



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA



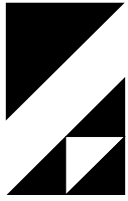
LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



ARTURO ROBERTO DE LEÓN ESTRADA
ARQUITECTO



Guatemala, Agosto 2011



arquitectura

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA



Proyecto de Graduación

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA

Presentado por:

Arturo Roberto de León Estrada

Para optar al título de
Arquitecto

Egresado de la facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, Agosto 2011



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

JUNTA DIRECTIVA FACULTAD DE ARQUITECTURA

DECANO	Arquitecto Carlos Enrique Valladares Cerezo
SECRETARIO	Arquitecto Alejandro Muñoz Calderón
VOCAL I	Arquitecto Sergio Mohamed Estrada Ruiz
VOCAL II	Arquitecto Efraín De Jesús Amaya Caravantes
VOCAL III	Arquitecto Marco Vinicio Barrios Contreras
VOCAL IV	Br. Jairon Daniel Del Cid Rendón
VOCAL V	Br. Nadia Michelle Barahona Garrido

TRIBUNAL EXAMINADOR

DECANO	Arquitecto Carlos Enrique Valladares Cerezo
SECRETARIO	Arquitecto Alejandro Muñoz Calderón
EXAMINADOR	Msc. Arq. Jorge López Medina
EXAMINADOR	Msc. Arq. Martin Emilio Larios Valle
EXAMINADOR	Arquitecto Martin Paniagua

Asesor

Msc. Arq. Jorge López Medina

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS.

A mis hijos: Brian y Luisa.

A mi compadre: "Chile" y su esposa Erika.

A mis sobrinos: Javier, Gabrielita e Isaac.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	Página		
	01		
ANTECEDENTES	Página		
	04		
JUSTIFICACIÓN	Página		
	06		
OBJETIVOS	Página		
	07		
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	Página		
	08		
DELIMITACIÓN DEL TEMA	Página		
	09		
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	Página		
	10		
1. GENERALIDADES	Página		
	12		
a. El Sol (conceptos básicos)	Página		
	12		
b. El Sol como Energía Renovable	Página		
	13		
• Las fuentes de energía	Página		
	14		
✓ Renovables	Página		
	15		
✓ No Renovables	Página		
	15		
c. Impacto Ambiental	Página		
	15		
d. Huella Ecológica	Página		
	16		
✓ Calculo de la huella ecológica	Página		
	17		
2. LA LUZ SOLAR	Página		
	22		
a. Conceptos básicos	Página		
	22		
• El espectro electromagnético	Página		
	25		
• El espectro visible	Página		
	25		
		• Objetos visibles	Página
			26
		• Naturaleza de la luz	Página
			26
		• Velocidad de la luz	Página
			27
		• Unidad de medida	Página
			27
		✓ Lumen	Página
			27
		✓ Lux	Página
			27
		b. Importancia de la luz solar en la arquitectura	Página
			28
		c. Utilidades y aplicaciones de las luz solar en la arquitectura	Página
		a. Iluminación Natural	Página
			31
		• Iluminación sostenible	Página
			32
		• Comportamiento de la luz en los materiales	Página
			33
		✓ Reflexión	Página
			33
		✓ Transmisión	Página
			33
		• Luz directa	Página
			34
		• Luz difusa	Página
			35
		b. Climatización	Página
			45
		• Calefacción	Página
			45
		• Calefacción solar pasiva	Página
			46
		✓ El colector	Página
			47
		✓ El absorbedor	Página
			48
		✓ El acumulador	Página
			49
		✓ Distribución	Página
			50

✓ Regulación	Página		
	51		
• Refrigeración	Página		
	53		
• Ventilación natural y enfriamiento pasivo	Página		
	53		
• Ventilación convectiva y su uso	Página		
	54		
• Viento	Página		
	55		
• Convección	Página		
	56		
• Radiación	Página		
	57		
• Conducción	Página		
	58		
• Ventilación cruzada	Página		
	60		
• Ventilación vertical	Página		
	60		
• Torres captadoras y de extracción	Página		
	61		
• Torres captadoras	Página		
	62		
• Torres de extracción	Página		
	64		
✓ Paneles térmicos	Página		
	67		
✓ El muro trombe	Página		
	70		
✓ El efecto invernadero	Página		
	73		
✓ La inercia térmica de los materiales	Página		
	75		
c. Producción de energía por medio de placas fotovoltaicas	Página		
	78		
• Energía solar fotovoltaica	Página		
	78		
• Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica	Página		
	78		
• Panel fotovoltaico	Página		
	79		
• Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos	Página		
	80		
		3. EL CONFORT	Página
			85
		a. Principios del confort ambiental	Página
			85
		• Parámetros del confort ambiental	Página
			86
		• Factores de confort del usuario	Página
			86
		b. Confort visual	Página
			87
		• Luminancia	Página
			87
		• Deslumbramiento	Página
			88
		c. Confort acústico	Página
			89
		• Según su nivel	Página
			90
		• Según su repercusión	Página
			90
		• Según el carácter	Página
			90
		d. Confort climático	Página
			91
		• Calidad del aire	Página
			91
		• Confort térmico	Página
			92
		e. Confort global	Página
			95
		• Sensación térmica	Página
			95
		• Índices de comodidad térmica	Página
			97
		4. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y ARQUITECTURA SUSTENTABLE	Página
			100
		a) Conceptos básicos arquitectura bioclimática	Página
			100
		• Un poco de historia de arquitectura bioclimática	Página
			102
		• Configuraciones físicas	Página
			104

• Ganancia solar directa	Página	• Análisis en la fecha 21 de	Página
	105	diciembre (solsticio de	134
• Ganancia solar indirecta	Página	✓ Análisis soleamiento	Página
	106		134
• Ganancia solar aislada	Página	✓ Mapas de soleamiento	Página
	109		135
• Estrategia de diseño solar	Página	• Análisis en la fecha 21 de	Página
pasivo	110	junio (solsticio de verano).	136
• La evolución de la arquitectura	Página	✓ Análisis soleamiento	Página
solar pasiva	114		136
• Niveles de utilización del	Página	✓ Mapas de soleamiento	Página
diseño solar pasivo	115		138
✓ Pragmático	Página	7. PROPUESTAS	Página
	115	APLICACIONES EN	139
✓ Estacional	Página	GUATEMALA	
	115	8. ANÁLISIS DEL EDIFICIO	Página
✓ Maquinaria mínima	Página	SEDE DEL GRUPO	145
	116	BESEL-ENERMAN	
• Arquitectura sustentable	Página	CONCLUSIONES	Página
	116		156
• Conceptos básicos	Página	RECOMENDACIONES	Página
	116		158
✓ Origen del termino	Página	FUENTES DE CONSULTA	Página
	117		159
• Calefacción eficiente	Página		
	119		
• Enfriamiento eficiente	Página		
	120		
• Refrescamiento pasivo	Página		
	121		
• Relación entre arquitectura	Página		
bioclimática y arquitectura	121		
sustentable			
5. CARACTERÍSTICAS	Página		
CLIMÁTICAS DE	123		
GUATEMALA			
• Clima y temperatura	Página		
	124		
• Salida y puesta de sol	Página		
	125		
6. SOLEAMIENTO EN	Página		
GUATEMALA	127		
a) Análisis con modelo	Página		
	133		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	Página 13	Figura No. 57	Página 118
Figura No. 2	Página 25	Figura No. 58	Página 122
Figura No. 3	Página 34	Figura No. 59	Página 123
Figura No. 4	Página 34	Figura No. 60	Página 123
Figura No. 5	Página 35	Figura No. 61	Página 127
Figura No. 6	Página 35	Figura No. 62	Página 128
Figura No. 7	Página 36	Figura No. 63	Página 128
Figura No. 8	Página 36	Figura No. 64	Página 129
Figura No. 9	Página 47	Figura No. 65	Página 129
Figura No. 10	Página 48	Figura No. 66	Página 130
Figura No. 11	Página 49	Figura No. 67	Página 131
Figura No. 12	Página 50	Figura No. 68	Página 132
Figura No. 13	Página 51	Figura No. 69	Página 133
Figura No. 14	Página 52	Figura No. 70	Página 134
Figura No. 15	Página 55	Figura No. 71	Página 134
Figura No. 16	Página 56	Figura No. 72	Página 134
Figura No. 17	Página 57	Figura No. 73	Página 134
Figura No. 18	Página 58	Figura No. 74	Página 134
Figura No. 19	Página 59	Figura No. 75	Página 134
Figura No. 20	Página 60	Figura No. 76	Página 135
Figura No. 21	Página 62	Figura No. 77	Página 135
Figura No. 22	Página 62	Figura No. 78	Página 135
Figura No. 23	Página 65	Figura No. 79	Página 135
Figura No. 24	Página 66	Figura No. 80	Página 135
Figura No. 25	Página 66	Figura No. 81	Página 135
Figura No. 26	Página 68	Figura No. 82	Página 136
Figura No. 27	Página 68	Figura No. 83	Página 136
Figura No. 28	Página 69	Figura No. 84	Página 137
Figura No. 29	Página 71	Figura No. 85	Página 137
Figura No. 30	Página 71	Figura No. 86	Página 137
Figura No. 31	Página 72	Figura No. 87	Página 137
Figura No. 32	Página 72	Figura No. 88	Página 137
Figura No. 33	Página 74	Figura No. 89	Página 137
Figura No. 34	Página 74	Figura No. 90	Página 137
Figura No. 35	Página 74	Figura No. 91	Página 137
Figura No. 36	Página 76	Figura No. 92	Página 137
Figura No. 37	Página 77	Figura No. 93	Página 138
Figura No. 38	Página 80	Figura No. 94	Página 138
Figura No. 39	Página 81	Figura No. 95	Página 138
Figura No. 40	Página 82	Figura No. 96	Página 138
Figura No. 41	Página 84	Figura No. 97	Página 138
Figura No. 42	Página 87	Figura No. 98	Página 140
Figura No. 43	Página 89	Figura No. 99	Página 140
Figura No. 44	Página 92	Figura No. 100	Página 141
Figura No. 45	Página 103	Figura No. 101	Página 141
Figura No. 46	Página 105	Figura No. 102	Página 142
Figura No. 47	Página 106	Figura No. 103	Página 143
Figura No. 48	Página 107	Figura No. 104	Página 144
Figura No. 49	Página 107	Figura No. 105	Página 144
Figura No. 50	Página 108		
Figura No. 51	Página 109		
Figura No. 52	Página 111		
Figura No. 53	Página 111		
Figura No. 54	Página 112		
Figura No. 55	Página 113		
Figura No. 56	Página 113		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.1	Página
Tipos de terrenos productivos para el cálculo de la huella ecológica	19
Tabla No. 2	Página
Tipología de actividades vinculadas a la huella ecológica	20
Tabla No. 3	Página
Comparación entre la huella ecológica y la capacidad de carga	21
Tabla No. 4	Página
Tabla de niveles de iluminación	38
Tabla No. 5	Página
Inercia térmica de los materiales	75
Tabla No. 6	Página
Sensación térmica por viento y frío	98
Tabla No. 7	Página
Sensación térmica por humedad y calor	99
Tabla No. 8	Página
Salida y puesta del sol	125

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica No. 1	Página No. 126
Duración de luz en horas diarias en Guatemala	



INTRODUCCIÓN

Desde la creación de la tierra y el inicio de la humanidad, la luz solar tiene una vital importancia en el desarrollo de la vida natural y de los objetos mismos, en la Arquitectura tiene un impacto ecológico muy notable; culturas milenarias como los egipcios, romanos y griegos, utilizaban la luz solar en su edificaciones arquitectónicas, tomando en consideración la posición de los elementos y edificaciones arquitectónicas para la captación óptima de la luz solar y los elementos climáticos.

Durante décadas y con el desarrollo de la tecnología han surgido diversidad de aparatos eléctricos que se utilizan para la climatización y los sistemas de iluminación artificial en la arquitectura fueron formando una brecha más grande, entre la arquitectura y la idea del uso de la luz solar como fuente energética dentro de las energías renovables, convirtiendo todo tipo de edificación en máximos consumidores de energía proporcionada por combustibles fósiles, de esa manera también los convertía en productores de dióxido de carbono (CO₂).

El propósito principal es elaborar un documento que proporcione un conjunto de formas, sistemas e ideas aplicables a la arquitectura con las que se puedan aprovechar la luz solar como fuente energética natural, para lograr un mejor funcionamiento y confort en lo que se refiere a climatización de una vivienda, ubicada en cualquier tipo de característica geográfica y climática, bastándose con tomar en cuenta el soleamiento y la dirección del viento del lugar donde se lleve a cabo cualquier edificación para brindar una buena Iluminación, ventilación, enfriamiento en casos cálidos y proporcionar calefacción en casos de frío; así también como la producción de energía eléctrica y agua caliente, para de esta manera lograr una mejor arquitectura.



Este documento está dirigido directamente a profesionales, docentes y estudiantes involucrados en el mundo de la arquitectura, con el objetivo de proporcionar opciones que mejoren el funcionamiento del espacio arquitectónico y crear conciencia ecológica.

El documento se desarrolla de la siguiente manera:

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES: Este capítulo nos aclara primeramente que es el sol; a que se refiere cuando se habla de impacto ambiental y de la huella ecológica como indicador; así como tipos de energías renovables.

CAPÍTULO 2 LA LUZ SOLAR: En este capítulo se dan a conocer las características y propiedades de la luz solar, ya que es uno de los factores más importantes en las energías renovables; así como el sistema métrico para poder manejar el uso o protección de este fenómeno natural; también se habla de las dos formas de iluminar un ambiente dependiendo de sus necesidades, asimismo, también la importancia, utilidades y aplicaciones de ésta en la Arquitectura.

En el **CAPÍTULO 3 EL CONFORT:** Nos habla de los factores que influyen para bien o para mal en el cuerpo humano, este tema sirve como punto de partida para definir las condiciones de un ambiente, tomando en cuenta las características del usuario tales como, edad, sexo, costumbres, actividad, vestimenta, etc.

El **CAPÍTULO 4 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y ARQUITECTURA SUSTENTABLE:** Este capítulo nos habla de los recursos naturales que influyen y componen la Arquitectura Bioclimática, así como también conceptos y definiciones de la Arquitectura Sustentable.



En los capítulos posteriores el documento se adentra a un lugar específico, la Ciudad de Guatemala, por lo que El CAPÍTULO 5 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE GUATEMALA, describe los climas y horas de sol en el país, el CAPÍTULO 6 SOLEAMIENTO EN GUATEMALA, explica el recorrido solar durante el año. Por último, en el CAPÍTULO 7 se detallan unas propuestas básicas aplicables en Guatemala capital como ejemplo.

CAPÍTULO 8: En este capítulo se hace el análisis del edificio sede del grupo Besel-Enerman, en donde se aplicaron todos los sistemas pasivos y activos de la arquitectura bioclimática y sustentable, de las cuales su mayor fuente energética es la luz solar, dentro de las energías renovables, lo cual lo hace un edificio energéticamente eficiente.

Con el buen manejo de estas herramientas podremos resolver cualquier necesidad climática en la arquitectura, no solamente en el territorio guatemalteco, sino que en cualquier lugar independientemente de las características climáticas del país.



ANTECEDENTES

Debido a los altos niveles de contaminación en la ecología, ésta se está deteriorando muy rápidamente, independientemente de la ubicación geográfica, el estatus socioeconómico de cada habitante del planeta, el mal manejo de los recursos naturales que están al alcance más próximo del ser humano, contribuyen en gran o pequeña proporción a este deterioro, la mala gestión y la falta de interés de los gobiernos crean las condiciones de una destrucción ambiental a gran escala. La sobre población y el consumo excesivo de combustibles fósiles también forman parte de esta destrucción.

La preocupación por el medioambiente es una de las cuestiones de mayor trascendencia para el futuro de los seres vivos sobre la Tierra. Pero no sólo se trata de poner remedio a los efectos negativos producidos por la actividad humana sino de evitar o, al menos, disminuir progresivamente las causas. Entre ellas, el sistema energético convencional es, sin duda, el más importante.

Tanto en la arquitectura como en otras profesiones, debe existir la responsabilidad de encontrar soluciones a lo antes mencionado, pues es emergente la búsqueda de sistemas que dentro de lo posible retarden o detengan el acelerado avance inconsciente de la destrucción de nuestro planeta, como emergente es también hacer conciencia en los diferentes ámbitos de la construcción y hacer uso de la aplicación de sistemas, donde encontramos desde software para el análisis arquitectónico hasta dispositivos que ayudan a climatizar o iluminar de manera más sana nuestras viviendas, así como utilizar las formas geométricas dentro del diseño de la arquitectura. Cabe mencionar la importancia de inculcar a las nuevas generaciones la cultura de la protección del medio ambiente y lo que supone la toma de decisiones cuando se abra la posibilidad de aplicar los sistemas pasivos en una obra arquitectónica.



La aplicación adecuada de sistemas pasivos en la arquitectura, además de ser aprovechado por su importancia ecológica, brinda un gran beneficio en el factor económico, que sin duda, también es de mucha importancia para los países en vías de desarrollo, donde el status socioeconómico de la mayoría de habitantes es bajo.

En algunos países la Luz solar como fuente energética renovable ya forman parte de las normativas de la construcción aportando una responsabilidad imprescindible a los profesionales de la industria constructiva, ya que el mundo de la construcción es uno de los focos contaminadores más considerables, desde los procesos de fabricación de materiales hasta el funcionamiento de los espacios en sí.

