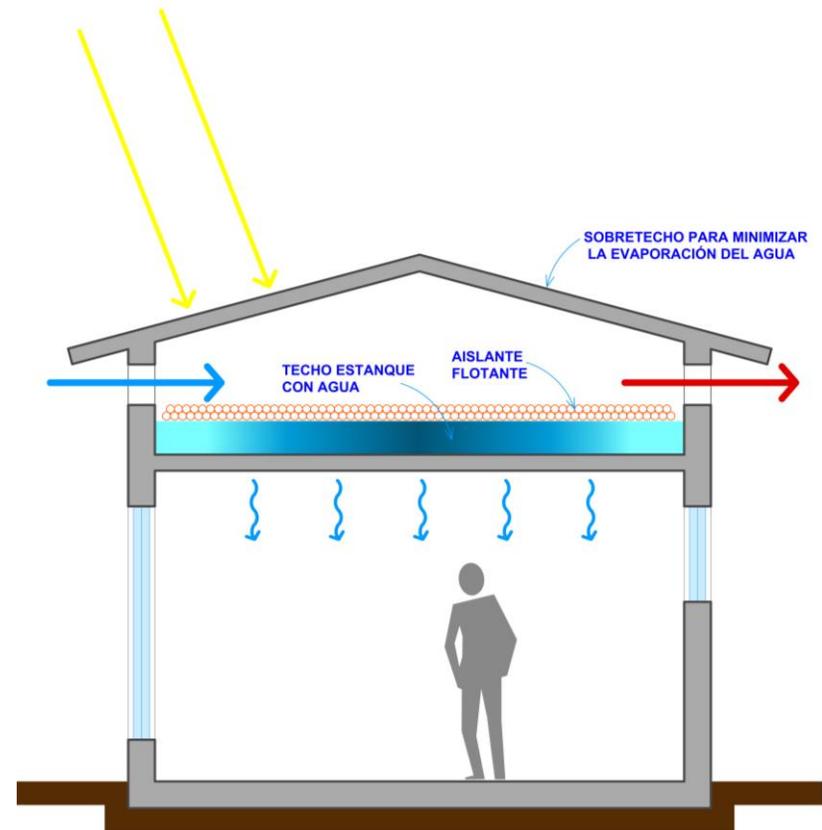
- **Cubiertas**

La cubierta de un edificio, se puede convertir en un disipador de calor para enfriar el interior, y su principal ventaja es que el aire interior se enfría sin aumentar su humedad. Se conoce como “techo estanque”.

Para minimizar la evaporación del agua, producida por el sol, es importante tener un sobretecho; adicionalmente colocar un aislamiento flotante que protegerá al agua del calor del día.

Las aberturas en el techo permiten corrientes de aire para pasar por encima del estanque durante el verano.

Como el agua se evapora, el estanque se enfriará más y junto con la estructura del techo, actuará como un disipador de calor para el interior del edificio. Durante el invierno, el estanque se drena y las aberturas en el techo se mantendrán cerradas.



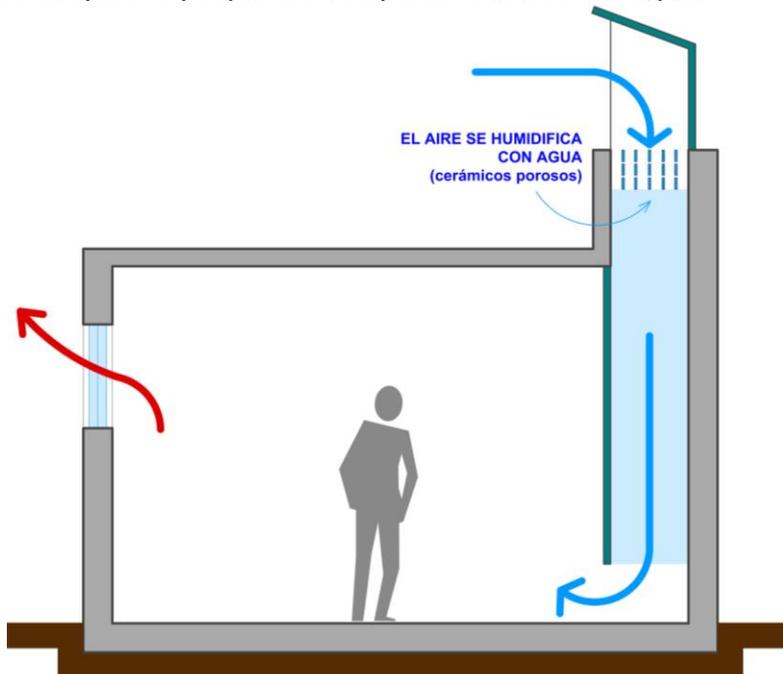
Cubierta evaporativa.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

## • Torres de viento evaporativas

El aire que penetra por la parte superior de una torre se enfría por la evaporación del agua que humedece las paredes de su interior. Este aire enfriado y por lo tanto más pesado, tiende a caer y entra en el ambiente acondicionado desde la parte baja de la torre.

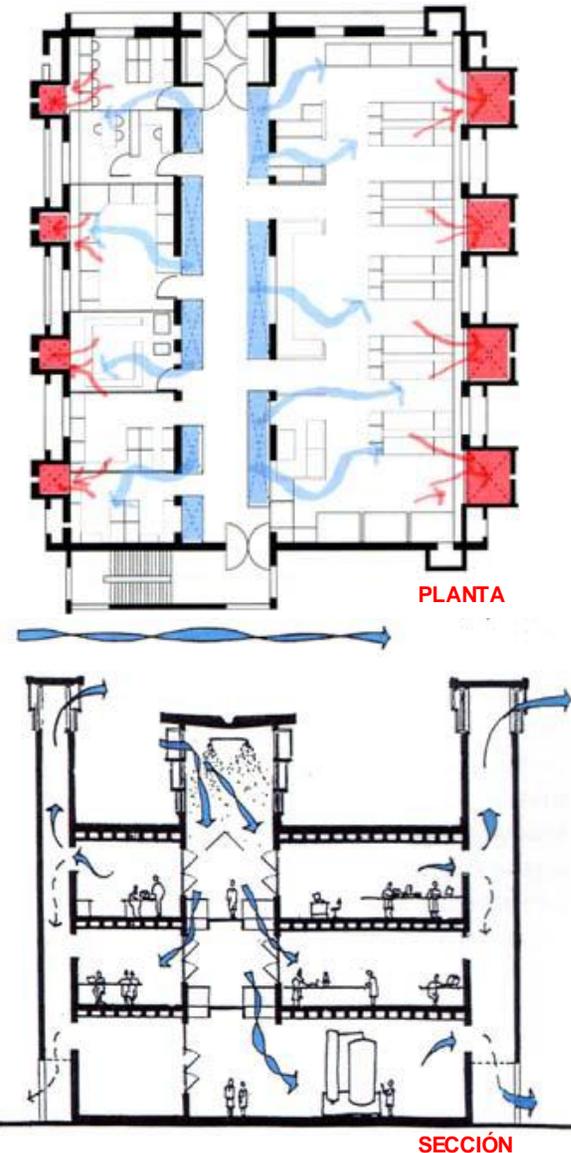
Este movimiento descendente genera una presión negativa (succión) en la parte superior de la torre y una presión positiva en la base.

En el interior de la torre, pueden existir depósitos, estanques o pequeños recipientes llenos de agua.



Torre evaporativa.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y energía natural. Rafael Serra / Florensa Helena Coch Roura. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL 1995



Centro de Investigación Torrent, India.

Utiliza torres evaporativas a través de la aspersión de bruma.

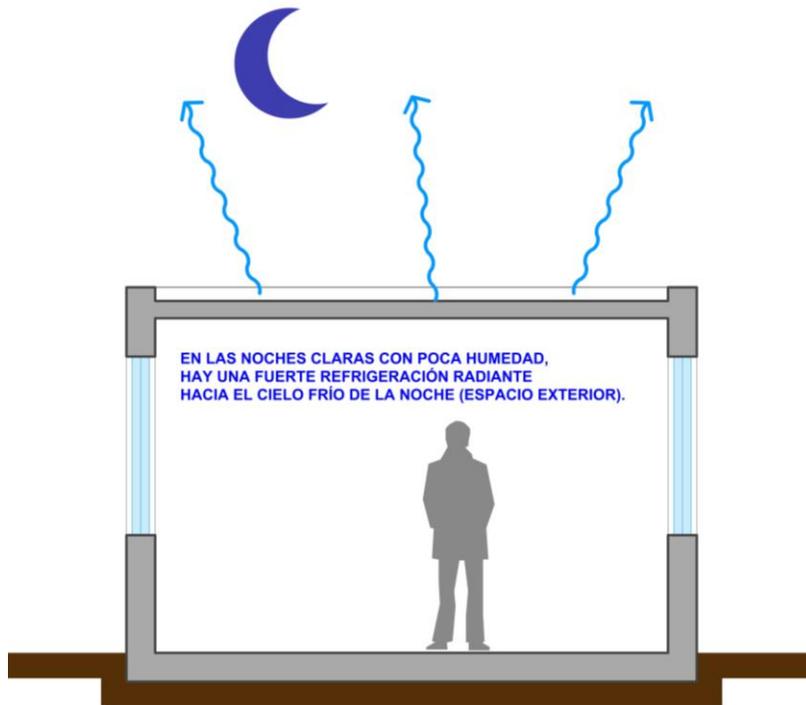
Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Instituto de la Construcción. Santiago de Chile

A nivel general, se puede lograr una reducción de la temperatura de entre 10°C a 12°C cuando el aire es relativamente seco, con una menor efectividad cuando el aire es más húmedo.

### b. Enfriamiento radiante

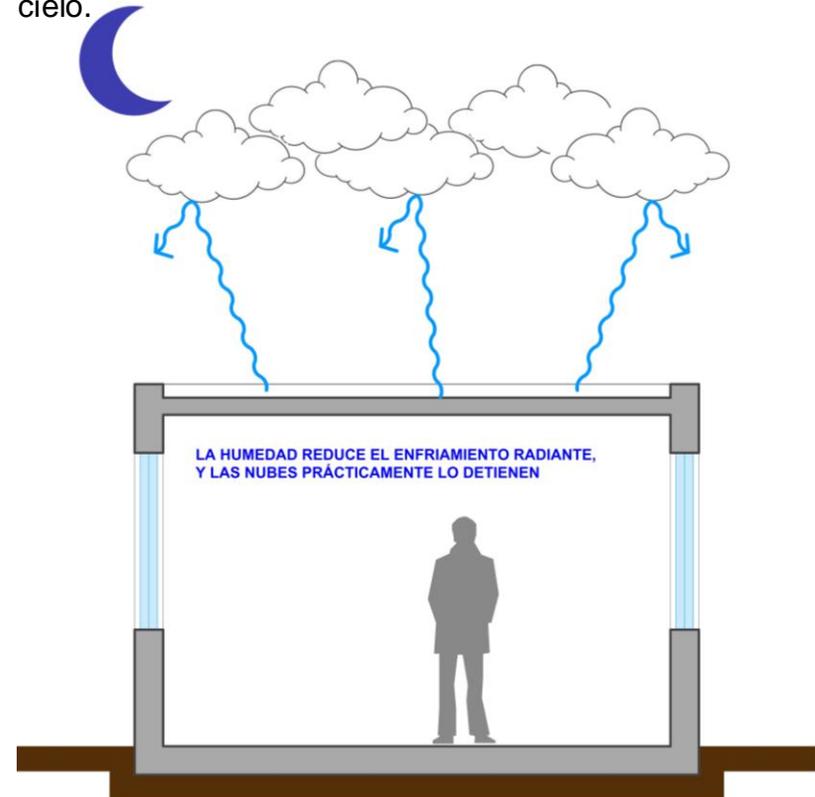
Se da a través de la **bóveda celeste**, de carácter establemente frío, especialmente en noches claras.

El enfriamiento radiante puede obtener una fuente de enfriamiento natural por medio de la transferencia de calor por radiación.



Enfriamiento radiante nocturno.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

Todos los objetos emiten y absorben energía radiante, y un objeto se enfría por la radiación si el flujo neto es hacia afuera. Por la noche la radiación infrarroja de onda larga de un cielo claro (espacio exterior) es mucho menor que la radiación infrarroja de onda larga emitida desde un edificio, y por lo tanto hay un flujo neto hacia el cielo.



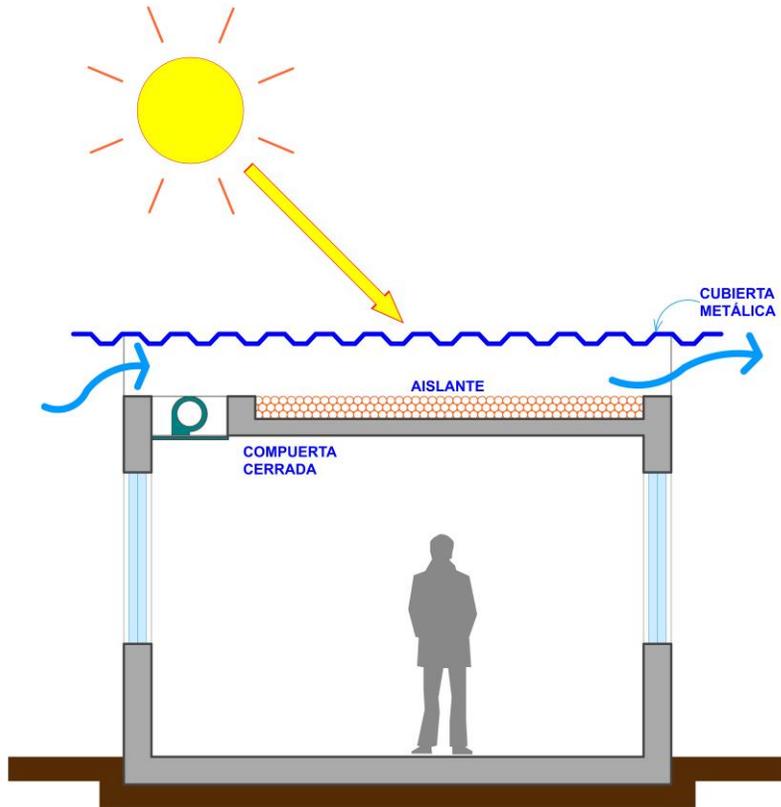
Enfriamiento radiante nocturno.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

El enfriamiento radiante puede producirse mediante techos fríos, cubiertas húmedas, patios y fachadas

radiantes.

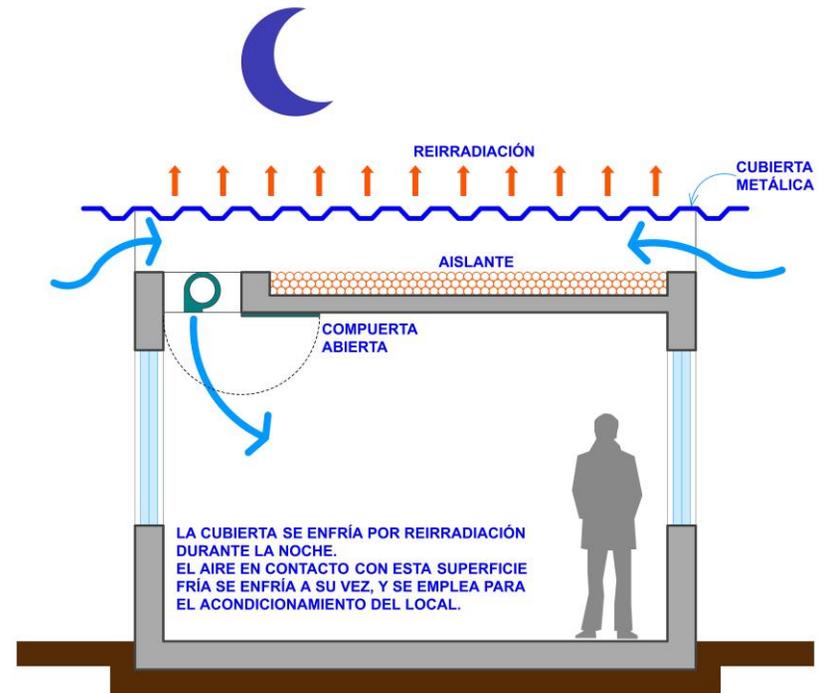
- **Techos fríos**

La superficie más adecuada para radiar hacia la bóveda celeste es un techo plano. La superficie exterior de la cubierta radiará hacia la bóveda celeste, fundamentalmente durante la noche, enfriándose. Si se hace circular aire por ella se conseguirá un fluido en condiciones de ser utilizado para el acondicionamiento.



Techo frío radiante por la mañana.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004



LA CUBIERTA SE ENFRÍA POR REIRRADIACIÓN DURANTE LA NOCHE. EL AIRE EN CONTACTO CON ESTA SUPERFICIE FRÍA SE ENFRÍA A SU VEZ, Y SE EMPLEA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL LOCAL.

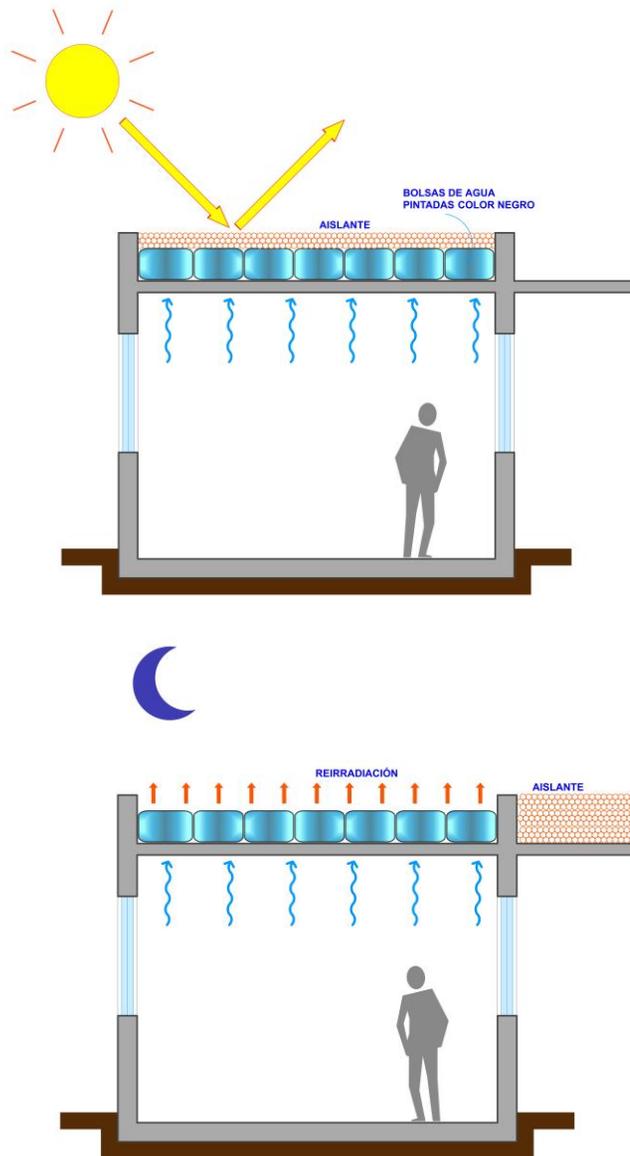
Techo frío radiante por la noche.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

- **Cubiertas húmedas**

Aprovecha la radiación nocturna durante el resto del día utilizando el agua confinada en bolsas negras y dispuestas sobre la cubierta.

En los climas secos, si además, durante la noche se mojan las bolsas se añadirá al proceso de enfriamiento radiante, el evaporativo, mejorando notablemente.



Cubiertas húmedas en condiciones de día y noche.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

## • Patios

El patio es un fenómeno bioclimático excepcional capaz de intervenir directa o indirectamente en el acondicionamiento de los edificios. El patio ha sido el gran descubrimiento climático de la arquitectura tradicional de los climas áridos y genera ventilación incluso en épocas de calma.

Para que un patio funcione de la manera más eficaz es conveniente que dentro del mismo se cultiven plantas e incluso haya una pequeña fuente o estanque, tal como se ha expuesto anteriormente. La evaporación que originan las plantas y el agua hace descender la temperatura del patio creando una zona de altas presiones que succiona el aire que se encuentra encima de él. Para completar el flujo de aire, se abren ventanas o rejillas que permitan el paso del aire fresco del patio al interior de la vivienda y a continuación hacia el exterior.

En verano el patio es un microclima que acondiciona el cálido aire exterior, enfriándolo y humedeciéndolo antes de conducirlo al interior de la casa. En invierno, cuando la temperatura exterior es más baja que la del patio, éste proporciona un lugar más cálido que el exterior de la vivienda donde se puede estar al aire libre.

El efecto de enfriamiento por radiación nocturna puede ser acumulado en aire. El aire no radia, por lo que para que se enfríe tiene que ponerse en contacto con una superficie fría, que es la que se habrá enfriado por radiación. Posteriormente deberá ser almacenado, estratificándolo en algún espacio donde no se lo lleve el viento de la mañana. Estos lugares son los patios cerrados, donde se embolsa el aire frío nocturno y del

que no se escapa por convección al ser pesado, cediendo su frescor a las habitaciones que lo rodean.