La importancia y la preocupación del tema de la ecología ha llevado a las Naciones Unidas a crear el Protocolo de Kyoto *acuerdo internacional asumido en 1997 en el ámbito de Naciones Unidas que trata de frenar el cambio climático. Uno de sus objetivos es contener las emisiones de los gases que aceleran el calentamiento global, y hasta la fecha ha sido ratificado por 163 países.*



ANTECEDENTES

Debido a los altos niveles de contaminación en la ecología, ésta se está deteriorando muy rápidamente, independientemente de la ubicación geográfica, el estatus socioeconómico de cada habitante del planeta, el mal manejo de los recursos naturales que están al alcance más próximo del ser humano, contribuyen en gran o pequeña proporción a este deterioro, la mala gestión y la falta de interés de los gobiernos crean las condiciones de una destrucción ambiental a gran escala. La sobre población y el consumo excesivo de combustibles fósiles también forman parte de esta destrucción.

La preocupación por el medioambiente es una de las cuestiones de mayor trascendencia para el futuro de los seres vivos sobre la Tierra. Pero no sólo se trata de poner remedio a los efectos negativos producidos por la actividad humana sino de evitar o, al menos, disminuir progresivamente las causas. Entre ellas, el sistema energético convencional es, sin duda, el más importante.

Tanto en la arquitectura como en otras profesiones, debe existir la responsabilidad de encontrar soluciones a lo antes mencionado, pues es emergente la búsqueda de sistemas que dentro de lo posible retarden o detengan el acelerado avance inconsciente de la destrucción de nuestro planeta, como emergente es también hacer conciencia en los diferentes ámbitos de la construcción y hacer uso de la aplicación de sistemas, donde encontramos desde software para el análisis arquitectónico hasta dispositivos que ayudan a climatizar o iluminar de manera más sana nuestras viviendas, así como utilizar las formas geométricas dentro del diseño de la arquitectura. Cabe mencionar la importancia de inculcar a las nuevas generaciones la cultura de la protección del medio ambiente y lo que supone la toma de decisiones cuando se abra la posibilidad de aplicar los sistemas pasivos en una obra arquitectónica.



La aplicación adecuada de sistemas pasivos en la arquitectura, además de ser aprovechado por su importancia ecológica, brinda un gran beneficio en el factor económico, que sin duda, también es de mucha importancia para los países en vías de desarrollo, donde el status socioeconómico de la mayoría de habitantes es bajo.

En algunos países la Luz solar como fuente energética renovable ya forman parte de las normativas de la construcción aportando una responsabilidad imprescindible a los profesionales de la industria constructiva, ya que el mundo de la construcción es uno de los focos contaminadores más considerables, desde los procesos de fabricación de materiales hasta el funcionamiento de los espacios en sí.

La importancia y la preocupación del tema de la ecología ha llevado a las Naciones Unidas a crear el Protocolo de Kyoto *acuerdo internacional asumido en 1997 en el ámbito de Naciones Unidas que trata de frenar el cambio climático. Uno de sus objetivos es contener las emisiones de los gases que aceleran el calentamiento global, y hasta la fecha ha sido ratificado por 163 países.*



JUSTIFICACIÓN

Debido a la falta de conocimiento de la importancia de la luz solar como fuente energética y del tema energético bioclimático aplicable a la arquitectura, tanto en nuestro país, como en muchos países en vías de desarrollo, donde existen muchas carencias de información con respecto al tema; así también en universidades como en las normativas municipales que rigen la construcción de las ciudades que a diario se convierten en grandes focos de contaminación; por tanto, este es un tema que justifica la investigación y elaboración de documentos en dicha materia.

De lo anterior, surge la necesidad prioritaria de formar conscientemente a los centros de enseñanza universitaria y cualquier tipo de centro de capacitación, transmitiendo y divulgando la importancia ecológica de la luz solar, relacionado con la creación de un espacio para la realización de cualquier actividad, es la manera más efectiva de lograr cambios benéficos en la sociedad futura.

Es de suma importancia la investigación y recopilación de información para contribuir a mejorar la formación en temas energéticos y medioambientales de profesionales, arquitectos e ingenieros, con una clara vocación hacia las soluciones futuras, basadas en la utilización de energías renovables como la única posibilidad accesible a los países actualmente en vías de desarrollo, y como una aportación importante para mitigar los efectos del cambio climático.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

1. Proporcionar información de conceptos y desarrollo técnicas de energéticas de la luz solar como fuente de energía aplicándola a la arquitectura.
2. Proporcionar conceptos para:
 - El aprovechamiento de la luz solar como sistema de iluminación, calefacción, producción de electricidad y como herramienta para el consumo de agua caliente.
 - La renovación de aire por medio de la colocación adecuada de ventanas, y el uso adecuado de los sistemas pasivos en la arquitectura.

OBJETIVO PARTICULAR

Compartir los conocimientos y experiencia adquiridas de la aplicación de la luz solar como fuente energética en una arquitectura con soluciones limpias y energéticamente renovables, desarrollados por Studio Solid House Foundation y Rothuizen van dorf het hoofd, Holanda (Países bajos).

OBJETIVO ESPECÍFICO

Concienciar y fomenta tanto al estudiante como al profesional de la carrera de arquitectura, así como también a los dirigentes que influyen en el desarrollo de la construcción de las ciudades, la idea de la responsabilidad de la aplicación emergente de la luz solar como fuente de energía renovable, y con ello contribuir a la disminución del deterioro de la ecología.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema se origina en el resultado negativo en la ecología y el alto costo económico, producido por las edificaciones arquitectónicas, en gran parte por el tema energético y por el proceso de fabricación de productos no reciclables, y el proceso de todo tipo de construcción en la arquitectura.

Debido a la falta de conocimiento del potencial energético de la luz solar, para su aplicación y aprovechamiento adecuado en la Arquitectura, ésta forma parte del impacto negativo en la ecología; principalmente por la falta de soluciones más limpias aplicables en sistemas de climatización, iluminación, consumo del agua, etc., así como en algunos materiales de construcción que no cierran ningún ciclo ecológico, dejando huellas impactables en el ambiente natural.

También hay que tomar en cuenta la falta de orientación de los nuevos profesionales como la falta de interés de profesionales y gobernantes actuales, de los cuales depende mayormente el cambio en el desarrollo y futuro de nuestras naciones.



DELIMITACIÓN DEL TEMA

La temática a desarrollarse en este documento titulado, **LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA**; abarca la aplicación y uso adecuado de la luz solar como fuente energética en las características climáticas de la ciudad de Guatemala, como ubicación geográfica, independientemente de la magnitud del proyecto arquitectónico; cabe mencionar que la luz solar es aplicable a diversas actividades, este documento está orientado directamente a la aplicación de la luz solar en la Arquitectura como fuente energética de las energías renovables, proporcionando opciones de formas arquitectónica y de sistemas agregados que en conjunto brindan el objetivo de vivir cómodamente sin efectos secundarios al ecosistema.



METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El reglamento para elaborar el proyecto de graduación establece que el estudiante está en la libertad de proponer la metodología a utilizar en su proyecto. Para elaborar este estudio se tomó como referencia una metodología científica universal, la cual se readecuó conforme a las necesidades del proyecto. Asimismo, se utilizó el método deductivo, el cual es una forma de razonamiento que parte de una verdad universal para obtener conclusiones particulares, en otras palabras se parte de lo general a lo particular.

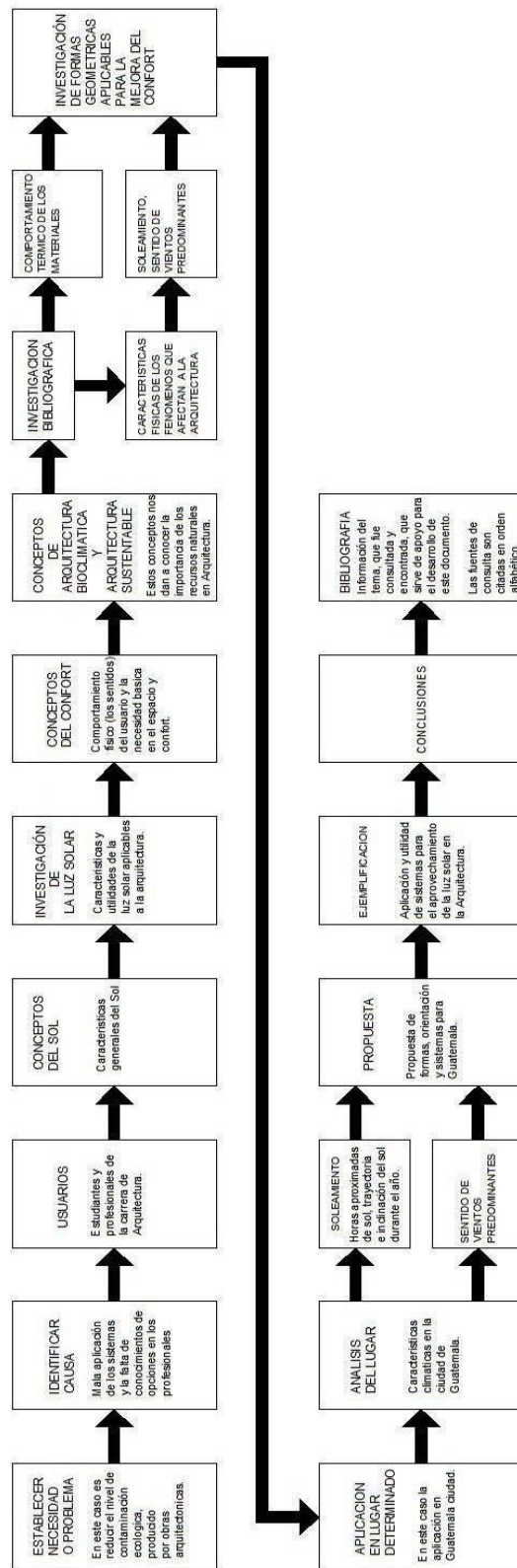
Para la elaboración de este documento se ha tomado como tema principal el estudio de los conceptos para la aplicación de la luz solar en la arquitectura. Para esto se ha realizado una recopilación y análisis de diferentes autores que hablan sobre las características de los fenómenos que afectan a la arquitectura, las reacciones del cuerpo humano a dichos fenómenos y soluciones de sistemas pasivos aplicables a la arquitectura, siempre dentro de un objetivo ecológico.

Sobre la base de esta información se formularon los conceptos utilizados en esta tesis, tratando que los mismos fueran redactados de la forma más clara posible, para facilitar al estudiante una mejor comprensión. Todos los temas tratados en este documento han sido agrupados en capítulos de acuerdo con su contenido.



LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA

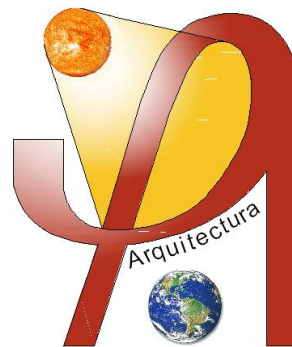
Metodología de Investigación
ARTURO R. DE LEÓN ESTRADA





Capítulo 1

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



GENERALIDADES



GENERALIDADES

a. El Sol³⁹

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia. Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra **cuatro mil veces** más energía que la que vamos a consumir.

El Sol es el centro de nuestro sistema solar. Se trata de una estrella común con un radio aproximado de 700,000 kilómetros y una masa equivalente a 324,000 veces la de la Tierra. La energía que proviene del Sol es el resultado de reacciones nucleares que se producen en su interior. Se calcula que el Sol irradia una energía de 4×10^{26} Julios (una potencia de 4×10^{23} Vatios).

La potencia generada por el Sol es unos doscientos billones de veces más grande que la generada por todas las plantas industriales del mundo trabajando a la vez. En un segundo, el Sol irradia mucha más energía que la consumida por la humanidad en toda su existencia. Sólo una pequeña parte de la energía irradiada por el Sol llega a la superficie terrestre. Sin embargo, ésta supone al año unas diez mil veces la demanda energética de toda la población mundial en el mismo período, o lo que es lo mismo, en una hora la Tierra recibe más energía de Sol de la que toda la humanidad necesita en todo un año.

La fuente de energía por excelencia en la Tierra es la proveniente del Sol. A excepción de las energías geotérmica y nuclear, el resto de las fuentes energéticas empleadas por el ser humano tienen un origen solar.



Por ejemplo, los combustibles fósiles son el resultado de la energía de origen solar acumulada en determinados seres vivos que al pasar el tiempo (millones de años) reaccionan químicamente formando petróleo, gas o carbón. En la energía eólica, el viento es el resultado de la diferencia de presión de dos masas de aire calentadas de manera diferente por la energía solar. La energía hidráulica transforma en electricidad la energía potencial contenida en un gran volumen de agua proveniente de los ríos y almacenada en una presa. Es la energía solar la que alimenta el ciclo del agua que sustenta el cauce de los ríos.

No se debe olvidar que toda la vida se sustenta gracias al Sol, ya que las plantas realizan la fotosíntesis por medio de la energía proveniente del Sol y éstas son el sustento del resto de la cadena alimenticia.

b. El Sol como energía renovable

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

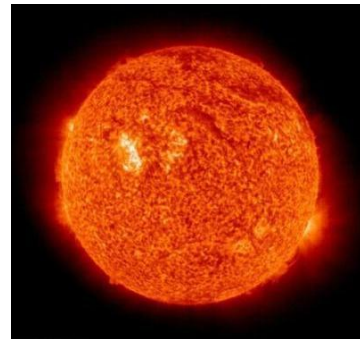


Figura No. 1

Actualmente la mayor parte de la energía es obtenida de combustibles fósiles de carácter no renovable (petróleo, carbón y gas). El empleo masivo de tales fuentes energéticas plantea serios problemas medioambientales siendo el cambio climático el más grave de todos ellos. Los combustibles fósiles, al ser quemados



para obtener la energía contenida en ellos, producen anhídrido carbónico que al liberarse a la atmósfera acrecentan el efecto invernadero natural lo cual altera la climatología general y acrecenta los fenómenos climatológicos extremos e inusuales. Sin embargo, existe una alternativa al empleo de los combustibles fósiles que además es respetuosa con el medio ambiente: las energías renovables.

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes.

- El Sol: energía solar.
- El viento: energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Las olas: energía undimotriz.
- La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: energía azul.

Las contaminantes se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), bien convertida en bioetanol o biogás mediante procesos de fermentación orgánica o en bio-diésel, mediante reacciones de transesterificación y de los residuos urbanos.

Las fuentes de energía

Las fuentes de energía se pueden dividir en dos grandes subgrupos: renovables (permanentes) y no renovables (temporales).



✓ **Renovables**

En principio, las fuentes permanentes son las que tienen origen solar, de hecho, se sabe que el Sol permanecerá por más tiempo que la Tierra. Aun así, el concepto de renovabilidad depende de la escala de tiempo que se utilice y del ritmo de uso de los recursos.

Se entiende por energías renovables a las fuentes de energía que de forma periódica se ponen a disposición del hombre y que este es capaz de aprovechar y transformar. Estas son inagotables, de libre disposición, se distribuyen en amplias zonas y tienen un extremadamente reducido impacto ambiental. Entre las energías renovables encontramos la energía eólica, biomasa, geotérmica, mini hidráulica y aquella que más abunda y que ofrece mayores posibilidades; la energía solar.

✓ **No renovables**

Los combustibles fósiles son recursos no renovables: no podemos reponer lo que gastamos. En algún momento, se acabarán, y tal vez sea necesario disponer de millones de años de evolución similar para contar nuevamente con ellos. Son aquellas cuyas reservas son limitadas y se agotan con el uso. Las principales son la energía nuclear y los combustibles fósiles (el petróleo, el gas natural y el carbón).

c. Impacto ambiental

Se entiende por impacto ambiental el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico.



Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales.

Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el análisis de las consecuencias predecibles de la acción; y la Declaración de Impacto ambiental (DIA) es la comunicación previa, que las leyes ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación.

d. La huella ecológica²⁴

La huella ecológica es un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana – país, región o ciudad - sobre su entorno, considerando tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento del modelo de producción y consumo de la comunidad.

La huella ecológica se expresa como **la superficie necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano medio de una determinada comunidad humana, así como la necesaria para absorber los residuos que genera, independientemente de la localización de estas áreas.**

Este indicador es definido según sus propios autores (William Rees y Mathis Wackernagel) como:

"El área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico indefinidamente, donde sea que se encuentre esta área".



La filosofía del cálculo de la huella ecológica tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Para producir cualquier producto, independientemente del tipo de tecnología utilizada, necesitamos un flujo de materiales y energía, producidos en última instancia por sistemas ecológicos.
- Necesitamos sistemas ecológicos para reabsorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales.
- Ocupamos espacio con infraestructuras, viviendas equipamientos, etc. reduciendo, así las superficie de ecosistemas productivos.

Aunque este indicador integra múltiples impactos, hay que tener en cuenta entre otros, los siguientes aspectos que subestiman el impacto ambiental real:

- No quedan contabilizados algunos impactos como la contaminación del suelo, la contaminación del agua, la erosión, la contaminación atmosférica (a excepción del CO₂), etc.
- Se asume que las prácticas en los sectores agrícola, ganadero y forestal es sostenible, esto es, que la productividad del suelo no disminuye con el tiempo. Obviamente, con el tiempo, la productividad disminuye, a causa, entre otras, de la erosión, contaminación, etc.

✓ **Calculo de la huella ecológica**

La metodología de cálculo de la huella ecológica se basa en la estimación de la superficie necesaria para satisfacer los consumos asociados a la alimentación, a los productos forestales, al gasto energético y a la ocupación directa del terreno.



Esta superficie se suele expresar en ha/cap/año si realizamos el cálculo para un habitante, o bien, en hectáreas si el cálculo se refiere al conjunto de la comunidad estudiada.

Así, los terrenos productivos que se consideran para el cálculo son las que aparecen en la Tabla 1.

Para calcular estas superficies, la metodología se basa en dos aspectos básicos:

- Contabilizar el consumo de las diferentes categorías en unidades físicas.
- Transformar éstos consumos en superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad.

Debido a la inexistencia, en general, de datos directos de consumo, se estiman los consumos para cada producto con la siguiente expresión:

En el caso de la matriz del área de absorción de CO₂ se opera con consumos directamente ya que se dispone de la información.



Tabla 1. Tipos de terrenos productivos para el cálculo de la huella ecológica.

Cultivos	Superficies con actividad agrícola y que constituyen la tierra más productiva ecológicamente hablando pues es donde hay una mayor producción neta de biomasa utilizable por las comunidades humanas.
Pastos	Espacios utilizados para el pastoreo de ganado, y en general considerablemente menos productiva que la agrícola.
Bosques	Superficies forestales ya sean naturales o repobladas, pero siempre que se encuentren en explotación.
Mar productivo	Superficies marinas en las que existe una producción biológica mínima para que pueda ser aprovechada por la sociedad humana.
Terreno construido	Considera las áreas urbanizadas o ocupadas por infraestructuras
Área de absorción de CO₂	Superficies de bosque necesarias para la absorción de la emisión de CO ₂ debido al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía.

Una vez calculados los consumos medios por habitante de cada producto, se transforman a área apropiada o huella ecológica para cada producto. Ello equivale a calcular la superficie necesaria para satisfacer el consumo medio por habitante de un determinado producto. Para ello se utilizan valores de productividad:

Los valores de productividad pueden estar referidos a escala global, o bien, se pueden calcular específicamente para un determinado territorio teniendo en cuenta, así, la tecnología usada y el rendimiento de la tierra.

Un elemento complementario es el análisis del conjunto de actividades humanas y las demandas de superficie (huellas ecológicas) asociadas a cada una de ellas. Para ello se pueden establecer las categorías generales de la Tabla 2.



La consideración de estas categorías de actividades nos permite analizar la huella ecológica a partir de los sectores demandantes de superficies, pudiendo evaluar así en que ámbitos puede ser más prioritario incidir.

Tabla 2. Tipología de actividades vinculadas a la huella ecológica

Alimentación	Superficies necesarias para la producción de alimentación vegetal o animal, incluyendo los costes energéticos asociados a su producción.
Vivienda y servicios	Superficies demandadas por el sector doméstico y servicios, sea en forma de energía o terrenos ocupados.
Movilidad y Transportes	Superficies asociadas al consumo energético y terrenos ocupados por infraestructuras de comunicación y transporte.
Bienes de consumo	Superficies necesarias para la producción de bienes de consumo, sea en forma de energía y materias primas para su producción, o bien terrenos directamente ocupados para la actividad industrial.

Déficit ecológico

Una vez estimado el valor de la huella ecológica, los autores de la metodología calculan las superficies reales de cada tipología de terreno productivo (cultivos, pastos, bosques, mar y terreno urbanizado) disponibles en el ámbito de estudio. La suma de todos ellos es la Capacidad de Carga Local y está expresada en hectáreas por habitante.

La comparación entre los valores de la huella ecológica y la capacidad de carga local permite conocer el nivel de autosuficiencia del ámbito de estudio. Tal y como se indica en la Tabla 3, si el valor de la huella ecológica está por encima de la



capacidad de carga local, la región presenta un déficit ecológico. Si, por el contrario, la capacidad de carga es igual o mayor a la huella ecológica, la región es autosuficiente, siempre teniendo en consideración las limitaciones del indicador.

Tabla 3: Comparación entre la Huella Ecológica y la Capacidad de Carga.

Huella Ecológica	>	Capacidad de Carga	La región presenta un déficit ecológico.
Huella Ecológica	=	Capacidad de Carga	La región es autosuficiente.

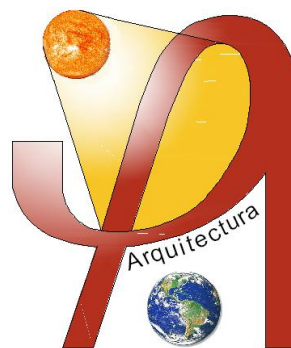
Por tanto, el déficit ecológico nos indica que una región no es autosuficiente, ya que consume más recursos de los que dispone. Este hecho nos indica que la comunidad se está apropiando de superficies fuera de su territorio, o bien, que está hipotecando y haciendo uso de superficies de las futuras generaciones.

En el marco de la sostenibilidad, el objetivo final de una sociedad tendría que ser el de disponer de una huella ecológica que no sobrepasara su capacidad de carga, y por tanto, que el déficit ecológico fuera cero.



Capítulo 2

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



LA LUZ SOLAR



LA LUZ SOLAR

a. Conceptos básicos²¹

La **Luz solar**, en el más amplio sentido, es el espectro total de radiación electromagnética proveniente del Sol.

Esto es usualmente durante las horas consideradas como *día*. Cerca de los polos geográficos durante el verano, la luz solar también ocurre en las horas que definen la *noche* y en los inviernos en estas zonas la luz solar podría simplemente no llegar. La radiación térmica producida directamente por la radiación del sol es diferente del incremento en la temperatura atmosférica debido al calentamiento radiativo de la atmósfera por la radiación solar. La luz solar puede ser "grabada" usando un heliógrafo. La Organización Meteorológica Mundial define la luz solar como la irradiación directa proveniente del sol medida en el suelo de al menos $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

La luz solar directa proporciona alrededor de 93 lúmenes de iluminación por vatio de potencia electromagnética, incluyendo infrarrojo, visible y ultra-violeta.

Luz solar brillante proporciona iluminación de aproximadamente 100,000 candelas por metro cuadrado en la superficie terrestre.

La luz solar es un factor fundamental en el proceso de fotosíntesis, tan importante para la vida.

La luz solar es el medio dominante a través del cual la gente experimenta la arquitectura.

La luz cambia y puede ser alterada. La luz del cielo varía a través de los ciclos de la noche y el día, y también a lo largo de las diferentes estaciones del año;



a veces, llega matiza o difusa por la presencia de nubes. Las variaciones de luz pueden ser estimulantes. La luz natural puede ser explotada para definir lugares. Sus cualidades pueden ser alteradas deliberadamente por el diseño, variando la forma de penetración de los rayos solares en el edificio.

Cálculo

Para calcular la cantidad de luz solar que alcanza el suelo se deben tomar en cuenta tanto la órbita elíptica de la tierra como su atmósfera. La iluminación solar extraterrestre (E_{ext}), corregida para la órbita elíptica usando el número de día del año, conocido como la fecha Juliana, es: $E_{ext}=E_{sc}(1 + 0.034 * \cos(2\pi(Jd - 2) / 365))$

La constante de iluminancia solar (E_{sc}), es equivalente a 128 Klux. La iluminancia directa normal, (E_{dn}), corregida para los efectos atenuantes de la atmósfera están dados por: $E_{dn}=E_{ext} * e^{-cm}$

Donde c es el coeficiente de extinción atmosférica y m es la masa óptica de aire relativa.

Composición de la luz solar

Espectro de irradiación solar sobre la atmósfera y en la superficie.

El espectro de radiación electromagnética golpea la Atmósfera terrestre es de 100 a 10^6 nm. Esto puede ser dividido en cinco regiones en orden creciente de longitud de onda:^[1]

- **Ultravioleta C** o rango (UVC), que se expande en el rango de 100 a 280 nm. El término *ultravioleta* se refiere al hecho de que la radiación está en una frecuencia mayor a la luz violeta (y, por lo tanto, es invisible al ojo humano). Debido a la absorción por la atmósfera sólo una pequeña cantidad llega a la superficie de la



Tierra (Litósfera). Este espectro de radiación tiene propiedades germicidas, por lo que algunos equipos denominados esterilizadores ultravioleta la utilizan para la purificación de aire, agua o de superficies; estos dispositivos contienen lámparas que emiten esta luz, a la cual se expone el elemento a esterilizar. La radiación de las lámparas de luz ultravioleta también se aprovecha en diversos dispositivos para conseguir efectos ópticos especiales en las superficies.

- **Ultravioleta B** o rango (UVB) se extiende entre 280 y 315 nm. Es también absorbida en gran parte por la atmósfera, y junta a la UVC es responsable de las reacciones fotoquímicas que conllevan la producción de la capa de ozono.
- **Ultravioleta A** o (UVA) se extiende entre los 315 y 400 nm. Ha sido tradicionalmente considerado menos dañino para el ADN, por lo que es usado al broncearse y terapia PUVA para psoriasis.
- **Rango visible** o luz se extiende entre los 400 y 700 nm. Como el nombre indica, es el rango que es visible al ojo humano naturalmente.
- **Rango Infrarrojo** que se extiende entre 700 nm y 1 mm (10^6 nm). Es esta radiación la principal responsable del calentamiento o calor que proporciona el sol. Está a su vez subdividido en tres tipos en función de la longitud de onda:
 - Infrarrojo-A: 700 nm a 1400 nm
 - Infrarrojo-B: 1400 nm a 3000 nm
 - Infrarrojo-C: 3000 nm a 1 mm.

La **luz** (del latín *lux, lucis*) es una onda electromagnética, compuesta por partículas energizadas llamadas fotones, capaz de ser percibida por el ojo humano y cuya frecuencia o energía determina su color. La ciencia que estudia las principales formas de producir luz, así como su control y aplicaciones se denomina **luminotecnia**



El espectro electromagnético²¹

En términos generales, el espectro electromagnético abarca amplio intervalo de frecuencias y longitudes de onda. No hay un punto de división claro entre un tipo de onda y el siguiente. Según un orden creciente de frecuencia se dividen en: las de radio, las microondas, los rayos infrarrojos, **la luz visible**, la radiación ultravioleta, los rayos X, los rayos gamma.

De las frecuencias anteriores, las que más nos interesan cuando hablamos de luz natural y arquitectura son la frecuencia de la luz visible y la de los rayos infrarrojos, pero en este estudio nos centraremos únicamente en el espectro visible:

El espectro visible²¹

La forma más familiar de ondas electromagnéticas, es aquella parte del espectro electromagnético que el ojo humano puede detectar. Las diversas longitudes de onda de la luz visible se clasifican en colores que van del violeta (longitud de onda de 400 nm) al rojo (700 nm) (Ver Figura No. 2). Los colores del espectro se ordenan como en el arco iris, formando el llamado *espectro visible*. La sensibilidad del ojo es una función de la longitud de onda, siendo máxima a una longitud de onda de aproximadamente 560 nm (amarillo – verde).



Figura No. 2

Frecuencia y longitud de onda se relacionan por la expresión: $c = f \lambda$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío, frecuencia f ó ν , y longitud de onda λ .



Objetos visibles²¹

Hay dos tipos de objetos visibles: aquellos que por sí mismos emiten luz y los que la reflejan. El color de estos depende del espectro de la luz que incide y de la absorción del objeto, la cual determina qué ondas son reflejadas.

La luz blanca se produce cuando todas las longitudes de onda del espectro visible están presentes en proporciones e intensidades iguales. Esto se verifica en un disco que gira velozmente y que contiene todos los colores distribuidos uniformemente.

El ojo humano es sensible a este pequeño rango del espectro radioeléctrico. Las ondas que tienen menor frecuencia que la luz (por ejemplo la radio), tienen mayor longitud de onda, y rodean los objetos sin interactuar con ellos. Esto permite tener cobertura en el teléfono móvil aún dentro de una casa. Las ondas de mayor frecuencia que la luz tienen una longitud de onda tan pequeña que atraviesan la materia, por ejemplo los rayos X atraviesan algunos materiales como la carne, aunque no los huesos. Es sólo en la franja del espectro que va desde el violeta hasta el rojo donde las ondas electromagnéticas interactúan (se reflejan o absorben) con la materia y permiten ver los objetos, sus formas, su posición. Dentro de esta franja del espectro se puede determinar qué frecuencia o conjunto de frecuencias refleja o emite cada objeto, es decir, el color que tiene.

Naturaleza de la luz²¹

La luz se compone de partículas energizadas denominadas fotones, cuyo grado de energía y frecuencia determina la longitud de onda y el color. Según estudios científicos, la luz tiene una naturaleza dual: en algunos casos la luz actúa como una onda y en otros actúa como una partícula.



Velocidad de la luz²¹

La velocidad de la luz en el vacío, según la Teoría de la Relatividad de Einstein, es una constante para todos los observadores y se representa mediante la letra *c* (del latín *celeritas*). En el Sistema Internacional de Unidades se toma el valor: $c = 299.792.458$ m/s.

Unidad de medida²¹

✓ Lumen

El Lumen (símbolo: lm) es la unidad del SI para medir el flujo luminoso. La relación entre vatios y lúmenes se llama **equivalente luminoso de la energía** y tiene el valor:

1 watt-luz a 555 nm = 683 lm

555 nm = 555 nanómetros, es la longitud de onda a la que corresponde el verde de la luz visible.

La intensidad luminosa se mide en candelas. La candela se define como la radiación visible emitida por un cuerpo negro de cierto tamaño a cierta temperatura. La potencia luminosa es la fracción de potencia emitida que puede percibirse con el ojo. Su unidad es el lumen, que se define como una intensidad luminosa de una candela en una unidad de ángulo sólido.

✓ Lux

El **lux**, símbolo **lx**, es la Unidad oficial SI de iluminancia o nivel de iluminación. Es igual a un lumen /m².

La luz solar ilumina entre 32.000 y 100.000 luxes en la Tierra.



Una cámara de TV se ajusta iluminando la carta a 2.000 luxes.

Un estudio de TV está iluminado con alrededor de 1.000 luxes.

Una oficina luminosa está iluminada con alrededor de 400 luxes.

La luz de la luna, ilumina alrededor de 1 lux en la Tierra.

Luz de las estrellas ilumina con 0,00005 lux a la Tierra.

b. Importancia de la luz solar en la arquitectura

La luz solar es, tal vez, uno de los materiales más nobles de la arquitectura, por ser natural, gratis y no contaminante. Sin embargo, en las ciudades vemos que muchas veces se la desprecia con una elección incorrecta de materiales y orientaciones (las torres espejadas en sus cuatro caras), o con la densificación descontrolada de la manzana (que produce grandes conos de sombra). Los proyectos representan la multiplicidad de direcciones y reocupaciones en la arquitectura contemporánea que, más allá de las distintas actitudes, la luz sigue jugando un importante rol inspirador en la espacialidad". Estas diferencias, se observan en que "mientras en los climas fríos el tema fue introducir la luz en los ambientes, en los climas cálidos buscaron generar sombras".

La luz solar está siendo aprovechada con un único fin: poder reemplazar a futuro todas aquellas energías que no son renovables, es decir, aquellas que se agotan; este fue el fundamento que diversos técnicos y científicos dieron cuando se les preguntó por qué incursionaban en el campo de la energía solar. Pero con el correr de los años, las investigaciones que incluían a la luz solar otorgaron mayores beneficios, en algunos casos impensados tales como la reducción de costos, posibilidad de plantar diferentes semillas sin la necesidad de ser dueños de grandes parcelas de campo, la no contaminación ambiental, etc. La luz proveniente del sol posee muchas ventajas y utilidades que merecen ser exploradas y difundidas, con la carencia actual de los combustibles fósiles es



necesario que pensemos en la alternativa de aprovechar fuentes de energía que puedan renovarse como al mismo tiempo que provoquen el menor daño posible al medio ambiente.

La luz es la primera de las condiciones variables que influyen en la arquitectura. La luz es una de las condiciones que rodean a la arquitectura, pero también puede ser utilizada como elemento. La luz solar es el medio dominante a través del cual la gente experimenta la arquitectura; pero la luz, tanto natural como artificial, puede ser manipulada por el diseño para identificar lugares concretos y darles un carácter específico. Si consideramos la arquitectura como escultura, concluiremos que es precisamente la luz la que nos permite verla y apreciar sus formas. Si pensamos en la arquitectura como identificación del lugar, distinguiremos entre lugares claros y lugares oscuros, lugares iluminados por una suave luz uniforme, mientras que otros se caracterizan por una fuerte luminosidad y unas sombras muy marcadas; lugares con luz moteada y otros en los que la luz está cambiando continua pero sutilmente, lugares, como los teatros, en los que existe un acusado contraste entre claridad (el escenario o lugar donde transcurre la acción) y oscuridad (auditorio o lugar destinado al público).

Desde que el mundo se ha creado, la humanidad consume luz solar en todas las formas durante toda su vida, actualmente sólo podemos capturar una pequeña parte de dicha luz para uso personal obteniendo a su vez múltiples ventajas; si esta forma es beneficiosa, llegará el día en que podremos capturarla por completo y transformarla a voluntad.

Son muchos los hogares que emplean la energía solar para reducir sus cuentas de combustible en, al menos, dos tercios; también, varias naciones fabrican artefactos económicos de tipo solar los cuales son muy eficientes, por ejemplo, una cocina solar, en buenas condiciones atmosféricas, es capaz de producir



temperaturas de más de 3,000 °C. Desde hace años ya, el hombre se ha percatado de que la luz solar es una poderosa fuente de energía, y es por esto que empezaron a realizarse investigaciones y estudios para dar a luz diferentes aparatos que funcionen a través del uso de energía solar.

c. Utilidades y Aplicaciones de la luz solar (como fuente energética) en la arquitectura

La luz solar es modificada para ser utilizada como energía solar y así obtener diferentes utilidades como sistemas de calefacción, calentadores de agua, cocinas, etc.; la energía solar se obtiene mediante la captación de la radiación proveniente del sol, la cantidad de radiación que se reciba dependerá de múltiples factores, en especial de los climatológicos.