Enfriamiento por radiación nocturna en patio. Ming House, Monterrey (México).  
Fuente: <http://is-arquitectura.es/wp-content/uploads/2014/06/Ming-House-casa-adosada-fachada-trasera-noche-600x400.jpg>

- **Fachadas radiantes**

Las fachadas resultan menos eficaces a la hora del enfriamiento por radiación ya que no se enfrentan correctamente hacia la bóveda celeste y es fácil que se encuentren con obstrucciones frente a ellas. A pesar de ello se utiliza como complemento refrigerante, tanto en los muros Trombe, como en los invernaderos, manteniéndolos descubiertos durante la noche.

Uno de los primeros ejemplos que se construyó de edificio enfriado pasivamente por radiación nocturna, fue la Casa Corrales, proyectada por Steve Baer, en el

desierto de Nuevo México (EE.UU. 1972). En él se sustituyeron las paredes convencionales por grandes estanterías donde se colocaron en posición horizontal, bidones de aceite llenos de agua. Para facilitar la radiación, las tapas de esas fachadas, consistentes en superficies reflectantes, se abaten hasta el suelo para, por reflexión, enviar la radiación de los bidones hacia el cielo. El agua de los bidones se enfría durante la noche y cuando, por la mañana, se levantan las tapas aislándolos, refrigerando el interior.



La fachada radiante. Casa Corrales.  
Fuente: [http://vilssa.com/uploads/images-arq/casa\\_corrales\\_2.jpg](http://vilssa.com/uploads/images-arq/casa_corrales_2.jpg)



Interior Casa Corrales.  
Fuente: [http://vilssa.com/uploads/images-arq/casa\\_corrales\\_4.jpg](http://vilssa.com/uploads/images-arq/casa_corrales_4.jpg)

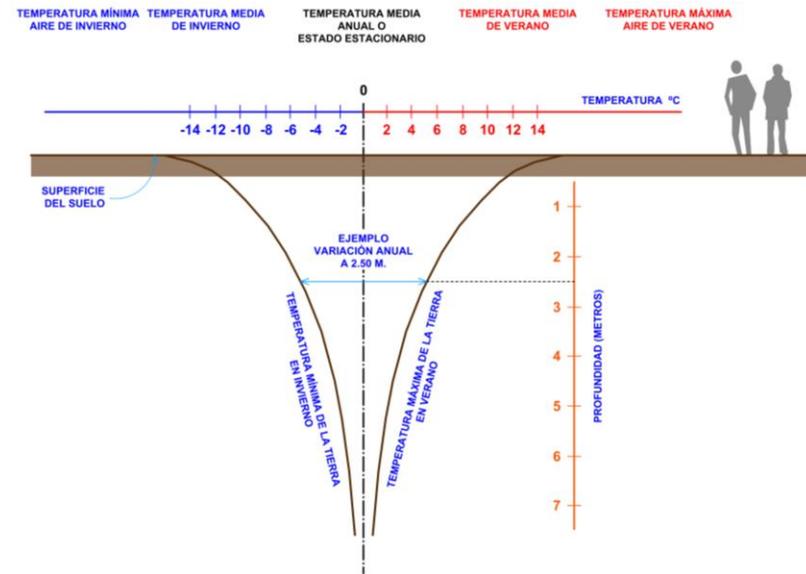
### c. Enfriamiento conductivo

Se da por las temperaturas frías del **terreno**. El mecanismo de transferencia térmica entre el terreno y la edificación es la conducción (intercambio energético sólido-sólido).

El enfriamiento conductivo se produce cuando los cuerpos pierden calor por conducción, para ello es necesario contar con superficies frías en torno a alguno de los cerramientos.

Es importante mencionar que las propiedades térmicas del suelo deben ser consideradas ya que especialmente el terreno húmedo, es un buen conductor y almacenador del calor. La temperatura en la superficie de la tierra es el resultado de la ganancia solar, pérdida radiante, y la conducción de calor hacia o desde capas inferiores de la tierra. Puesto que el aire se calienta principalmente por su contacto con la tierra, la temperatura de la superficie del suelo es aproximadamente la misma que la temperatura del aire con sus grandes fluctuaciones anuales. Sin embargo, debido al gran intervalo de tiempo de calentamiento y enfriamiento de la tierra, la temperatura del suelo fluctúa menos y menos a medida que aumenta la profundidad del suelo.

A unos 6 metros de profundidad, las fluctuaciones de verano / invierno han casi desaparecido y existe una temperatura durante todo el año en estado estacionario, que es igual a la temperatura media anual del aire.

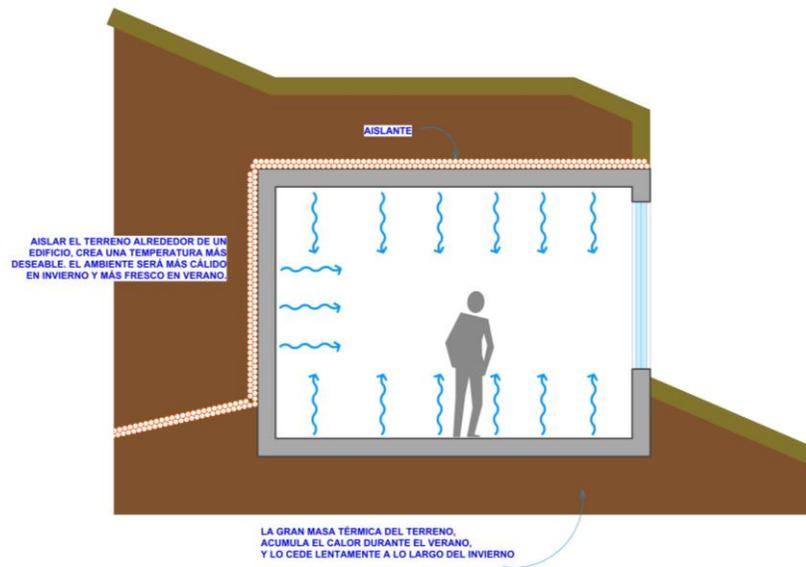


Temperaturas de la Tierra en función de la profundidad.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Heating, cooling, lighting. Sustainable Methods for architects. Lechner, N. Fourth edition.

#### • Construcciones enterradas

Las construcciones enterradas o semienterradas, están completamente constituidas por muros fríos. Esto es debido a que la temperatura del terreno está sometida a la influencia de las condiciones climáticas exteriores en las primeras decenas de metros y a la temperatura del centro de la tierra en las capas profundas. De las capas superficiales, las más exteriores se ven afectadas por las variaciones diarias, mientras que las que hay a continuación sólo se ven afectadas por las variaciones anuales.

Un edificio enterrado es el edificio bioclimático por excelencia, ya que se protege de las inclemencias del clima y de las grandes fluctuaciones de temperatura, los consumos energéticos son bajísimos (las temperaturas son más favorables que las exteriores y estables). La temperatura del suelo suele ser tal que es menor que la temperatura exterior en verano, y mayor que la exterior en invierno, con lo que siempre se agradece su influencia. Sin embargo, presenta un inconveniente: es difícil que se acepte un edificio que no se va a ver nunca.

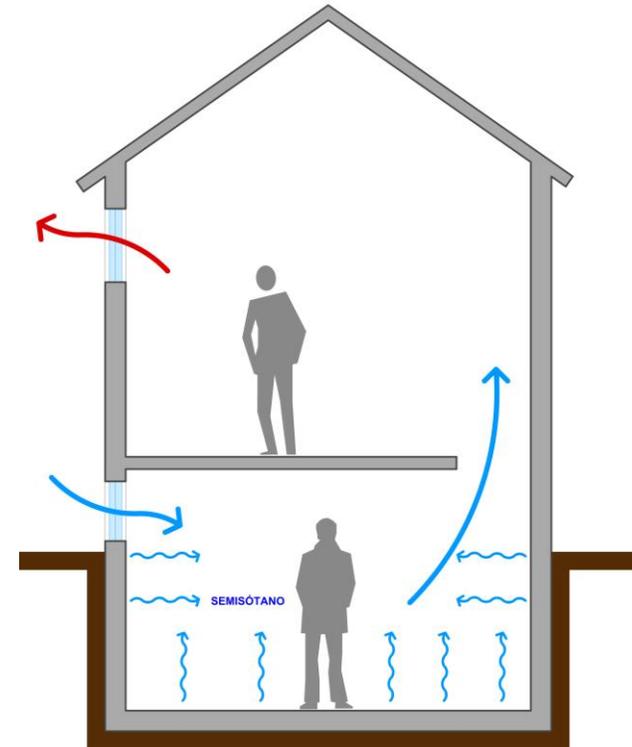


Construcción enterrada.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

En las regiones donde la temperatura media anual está por debajo de los 15 °C, y las construcciones tienen sus paredes en contacto directo con el terreno, será una importante fuente de refrigeración. Sin embargo, en el

invierno, el exceso de calor del interior se perderá en el terreno frío; por lo que es aconsejable aislar el terreno, para que la temperatura en el interior sea más estable.



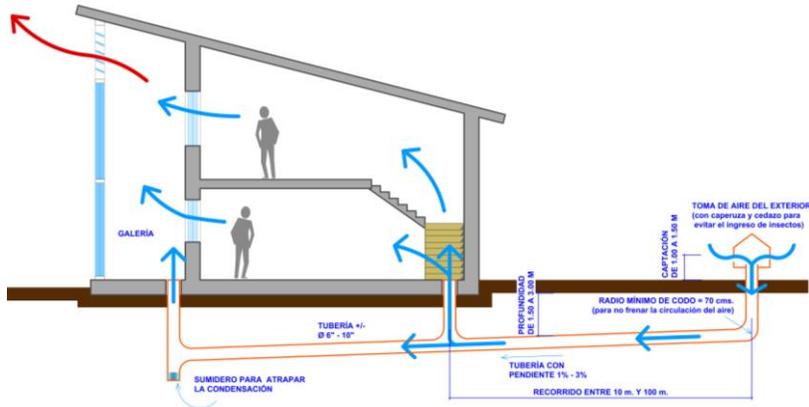
Construcción semienterrada.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

### • Conductos enterrados

Se basa en aprovechar la inercia térmica del terreno que a determinada profundidad la temperatura permanece muy estable; más fresca que la temperatura exterior en verano y más cálida en invierno. La tierra actúa como disipador de calor para enfriar el aire.

Se hace pasar una corriente de aire durante suficiente tiempo por un conducto enterrado, con lo que ésta alcanzará la temperatura del terreno y podrá impulsarse refrigerado al interior del edificio. Tiene una serie de limitaciones como son la necesidad de un espacio exterior en donde enterrar el conducto y un ventilador que impulse el aire a una velocidad estable.

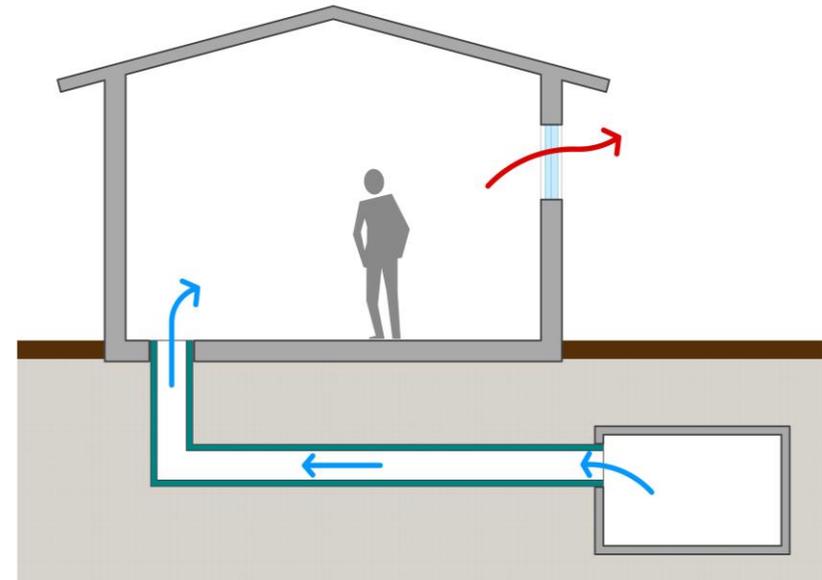


Sistema de ventilación con conductos subterráneos.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

Por ejemplo, un conducto de 30 cm. de diámetro y una longitud entre 10 y 20 m. enterrado a una profundidad entre 1.5 y 2.0 m. y por el que circule aire a 2 m/s, al final de su recorrido lo impulsará a una temperatura unos 5°C más baja de la que entró.

Los tubos deben estar absolutamente herméticos para evitar el gas radón (radiactivo) o la entrada de agua, obteniendo temperaturas del aire de ventilación alrededor de los 15° C.

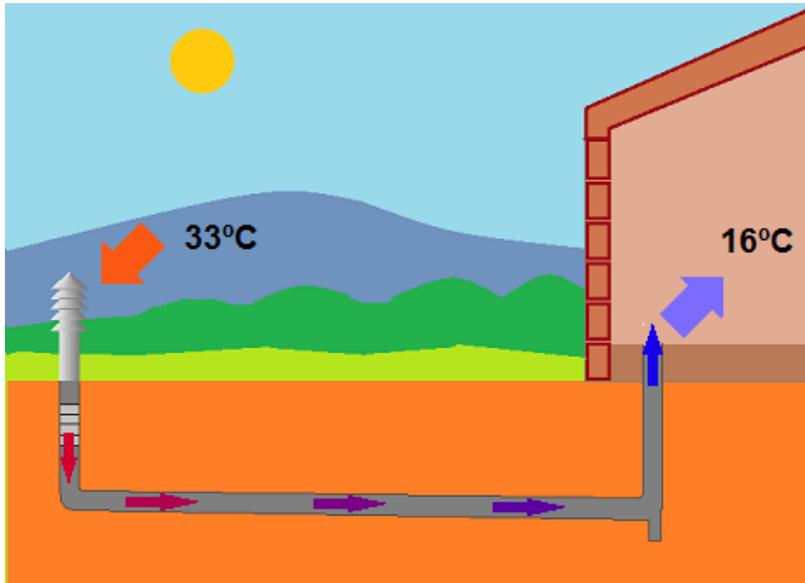


Sistema de ventilación con conductos subterráneos.

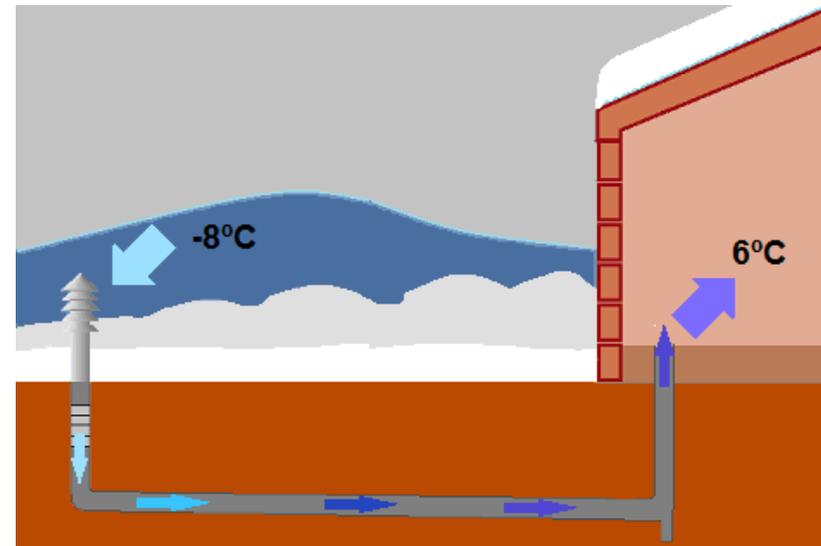
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura y energía natural.

Rafael Serra / Florensa Helena Coch Roura. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL 1995

Existen también los “pozos canadienses o provenzales” y aunque la técnica es exactamente la misma, que los mencionados anteriormente, cuando su instalación está pensada para refrescar en verano, se llama pozo provenzal (por su origen en la Provenza, Francia).



Esquema conceptual del funcionamiento del pozo provenzal en verano.  
Fuente: <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/funcionamiento-verano.png>



Esquema conceptual del funcionamiento del pozo canadiense en invierno.  
Fuente: <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/funcionamiento-invierno.png>

Cuando lo que se busca con esta instalación es un precalentamiento del aire en invierno, se denomina canadiense, por emplearse primeramente para ese fin en aquel país norteamericano. En cualquier caso, esto sólo son denominaciones, ya que la tecnología es exactamente la misma y cualquier pozo de estas características se puede usar tanto en verano para refrescar, como en invierno para atemperar.



Instalación de un pozo canadiense.  
Fuente: <http://www.solarweb.net/forosolar/attachments/aeroterminia/8434d1382393740-aeroterminia-pozo-canadiense-image.jpg>

#### d. Enfriamiento convectivo

Se da por medio del **aire** frío de la noche. La convección del aire frío nocturno a través de la edificación o de los componentes del edificio refrigerará la masa térmica en climas con grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche.

El enfriamiento convectivo se alcanza empleando directamente masas de aire frío. Un ejemplo es la entrada de aire en las grandes cuevas naturales que se embolsa y enfría espontáneamente y las poblaciones situadas sobre ellas que toman ese aire frío a través de rejillas.

Otro son los sistemas de enfriamiento nocturno que aprovechan, por un lado el enfriamiento por radiación nocturna (originado por la radiación térmica de las superficies del edificio hacia el exterior) y, por otro, la menor temperatura del aire nocturno (ventilación inducida nocturna), o la combinación de ambos. Este sistema se usa para enfriar el edificio o una masa de almacenamiento térmico, de manera que estén preparados para aceptar parte del calor que se genere durante el día. Si la vivienda se ventila con el aire de la noche y la construcción es suficientemente masiva, con fachadas con el aislamiento por el exterior, las paredes se enfriarán y mantendrán la temperatura durante casi todo el día.

La ventilación nocturna consigue el enfriamiento directo del aire, su acumulación en la masa del edificio e incluso la reducción de la sensación de calor de 2°C (efecto de pared fría) con relación al muro convencional.

Este sistema de enfriamiento nocturno puede actuar de manera combinada con el enfriamiento evaporativo y algunos de ejemplos de aplicación son:

- **Patios interiores**

Durante la noche, los patios y las construcciones que los rodean ceden calor hacia el firmamento por radiación, enfriándose (con la ayuda adicional de mecanismos de enfriamiento nocturno y evaporativo), originándose una bolsa de aire enfriado que contribuye a refrescar el propio patio y las estancias que lo rodean.

- **Cubiertas inundadas**

Cubiertas planas en las que se acumula agua, ya sea cerrada en recipientes o abierta a modo de estanque (en este último caso se combinan los efectos de enfriamiento nocturno y evaporativo). En verano son más efectivos los estanques o masas de agua con una cubierta impermeable y aislante. Durante la noche, se retira la cubierta impermeable y el agua se enfría absorbiendo calor del edificio. Durante el día, se cubre la masa de agua con una protección para minimizar el calentamiento diurno del agua. Este sistema es efectivo en climas cálidos y secos con noches claras.

#### 5.3.3 Sistemas de protección a la radiación

Entran en esta categoría todos los elementos, componentes o conjuntos de componentes que protejan la piel de los edificios o los espacios exteriores que estén conectados al ambiente interior, contra el exceso de radiación solar, siempre indeseable en tiempo cálido.

Para valorar la importancia de estos sistemas se debe tener presente que, en climas calurosos o en épocas de calor en los templados, la mejora que comporta una buena protección contra la radiación solar es mucho más importante que el aislamiento térmico, siempre que se intente impedir el sobrecalentamiento de los espacios interiores.

Según los mecanismos que se utilicen para detener la radiación solar directa que llega a los espacios interiores habitables, se pueden clasificar en **protección a las ventanas**, en **umbráculos**, que crean unos espacios sombreados que se interponen entre la radiación solar y el ambiente interior, y en **elementos protectores** de la piel de los edificios contra el sol.

#### a. Protección a las ventanas

Desde el punto de vista energético, los elementos más débiles del edificio son las ventanas, no sólo porque su coeficiente de transmisión de calor es necesariamente mucho mayor que el de un muro, sino, sobre todo, porque a través de ellas penetra la radiación solar casi sin ninguna reducción.

##### • Vidrios

El tipo de vidrio determinará la eficiencia del aislamiento del edificio, lo que va a incidir directamente en el nivel de confort de los ocupantes; y puede proveer aislamiento térmico, acústico y seguridad.

- El **vidrio monolítico**, es vidrio sencillo que tiene pocas propiedades aislantes.

- El **vidrio laminado** es resultado de la unión de dos o más planchas de vidrio. Entre las planchas de vidrio se intercalan láminas de PVB (polivinilo butiral), logrando conferir al vidrio mayor resistencia. Con esta combinación se consiguen vidrios de seguridad o blindados.

- El **vidrio con cámara o de doble acristalamiento**, es un vidrio formado por dos hojas separadas por una cámara intermedia de aire deshidratado sellada herméticamente, que sirve para aumentar el aislamiento térmico. La cámara de aire reduce la transferencia de calor entre el exterior y el interior.

- El **vidrio templado** es un tipo de vidrio muy fuerte y resistente, y si por accidente recibe un fuerte impacto, su tratamiento hace que se rompa en fragmentos muy pequeños e irregulares.