La cantidad de horas de sol que una región reciba será determinante para el funcionamiento de cualquier artefacto solar; de todas formas es necesario destacar que la emisión de radiaciones solares es un proceso con grandes variaciones, en algunos casos éstas no pueden predecirse y por ende obtenemos cambios bruscos en los resultados esperados.

Es necesario aclarar también que las necesidades que el ser humano posee con respecto a la calefacción son inversamente proporcionales a la cantidad de radiación emitida, es decir, en verano cuando no hace falta encender la calefacción es cuanto mayor radiación tenemos; todo lo contrario ocurre en invierno. La luz solar se ha aprovechado al máximo para dar a luz a la energía solar térmica, ésta es la que aprovecha directamente la energía emitida por el sol; el calor que éste emana es recogido por colectores líquidos que son expuestos a la radiación solar. El calor se acumula lo que nos brinda la posibilidad de utilizarlo apenas lo obtenemos o almacenarlo en acumuladores; también se utiliza para generar electricidad. Dentro de este tipo de energía tenemos la denominada



“pasiva”, ésta no permite producir energía sin tener que utilizar ningún medio mecánico; únicamente se utilizan placas que nos permiten climatizar ambientes o calentar agua.

En muchos países la aplicación de la luz solar en la arquitectura es más frecuente, al nivel que el uso está contemplado dentro el código técnico de la construcción (reglamento municipal). Por medio de estos sistemas se ha logrado conseguir el confort de manera ecológica y económica. La luz natural es el recurso con más utilidades y totalmente gratuito, las aplicaciones de la luz natural en la arquitectura más comunes en la actualidad son:

- a. Iluminación
- b. Climatización Calefacción de ambientes por medio de la inercia térmica de los materiales, calentamiento de agua, efecto invernadero.
- c. Producción de energía por medio de placas fotovoltaicas.

a. Iluminación Natural²¹

La iluminación natural en la arquitectura se divide en dos tipos, iluminación directa e iluminación indirecta o difusa, el uso de las dos opciones depende de la ubicación geográfica del proyecto, características climáticas y de la actividad a desarrollar en los diferentes ambientes.

En las ciudades con mayor horas de irradiación solar anual, no es muy satisfactorio el uso de la iluminación natural directa, se podría decir que en ellas es suficiente hacer uso de la luz difusa, ya que el objetivo es protegerse, totalmente lo contrario a las ciudades con poca irradiación solar anual, estas ciudades naturalmente tienen días fríos por lo que su cielo se mantienen nublados limitando el uso de la luz directa.



Las radiaciones se transforman en calor al ser absorbidas por las superficies. Por esto, al final, la luz es también calor, en la naturaleza o en la arquitectura. De ahí que iluminar un espacio significa calentarlo, cuanto más caliente más luz penetra en el mismo.

Cuando consideramos el color es cuando más se acentúa la diferencia de calidad entre el alumbrado natural y el artificial. La entrada de radiación solar directa tiene un reparto espectral que culturalmente consideramos "perfecto" y los colores de los objetos, reflejados en esta luz, son los únicos que consideramos verdaderos. Esta cualidad de la luz natural, unida a la de su economía energética, justifica cualquier esfuerzo de diseño arquitectónico que contribuya a que los edificios sólo utilicen dicha luz durante las horas diurnas.

Se distinguen dos componentes en la radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones. Sin embargo, tanto la radiación directa como la radiación difusa son aprovechables.

Iluminación sostenible "satisface las necesidades cualitativas del entorno visual con el menor impacto sobre el medio ambiente físico," según un artículo de 2002 en "Iluminación Arquitectónica" revista. . Iluminación sostenible se inscribe en el movimiento popular de usar el diseño sostenible, el medio ambiente.

1. . El objetivo de la iluminación sostenible es utilizar "los recursos que son menos susceptibles de ser repuesto" para crear la iluminación, de acuerdo con PVPower.com, un sitio de producto respetuoso del medio ambiente.



Una de las opciones de iluminación sostenible es el uso de "potencial solar pasiva", en particular, garantizando que la luz natural puede iluminar una casa u otros.

Comportamiento de la Luz en los materiales.

Cuando un rayo de luz incide sobre un objeto pueden ocurrir 3 fenómenos en distinta proporción según sean las características del objeto; éstas pueden ser transmisión, reflexión y absorción.

Reflexión:

Tipo especular, directa: El rayo incidente es reflejado con igual ángulo y se conserva la información de imágenes, invirtiéndose la posesión relativa.

Tipo semidifusa: La luz es reflejada de preferencia, más existe cierta dispersión que hace perder la información de imagen.

Tipo difusa: La luz que incide en la superficie en forma de rayos paralelos, se refleja en todas direcciones, difundiéndose.

Transmisión:

Existen muchas sustancias como el agua y otros líquidos, algunas membranas naturales y también artificiales dejan pasar la luz.

Todas las sustancias que transmiten la luz, ejercen sobre ella el efecto de filtro.

Los tipos de transmisión también son variados y dependen del tipo, color, grosor y superficies de las sustancias con que se encuentre la luz.

Transmisión directa: Conserva contenido en imagen y direccionalidad de la luz.

Transmisión semidifusa y difusa: No conserva contenido en imagen ni la direccionalidad de la luz.



Luz directa

Se denomina luz directa, a la luz en la cual el rayo se dirige desde la fuente de luz hacia la superficie. Si en el rayo de luz no interfiere ningún obstáculo, al punto en la superficie se le considera iluminado.

Como su nombre indica, esta llega directamente desde su foco o fuente hasta el objetivo sin entrar en contacto con ningún tipo de cuerpo opaco. El uso de este elemento depende de la orientación de ventanas de un edificio, el uso de patios, pozos de luz, de lucernarios y de otro tipo de elementos existentes en el mercado tales como domos, claraboyas. Aunque una gran condicionante sería las características geográficas y climáticas del lugar (Figuras No. 3, 4 y 5).



Figura No. 3



Figura No. 4



Figura No. 5

Luz difusa

Luz dispersada de manera aleatoria al incidir sobre una superficie irregular. La luz difusa se puede conseguir con la ayuda de elementos practicables, con simplemente la geometría es decir con la forma de los elementos componentes de la arquitectura en el espacio, la orientación de ventanas, otro colaborador de la intensidad de luz difusa es el color de los elementos (Figuras No. 6, 7, y 8).



Figura No. 6

Luz difusa por medio de elementos practicables



Figura No.7

Luz difusa por medio de la de la geometría y orientación del elemento.



Figura No. 8

Luz difusa o luz de cielo.



En lo que se refiere a la **luz artificial**, está claro que no podemos prescindir de ella, pero actualmente existen programas informáticos gratuitos como el RELUX y DIALUX que sirven para el cálculo lumínico necesario en cualquier tipo de ambiente. Basta con el conocimiento de la cantidad de luxes necesario para cada función.

La Tabla No. 4 enumera algunos niveles lumínicos en luxes y tipo de luz recomendado para diferente actividades.



Tabla No. 4³⁶

TABLA DE NIVELES DE ILUMINACIÓN

ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO
ASCENSORES						
Interior	300	500	700		-	-
Rellano	50	100	200		-	-
EDIFICIOS AGRÍCOLAS						
Garajes, Alumbrado general	50	100	200	-	-	-
Talleres reparación	200	300	500	-	-	-
Graneros, almacenes	50	150	300		-	-
Gallineros, porquerizas, conejeros.	50	150	300		-	-
Preparación de los alimentos para ganado	100	200	400		-	-
ENSEÑANZA						
Dibujo de arte, industrial y costura	500	700	1000		-	-
Gimnasios	150	300	500		-	-



ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)				TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO	
Pizarras	300	500	700		-	-	
Salas de clases y laboratorios	200	500	1000		-	-	
Salas de conferencias	200	500	1000		-	-	
Vestibulos, habitaciones de paso	150	500	700		-	-	
Vestuarios, tocadores, baños	50	100	250		-	-	
GARAJES							
Estacionamientos	100	150	300	-	-	-	
Reparaciones	200	300	500	-	-	-	
HABITACIONES							
Cuartos de baños: alumbrado general	50	100	250		-	-	
Espejos	200	500	1000		-	-	
Cocinas	150	300	600		-	-	
Cuartos de estar: alumbrado general	70	200	400		-	-	
Lectura	200	500	700		-	-	
Cuartos de niños	70	200	400		-	-	
Dormitorios	50	100	250		-	-	
Camas	200	500	800		-	-	
Escaleras	100	150	300		-	-	
Trabajos de escolares en casa	300	500	750		-	-	
HOSPITALES Y CLÍNICAS							
Camas	100	200	400		-	-	
Habitaciones y salas	50	100	250		-	-	



ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)				TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO	
Alumbrado de noche	10			-	-	-	-
Examen y lectura	300	500	750				-
Gabinetes dentales, sillón	700	2500	5000	-	-	-	-
Salas de espera	200	400	600				-
Laboratorios (Patología e información)	300	500	1000	-	-		
Mesas de operación	3000	5000	8000	-	-		-
Quirófanos	300	500	1000	-			
Salas de examen	300	500	1000	-			
Salas de recepción y espera	200	400	600				-
CAFETERIAS Y RESTAURANTES							
Cocinas	200	400	700				-
Comedores y salones	100	300	600				-
Alumbrado localizado	300	500	750	-	-		-
LOCALES INDUSTRIALES							
Comunes a todas la categorías:							
Alumbrado general	100	200	4000	-	-		
Depósitos	50	200	400				-
Embalaje	100	200	400	-	-		-
Entrada, pasillos, escaleras	100	200	500	-	-		-
Instrumentos de medida y control	300	500	1000	-	-		-
Oficinas de dibujo	100	200	500				-
Sobre las mesas de dibujo	700	1000	2000				-



ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)				TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO	
Industrias bastas: Forjas, laminación	200	400	600		-		
Industria de gran precisión	1000	2500	5000		-		
Industrias de precisión: ajustes pulido	600	1000	2000				
industrias ordinarias: taladros, torneado	300	600	800				
Imprenta y Artes Graficas							
Guillotinas y apisonadoras	300	500	1000				
Maquinas de composición mecánica	300	500	1000				
Maquinas: salida de las hojas	300	500	1000				
Maquinas para batir tintas	700	1000	2000				
Mesas de arreglos, composición	700	1000	2000				
Industria Alimenticias							
Engatillado, cerrado de cajas	300	500	1000				
Ensamado	150	200	400				
Escogido	300	500	1000				
Esterilización	300	500	1000				
Refrigeración: Cámaras frigoríficas	50	100	200				
Salas de maquinas	150	200	400				
Laboratorios	300	500	1000				
Preparación de pastas, llenado de latas	250	400	600				
Tratamiento de subproductos	150	200	400				
Industrias Metalúrgicas							
Alumbrado localizado en los moldes	500	700	1200				



ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)					TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO		
Cabina de pulverización	700	1000	2500	-	-	-		
Laminado, cizallado y trefilado	200	300	600	-	-	-		
Nave de guarnecido de carrocería	200	300	600	-	-	-		
Preparación de chapas, pintura	300	500	1000	-	-	-		
Dosificación y mezcla de los colores	2000	3500	5000	-	-	-		
Pulido de pintura, decoración, acabados	300	500	1000	-	-	-		
Inspección: Detalles a verificar minúsculos	3000	4000	5000	-	-	-		
Detalles a verificar medianos	300	600	1200	-	-	-		
Detalles a verificar fino	1000	2000	3000	-	-	-		
Detalles a verificar muy finos	1500	2500	4000	-	-	-		
Rebarbado	200	300	600	-	-	-		
Talleres de montajes: Piezas muy pequeñas	1000	1500	3000	-	-	-		
Talleres de montajes: Piezas muy medianas	200	300	600	-	-	-		
Talleres de montajes: Piezas pequeñas	500	1000	2000	-	-	-		
Talleres: Modelado, embutido, fusilaje	200	300	600	-	-	-		
Trabajos de piezas medianas en banco	300	500	1000	-	-	-		
Trabajos de piezas pequeñas en banco	500	700	1200	-	-	-		
Trabajos muy finos en banco y maquinaria	1000	1500	3000	-	-	-		
Industria Química								
Aparatos molinos	200	300	600	-	-	-		
Molinos, mezclados, triturados	200	300	500	-	-	-		
Sobre el plano de la mesa	300	600	1200	-	-	-		



ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)				TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO	
Sobre mesas y pupitres	200	300	600	-	-	-	
Sobre niveles, manómetros	300	500	1000	-	-	-	
Industria Textil							
Alumbrado localizado	1000	2000	3000	-	-	-	
Comparación de colores	700	1000	2500	-	-	-	
Control final	500	700	1200	-	-	-	
Preparación: Mezcla, vareado, estirado	150	300	600	-	-	-	
Talleres de corte	300	500	1000	-	-	-	
Trabajos sobre el bastidor	300	500	1000	-	-	-	
Industria Del Transporte:							
Estación de Ferrocarril							
Sala de espera	100	200	400	-	-	-	
Estaciones de Servicio (Gasolineras)							
Lavado y reparación	200	300	500	-	-	-	
Patios y accesos	150	200	500	-	-	-	
Surtidores (Bombas)	200	300	600	-	-	-	
Garajes de automóviles							
Lavado, engrasado, cuidado en general	100	150	300	-	-	-	
Reparación	200	300	500	-	-	-	
Hangares de Avión							
Alumbrado general	200	300	600	-	-	-	
Entrenamiento y reparación	300	500	1000	-	-	-	



ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)				LUZ DÍA	TONOS DE LUZ RECOMENDADOS	
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO			BLANCO	BLANCO CÁLIDO
Muelles Marítimos							
Mercancías	50	100	200			-	
Viajeros	300	500	400			-	
Venta de Billetes							
Alumbrado general	100	150	300			-	
Andenes de viajeros	100	200	400			-	
Casilleros, Distribuidores y taquillas	300	500	1000	-		-	
Salas de equipajes	100	150	300			-	
OFICINAS Y ADMINISTRACIONES							
Archivos	100	200	400			-	
Manejo de libros, mecanografía	300	500	1000			-	
Vestíbulos, habitaciones de paso	150	600	700			-	
TIENDAS							
Grandes Superficies (Centros comerciales)							
Alumbrado general	300	500	1000			-	
Escaparates sobre calle comercial	1000	3000	5000	-		-	
Escaparates sobre calle no comercial	500	1000	2000	-		-	
Estantes de mercancías	100	200	400	-		-	
Presentaciones, espaciales y vitrinas	1000	2000	3000	-		-	
Sobre los mostradores	500	700	1200	-		-	
Pequeñas Superficies							
Alumbrado general	200	300	500			-	
	NIVELES DE ILUMINACIÓN(LUX)					TONOS DE LUZ RECOMENDADOS	
ACTIVIDAD	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ DÍA		BLANCO	BLANCO CÁLIDO
Sobre los mostradores	300	500	700	-		-	-
Escaparates	500	1000	2000	-		-	-



b. Climatización²⁰

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los edificios. Dentro de la climatización se distinguen la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano.

Calefacción

Para la calefacción se utilizan sistemas solares pasivos, destinados a climatizar en invierno, los ambientes interiores de los edificios, casas, locales comerciales.

Los sistemas de calefacción solar pasiva, se caracterizan por el aprovechamiento de la energía que nos proporciona de manera regular la luz solar. Se trata de un recurso prácticamente inagotable, por lo menos en nuestra intuitiva desde hace milenios.

Estos sistemas son útiles en los lugares que presentan temperaturas bajas durante todo el año o parte de él, pero solo son realmente eficientes si se cuenta con el número adecuado de horas de sol al día y si la radiación es suficientemente intensa. Aunque no siempre es así, podemos afirmar que su aplicación más efectiva se da en las latitudes medias, es decir aproximadamente entre los paralelos 15° y 60°, tanto en el hemisferio Norte como en el sur. En las latitudes mayores a 60° se suele ser factible. En esos sitios por lo general la única estrategia redituable es un elevado aislamiento para mantener en los espacios habitables la mayor parte del calor generado dentro de ellos (aporte de calor de las personas, estufas y aparatos eléctricos, entre otros factores).

Por otro lado, la eficiencia de los sistemas de calefacción solar pasiva también depende de las estrategias asumidas para evitar las pérdidas de calor, como el



aislamiento de la envolvente, el empleo de ventanas eficientes y el uso de sistemas constructivos que reduzcan los puentes térmicos y las infiltraciones, entre otras. De poco sirve captar grandes cantidades de calor por radiación solar si dicho calor se pierden fácilmente cuando se dejan de captar.

Se puede clasificar los sistemas de calefacción solar pasiva de acuerdo a los procesos involucrados en la captación de calor y la forma en que este es suministrado a los espacios habitables.

Calefacción Solar Pasiva:

Elementos de un sistema solar pasivo de calefacción:

Un sistema solar pasivo de calefacción completo viene determinado por cinco elementos.