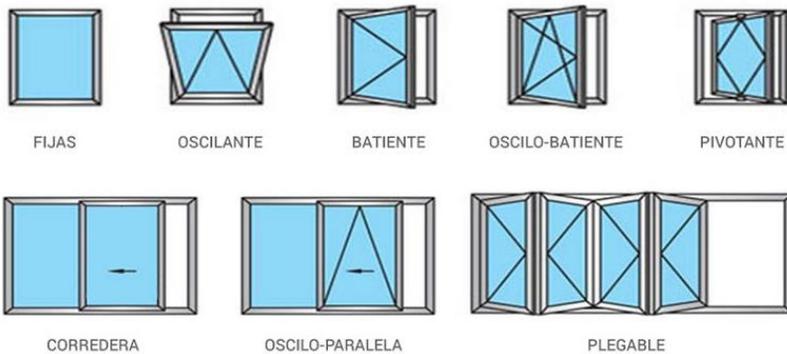
- El **vidrio flotado** consiste en una plancha de vidrio fabricada haciendo flotar el vidrio fundido sobre una capa de estaño fundido. Este método proporciona al vidrio un grosor uniforme y una superficie muy plana, por lo que es el vidrio más utilizado en la construcción. Se le denomina también vidrio plano, sin embargo, no todos los vidrios planos son vidrios fabricados mediante el sistema de flotación.

- El **vidrio mate** es un tipo de vidrio que tiene un tratamiento específico al ácido y un acabado en la superficie con una estética mate, que consigue una superficie que difumina la luz y transforma el vidrio inicial en traslúcido.

- El **vidrio de baja emisividad o low-e** se caracteriza por una emisividad de la superficie del vidrio muy baja en un doble acristalamiento por medio de capas con contenido de plata, que es el que tiene menos emisividad de todos los metales. Puede reflejar hasta el 70% del calor interior; como principal ventaja se encuentra, su eficiencia energética, su aislamiento térmico y todo ello, sin mermar la cantidad de luz que deja pasar.

• **Tipos de ventanas según la apertura**

Dependiendo de la funcionalidad de la ventana, o de la estancia en la que se encuentre, se tiene que valorar la apertura más práctica y cómoda.



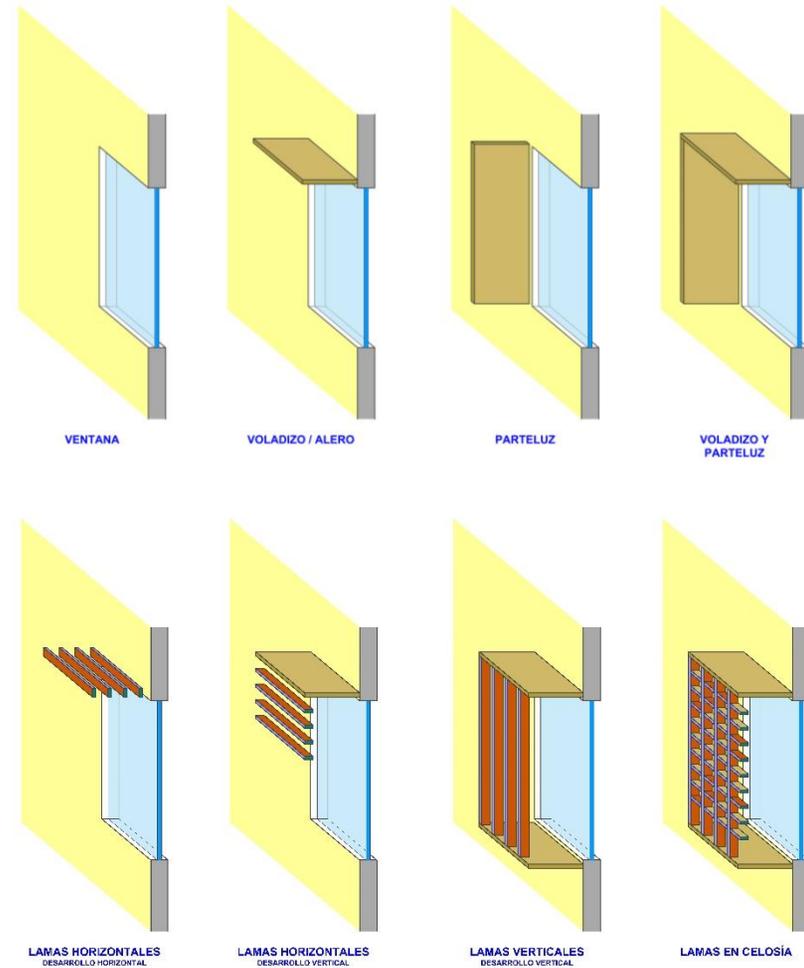
Tipos de ventanas según la apertura.

Fuente: <http://climalit.es/blog/tipos-de-ventanas-para-casa/>

• **Protección del vano de las ventanas**

Las protecciones del vano acristalado tienen como objetivo mejorar su comportamiento energético. Son dispositivos de protección exclusivamente de la

radiación solar, y su función es únicamente la de sombrear el vano acristalado. Estos elementos pueden ser fijos o móviles.



Diferentes tipos de dispositivos de protecciones verticales y horizontales.

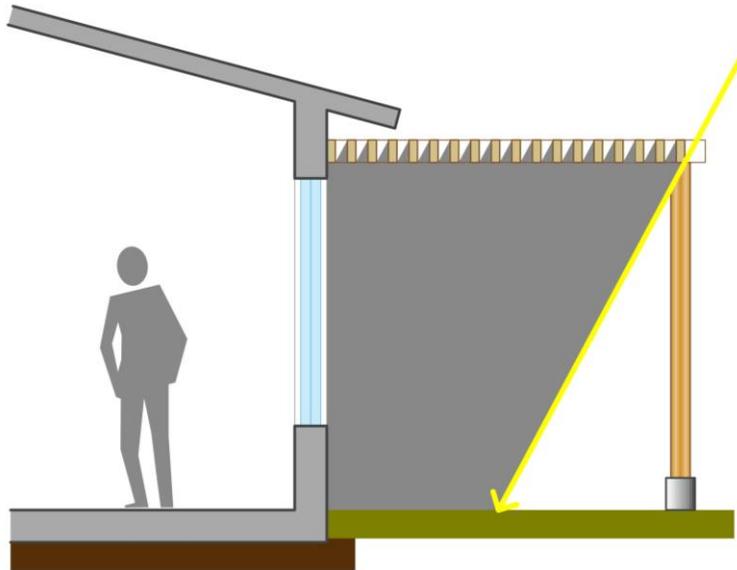
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

## b. Umbráculos

Para crear estos espacios se precisará una estructura portante que puede ser metálica, de madera, etc., que crea un espacio sombreado y además permite la ventilación. Según su geometría y la densidad de la estructura, la sombra que se produce tendrá unas características muy diferentes.

### • Pérgolas

Son simples estructuras ligeras que generan un espacio sombreado anexo a los edificios, permitiendo además la ventilación, la visión del exterior y una entrada de luz tamizada hacia los ambientes interiores. Pueden incluir una gran variedad de formas y diseños. El control de la radiación se hace con la geometría de la estructura, que se diseña teniendo en cuenta las trayectorias solares.



Pérgola.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

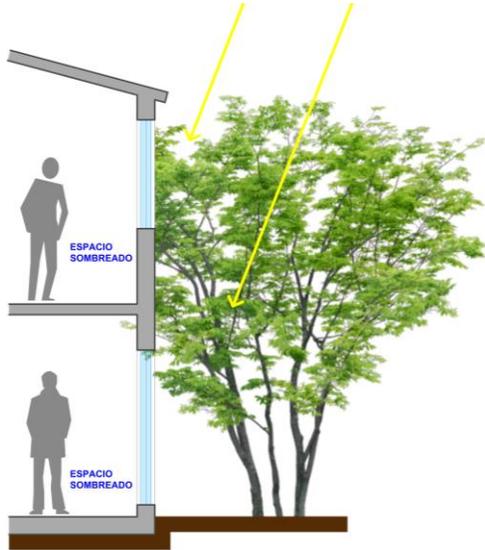
### • Entramado vegetal

También se pueden crear efectos similares a los anteriores con una estructura ligera, que soporta un entramado vegetal que crea un espacio intermedio ventilado y sombreado. Este sistema permite una regulación basada en los ciclos vegetales, que no coinciden con los solares y sí lo hacen con los térmicos. La vegetación de hoja caduca permite pasar el sol de invierno y en cambio protege en verano del exceso de radiación.

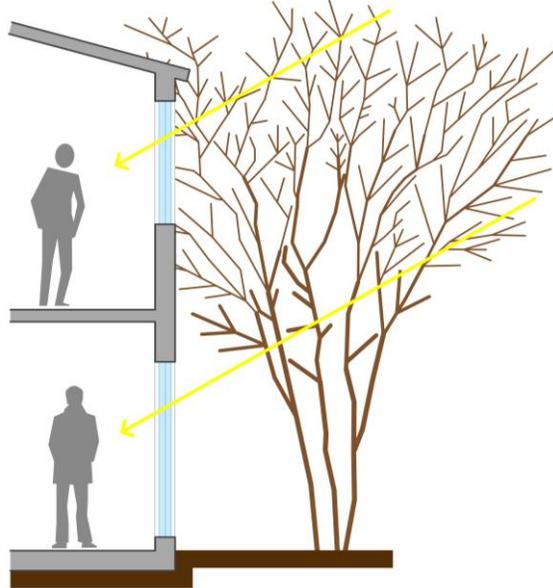


Entramado vegetal.

Fuente:[http://lh3.ggpht.com/\\_EcAk5BcxElw/SrdC71pM\\_GI/AAAAAAAAACz4/mpYWUZKA3xI/s800/Suiza%20-%20Agosto%202009%20157.jpg](http://lh3.ggpht.com/_EcAk5BcxElw/SrdC71pM_GI/AAAAAAAAACz4/mpYWUZKA3xI/s800/Suiza%20-%20Agosto%202009%20157.jpg)



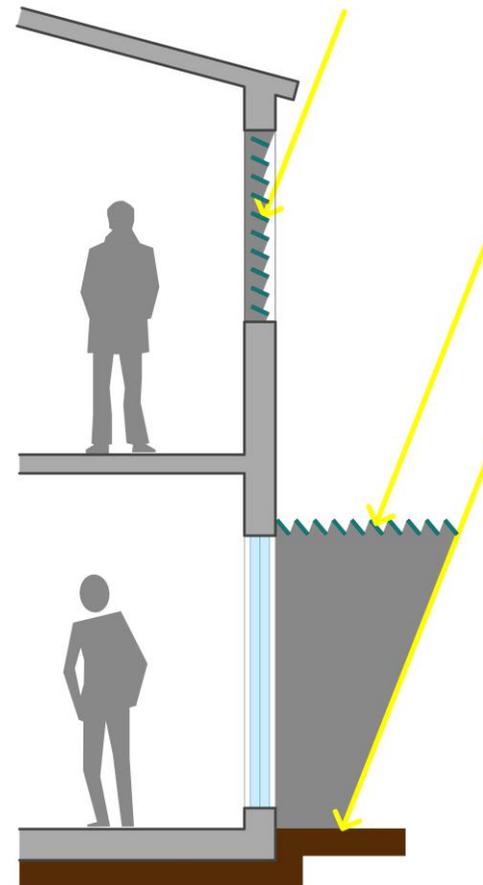
Vegetación de hoja caduca en condiciones de verano.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



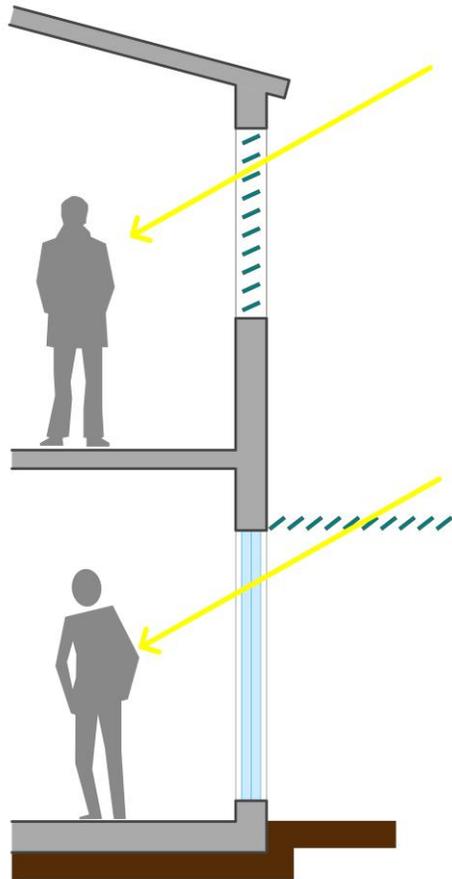
Vegetación de hoja caduca en condiciones de invierno.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

- **Lamas direccionales**

Impiden el paso de la radiación solar directa con su misma geometría, pero dejan pasar el aire y crean una iluminación difusa en los espacios habitables a los que están conectados.



Lamas direccionales en condiciones de verano.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>



Lamas direccionales en condiciones de invierno.

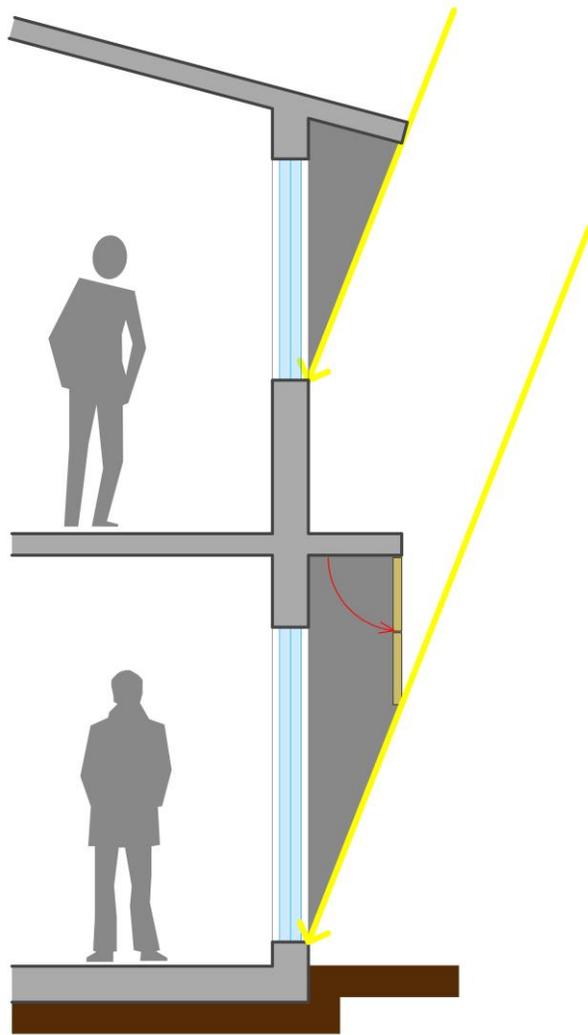
Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

### c. Elementos protectores de la piel

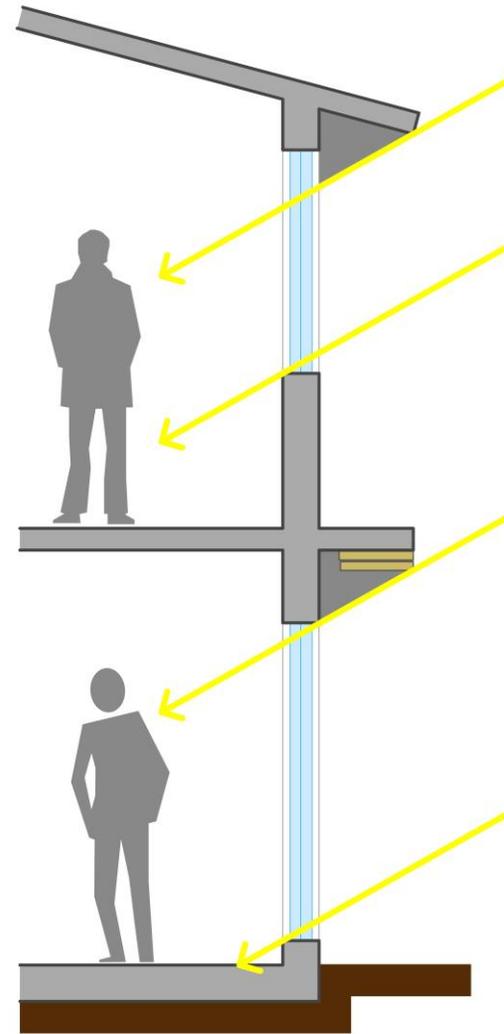
Son diferentes tipos de dispositivos incorporados exteriormente a la piel de un edificio. Su misión es detener parte de la radiación que incide en la fachada, pero especialmente en las aberturas. También permiten la ventilación de los espacios interiores así como la visión del exterior y crean una cierta iluminación difusa en los espacios habitables, con los que están en conexión directa.

- **Aleros y Voladizos**

Son elementos arquitectónicos fijos a la fachada que sobresalen en horizontal y la protegen de la radiación y la lluvia. Normalmente están contruidos con materiales opacos. Si su proyección hacia el exterior se ha diseñado considerando el ángulo solar, permiten el acceso del sol en invierno y protegen en verano. Son muy efectivos cuando están colocados en fachadas orientadas hacia el sur y en cambio su utilidad para proteger las aberturas de las fachadas a este y oeste es mucho menor.



Voladizos y pantallas en condiciones de verano.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

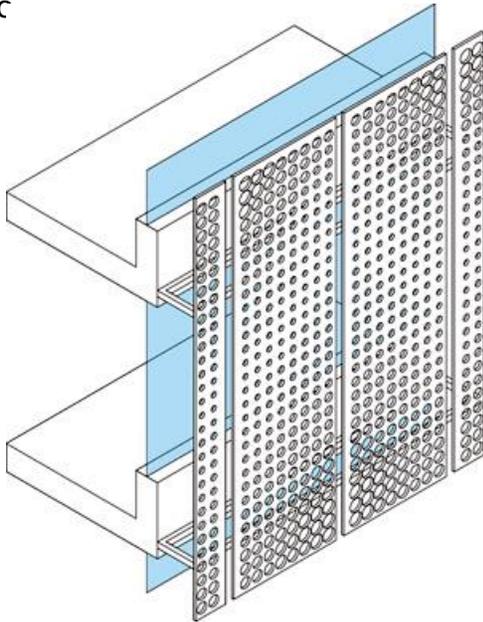


Voladizos y pantallas en condiciones de invierno.  
 Fuente: Elaboración propia y adaptado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

- **Pantallas**

Son elementos opacos, rígidos y normalmente fijos, que también sobresalen de la fachada y protegen aberturas de ciertas incidencias solares. Se llaman simplemente pantallas porque no tienen una forma ni colocación determinada a priori y según su colocación pueden proteger de la radiación solar directa, pero también pueden favorecer la reflexión del sol en su superficie y mejorar así el acceso de luz difusa en espacios interiores, deteniendo a la vez la radiación directa.

La densidad de la pantalla determina tanto la relación visual interior-exterior como el factor de sombra del cerramiento



Pantalla Hotel AC Córdoba, España.  
Fuente: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-69962012000300017](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962012000300017)

- **Persianas**

Son dispositivos móviles y regulables, que forman conjuntos de pequeñas lamas ligadas entre sí, que pueden ser móviles y practicables. Colocadas frente a aberturas, detienen la radiación directa y permiten ventilar, conservar vistas y generar una iluminación controlada. Su mayor utilidad es que, al ser regulables, se adaptan a condiciones muy diversas. Las lamas pueden ser horizontales, adecuadas a la orientación sur, o verticales, más efectivas a este y oeste.



Persianas de lamas horizontales.  
Fuente: <https://www.interempresas.net/Construccion/FeriaVirtual/Producto-Celosias-de-aluminio-Gradhermetic-Gradpanel-Serie-CL-139757.html>

- **Toldos**

Los toldos y cortinas exteriores, corresponden a uno de los mecanismos más clásicos de apantallamiento móvil exterior.

Son elementos móviles y flexibles situados verticalmente o con cierta inclinación delante de las aberturas que protegen. Según su material detienen el sol dejando pasar cierta cantidad de luz difusa. No son permeables al aire, pero al no tapar toda la abertura, permiten cierta ventilación y pueden recogerse dejando pasar el sol cuando se desea.



Toldo de lona motorizado y retractable.

Fuente: [http://www.stadtanzeiger-im-netz.de/sites/default/files/article/49533\\_bild2\\_Foto\\_djd\\_w\\_einor\\_de.jpg](http://www.stadtanzeiger-im-netz.de/sites/default/files/article/49533_bild2_Foto_djd_w_einor_de.jpg)

- **Vegetación de fachadas**

La vegetación, adherida a una fachada sin tapar las aberturas, protege la pared de la radiación y permite la ventilación entre la pared y las hojas, cumpliendo la misma función que algunos sistemas rígidos, pero con mejor adaptación al paso de las estaciones cuando la vegetación es de hoja caduca.



Vegetación de fachadas.

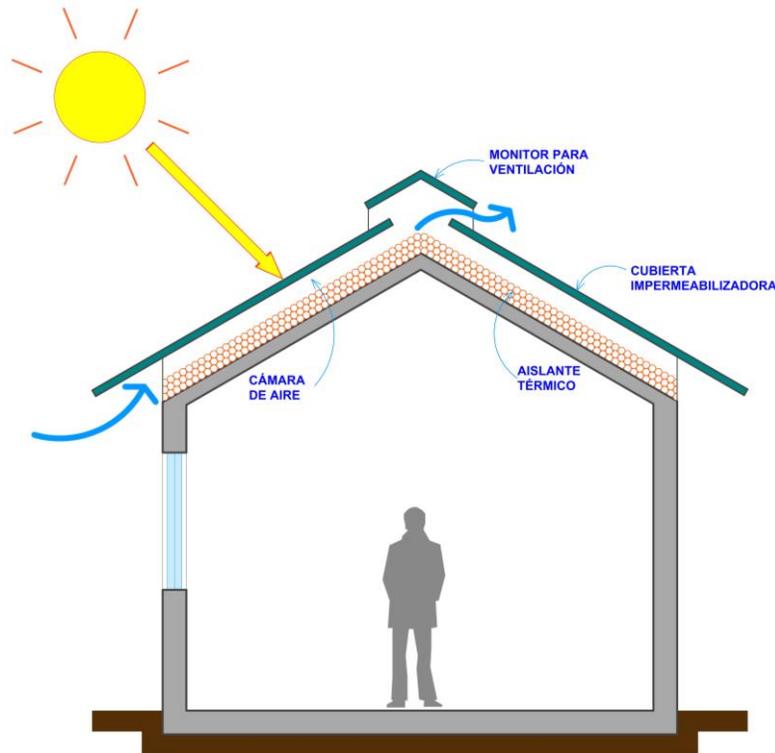
Fuente: [http://images.adsttc.com/media/images/5014/cdf0/28ba/0d58/2800/05e4/medium\\_jpg/stringio.jpg?1414052252](http://images.adsttc.com/media/images/5014/cdf0/28ba/0d58/2800/05e4/medium_jpg/stringio.jpg?1414052252)

- **Cubiertas**

La cubierta es el cerramiento que recibe más radiación solar a lo largo del día; una cubierta plana sin obstrucciones recibe desde el primer rayo del amanecer hasta el último del atardecer, convirtiéndola en uno de los elementos más conflictivos del edificio.

- **Cubierta ventilada**

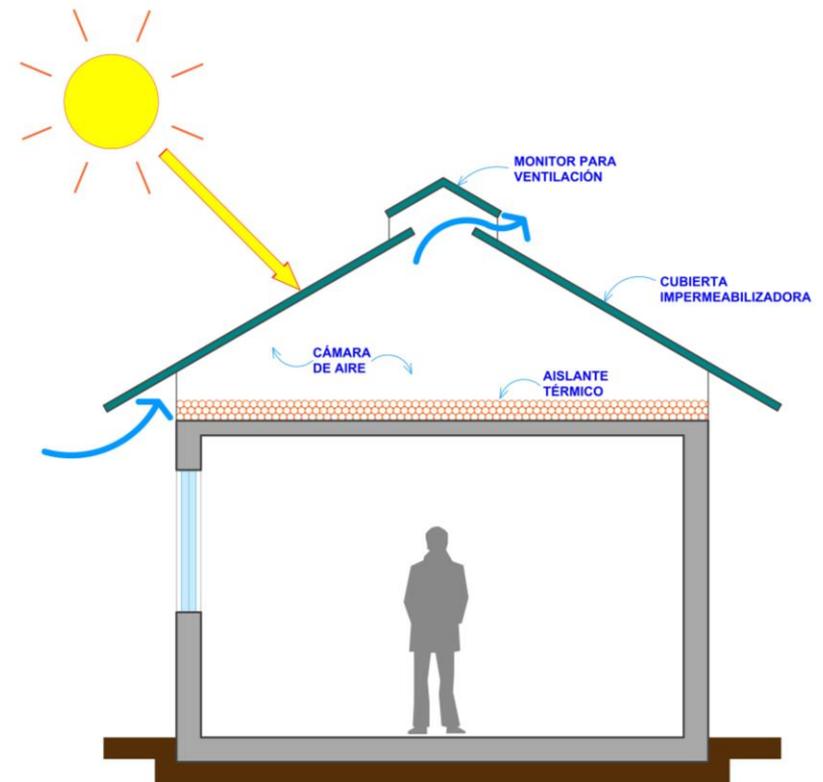
Dado que el problema del recalentamiento de la cubierta y el posterior sobrecalentamiento de la planta bajo ella



Cubierta ventilada a dos aguas.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

es debido a la absorción de la radiación solar, se puede recurrir a la ventilación, de tal modo que el calor absorbido por la capa exterior se elimine con la ventilación y cree una cubierta interior sombreada. Este procedimiento se conoce como **cubierta ventilada**.

Este tipo de cubierta está formada por dos partes, separadas por una cámara de aire; en algunos casos la parte superior tiene la función de impermeabilizar, mientras que la parte inferior tiene la misión de

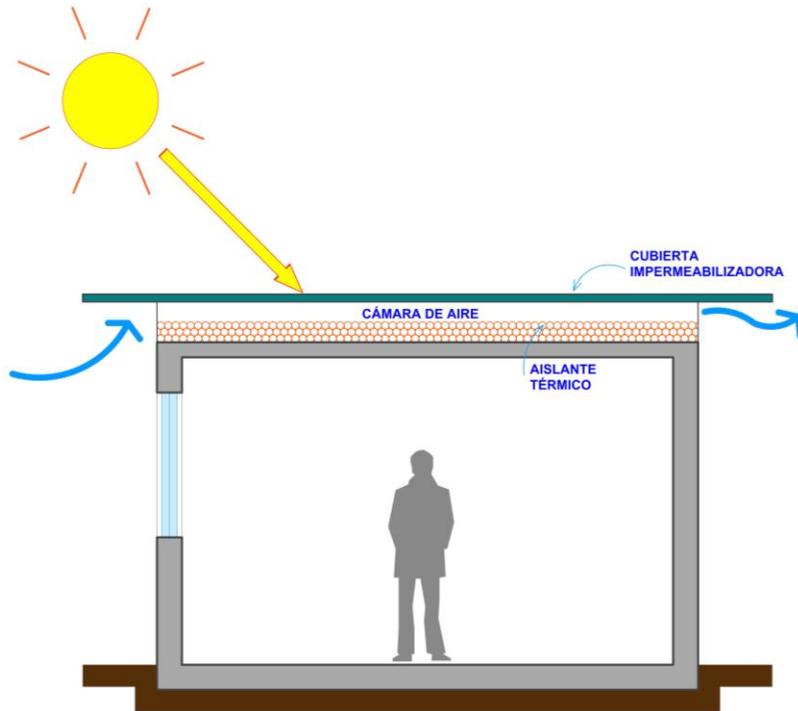


Cubierta ventilada a dos aguas, con gran cámara de aire no habitable.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

proporcionar el adecuado aislamiento térmico.

La ventilación más sencilla se puede establecer en las cubiertas inclinadas en donde se deja una cámara de aire de espesor variable no habitable.

Más difícil es la ventilación de las cubiertas planas o de las cubiertas inclinadas de una hoja.



Cubierta ventilada plana.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

## • Cubierta vegetal

La cubierta vegetal o **ajardinada** es una cubierta convencional con la adición de un sustrato y de plantas. Ese tipo de cubierta es preferentemente plana, pero se ha aplicado también en cubiertas inclinadas.

La cubierta ajardinada tiene la ventaja de que el sustrato y la vegetación, actúan como aislamiento y como protección del impermeabilizante; obteniendo otros beneficios medioambientales como:

- Las plantas filtran las partículas del aire, produciendo al tiempo oxígeno, reteniendo el polvo y otras sustancias contaminantes. La atmósfera se limpia de sustancias y gases de efecto invernadero y la temperatura exterior no se incrementa.

- Se aumenta la superficie verde de las ciudades y se repone la vegetación ocupada por la construcción del edificio

- La vegetación ofrece una gran protección contra la radiación solar al no permitir que se caliente la cubierta. Se minimizan los flujos energéticos entre ambiente exterior e interior.

- Se incrementa el aislamiento térmico, ya que tanto el sustrato como la vegetación retienen aire en su interior, lo que les proporciona propiedades aislantes.

- Tanto las plantas como el sustrato actúan como buenos absorbentes acústicos, reduciendo el ruido ambiente.

- Se protege la lámina de impermeabilización de la radiación solar, de los cambios bruscos de temperatura y de los esfuerzos mecánicos.

- Las plantas retienen parte del agua de lluvia que llega a la cubierta. Eso mejora el desagüe pluvial del edificio, disminuyendo el flujo de agua superficial sobre la cubierta y reduciendo el caudal de agua que soportan las canalizaciones urbanas.

- Se reduce el efecto de la isla de calor. Durante el verano, la evaporación del agua puede producir grandes efectos refrigerantes dentro de las ciudades.

Las cubiertas ajardinadas se clasifican según el espesor del sustrato, el tipo de vegetación y el mantenimiento; pudiendo ser de dos tipos, **extensivas** o **intensivas**.

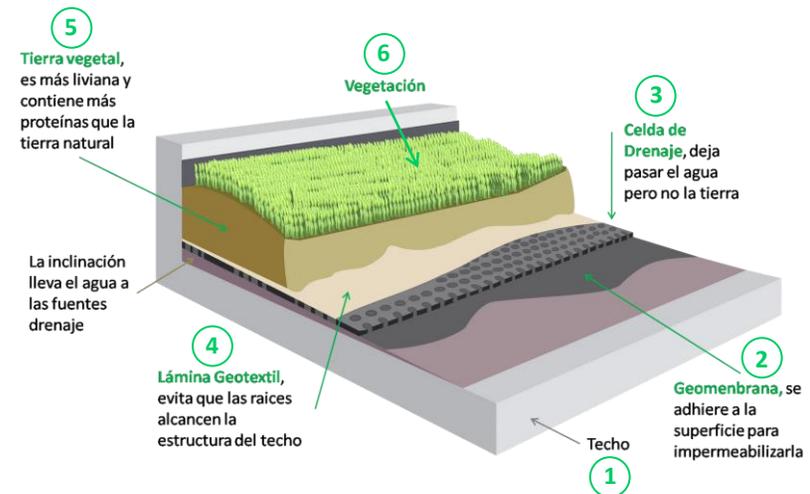
La cubierta **extensiva** o **ecológica** tiene una capa vegetal de poco espesor, habitualmente con espesor típico entre 8 y 12 cm, con plantas autóctonas de bajo porte, en las que el abastecimiento de agua y de nutrientes se efectúa por procesos naturales. Su mantenimiento es nulo o muy escaso. La sobrecarga que genera en la estructura alcanza aproximadamente 100 kg/m<sup>2</sup>.

La cubierta **intensiva** o **ajardinada**, tiene un sustrato de mayor espesor (mayor de 20 cm), con plantas, árboles y arbustos de mayor altura y mantenimiento típico de cualquier jardín.

La cubierta ajardinada exige una estructura reforzada por el considerable aumento de cargas, tanto debido a las plantas como a los elementos constructivos, ya que

el sustrato puede tener un espesor entre 20 y 50 cm, para herbáceas, y hasta 1 ó 2 m, para árboles o arbustos. En la cubierta intensiva debe colocarse sobre la impermeabilización una capa drenante de piedra bola o pedrín, cuyo espesor ha de ser de 20 cm como mínimo. La sobrecarga de estas cubiertas puede alcanzar entre 700 y 1,200 kg/m<sup>2</sup>, lo que llevará a un dimensionado especial de la estructura. Las plantas pueden ser de todo tipo, pero exigen un mantenimiento sistemático y un regado periódico.

La consideración constructiva más importante a la hora de incorporar la vegetación sobre la cubierta, es proteger la integridad de la cubierta y la estructura que se encuentra bajo el jardín.



Detalle de cubierta ajardinada.

Fuente: [http://static.wixstatic.com/media/55a7d2\\_273656a7d1b049e995f1530a13825ab4.png](http://static.wixstatic.com/media/55a7d2_273656a7d1b049e995f1530a13825ab4.png)

Una cubierta ajardinada se compone de las siguientes capas:

- (6) Las especies vegetales que mejor se adapten a los condicionantes del clima.
- (5) Un sustrato, que puede ser orgánico (corteza de pino), inorgánico (arcilla expandida) o mixto. Su misión será retener humedad y nutrientes, y drenar el agua excedente.
- (4) Un fieltro geotextil con la función de impedir el paso de los finos del sustrato.
- (3) Una capa de drenaje que elimine el exceso de agua de lluvia de la cubierta y evite la pudrición de las raíces.
- Un aislante térmico, si las condiciones locales lo exigen.
- (4) Una protección antirraíces, que impida la penetración de las raíces en la losa de techo y garantice la idoneidad del sistema de cubierta.
- (2) Una lámina de impermeabilización.



Cubierta ajardinada. Nanyang Technological University, Singapur.

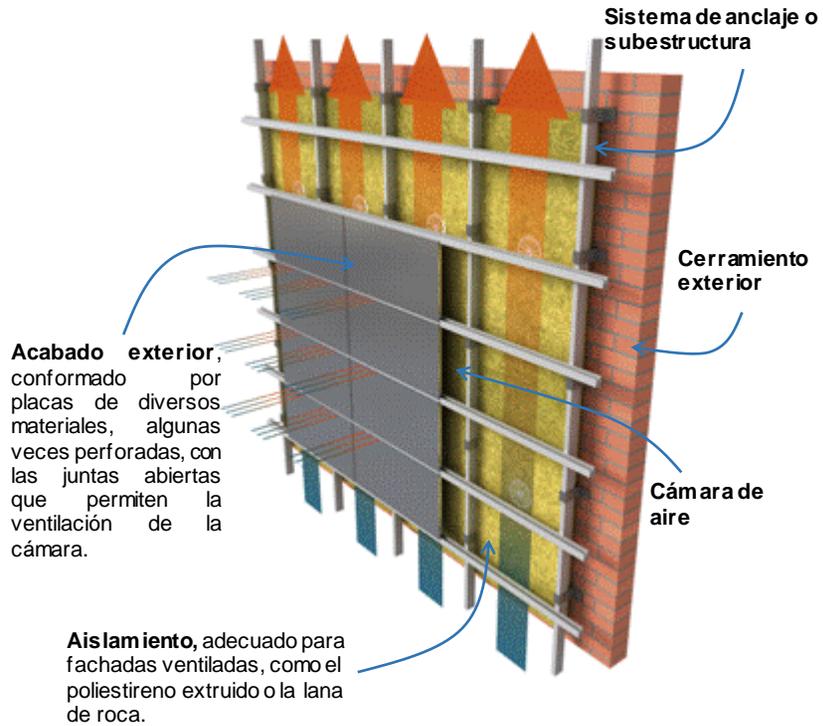
Fuente: <http://inhabitat.com/amazing-green-roof-art-school-in-singapore/nanyang/>

### • Fachadas ventiladas

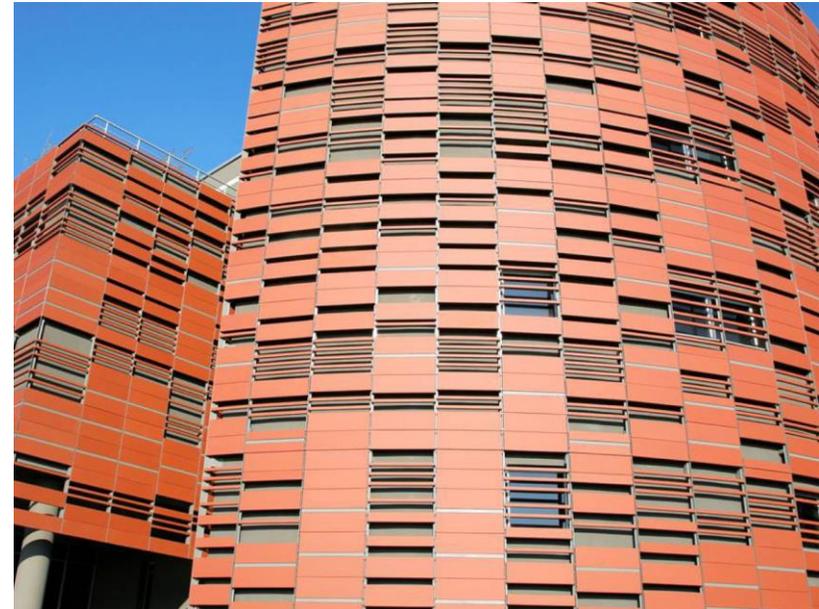
El funcionamiento es idéntico al de las cubiertas ventiladas, y tienen como objetivo, igualmente, eliminar mediante la ventilación el calor absorbido por las láminas exteriores de la fachada cuando recibe el sol. La combinación con el aislamiento es muy positiva, pero exclusivamente si se coloca el aislante adosado a la cara exterior del muro interior.

El muro interior se aísla con un material aislante por su cara exterior, quedando una cámara de aire ventilada entre éstos y la hoja exterior. La cámara de aire y el aislamiento aseguran notables beneficios en la fachada. En períodos de calor se consigue menor absorción del

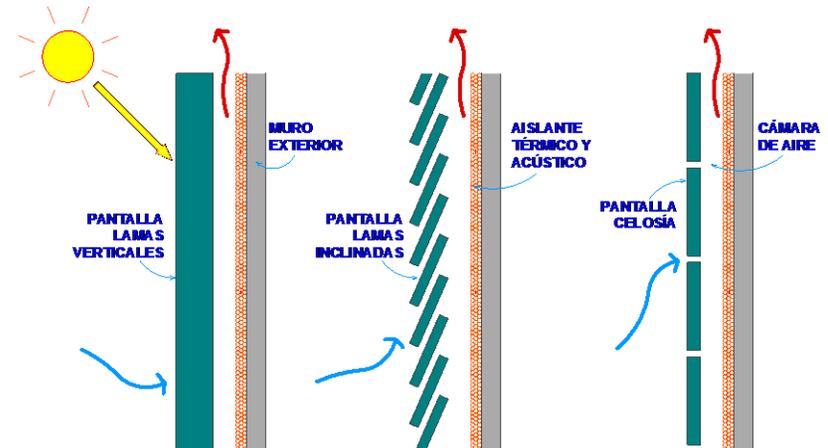
calor y en períodos de frío menor dispersión del calor interior, con lo cual se consigue un considerable ahorro energético.



Estructura de una fachada ventilada.  
Fuente: Adaptado de [http://download.rockwool.es/media/103017/fachada\\_ventilada.gif](http://download.rockwool.es/media/103017/fachada_ventilada.gif)



Fachada ventilada con revestimiento cerámico NB, Hunter Douglas.  
Fuente: <http://www.hunterdouglas.cl/ap/cl/ene/s/fachadas/fachadas-ventiladas/nbk/fachadas-ventiladas-nbk/galeria>



Muros ventilados.  
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Lería, Madrid 2004

## 5.4 Tabla síntesis de las estrategias de diseño bioclimático

La siguiente tabla sintetiza y esquematiza las estrategias básicas de diseño bioclimático en las condiciones térmicas de verano e invierno.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO						
MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR						
		CONDUCCIÓN	CONVECCIÓN	RADIACIÓN	EVAPORACIÓN	
ESTRATEGIAS DE CONTROL	INVIERNO	PROMOVER GANANCIAS		PROMOVER GANANCIAS SOLARES		
		EVITAR PÉRDIDAS	MINIMIZAR EL FLUJO CONDUCTIVO DE CALOR	MINIMIZAR EL FLUJO DE AIRE EXTERIOR MINIMIZAR LA INFILTRACIÓN		
	VERANO	EVITAR GANANCIAS	MINIMIZAR EL FLUJO CONDUCTIVO DE CALOR	MINIMIZAR LA INFILTRACIÓN	MINIMIZAR LAS GANANCIAS SOLARES	
		PROMOVER PÉRDIDAS	PROMOVER EL ENFRIAMIENTO CONDUCTIVO	PROMOVER LA VENTILACIÓN	PROMOVER EL ENFRIAMIENTO RADIANTE	PROMOVER EL ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO
FUENTE DE CALOR		ATMÓSFERA	SOL			
SUMIDERO DE CALOR	TIERRA	ATMÓSFERA	CIELO	ATMÓSFERA		

Estrategias de diseño bioclimático.