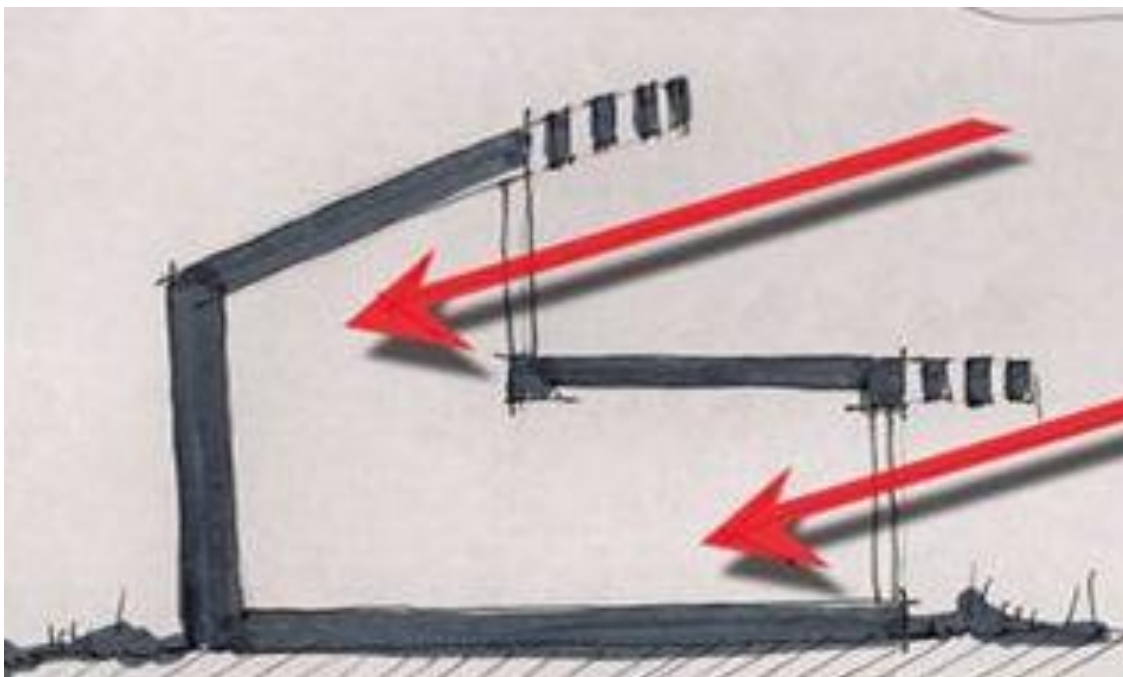
Cada uno de ellos desempeña una función separada, pero los cinco elementos deben actuar conjuntamente y estar armonizados para que el sistema pueda funcionar, son:

- El Colector
- El Absorbedor
- El Acumulador
- La Distribución
- La Regulación



El Colector:

Los colectores son grandes superficies de vidrio o plástico, a través de los cuales la luz solar penetra la edificación, deben estar orientados (hacia el Sur en el hemisferio Norte y hacia el Norte, en el hemisferio Sur) con una desviación máxima de 30° aproximadamente.



Colector

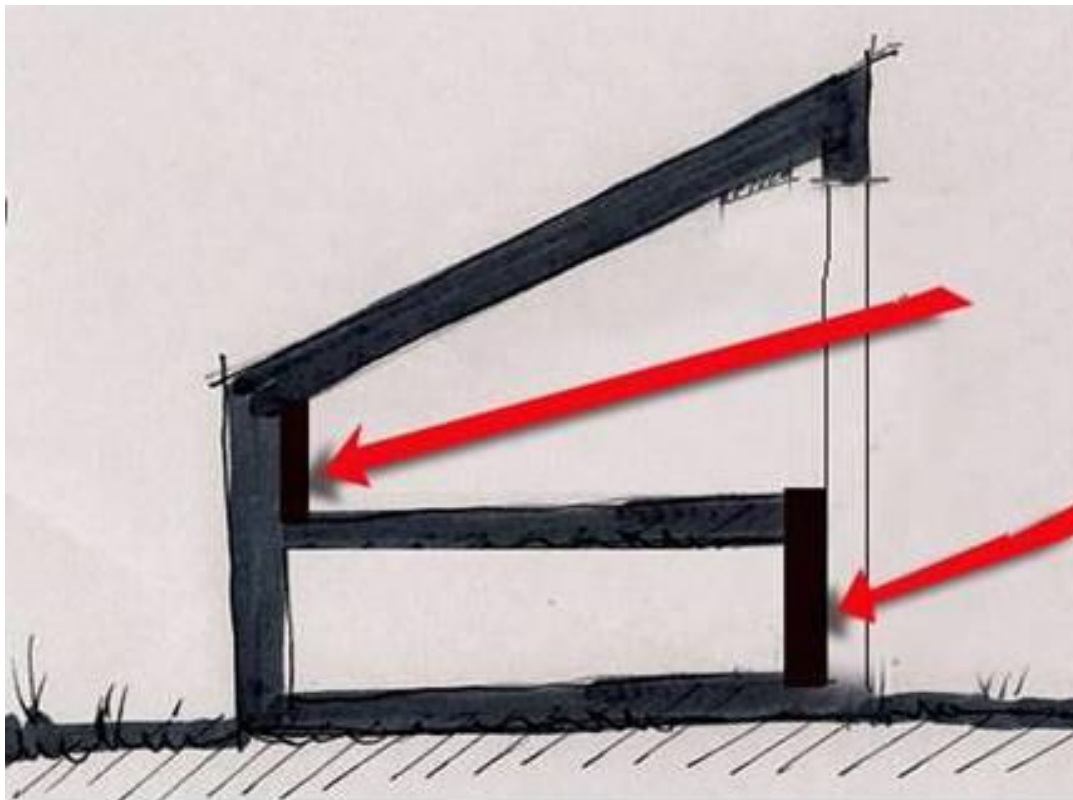
Figura No. 9



El Absorbedor:

El absorbedor es la superficie oscura del elemento acumulador.

El recubrimiento negro no refleja ningún color y absorbe casi toda la radiación solar (90 a 98%). En la vida cotidiana, como hemos dicho antes, se aprovecha esta propiedad cuando nos vestimos con colores oscuros en invierno; y en el verano, de color blanco, ya que refleja casi todas las longitudes de radiación (15 a 40%). Todos los otros colores están en porcentajes intermedios en proporción a su tono y brillo.



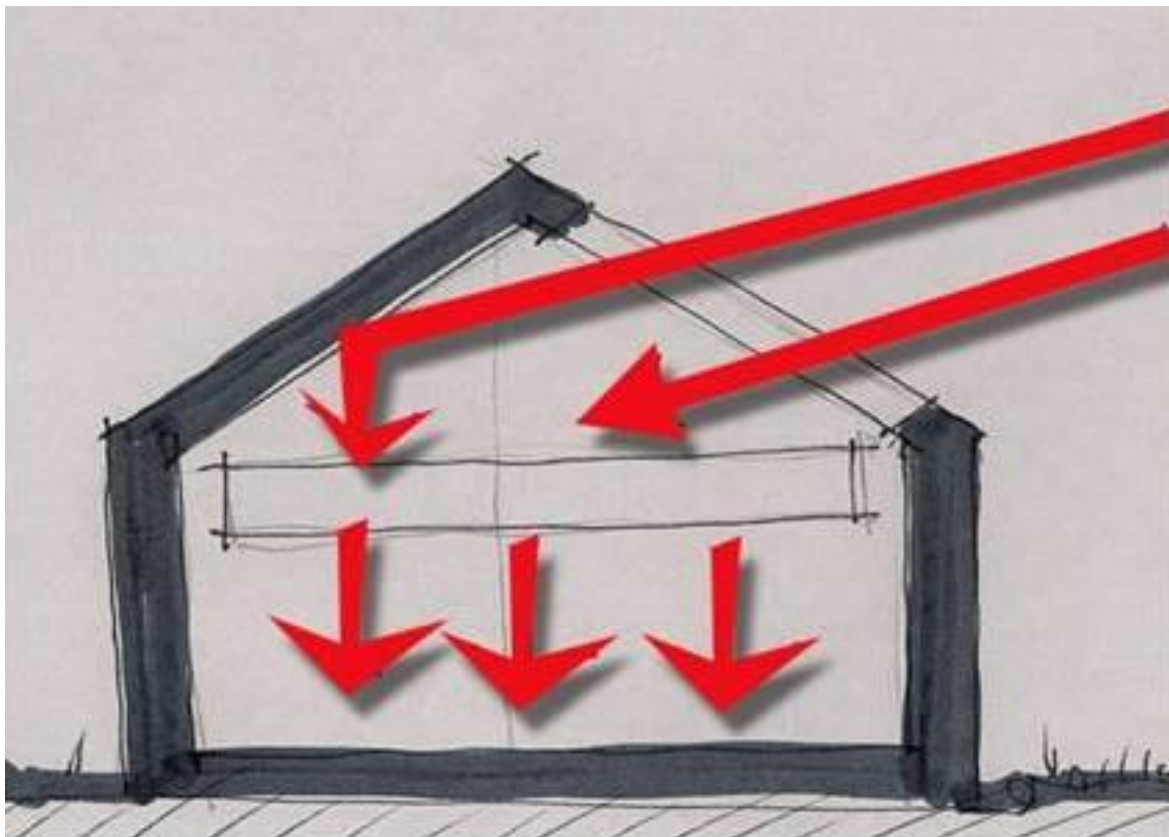
Absorbedor

Figura No. 10



El Acumulador:

El acumulador son aquellos o materiales constructivos que por su alto peso específico absorben el calor que se produce a través de la radiación solar. (concreto, piedra, ladrillo).



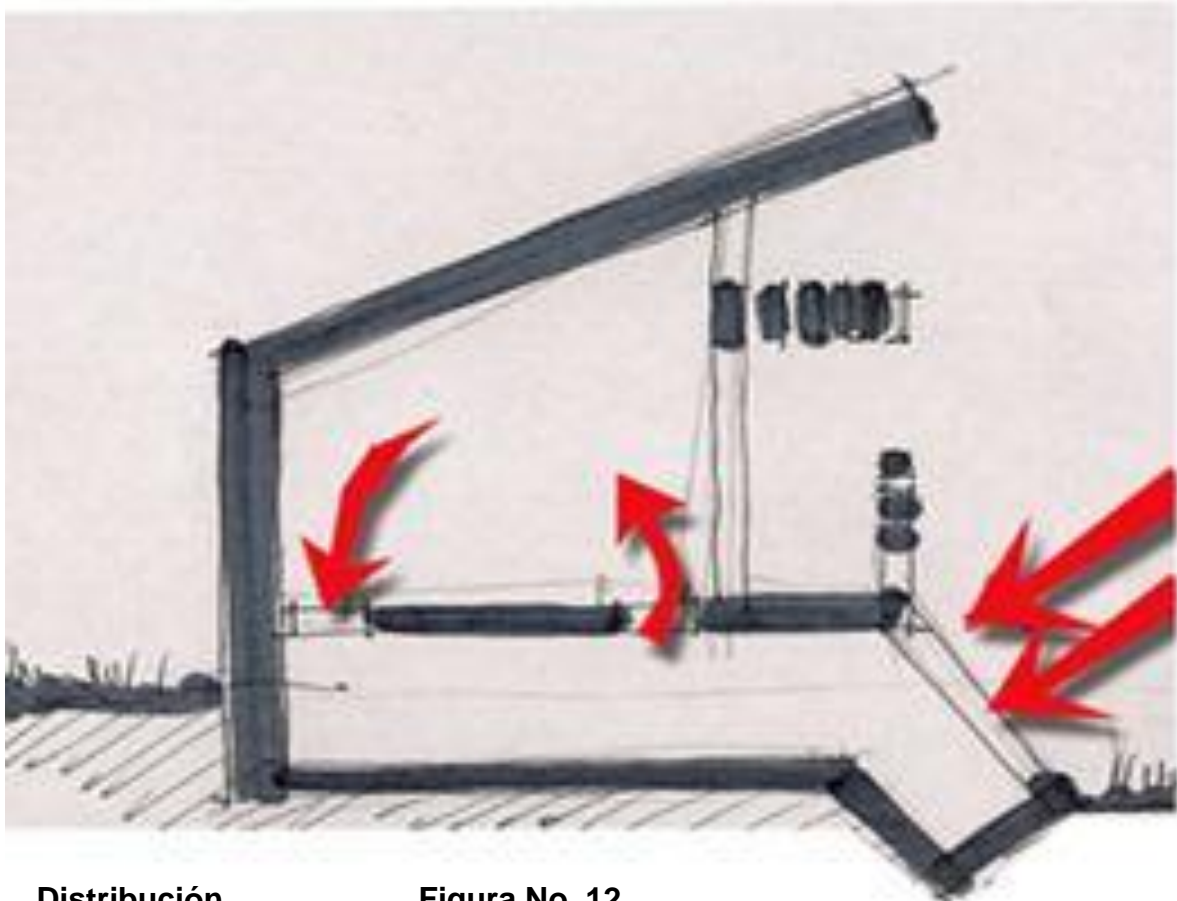
Acumulador

Figura No. 11



Distribución:

Distribución, el calor es conducido desde los lugares de captación y acumulación a distintas partes de una edificación. Un sistema puramente pasivo utiliza métodos exclusivamente naturales de transmisión del calor: conducción, convección y radiación.



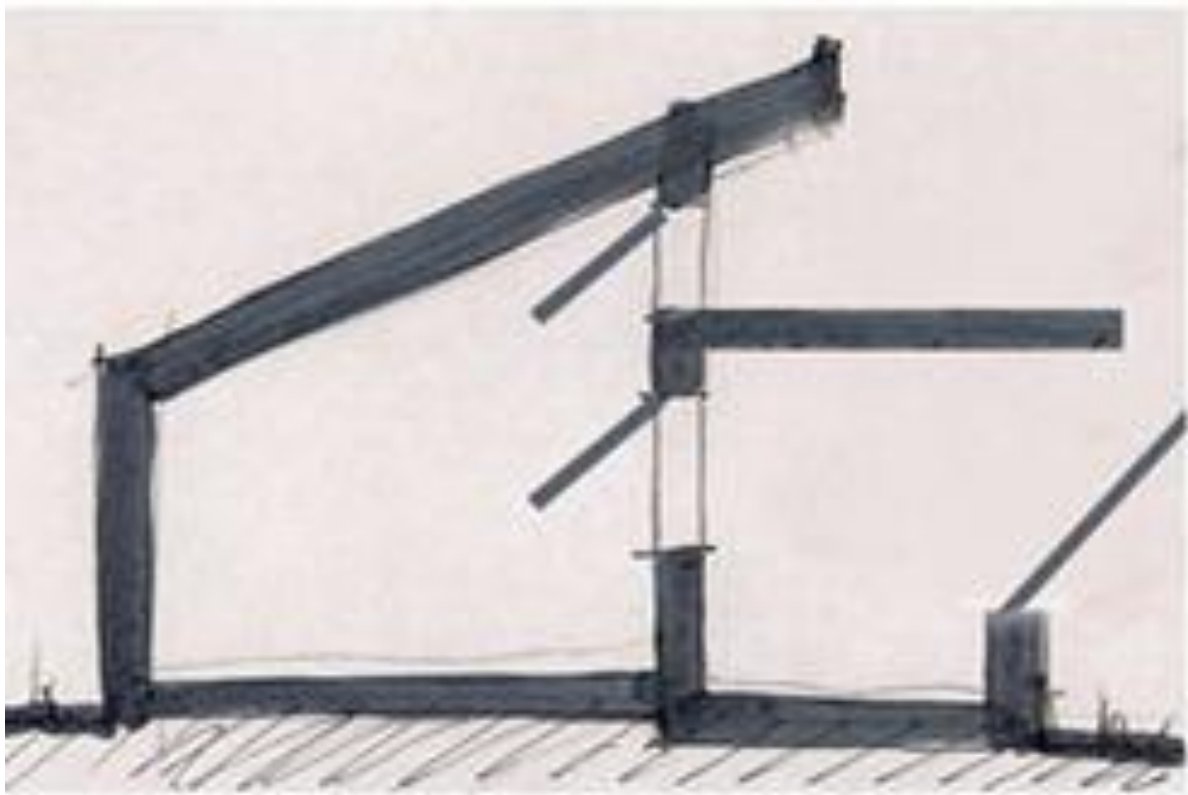
Distribución

Figura No. 12



Regulación:

En principio la regulación se efectúa a través de elementos móviles amortiguadores del calor, de los que depende la capacidad de rendimiento de todo el sistema. Los elementos móviles amortiguadores del calor impiden durante la noche las pérdidas caloríficas por aquellas superficies de vidrio a través de las cuales, de día, ha de producirse la irradiación de calor.



Regulación

Figura No. 13



Otros diseños y formas de los sistemas pasivos utilizados en la calefacción:



Muro de acumulación no ventilado

También conocido como muro trombe, es un muro construido en piedra, ladrillos, hormigón o hasta agua, pintado de negro o color muy oscuro en la cara exterior. Para mejorar la captación se aprovecha una propiedad del vidrio que es generar efecto invernadero por el cual la luz visible ingresa y al tocar el muro lo calienta emitiendo radiación infrarroja a la cual en vidrio es opaco. Por este motivo se eleva la temperatura de la superficie oscura y de la cámara de aire existente entre el muro y el vidrio.

Muro de acumulación ventilado

Similar al anterior pero incorpora orificios en la parte superior e inferior para facilitar el intercambio de calor entre el muro y el ambiente mediante convección.

Invernadero adosado:

En este caso al muro que da al mediodía se le incorpora un espacio vidriado que puede ser habitable y mejora la captación de calor durante el día y reduce las pérdidas de calor hacia al exterior.



Refrigeración:

La refrigeración o climatización en verano, consiste en la utilización de los sistemas pasivos, como elemento principal y fundamental la luz solar, que incide directamente en los materiales que se utilizan en los diferentes sistemas, que renuevan continuamente el aire.

VENTILACIÓN NATURAL Y ENFRIAMIENTO PASIVO: La **ventilación natural** es sin duda la estrategia de **enfriamiento pasivo** más eficiente y de uso más extendido. Obviamente su aplicación cobra mayor relevancia en los lugares en los que durante todo el año, o parte de él, se tienen temperaturas elevadas.

En su forma más simple la ventilación natural implica permitir el ingreso y la salida del viento en los espacios interiores de los edificios, una estrategia que se conoce como **ventilación cruzada**. Sin embargo esta condición no siempre es factible, ya sea porque el viento es demasiado débil o porque la configuración de los edificios y/o su entorno reducen significativamente su fuerza. Por otro lado las condiciones del aire exterior, como la temperatura, la humedad relativa y el nivel de pureza no son siempre las más adecuadas. Ante ello diversas culturas han desarrollado técnicas para hacer más eficiente la ventilación natural como medio de enfriamiento. Algunas estrategias buscan **amplificar las tasas de ventilación mientras** que otras se enfocan en **cambiar las condiciones del aire** que ingresa a los edificios. Desde luego es posible combinar ambos objetivos.

El movimiento del aire obedece casi siempre a fenómenos convectivos, los cuales a su vez se derivan de desequilibrios térmicos provocados por la distribución desigual de la energía calorífica, principalmente relacionada con la radiación solar. Los **vientos dominantes** en el sitio son flujos de aire generados a gran escala por estos fenómenos. Ya en la escala del edificio, podemos afirmar que la ventilación natural suele basarse en dos estrategias básicas: la captación y el



aprovechamiento de los vientos del sitio, y la generación de fenómenos convectivos en pequeña escala (algo así como vientos interiores). Existen sistemas de ventilación natural que emplean ambas estrategias de manera simultánea o alternada.

Ventilación convectiva y su uso.

Ventilación convectiva. Es la que tiene lugar cuando el aire caliente asciende, siendo reemplazado por aire más frío. Durante el día, en una vivienda bioclimática, se pueden crear corrientes de aire aunque no haya viento provocando aperturas en las partes altas de la casa, por donde pueda salir el aire caliente. Si en estas partes altas se coloca algún dispositivo que caliente el aire de forma adicional mediante radiación solar (chimenea solar), el aire saldrá aún con más fuerza. Es importante prever de donde provendrá el aire de sustitución y a qué ritmo debe ventilarse. Una ventilación convectiva que introduzca como aire renovado aire caliente del exterior será poco eficaz. Por eso, el aire de renovación puede provenir, por ejemplo, de un patio fresco, de un sótano, o de tubos enterrados en el suelo. Nunca se debe ventilar a un ritmo demasiado rápido, que consuma el aire fresco de renovación y anule la capacidad que tienen los dispositivos anteriores de refrescar el aire. En este caso es necesario frenar el ritmo de renovación o incluso detenerlo, esperando a la noche para ventilar de forma natural.



VIENTO: Es el desplazamiento horizontal del aire con respecto a la superficie terrestre. Se origina como consecuencia de las diferencias de presión, y se mueve o viaja desde las zonas de alta presión hasta las de baja presión.

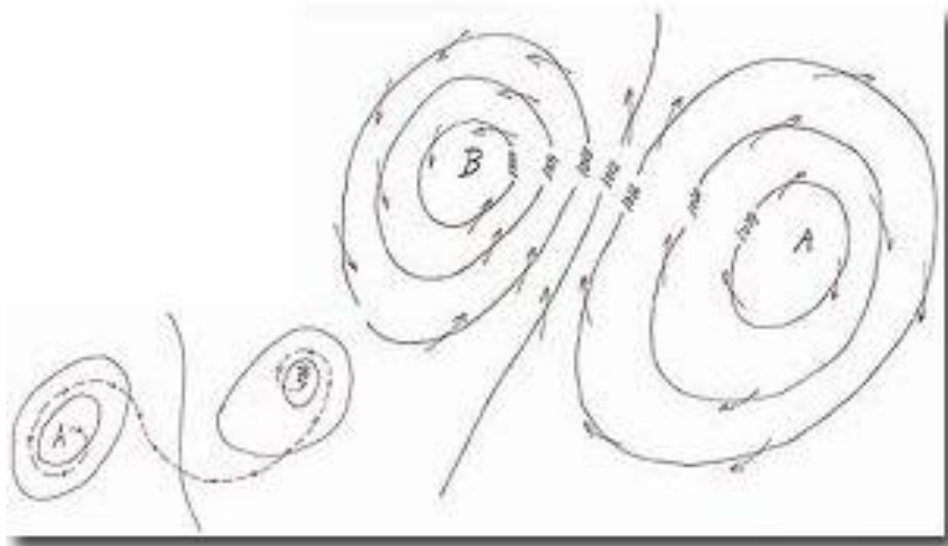


Figura No. 15



CONVECCIÓN: La convección es la transmisión de calor entre un fluido (líquido o gaseoso) y un cuerpo sólido. Este fenómeno se ve favorecido por el movimiento de fluido, el cual a su vez resulta de la diferencia de sus temperaturas internas. Cuando la temperatura del aire es inferior a la temperatura de la piel, este tiende a transmitir calor hacia las moléculas de aire con las que está en contacto. Si el aire se encuentra en movimiento, las moléculas que han absorbido calor son desplazadas fácilmente por moléculas más frías, así mientras más rápido sea el movimiento del aire más baja su temperatura.

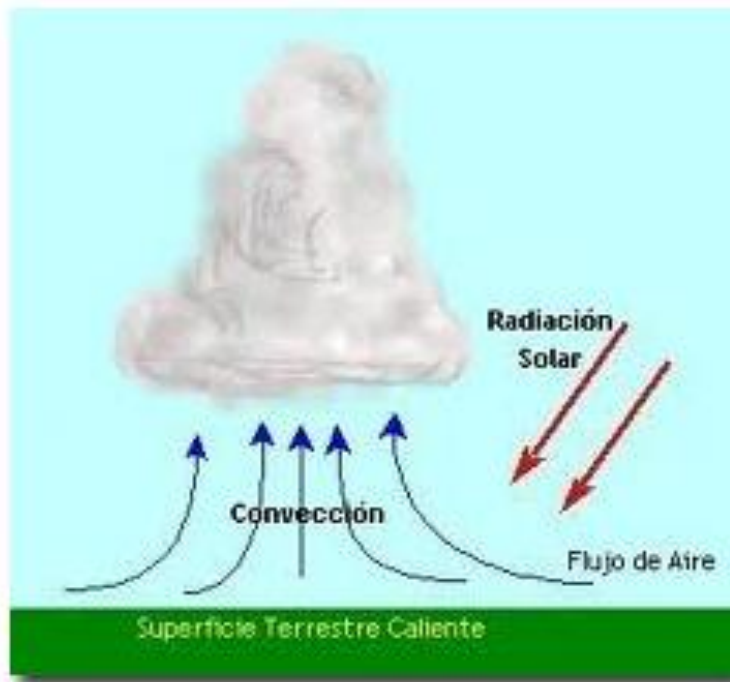


Figura No. 16



RADIACIÓN: La radiación es un flujo de energía en forma de ondas electromagnéticas que no requiere un medio conductor (se puede dar incluso en el vacío absoluto). Tanto el cuerpo humano como los elementos del entorno, incluyendo los componentes constructivos de un edificio emiten energía radiante. Cuando la temperatura de la piel es superior a la temperatura radiante de los objetos circundantes entonces se dan pérdidas de calor. Cuando, al contrario, de los objetos circundantes tienen un temperatura más elevada, el cuerpo tiende a ganar calor.

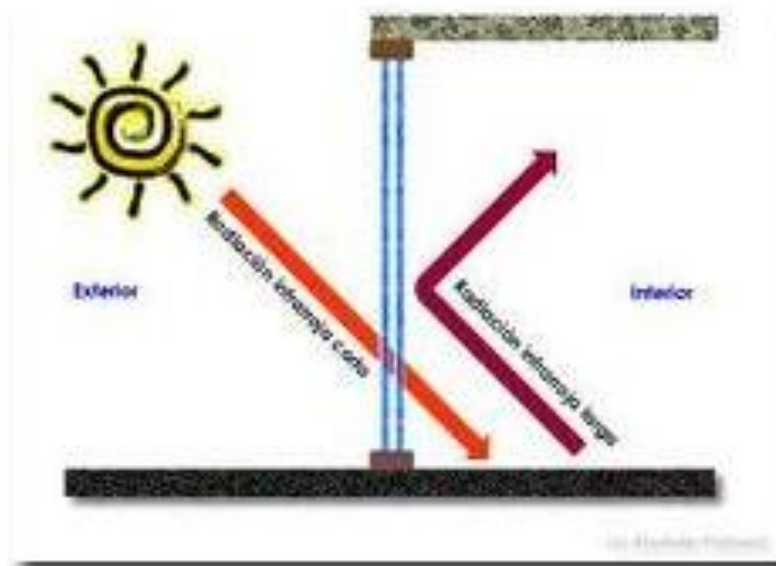


Figura No. 17



CONDUCCIÓN: la conducción expresa la transmisión de calor al interior de un cuerpo sólido, o entre dos cuerpos sólidos, cuando éstos se encuentran en contacto. Como en el caso de la radiación, el cuerpo humano puede perder o ganar calor cuando está en contacto con un objeto o componente de la edificación, dependiendo de la diferencia de temperaturas entre ambos.



Figura No. 18



La conducción pura se presenta solo en materiales sólidos.

La convección siempre está acompañada de la conducción, debido al contacto directo entre partículas de distinta temperatura en un líquido o gas en movimiento.

En el caso de la conducción, la temperatura de calentamiento depende del tipo de material, de la sección del cuerpo y del largo del cuerpo. Esto explica porque algunos cuerpos se calientan más rápido que otros a pesar de tener exactamente la misma forma.

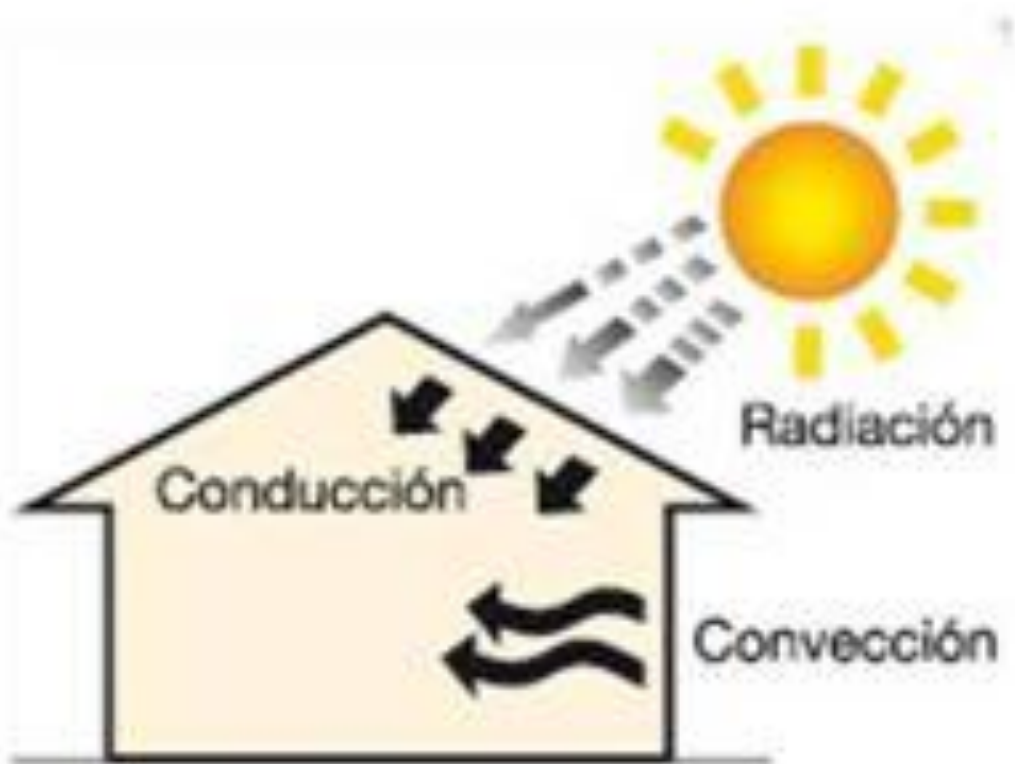


Figura No. 19



Ventilación Cruzada

La estrategia más simple para lograr

Una adecuada ventilación natural, Cuando las condiciones del entorno lo permiten, es la **ventilación cruzada**.

dicha estrategia consiste en diseñar aberturas estratégicamente ubicadas para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios, considerando de manera cuidadosa la dirección de los **vientos dominantes** siendo más precisos; la ventilación cruzada implica diseñar aberturas en **zonas de alta y baja presión de viento** de la envolvente arquitectónica.

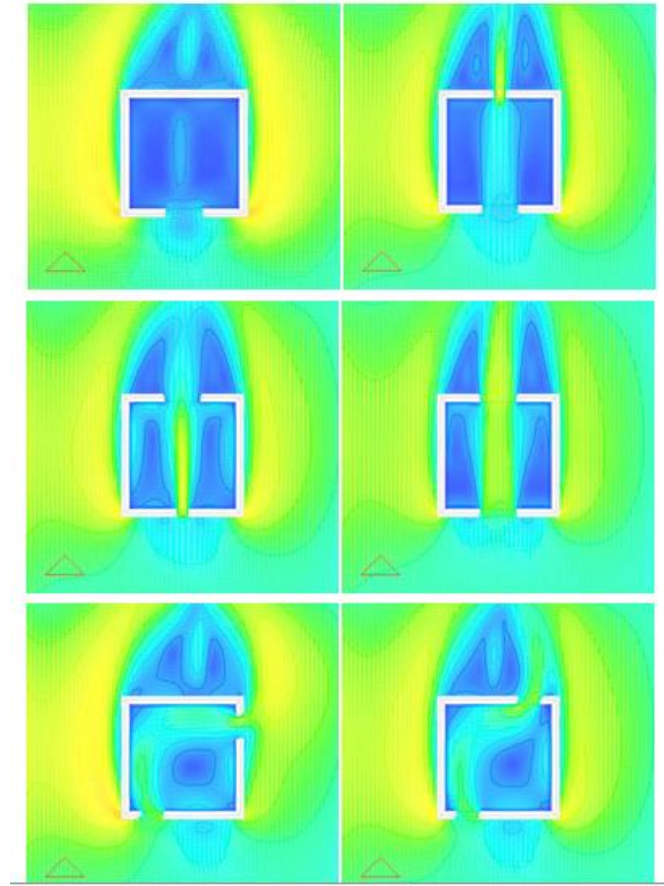


Figura No. 20

Ventilación vertical: torres y atrios

Si bien la ventilación cruzada es la estrategia más simple y económica para lograr una ventilación natural eficiente, resulta bastante común, sobre todo en zonas urbanas densas, que las características del entorno la dificulten en gran medida. Las obstrucciones cercanas pueden hacer prácticamente imposible aprovechar los vientos locales a través de aberturas convencionales, en esos casos es posible aplicar una serie de estrategias de diseño que podríamos agrupar con el nombre genérico de ventilación vertical. Desde luego dichas estrategias también pueden



aplicarse cuando la ventilación cruzada es factible, simplemente para hacerla más eficiente.

La característica común de los sistemas de ventilación vertical es que involucran el uso de espacios o dispositivos de altura considerable, generalmente bastante mayor que la de los espacios anexos a los que sirven, que refuerzan los flujos verticales de aire en el interior de los edificios. Su funcionamiento podría clasificarse de acuerdo con la forma en que aprovechan:

- Las presiones provocadas por los vientos locales, cuyo efecto aumenta con la altura.
- Los flujos convectivos de aire provocados por las diferencias de temperatura que suelen presentarse en espacios de gran altura.
- Éstos dos factores simultáneamente.

En términos de dispositivos arquitectónicos podemos hablar de tres sistemas básicos: las torres captadoras, las torres de extracción y los atrios ventilados.

Torres captadoras y de extracción

Para comprender el funcionamiento de las torres captadoras y de extracción recurramos a la simulación. La imagen a continuación corresponde a un modelo en el que las obstrucciones del entorno dificultan la ventilación cruzada normal: se trata de un volumen arquitectónico simple con aberturas tanto en la fachada orientada al viento como en la fachada contraria. La peculiaridad es que se ha incluido un par de obstrucciones (bardas, por ejemplo) cercanas a dichas fachadas. La simulación nos permite apreciar que las obstrucciones dificultan en gran medida la ventilación cruzada (que hubiera sido bastante efectiva sin ellas). De hecho, debido a la configuración específica del modelo, en este caso la débil ventilación cruzada se invierte, es decir, el aire ingresa por la ventana de la



fachada no expuesta a la dirección del viento y sale por la que sí lo está, generando un circuito inverso.

Veamos ahora como las torres de captación y extracción pueden ayudar a revertir esta situación y mejorar la ventilación natural.