Fuente: Elaboración propia y adaptado de [https://www.academia.edu/9376828/75\\_6\\_ESTRATEGIAS\\_DE\\_DISE%C3%91O\\_BIOCLIM%C3%81TICO](https://www.academia.edu/9376828/75_6_ESTRATEGIAS_DE_DISE%C3%91O_BIOCLIM%C3%81TICO)

6

Conclusiones

*La arquitectura es la lucha constante entre el hombre y la naturaleza,  
la lucha por dominar la naturaleza, por poseerla.  
Mario Botta*

## 6. CONCLUSIONES

- El presente manual, ha cumplido con el objetivo general planteado, puesto que sin duda, las estrategias desarrolladas, las pueden aplicar los alumnos en sus propuestas de diseño arquitectónico en cualquier nivel de la carrera de arquitectura; permitiendo un mejoramiento del comportamiento térmico de las edificaciones. Casos concretos se han dado con alumnos de Proyectos Arquitectónicos 5, aplicando en sus propuestas las estrategias de ventilación e iluminación natural. También los alumnos de Arquitectura Sustentable 1, a través del laboratorio de simulación climática, han utilizado el Heliodón y la Carta Solar para el análisis solar y térmico en maquetas de sus proyectos arquitectónicos. (Ver Anexos)
- Las estrategias bioclimáticas que se determinan en el presente manual, no solo se podrán utilizar como una herramienta de diseño, sino también para realizar un análisis o una crítica de los edificios existentes o de los proyectos que se desarrollen.
- Un “edificio bioclimático ideal” debe reaccionar en condiciones de invierno, a poder absorber la máxima cantidad de energía solar durante el día, manteniendo en lo posible el calor en su interior; y en condiciones de verano, poder rechazar la radiación solar, permitiendo dispersar la máxima cantidad posible de calor. En ambos casos, con el objetivo de conseguir un adecuado confort ambiental.
- Las estrategias de diseño bioclimático pasivo, son herramientas fácilmente aplicables en cualquier región climática; son por demás sencillas, económicas, y no suponen de ninguna manera una modificación en la práctica constructiva habitual.
- Tanto en su concepto como en su práctica, estas estrategias bioclimáticas necesitan pocos elementos que reducen su mantenimiento. Además, aprovechan las energías naturales de manera gratuita, tales como la energía solar, el viento, la lluvia y la vegetación.
- Con el trabajo desarrollado se ha evidenciado, que modificaciones sencillas en la forma, ubicación, orientación, aberturas, colores y otros elementos, tienen un importante efecto en el clima interior de la vivienda y en los espacios anexos abiertos, motivo por el cual se debe tener un especial cuidado en el diseño de cada uno de los elementos.
- Es necesario tener en cuenta los datos climatológicos y solares desde el principio –en la concepción- así como en cada una de las etapas del proyecto, puesto que el funcionamiento térmico depende de la construcción misma y de todos los elementos que la componen.
- Mientras la arquitectura bioclimática se acerque más a una arquitectura del medio natural y no solo a una arquitectura del confort térmico, podrá ser parte real de la base de una arquitectura sustentable.
- El trabajo goza de una importante pertinencia, no solamente desde el punto de vista medioambiental,

sino principalmente de apoyo académico; porque servirá como bibliografía de consulta.

- El presente manual al abarcar la contextualización y la conceptualización de las estrategias de diseño bioclimático, cumple con la vinculación del paradigma pedagógico ignaciano en estas etapas; lo que permitirá que el estudiante pueda implementar en sus soluciones arquitectónicas, la mejor práctica de las mismas, para el beneficio y confort del usuario.

# 7

# Recomendaciones

*Si reconocemos el valor y la fragilidad de la naturaleza, y al mismo tiempo las capacidades que el Creador nos otorgó, esto nos permite terminar hoy con el mito moderno del progreso material sin límites.  
Carta Encíclica: "Laudato sí" sobre el cuidado de la casa común. Papa Francisco*

## 7. RECOMENDACIONES

- Para desarrollar un buen diseño arquitectónico, es importante que desde el principio, se tomen en cuenta las buenas prácticas de un diseño bioclimático, en base a sus estrategias; y que estén referidas a las condiciones climáticas del sitio y de su entorno.
- Se recomienda el aprovechamiento de las energías naturales, a través de las estrategias bioclimáticas; para minimizar los problemas medioambientales y la escasez, siempre latente, de los recursos energéticos no renovables.
- El departamento de Arquitectura deberá integrar formalmente en su pensum de estudios, todos los temas ambientales incluidos en este manual; permeándolos en los diferentes cursos de la carrera. Ya que actualmente, estos temas son abordados en las asignaturas electivas del último año de la carrera; lo que supone que un estudiante termina cuatro años de estudios, sin haber tenido un leve asomo a estas materias y por consiguiente una ausencia total de conocimientos académicos y prácticos sobre arquitectura sostenible. Con esto se logrará que el futuro profesional, al momento de enfrentar un problema, se sienta fortalecido y tenga herramientas conceptuales y prácticas para allanar soluciones más responsables con los recursos naturales, sin detrimento alguno de la seguridad estructural y la estética, que conlleva un proyecto arquitectónico.



# 8 Fuentes de Información y Consulta

*La arquitectura moderna no significa el uso de nuevos materiales,  
sino utilizar los materiales existentes en una forma más humana.  
Alvar Aalto*

## 8. FUENTES DE INFORMACIÓN Y CONSULTA

### 8.1 Bibliografía

- Aguilar, C. y Delgado C. (2011). *Diseño y Construcción Sostenibles: Realidad Ineludible*. Editorial: México, D.F. Universidad Iberoamericana, Departamento de Arquitectura.
- Architecture 140 (s.f.) *Energy and Environmental Management College of Environmental Design*. Berkeley University of California.
- Asistente Técnico para la Construcción Sostenible - ATECOS- (2012). *Sistemas Pasivos: Enfriamiento*. Entidades promotoras: Fundación Entorno-BCSD España, Fundación Universidad Autónoma de Madrid y Miliarium.com
- Bedoya, C. (2011). *Construcción Sostenible. Para volver al camino*. Medellín, Colombia: Biblioteca Jurídica Díké.
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry. Innovation Inspired by Nature*. Harper Collins Publishers Inc.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE). *Un Vitruvio Ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Deffis, A. (1994). *Arquitectura Ecológica Tropical*. México: Árbol Editorial.
- Dirección de Arquitectura. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Sociedad Impresora R&R Ltda.
- Dirección de Arquitectura. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile (2006). *Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental*. Biblioteca del Congreso de Chile.
- Edwards, B. (2005). *Guía Básica de la Sostenibilidad*. Segunda edición revisada y ampliada. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, (2013). *Manual de Diseño Bioclimático Urbano. Manual de recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Instituto Politécnico de Bragança. Programa de Cooperación Transfronteriza España – Portugal.
- González, J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Editorial Munilla-Lería
- López, J. (2015). *Historia de las proyecciones cartográficas*. Edita Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
- Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo - INCYTDE- (2015). *Perfil Energético de Guatemala. Introducción al Sector Eléctrico*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Editorial Cara Parens.

Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting. Sustainable Design Methods for Architects*. Fourth edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

López, M. (2003). *Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura*. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL

McLennan, F. (2004). *The Philosophy of Sustainable Design*. Kansas, Missouri: Ecotone LLC.

Müller, E. (2002). *Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva*. Universidad de Kassel, Alemania: Editorial Forschungslabor für Experimentelles Bauen FEB.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL.

Oliver, J. (1997). *Los Diez Libros de Arquitectura. Marco Vitruvio Polión*, Madrid, España: Alianza Editorial, S. A.

Pozo, C. (2010). *Determinación de Estrategias de Diseño Bioclimático para la ciudad de Sucre (Bolivia)*. Universidad Internacional de Andalucía, Bolivia.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2003). *Manual de Ecología Básica y de Educación Ambiental. Crisis Ambiental*. DM Echange et Mission, Lausanne, Suiza

Santo Padre Francisco (2015). *Carta Encíclica “Laudato Si”*, sobre el cuidado de la casa común. Tipografía Vaticana

Serra, R. (1999). *Arquitectura y Climas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Serra, R. y Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL

Szokolay, S. (2007). *Solar Geometry*. Passive and Low Energy Architecture International. Design Tools and Techniques.

Urquía, I. y Urquía, S. (2003). *Energía renovable práctica*. Navarra: Editorial Pamiela.

## 8.2 Trabajos de Graduación

Gándara, J. (1975). *Cálculo de Iluminación Natural para Edificios*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura.

Higón, J. (2003). *Contribuciones al estudio del asoleo geométrico. Procedimientos para el cálculo del factor de obstrucción solar. Aplicaciones*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad Politècnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Oliva, J. (1982). *Diseño Climático para Edificaciones en la Zona Seca Oriental del País*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura.

Pesántes, M. (2012). *Confort Térmico en el área social de una vivienda, en Cuenca, Ecuador*. Tesina de Licenciatura no publicada, Universidad de Cuenca, Facultad de Artes, Escuela de Diseño, Cuenca, Ecuador.

Romero, J. (2009). *Criterios de Análisis para la Elaboración de Arquitectura Bioclimática en la Región de Aguas Calientes, México*. Tesis de Maestría no publicada, Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Centro del Diseño y de la Construcción. Departamento de Geotecnia e Hidráulica.

### 8.3 Fuentes Digitales de Información

Alto nivel. *Arquitectura orgánica: armonía entre construcción y naturaleza*  
Disponible en:  
<http://www.altonivel.com.mx/arquitectura-organica-armonia-entre-construccion-y-naturaleza.html>

Archived Ecotect Resources Community WIKI. (2015). *Shading: shadow angles*.  
Disponible en:  
[http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Shadow\\_Angles](http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Shadow_Angles)

Arquitectos.us. *Qué es la Arquitectura Inteligente*.  
Disponible en:  
[http://www.arquitectos.us/disenio/famosos/colegios/que\\_es\\_la\\_arquitectura\\_inteligente/](http://www.arquitectos.us/disenio/famosos/colegios/que_es_la_arquitectura_inteligente/)

*Arquitectura Bioclimática: Introducción y antecedentes en Ecomateriales y construcción sostenible*.

Disponible en:

[http://www.eoi.es/wiki/index.php/Arquitectura\\_Bioclim%C3%A1tica:\\_Introducci%C3%B3n\\_y\\_antecedentes\\_en\\_Ecomateriales\\_y\\_construcci%C3%B3n\\_sostenible](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Arquitectura_Bioclim%C3%A1tica:_Introducci%C3%B3n_y_antecedentes_en_Ecomateriales_y_construcci%C3%B3n_sostenible)

Arqhys. *Arquitectura vernácula*.

Disponible en:

<http://www.arqhys.com/contenidos/vernacula-arquitectura.html>

Astronomía-iniciación.com. *Las estrellas se mueven*

Disponible en:

<http://www.astronomia-iniciacion.com/astronomia/movimiento-estrellas.html>

Buenas tareas. *Arquitectura reciclable*.

Disponible en:

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Arquitectura-Reciclable/53958821.html>

Cartas solares. *Diseño de la luz en la arquitectura*.

Disponible en:

<http://arcdaylight.blogspot.com/2013/09/cartas-solares-iii.html>

Ecosofía.org. *La arquitectura ecológica: 10 principios*

Disponible en:

[http://ecosofia.org/2007/03/la\\_arquitectura\\_ecologica\\_10\\_principios.html](http://ecosofia.org/2007/03/la_arquitectura_ecologica_10_principios.html)

El Tamiz. *Termodinámica I: Conducción, convección y radiación.*

Disponible en:

<http://eltamiz.com/2010/09/16/termodinamica-i-conduccion-conveccion-y-radiacion/>

García, M. (2012). *Arquitectura bioclimática en Galicia.*

Disponible en:

<http://abioclimatica.blogspot.com/2008/10/arquitectura-bioclimtica.html?m=1>

González, F. (2013). *Estrategias pasivas para el calentamiento de ambientes.*

Disponible en:

<http://tecnoiestp.jimdo.com/>

Guaviare. *Geometría y Agricultura.*

Disponible en:

[http://www.vivedigitalguaviare.com:8080/investig/?page\\_id=25](http://www.vivedigitalguaviare.com:8080/investig/?page_id=25)

Habitar natural. *Bioarquitectura.*

Disponible en:

<http://www.habitarnatural.com/bioarquitectura>

López, L. (2013). *Arquitectura Bioclimática.*

Disponible en:

<http://lorenaarq.blogspot.com/>

Mazria, E. (1979). *The Passive Solar Energy Book*

Disponible en:

[https://archive.org/details/fe\\_The\\_Passive\\_Solar\\_Energy\\_Book](https://archive.org/details/fe_The_Passive_Solar_Energy_Book)

Monografias.com. *Domótica - Arquitectura inteligente.*

Disponible en:

<http://www.monografias.com/trabajos42/tecnologia-domotica/tecnologia-domotica.shtml>

Norbert Lechner, N. & Marusich, J. (s.f.) *Heliodons.*

*Helping create a more sustainable future.*

Disponible en:

<http://www.heliodons.org/>

Pérez, S. (2015). *Cómo entender una carta solar.*

Disponible en:

<http://www.sergioperezarq.com/como-entender-una-carta-solar/>

Proyecto Biósfera, Ministerio de Educación, Gobierno de España. *El Universo, la Vía Láctea y el Sistema Solar.*

Disponible en:

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1ESO/Astro/contenidos.htm>

Radio del mar. *Geometría Solar: La geometría sagrada de los maestros de obra y su aporte en la armonización de espacios.*

Disponible en:

[http://www.radiodelmar.cl/rdm\\_2012/index.php/noticias/1877-geometria-solar-la-geometria-sagrada-de-los-maestros-de-obra-y-su-aporte-en-la-armonizacion-de-espacios.html](http://www.radiodelmar.cl/rdm_2012/index.php/noticias/1877-geometria-solar-la-geometria-sagrada-de-los-maestros-de-obra-y-su-aporte-en-la-armonizacion-de-espacios.html)

Ramírez, J. (1996). *Manual de Elaboración de la Gráfica Solar. Proyección Ortogonal*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla -UPAEP- México.  
Disponible en:  
[https://issuu.com/residente/docs/manual\\_de\\_grafica\\_solar/c/sl8t4h8](https://issuu.com/residente/docs/manual_de_grafica_solar/c/sl8t4h8)

Scribd. *Geometría Solar –Técnicas y métodos de verificación*.  
Disponible en:  
<https://es.scribd.com/doc/165498091/Geometria-Solar>

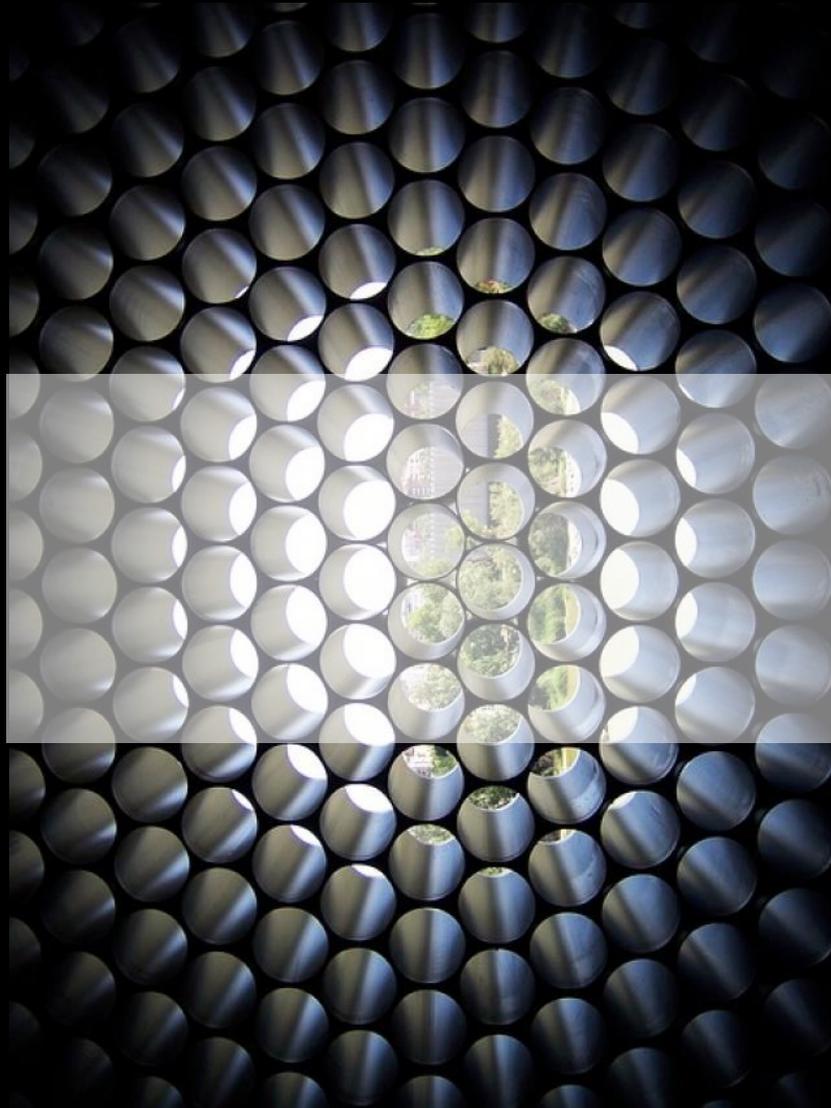
Sustentable & Sostenible. *Definición de arquitectura sostenible*.  
Disponible en:  
<http://blog.deltoroantunez.com/2013/11/definicion-arquitectura-sostenible.html>

Torres, A. (2014). *Tecnologías para un mundo mejor*.  
Disponible en:  
<http://tecnoiestp.jimdo.com/>

Vida Verde. *Tipos de materiales naturales para la construcción*.  
Disponible en:  
<http://vidaverde.about.com/od/Tecnologia-y-arquitectura/tp/Tipos-De-Materiales-Naturales-Para-La-Construccion.htm>

Wiki EOI. *Arquitectura Bioclimática: Introducción y antecedentes en Ecomateriales y construcción sostenible*.  
Disponible en:  
[http://www.eoi.es/wiki/index.php/Arquitectura\\_Bioclim%C3%A1tica:\\_Introducci%C3%B3n\\_y\\_antecedentes\\_en\\_Ecomateriales\\_y\\_construcci%C3%B3n\\_sostenible](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Arquitectura_Bioclim%C3%A1tica:_Introducci%C3%B3n_y_antecedentes_en_Ecomateriales_y_construcci%C3%B3n_sostenible)

manual de estrategias de diseño bioclimático



# Anexos

*Podemos decir que, junto a la Revelación propiamente dicha, contenida en la sagrada Escritura, se da una manifestación divina cuando brilla el sol y cuando cae la noche.  
Carta Encíclica: "Laudato sí" sobre el cuidado de la casa común. Papa Francisco*

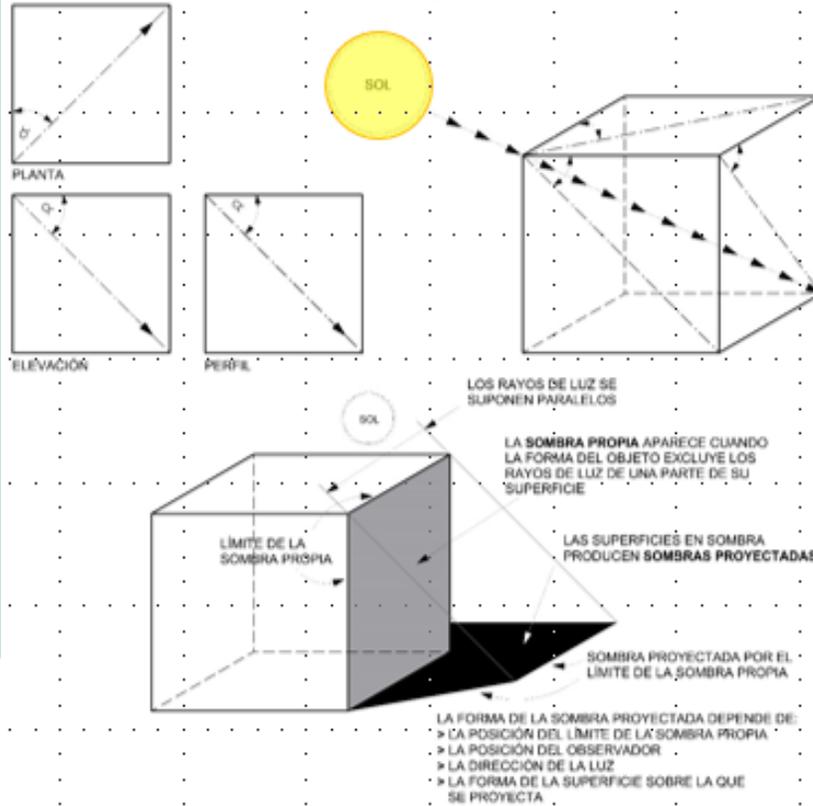
# TEORÍA DE LAS SOMBRAS

## SOMBRAS:

- > ES LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL COMPORTAMIENTO DE LOS VOLÚMENES, BAJO LOS EFECTOS DE LA LUZ.
- > LA SOMBRA ES UNA CONSECUENCIA DE LA LUZ.
- > LA LUZ ARTIFICIAL, TIENE UNA PROPAGACIÓN RADIAL, DEBIDO A SU PROXIMIDAD LA PERCIBIMOS.
- > LA LUZ NATURAL O LUZ SOLAR, TAMBIÉN TIENE UNA PROPAGACIÓN RADIAL, PERO SE TOMA TEÓRICAMENTE COMO UNA PROPAGACIÓN EN PARALELO, DEBIDO A LA DISTANCIA ENTRE LA TIERRA Y EL SOL (+/- 148.000.000 KMS.).
- > SOMBRA PROPIA: EN EL PROPIO OBJETO.
- > PENUMBRA: ENTRE LUZ Y SOMBRA PROPIA.
- > SOMBRA PROYECTADA: LA QUE ARROJA EL OBJETO ILUMINADO, SOBRE UNA SUPERFICIE CERCANA.