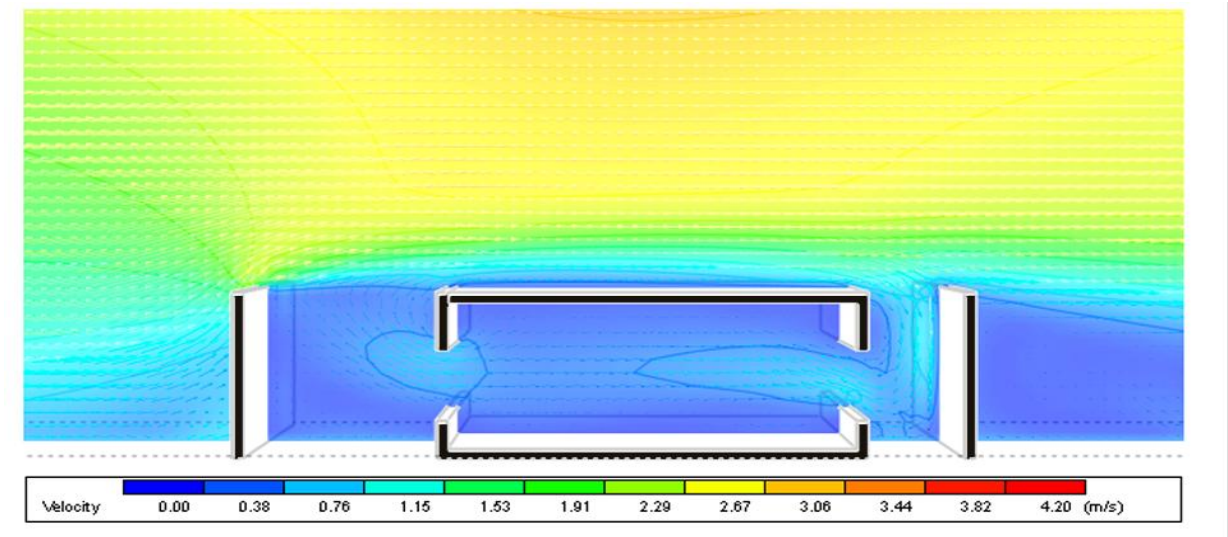


Figura No. 21

Torres captadoras:

Las torres captadoras reciben ese nombre porque su cometido principal es captar los flujos de aire y conducirlos al interior del edificio. En su forma más simple, la torre captadora consiste en un dispositivo que se eleva sobre las cubiertas del edificio y las obstrucciones del entorno, teniendo en su parte superior una abertura orientada hacia la dirección de donde provienen los vientos dominantes.

La imagen que se muestra abajo nos permite explicar mejor su funcionamiento. En esencia se trata del mismo modelo obstruido mostrado en el punto anterior, sometido también a las mismas condiciones de viento. Sin embargo se ha cancelado la ventana orientada al viento y se ha agregado un dispositivo en forma de torre captadora sobre la misma fachada:

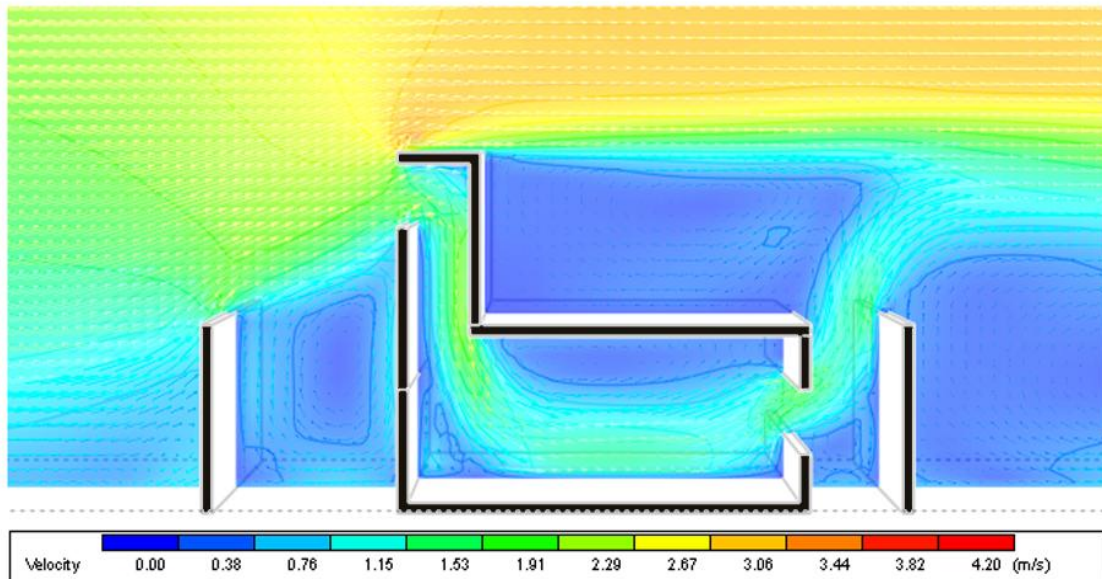


Figura No. 22

La abertura superior de la torre, que sobrepasa la altura de la obstrucción, se ve sometida a presiones de viento relativamente altas, mientras que la ventana en la fachada contraria presenta presiones muchos menores. De esa manera se crea un flujo de aire que ingresa por la parte superior de la torre, atraviesa el espacio, y sale por la ventana contraria para volver a integrarse con las corrientes exteriores. La torre captadora permite así eludir el problema de las obstrucciones y lograr una adecuada ventilación natural.

La eficiencia de las torres captadoras depende de varios factores, entre los que sobresalen los siguientes:

- La disponibilidad de viento. Cuando se tienen vientos regulares con una dirección más o menos constante las torres captadoras tienen su mayor potencial.
- La altura, a mayor altura se tienen mayores presiones de viento y por lo tanto mayores tasas de ventilación.
- El tamaño de la abertura superior. Mientras más grandes sea ésta mayor será la captación y el ingreso de aire.



- La posición respecto a los espacios servidos es importante que se ubiquen de manera que los flujos de aire atraviesen el espacio habitable, como se muestra en el modelo anterior.

Torres de Extracción: es frecuente que las torres de extracción, sean confundidas con las torres captadoras; si bien tienen una configuración similar, su funcionamiento en realidad es el inverso: en lugar de captar y conducir los vientos hacia el interior de los edificios, como hacen las torres captadoras, las torres de extracción lo que hacen es generar bajas presiones de viento para extraer el aire caliente del edificio y propiciar con ello el ingreso de aire fresco.

El modelo mostrado abajo es similar al de la torre captadora, pero en este caso la torre se ubica en la fachada contraria al viento y la abertura se orienta en esa misma dirección. la simulación que nos permite mostrar su funcionamiento:

En este caso la torre, al elevarse en altura, genera presiones de viento reducidas en su abertura superior y con ello un efecto de succión en dicho punto. Al mismo tiempo propicia la desviación de las corrientes de aire, que ahora ejercen mayor presión sobre la ventana inferior orientada al viento, a pesar de la obstrucción, el resultado final es que el aire ingresa por la ventana orientada al viento, atraviesa el espacio habitable y sale por la abertura de la torre nuevamente, aunque con un funcionamiento inverso al de las torres captadoras, las torres de extracción permiten eludir el problema de las obstrucciones y lograr una mejor ventilación natural.

Los factores que inciden en la eficiencia de las torres de extracción son prácticamente idénticos a los de las torres de captación: la disponibilidad de



viento, la altura de la torre, el tamaño de las aberturas y la posición respecto a los espacios servidos (para que los flujos de aire incidan de manera eficiente en los espacios habitables); también en este caso se pueden emplear junto con estrategias como la masa térmica expuesta y el enfriamiento evaporativo, aunque esta última dependerá más del acondicionamiento de los espacios exteriores anexos a las ventanas de ingreso del aire.

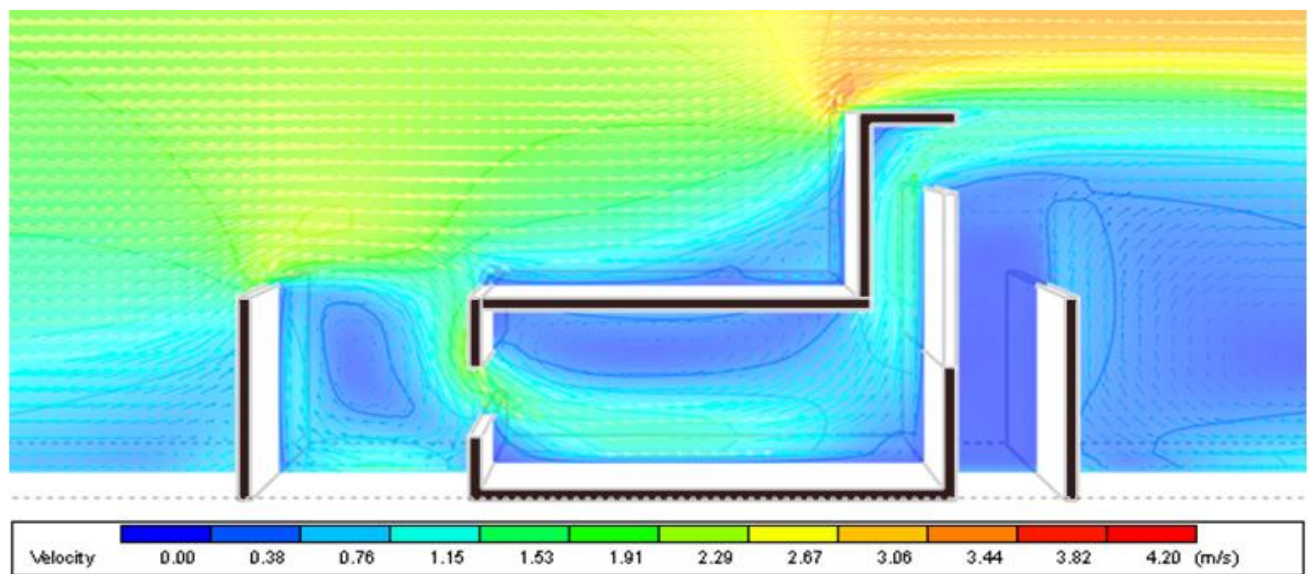


Figura No. 23



Aplicación y combinación de los diferentes elementos y estrategias del sistema pasivo para refrigeración (enfriamiento) y calefacción (calentamiento) señalados anteriormente.

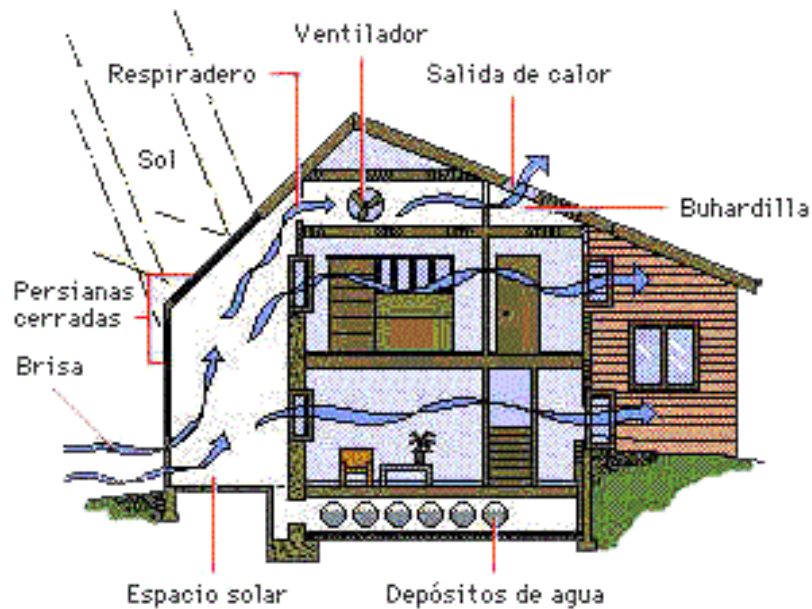


Figura No. 24

Refrigeración solar pasiva (Verano)



Figura No. 25

Calentamiento solar pasivo (Invierno)



✓ **Paneles térmicos**³⁹

El fundamento de la energía solar térmica consiste en aprovechar la radiación proveniente del sol para transformarla en calor útil mediante paneles o placas solares (Figuras No. 26 y 27). Este aprovechamiento se realiza por medio de los colectores solares, en los que incide directamente la radiación solar que pasa en gran parte a través de un cristal de características específicas que sirve de cubierta.

Estos rayos ya en el interior, no pueden salir fácilmente, pues dentro de los captadores se sitúa una superficie absorbadora que evita que salgan rebotados los rayos que lo penetran. Por otra parte la cara interna del cristal que hace de cubierta ejerce una nueva función de filtro evitando la salida de los rayos reflejados por la superficie absorbadora. De este modo se aumenta el rendimiento consiguiendo el llamado efecto invernadero.

La superficie absorbadora del interior de los paneles solares térmicos ha sido diseñada específicamente con el objetivo de captar el mayor calor posible, estando compuesto por diversos materiales absorbadores que crean una banda selectiva de alta absorción y baja emisión

Dicha superficie está soldada a una parrilla de tubos de cobre, a través de los cuales se realiza la circulación de un fluido para extraer el calor. En la última fase el fluido caliente proveniente de los colectores cede, mediante un sistema de intercambio, el calor al agua de consumo, lista para ser almacenada y distribuida.

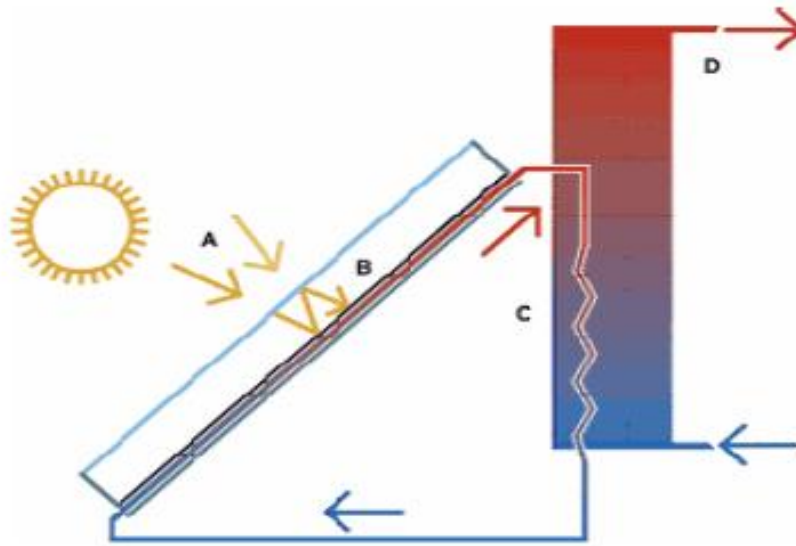


Figura No.26



Figura No. 27 Panel Térmico



Aplicación y funcionamiento del panel térmico en el suministro de agua caliente en una vivienda.

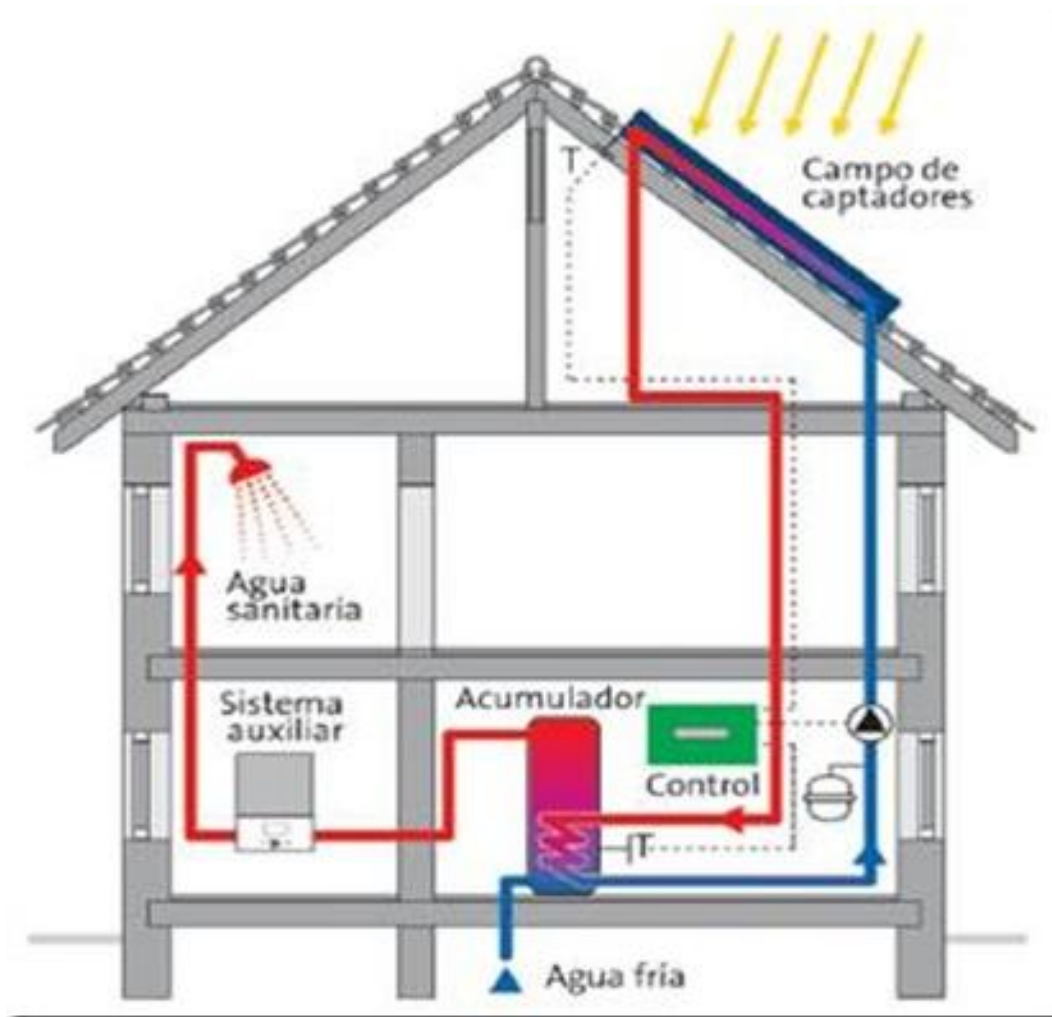


Figura No. 28



✓ El Muro Trombe

Un muro Trombe o muro Trombe-Michel, es un muro o pared orientada al sol, preferentemente al Norte en el hemisferio Sur y al Sur en el hemisferio Norte construida con materiales que puedan acumular calor bajo el efecto de masa térmica (tales como piedra, hormigón, adobe o agua), combinado con un espacio de aire, una lámina de vidrio y ventilaciones formando un colector solar térmico.