azimut

altitud

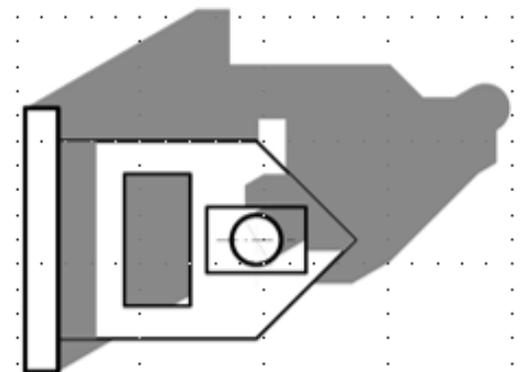
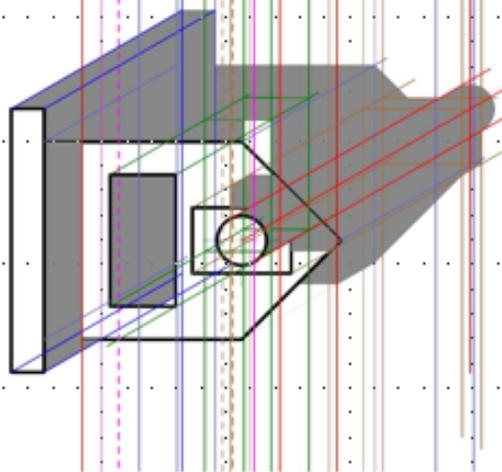
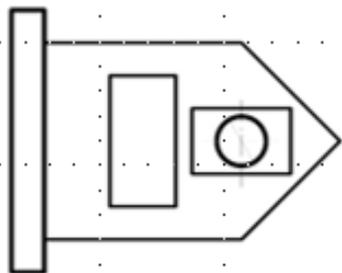
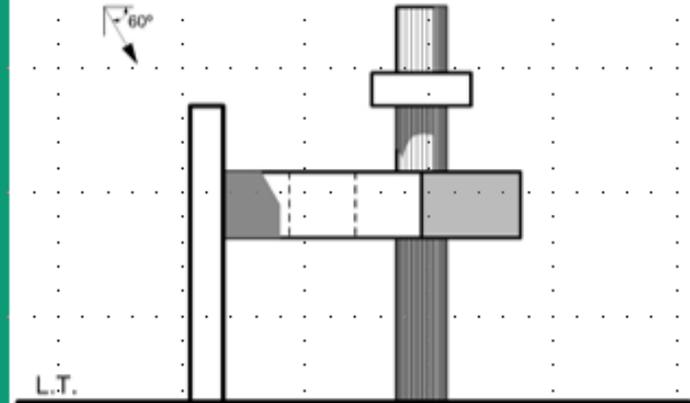
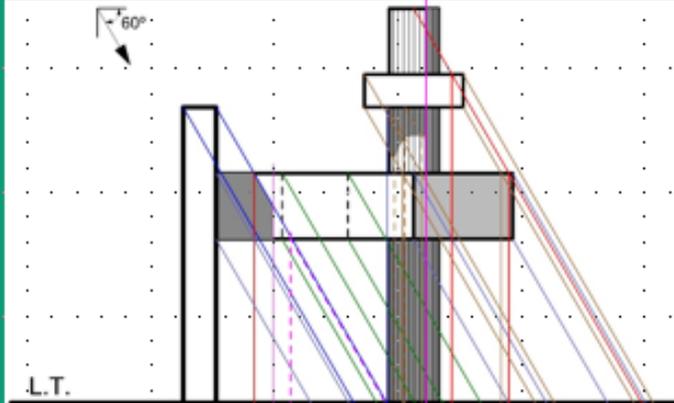
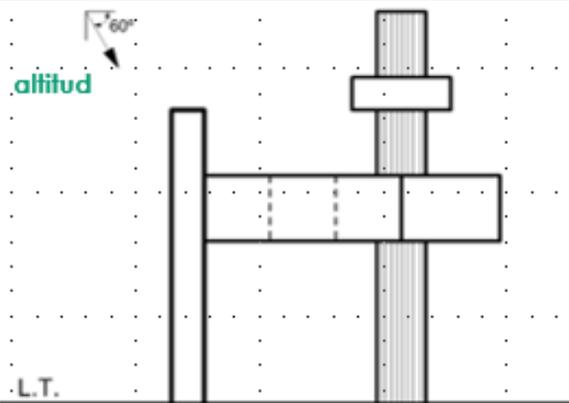


• sombras

taller dibujo técnico 2

estrategias de diseño bioclimático

aplicación

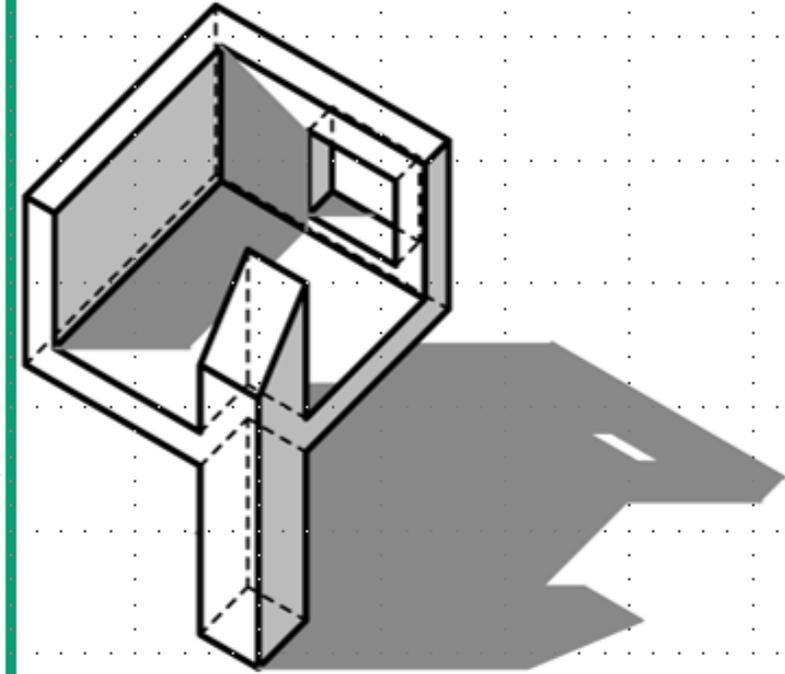
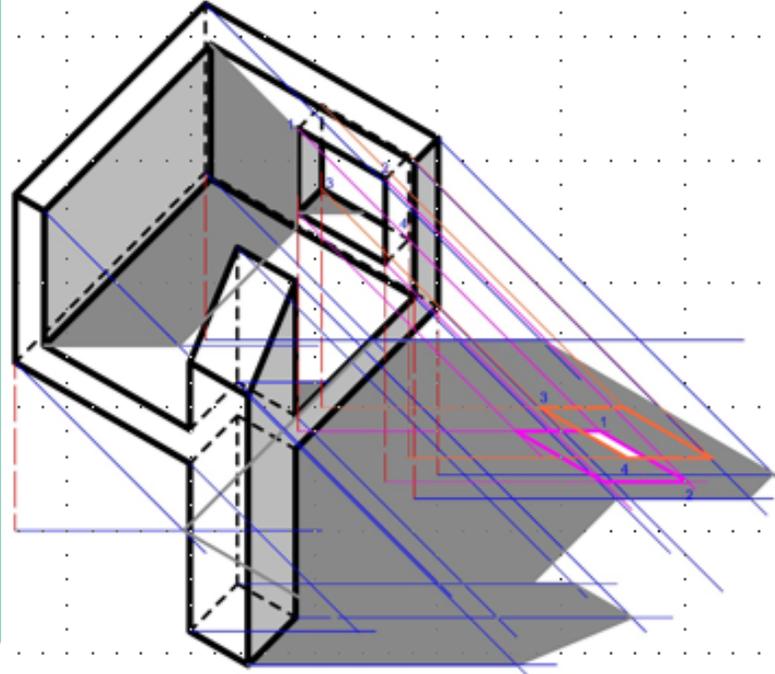
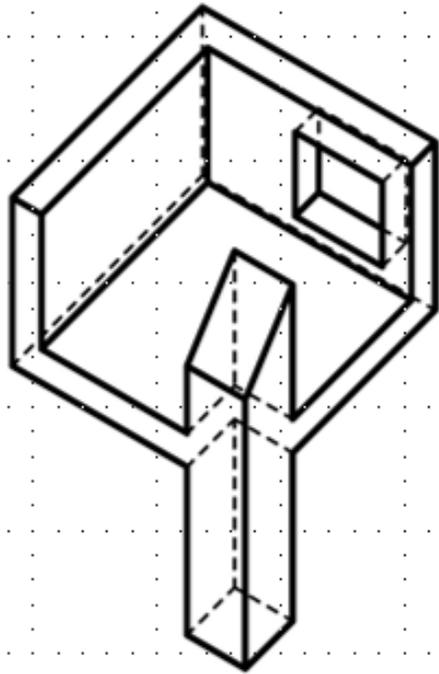


azimut  
sombas

taller dibujo técnico 2

estrategias de diseño bioclimático

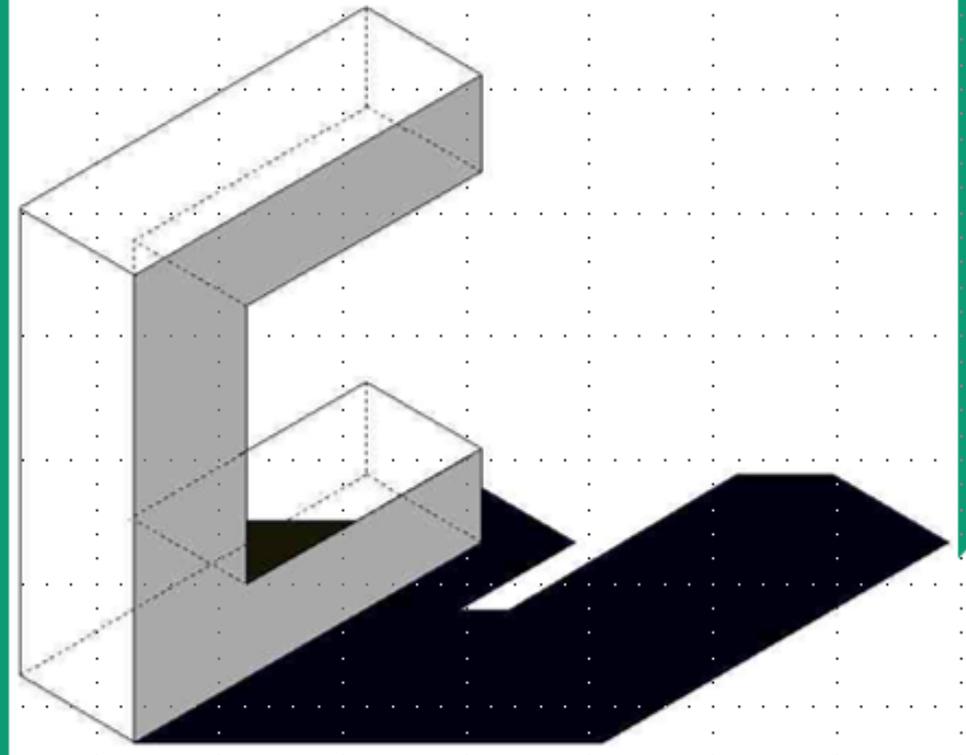
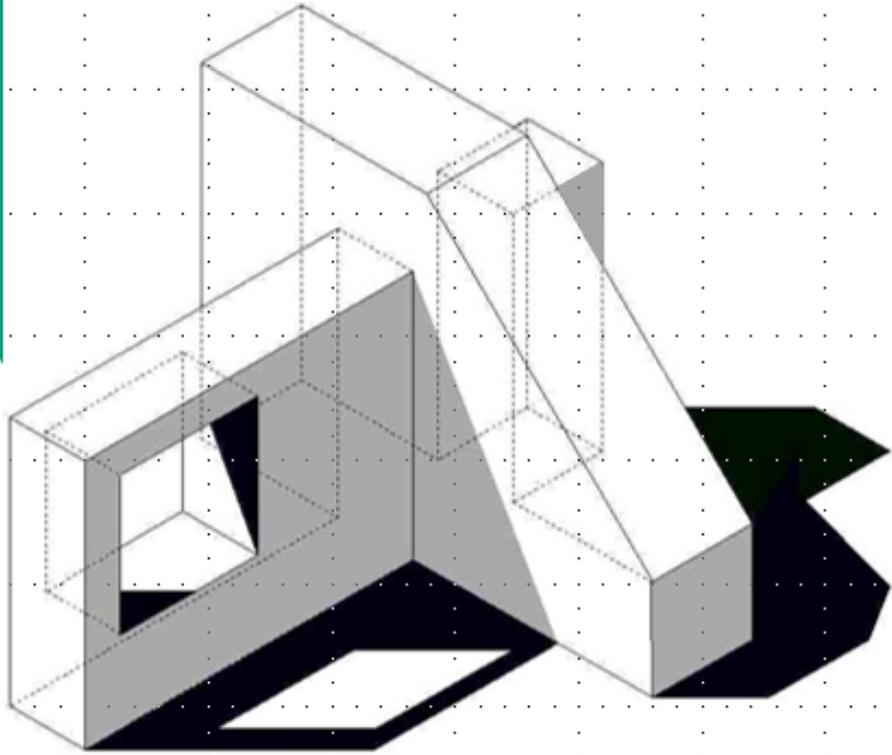
aplicación



• sombras

taller dibujo técnico 2

estrategias de diseño bioclimático **aplicación**

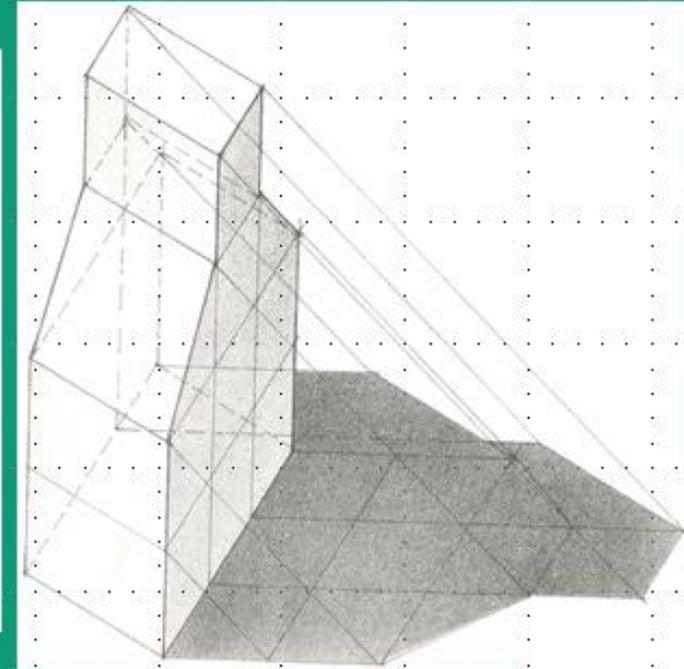
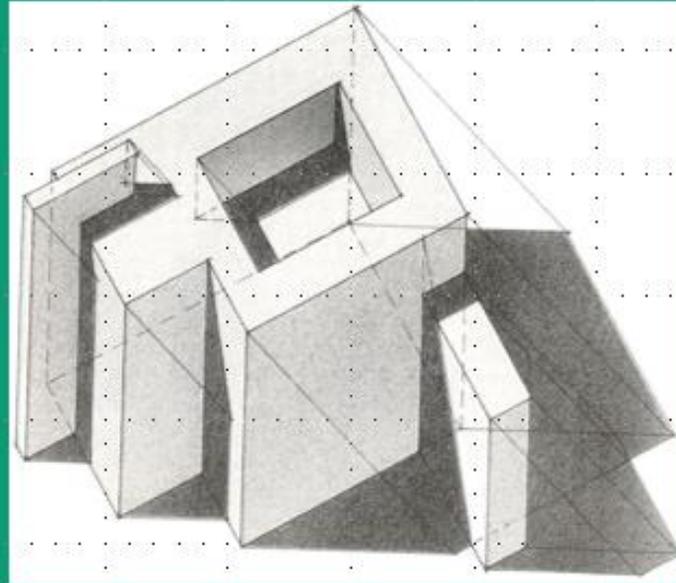
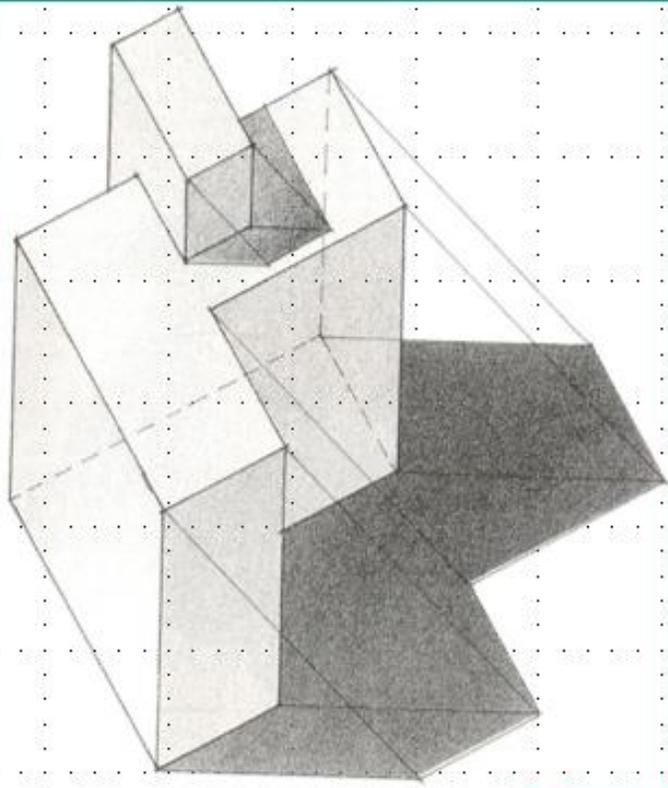


• sombras

taller dibujo técnico 2

estrategias de diseño bioclimático

aplicación

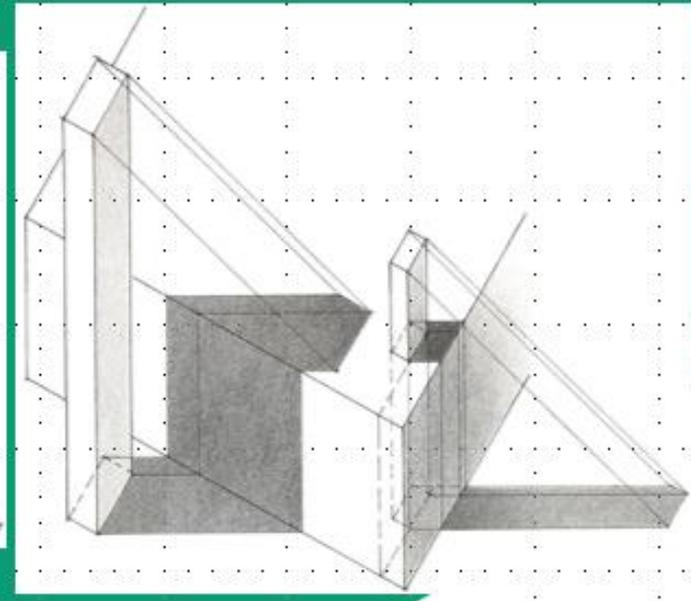
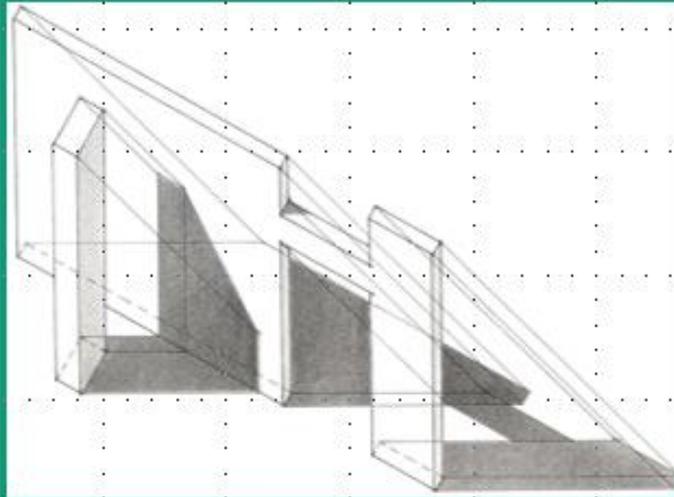
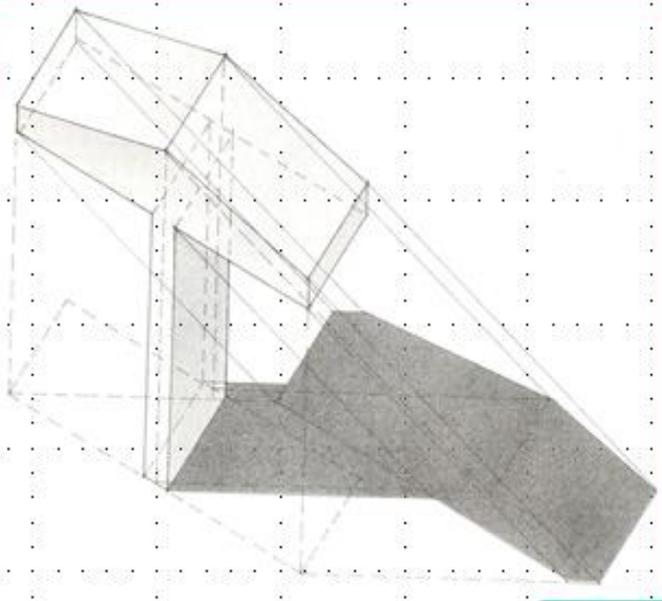


• **sombras**

taller dibujo técnico 2

**estrategias de diseño bioclimático**

**aplicación**



• sombras

taller dibujo técnico 2

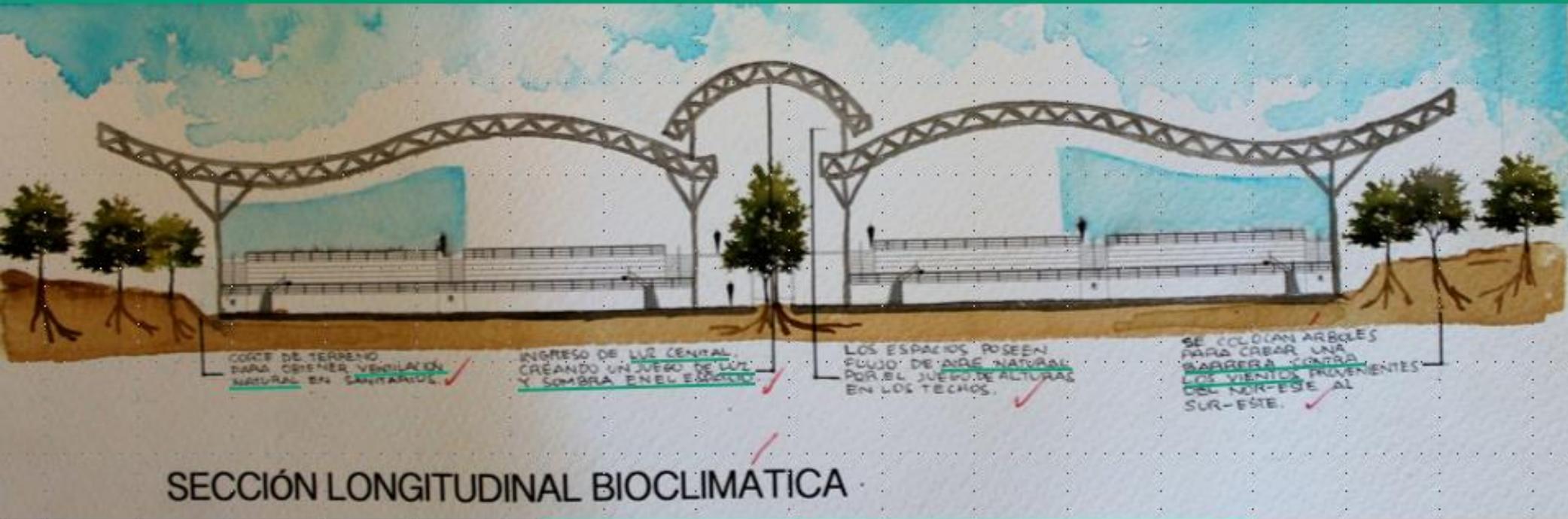
estrategias de diseño bioclimático

aplicación

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
PROYECTOS ARQUITECTONICOS 5  
ARQUITECTO LUIS FERNANDO RUANO

# CENTRO POLIDEPORTIVO MUNIFUNCIONAL

ANA CECILIA ORELLANA  
KEVIN MACZ



• bioclimática

proyectos arquitectónicos 5

estrategias de diseño bioclimático

aplicación

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
PROYECTOS ARQUITECTONICOS 5  
ARQUITECTO LUIS FERNANDO RUANO

## CENTRO POLIDEPORTIVO MUNIFUNCIONAL

ANA CECILIA ORELLANA  
KEVIN MACZ



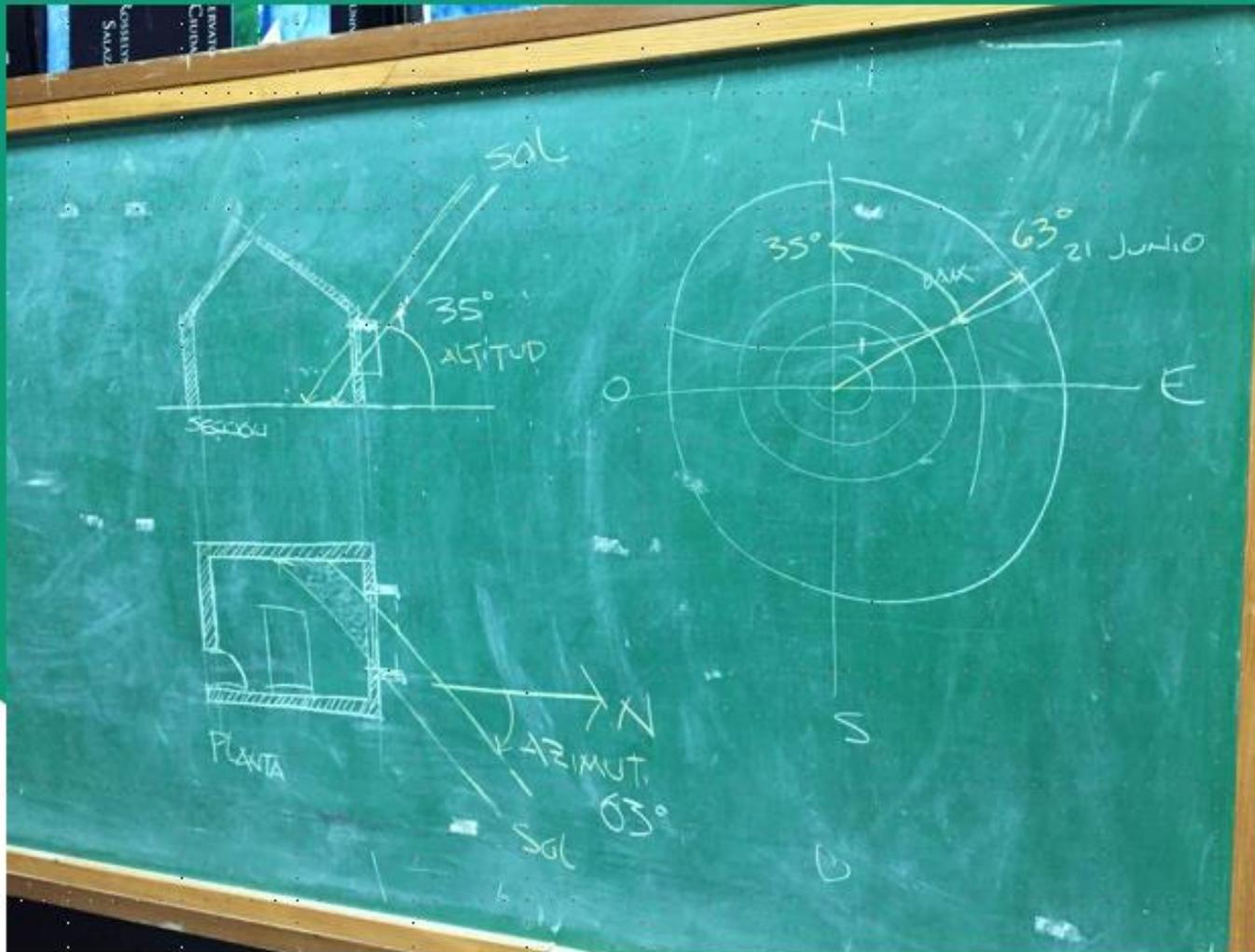
• bioclimática

proyectos arquitectónicos 5

estrategias de diseño bioclimático

aplicación



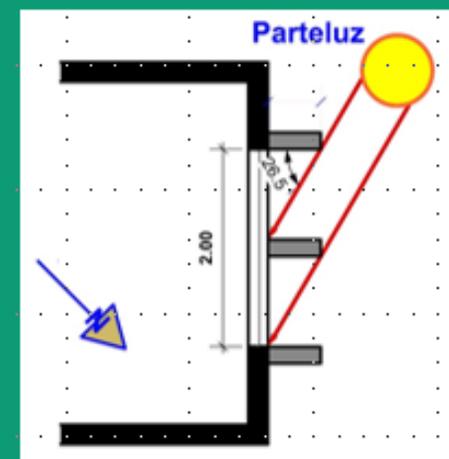
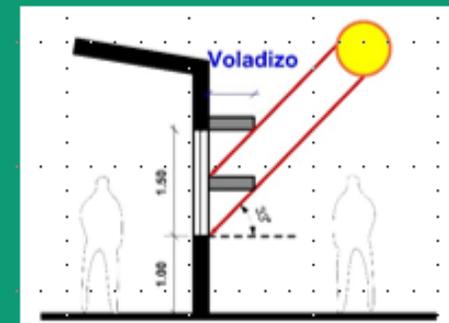
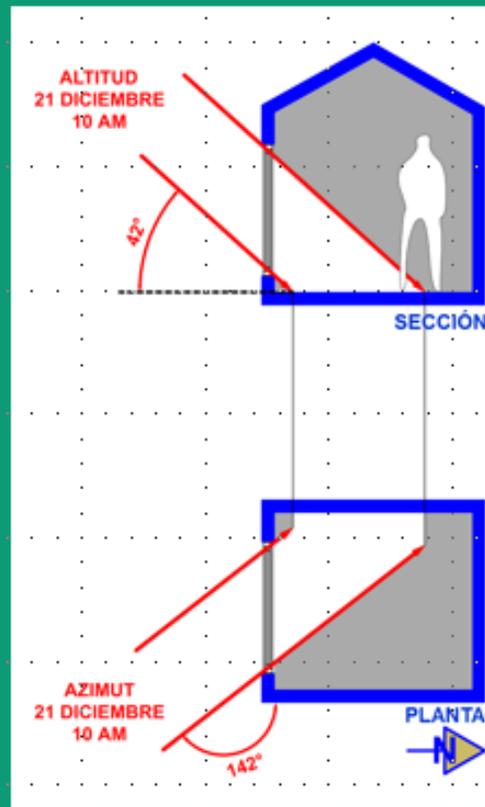
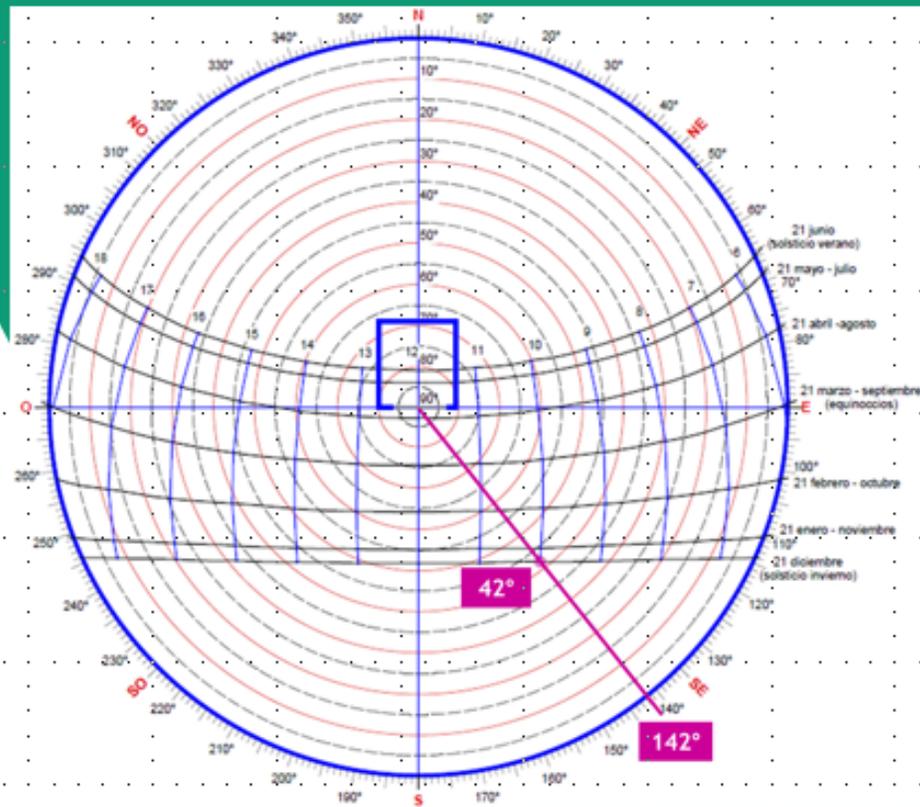


• bioclimática

aula

estrategias de diseño bioclimático

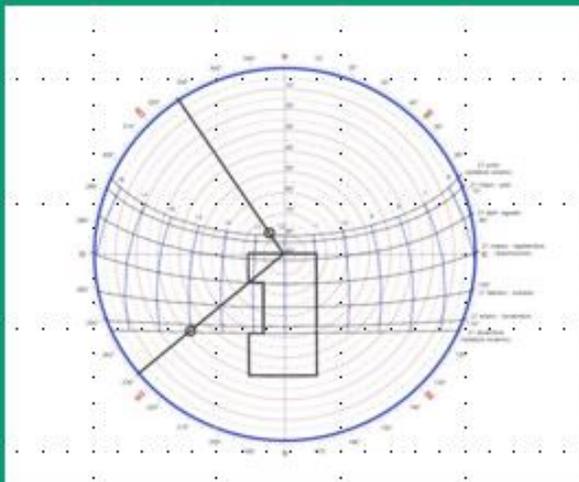
aplicación



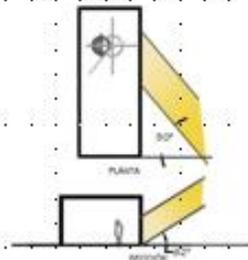
• control solar  
arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático

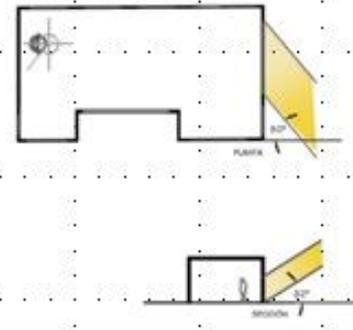
aplicación



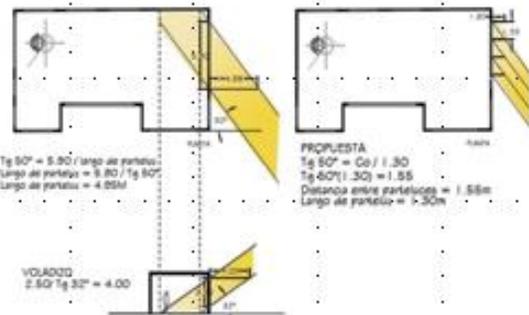
**FACHADA NORTE**  
**PRIMER NIVEL**  
 NO TIENE INCIDENCIA  
 21 de Diciembre; 15:00hrs  
 AZIMUT = 230°, ALTITUD = 32°



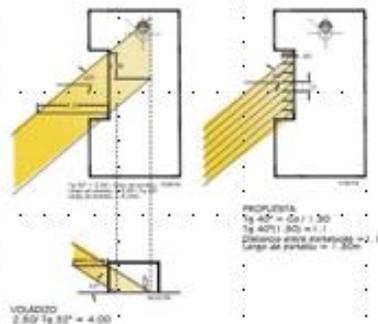
**FACHADA NORTE**  
 NO TIENE INCIDENCIA  
 21 de Diciembre; 15:00 hrs  
 AZIMUT = 230°, ALTITUD = 32°



**FACHADA SUR**  
 21 de Diciembre; 15:00 hrs  
 AZIMUT = 230°, ALTITUD = 32°

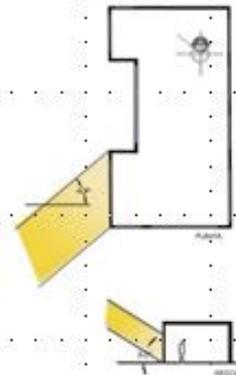


**FACHADA OESTE**  
 21 de Diciembre; 15:00 hrs  
 AZIMUT = 230°, ALTITUD = 32°



**FACHADA ESTE**

NO TIENE INCIDENCIA  
 21 de Diciembre; 15:00 hrs  
 AZIMUT = 230°, ALTITUD = 32°



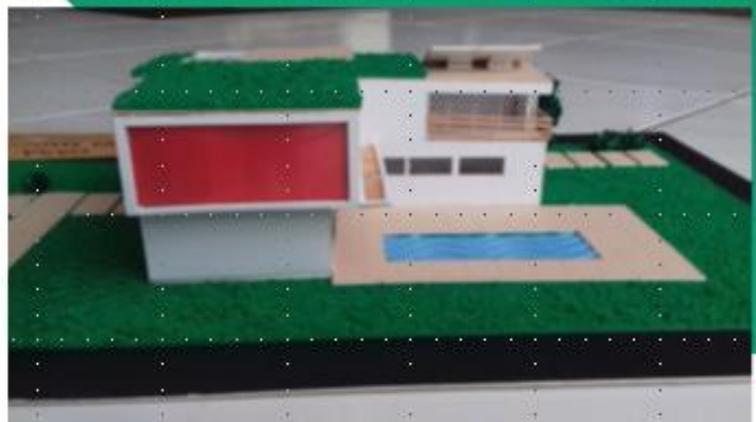
• bioclimática  
 arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático aplicación



**SAN MARCOS**  
Residencia Sostenible

LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS PASIVOS PARA EL COMFORT EN LAS ESPACIAS ARQUITECTÓNICAS ES CASO INTERESANTE. LA CASA SAN MARCOS IMPLEMENTA TÉCNICAS DE CAPTACIÓN SOLAR POR MEDIO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL CARGO DE ENERGÍA. SU ORIENTACIÓN AL SUR-ESTE APROVECHA LA VENTILACIÓN CRUZADA EN TODA EL INTERIOR. LAS SUPERFICIES ABERTAS SUAVIZAN EL RÍDIO Y AISLAN TERMODINÁMICAMENTE LA RESIDENCIA. DADO QUE SAN MARCOS ES UN PUNTO HUMEDO, LA CATA SE AISLA DEL SUELO POR MEDIO DE UNA LOSA DE CIMENTACIÓN DE GRAVA. LAS PACHASAS ESTE Y OESTE IMPLEMENTAN MURDO TRIMAC PARA LA CAPTACIÓN DE CALOR. ESTO TAMBIÉN PERMITA LA CIRCULACIÓN DEL AIRE.



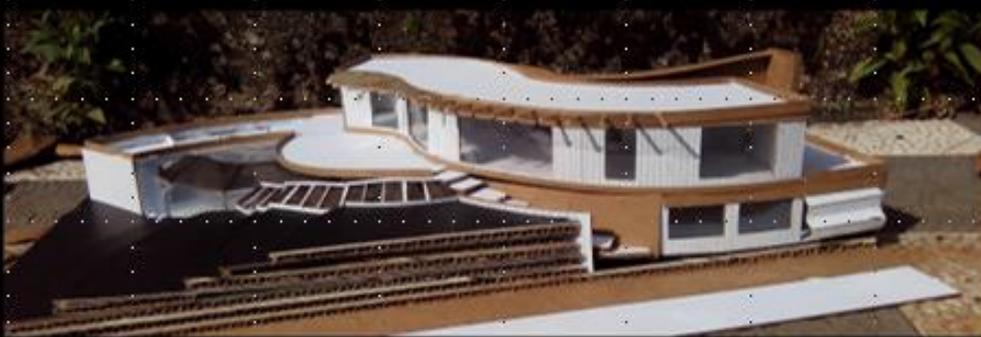
• bioclimática  
arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático **aplicación**



Máqueta expuesta hacia luz del Oeste

Máqueta expuesta hacia luz del Este



Máqueta Perfil de Elevación

# CASA SAC



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

## HORAS Y DIAS CRÍTICOS

AÑO	2015	
UBICACIÓN	TACTIC, JOYA VERAPAZ	
MES	TEMPERATURA MEDIA °C	
	MAXIMA	MINIMA
ENERO	29	11
FEBRERO	27	11
MARZO	29	11
ABRIL	31	14
MAYO	29	14
JUNIO	28	14
JULIO	27	14
AGOSTO	33	14
SEPTIEMBRE	28	13
OCTUBRE	28	13
NOVIEMBRE	27	12
DICIEMBRE	26	13



ESCALA INDICADA

### INTEGRANTES

ALEMÁN, EDNEL  
PÉREZ, LESLIE

• bioclimática  
arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático **aplicación**

**protección de la fachada por medio de voladizos**

**Incidencia directa de sol**

**SOLSTICIO DE INVIERNO  
21 DICIEMBRE**

**SOLSTICIO DE VERANO  
21 JUNIO**

Éstas fechas marcan dentro del proyecto los días más críticos, tanto del verano (agosto con la máxima temperatura) como del invierno (enero con la mínima temperatura). La vivienda se encuentra orientada de tal manera que el suroeste pueda captar la mayor cantidad de energía, calefacción e iluminación solar en los meses más fríos de octubre a febrero.

# CASA SAC

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

**PLANTA ESTRUCTURAL**

**PROYECTO:** VIVIENDA BIOClimÁTICA

**UBICACIÓN:** TACTIC, ALTA VERAPAZ

**CLIMA:** FRIO DE ALTURA

**ÁREA CONSTRUIDA:** 450M2

ESCALA INDICADA

**INTEGRANTES**  
ALEMÁN, LEONEL  
PÉREZ, LESLIE

• bioclimática  
arquitectura sustentable I

estrategias de diseño bioclimático

aplicación

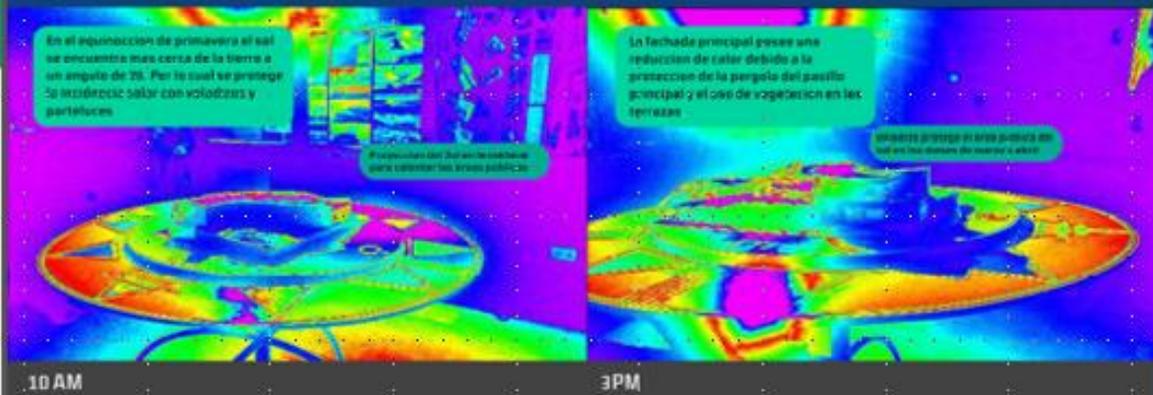
## Solsticio de Invierno



10 AM

3 PM

## Equinoccios Primavera/Otoño



10 AM

3 PM

## CASA SAC



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

### ANÁLISIS THERMAL VISION

PROYECTO: VIVIENDA DIOCLIMÁTICA

UBICACIÓN: TACTIC, ALTA VERAPAZ

CLIMA: FRIO DE ALTIURA

ÁREA CONSTRUIDA: 450M<sup>2</sup>

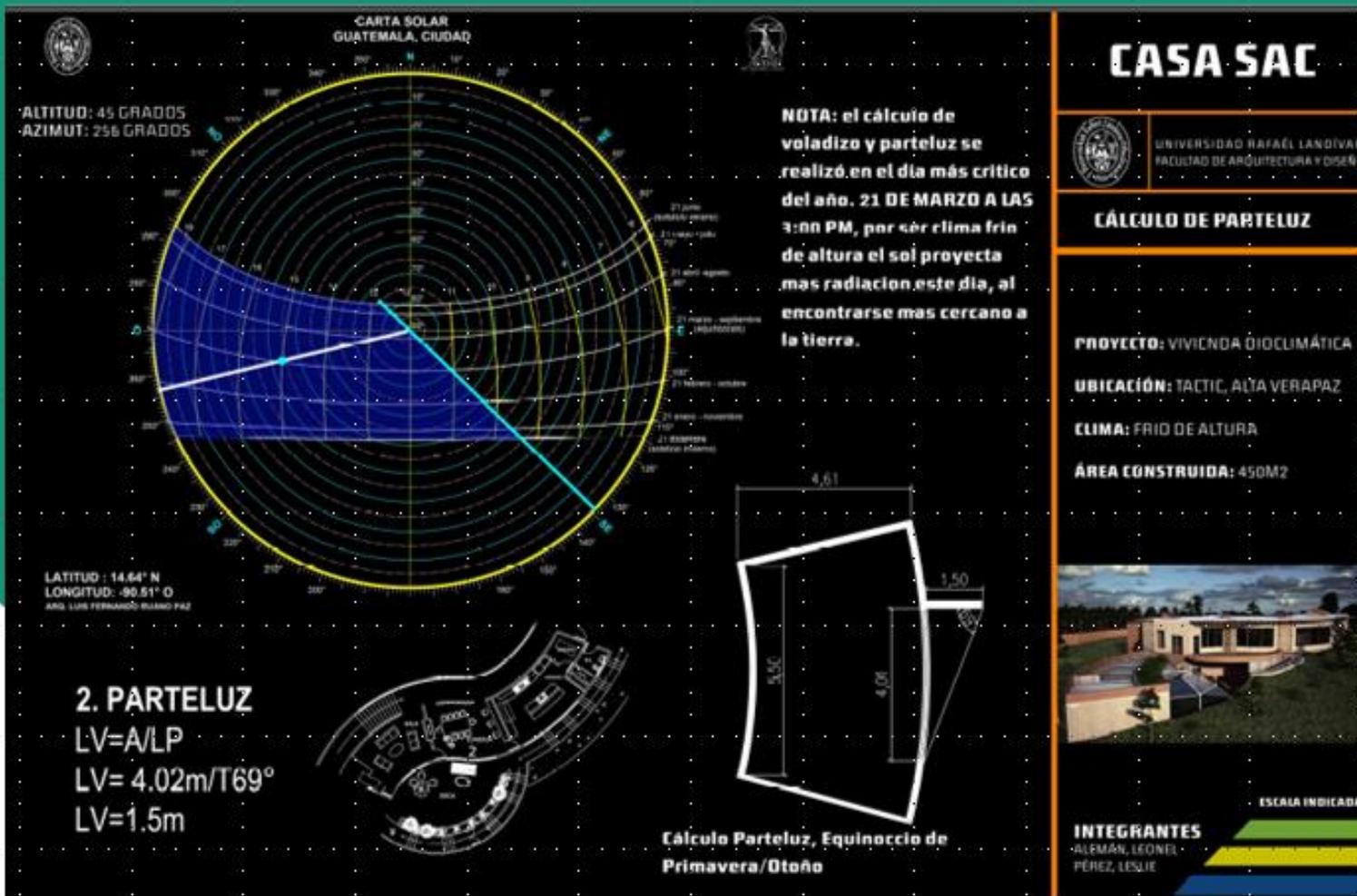


ESEALA INDICADA

INTEGRANTES  
ACEMAN, LEONEL  
PÉREZ, LESLIE

• bioclimática  
arquitectura sustentable 1

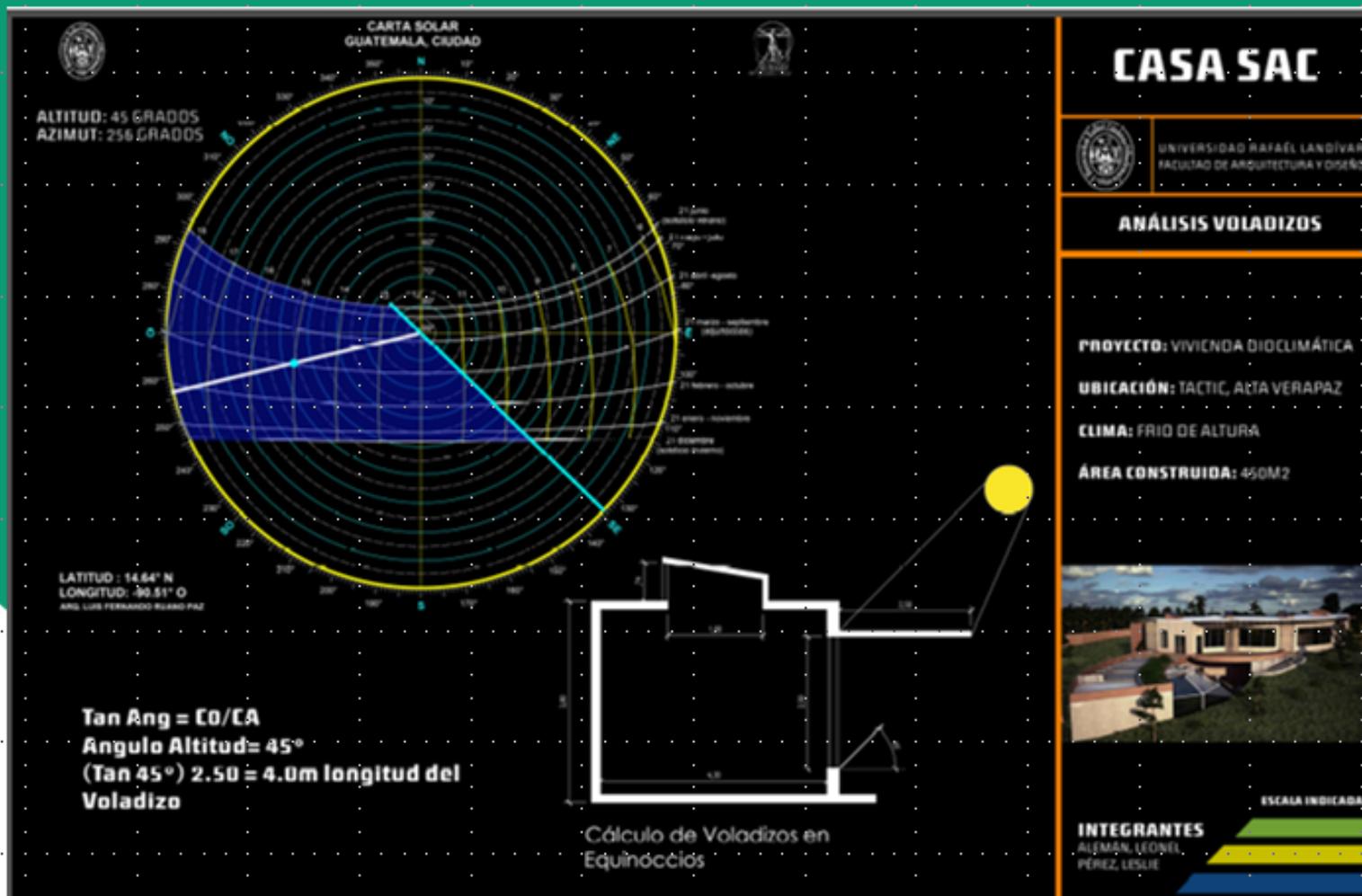
estrategias de diseño bioclimático aplicación



• bioclimática  
arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático

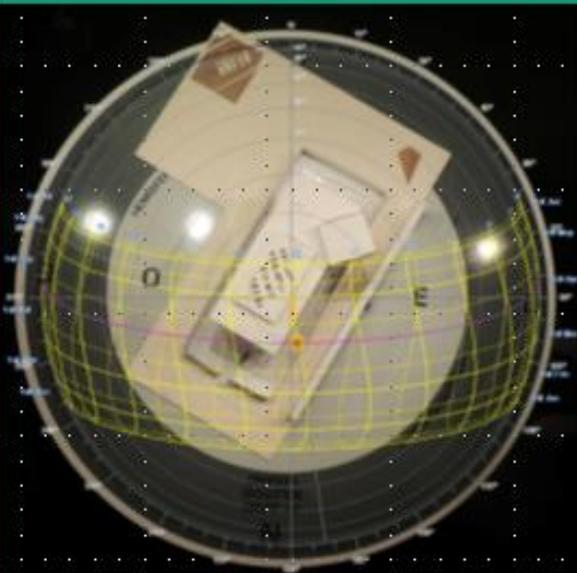
aplicación



• bioclimática  
arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático

aplicación



ANALISIS DE GRAFICA SOLAR  
PROYECTO: SINAGOGA  
GUATEMALA  
LATITUD: 14.6



• heliódón

arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático **aplicación**



6 AM

7 AM

8 AM

9 AM

10 AM

11 AM

12 PM

1 PM

2 PM

3 PM

4 PM

5 PM

6 PM

# EQUINOCCIO DE PRIMAVERA

• heliódón

arquitectura sustentable 1

estrategias de diseño bioclimático

aplicación

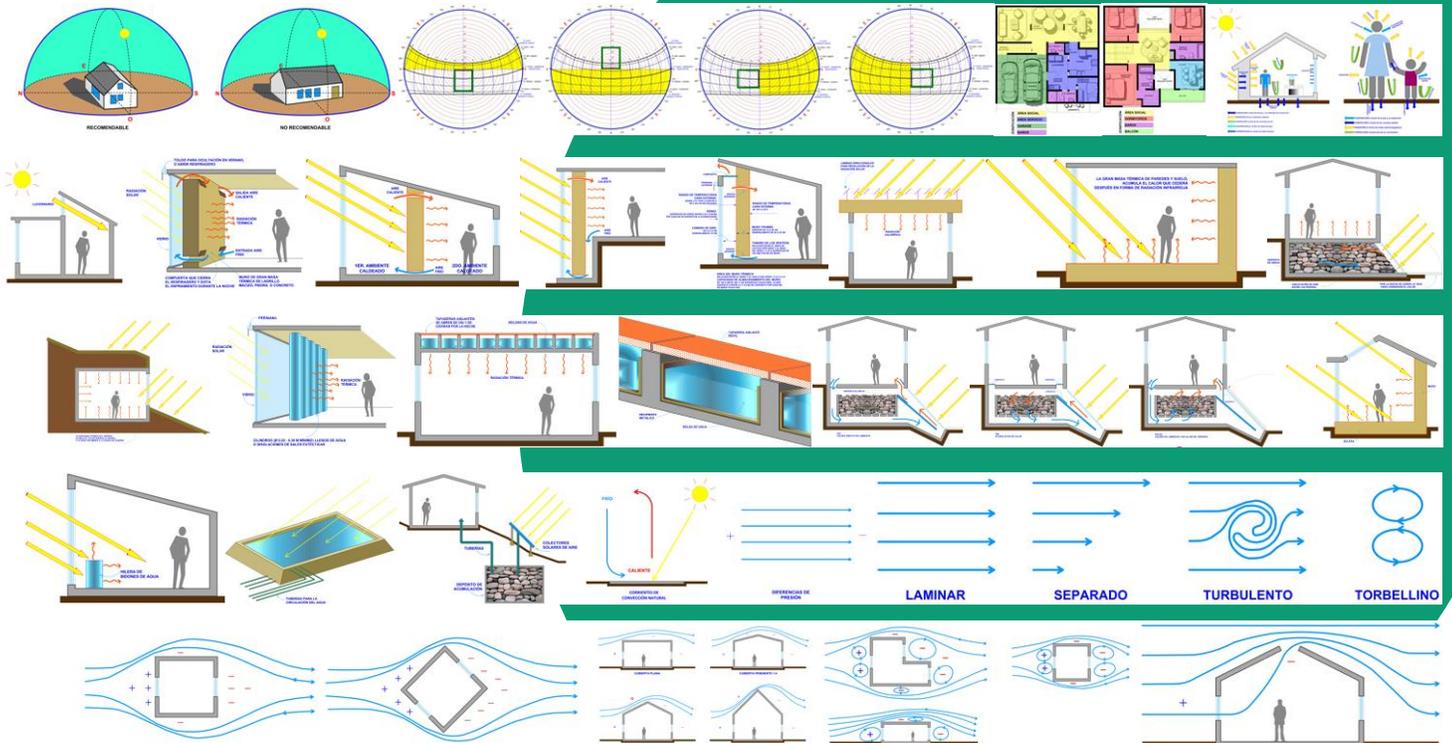
# brochure

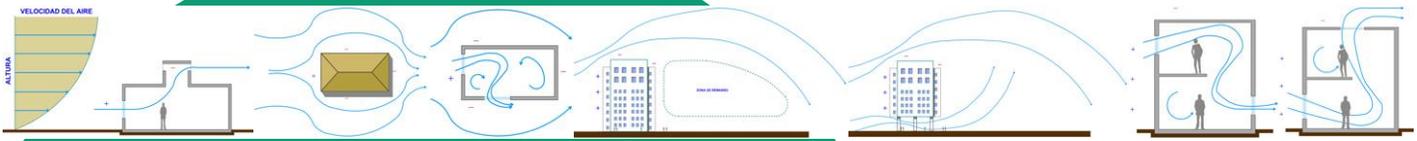


## estrategias de diseño bioclimático

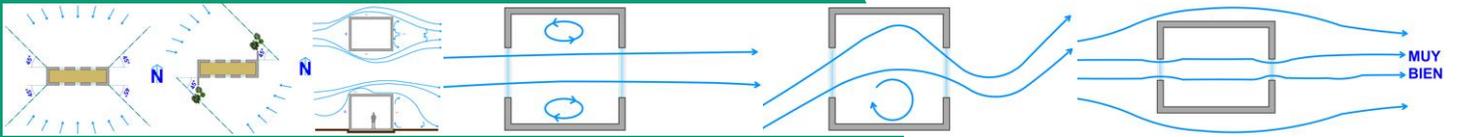


arqu. luis fernando ruano paz

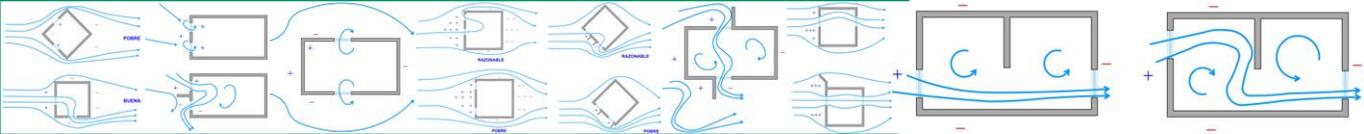




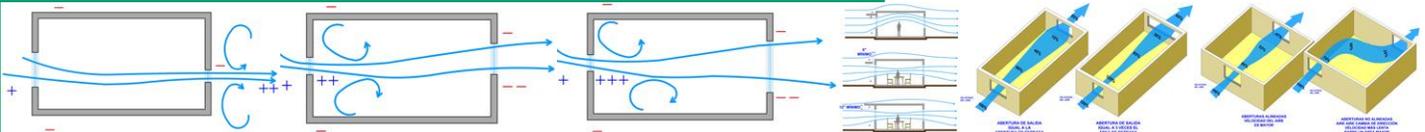
estrategias de diseño arquitectónico orientación fachadas



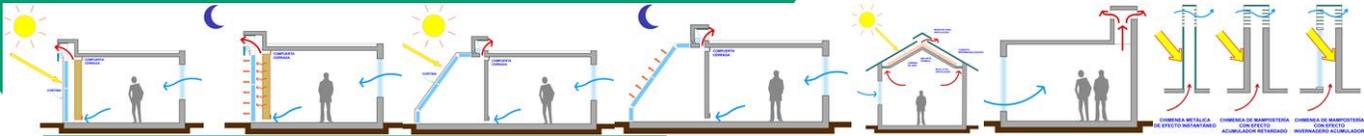
zonificación interior protección del acceso factor de forma



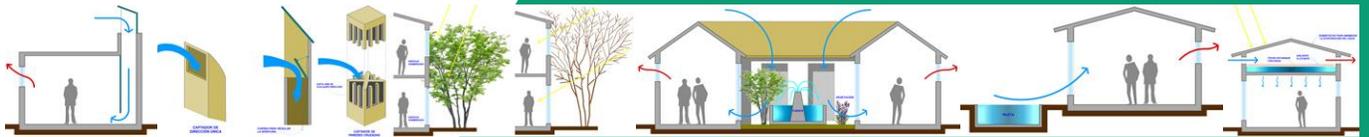
estrategias de calentamiento pasivo lucernarios y claraboyas



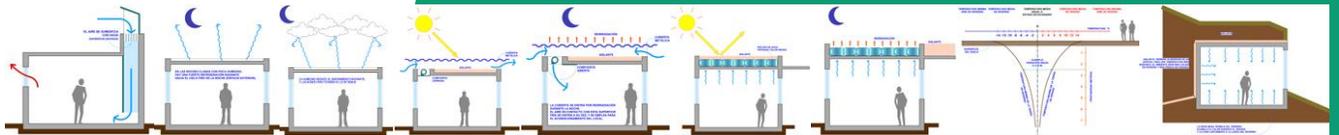
atrios acristalados muro trombe cubierta de inercia térmica solera de grava



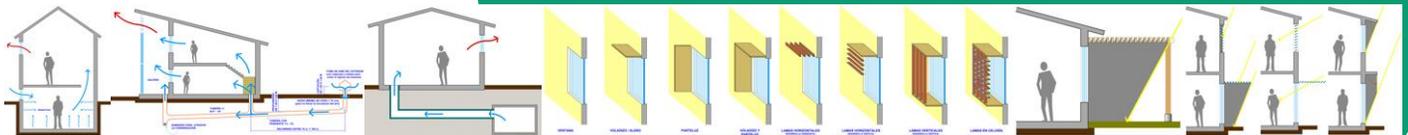
ventilación natural cruzada estrategias de enfriamiento pasivo



fachadas radiantes torres de viento evaporativas efecto chimenea



cubiertas y fachadas ventiladas pérgolas cubiertas inundadas



entramado vegetal paredes de aleta inercia térmica subterránea