Edward Morse patentó el diseño en 1881 (US Patent 246626), pero este fue ignorado hasta 1964. En los años 1960 el diseño fue popularizado por las construcciones que usaban los principios de las casas solares pasivas en Font-Romeu-Odeillo-Via, Francia, por el ingeniero Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel.

Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en la diferencia de densidad del aire caliente y el aire frío, que provoca corrientes en una u otra dirección dependiendo de las trampillas que estén abiertas. Estas corrientes de aire caliente o templado calientan o refrescan introduciendo o extrayendo el aire caliente del edificio o las habitaciones donde se instale.

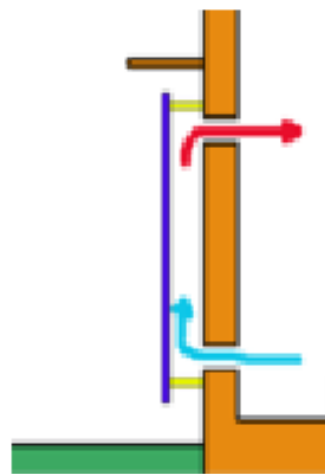
Construcción

Es un dispositivo que puede perfectamente construir cualquiera con un mínimo de conocimientos de construcción. Aunque dependiendo del acabado y de los materiales usados, concretamente los cristales y aislantes, puede dar un rendimiento más o menos óptimo.



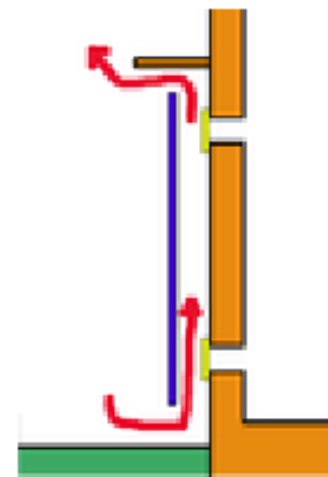
Esquemas de funcionamiento

En la Figura No. 29 y 30 se puede observar como circulan las corrientes de aire frío (flechas azules) y aire caliente (flechas rojas), dependiendo de la posición de las trampillas (amarillas) que hay en el muro del edificio (naranja).



Durante días fríos

Figura No. 29



Durante días cálidos

Figura No. 30

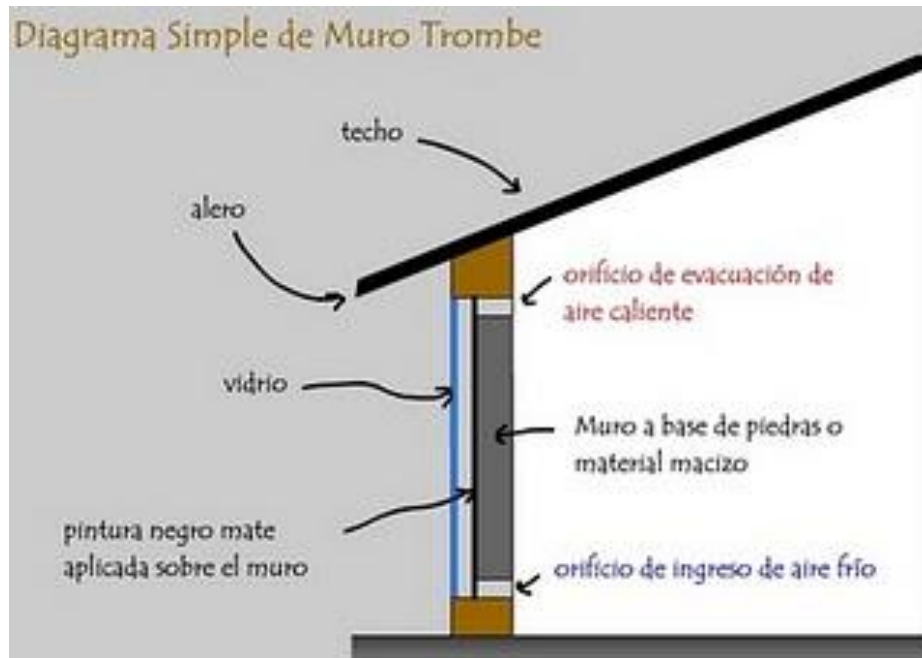


Figura No. 31

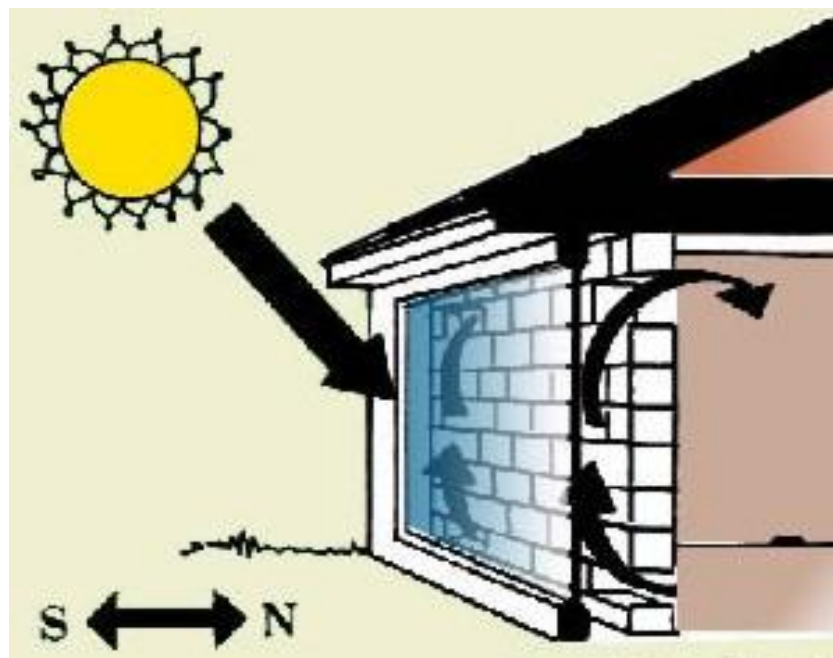


Figura No. 32



El concepto del muro Trombe

Durante el día, cuando los rayos del sol atraviesan la lámina de vidrio calentando la superficie oscura del muro calentándolo y almacenando el calor en la masa térmica de este. En la noche, el calor se escapa del muro tendiendo a enfriarse principalmente hacia el exterior. Pero como se encuentra con la lámina de vidrio (es semiopaca a la radiación infrarroja) el calor es entregado al interior del local. Debido a esto la temperatura media diaria del muro es sensiblemente más alta que la media exterior. Si la superficie vidriada es mejorada en su aislamiento térmico (mediante doble o triple vidrio) la pérdida de calor hacia el exterior es mucho menor elevando la temperatura del local a calefactar. Esto permite que mientras en el exterior hay bajas o muy bajas temperaturas el interior del local se encuentre en confort higrotérmico y adecuadamente diseñado y calculado se puede lograr una temperatura constante de 18 o 20°C en el interior de la casa.

En el diseño original, la superficie de captación solar era muy pequeña y había mucha pérdida de calor al ambiente exterior, debido a que la resistencia al paso del calor entre la superficie del colector y el interior es la misma en ambas direcciones.

✓ **El efecto invernadero**

La Tierra, como todo cuerpo caliente, emite radiación, pero al ser su temperatura mucho menor que la solar, emite radiación infrarroja de una longitud de onda mucho más larga que la que recibe. Sin embargo, no toda longitud de onda es mucho más larga que la que recibe. Sin embargo, no toda esta radiación vuelve al espacio, ya que los gases de efecto invernadero absorben la mayor parte. Es decir que grandes cantidades de radiación emitida por la tierra deberían de ser devuelta



hacia el espacio, pero con el efecto invernadero, se queda atrapada incrementando el calentamiento global de la tierra.

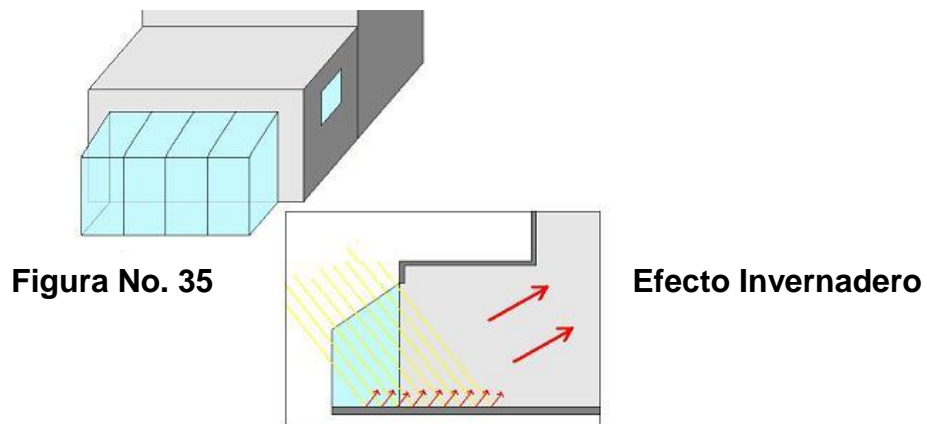
Esta es la misma función que se aplica como una opción más de sistemas de calefacción. Con la creación de espacios cerrado por materiales transparentes (vidrio) permitiendo el contacto de la luz solar con elementos en el interior del ambiente, esta calienta los materiales y estos luego emiten radiación incrementando el calor en el interior del ambiente, mientras más inercia térmica tienen los materiales en el interior más calor se acumulara.



Figura No. 33



Figura No. 34 Radiación directa





✓ **La inercia térmica de los materiales**

Propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe del entorno. Depende de la masa, del calor específico de sus materiales y del coeficiente de conductividad térmica de estos.

Esta propiedad se utiliza en construcción para conservar la temperatura del interior de los locales habitables más estable a lo largo del día, mediante muros de gran masa. Durante el día se calientan, y por la noche, más fría, van cediendo el calor al ambiente del local.

En la Tabla No. 5 se puede observar que de los materiales comunes poseen una gran capacidad calorífica: el agua. Muros de agua, la tierra o suelo seco compactado (adobe, tapia), y piedras densas como el granito junto a los metales como el acero. Éstos se encuentran entre los 500 y 1000 kcal/m³ °C

Tabla No. 5³⁷

INERCIA TÉRMICA DE LOS MATERIALES

Material	Calor específico	Densidad	Capacidad calorífica
	kcal/kg · °C	kg/m ³	kcal/m ³ · °C
Agua	1	1000	1000
Acero	0.12	7850	950
Tierra seca	0.44	1500	660
Granito	0.2	2645	529
Madera de roble	0.57	750	430
Ladrillo	0.20	2000	400
Madera de pino	0.6	640	384
Hormigón	0.16	2300	350
Mortero de yeso	0.2	1440	288
Tejido de lana	0.32	111	35
Poliestireno expandido	0.4	25	10
Poliuretano expandido	0.38	24	9
Fibra de vidrio	0.19	15	2.8
Aire	0.24	1.2	0.29



Luego se encuentra otro grupo que va de 300 a 500 kcal/m³ °C entre los que se ubica la mayoría de los materiales usuales en la construcción actual, como el ladrillo, el hormigón, las maderas, los tableros de yeso roca y las piedras areniscas.

En un último grupo se encuentra (3 a 35 kcal/m³ °C), los aislantes térmicos de masa como la lana de vidrio, las lanas minerales, el poliestireno expandido y el poliuretano expandido que por su “baja densidad” debido a que contienen mucho aire poseen una capacidad calorífica muy baja pero sirven como aislantes térmicos.

Un caso especial es el aire (0,29 kcal/m³.°C; 0,34 W/m³.°C), que sirve como un medio para transportar el calor en los sistemas pasivos pero no para almacenar calor en su interior.

El muro Trombe es uno de los tantos ejemplos del uso de la inercia térmica para calentar un ambiente. (Figura No. 36)

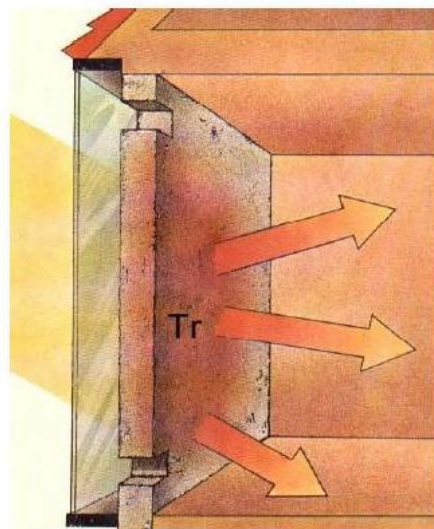


Figura No. 36 Muro Trombe



Un ejemplo de la inercia térmica para ayudar a enfriar un ambiente es **la Chimenea solar.**

Una descripción simple de una chimenea solar, es la de un eje vertical que utiliza energía solar para realizar la ventilación natural del apilado de pisos en un edificio.

Esta chimenea solar permite la circulación del aire a través de un intercambiador de calor geotérmico para proveer refrescamiento pasivo a una casa. (Figura No. 37).

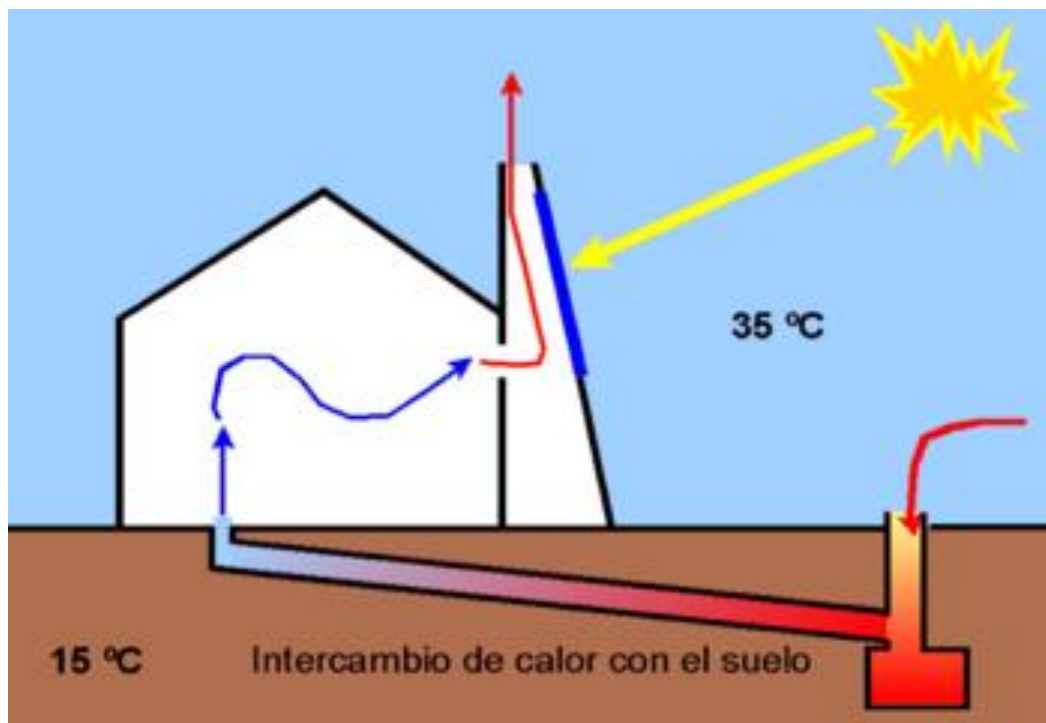


Figura No. 37



c. Producción de energía por medio de placas fotovoltaicas

La capacidad que tiene el Sol para calentar los objetos expuestos a sus rayos es un hecho cotidiano para todos nosotros. Este efecto se produce cuando la radiación electromagnética solar choca con algún objeto y parte de esta radiación se transforma en calor provocando un aumento de temperatura en el objeto en cuestión. En la actualidad son varios los sistemas que aprovechan la energía calórica que aporta el Sol. En todos ellos el principio es siempre el mismo, elevar la temperatura en una sustancia para con dicho calor lograr un efecto determinado; ya sea el calentamiento de agua, de aire o la generación de un movimiento que se pueda transformar en electricidad.

Energía Solar Fotovoltaica¹⁷

Esta aplicación está teniendo un desarrollo importante en la obtención de energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico. Este efecto consiste básicamente en la conversión en electricidad de la energía contenida en los fotones de luz cuando esta incide sobre un panel compuesto por materiales semiconductores.

Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

Las principales aplicaciones, en base a aspectos de rentabilidad económica son:

- Electrificación de casas rurales aisladas o con difícil acceso a la red eléctrica general. Apto para consumos moderados por lo que se deberán emplear electrodomésticos y bombillas de alta eficiencia y tener en cuenta criterios de ahorro energético
- Hogares con acceso a la red eléctrica general. En algunos países las compañías eléctricas están obligadas por ley a comprar la electricidad de origen fotovoltaico a tarifas mucho más altas que las de venta. De esta manera la energía captada se



vende directamente a la red eléctrica a una tarifa alta, mientras se efectúa un consumo normal de la red a una tarifa baja. Así al ingreso obtenido por la venta de la energía se le resta el gasto por consumo de la misma red, quedando siempre un saldo positivo. Se consigue una amortización de la instalación en pocos años, a partir de los cuales se produce un beneficio económico neto.

-Bombeo de aguas subterráneas para riego- Consiste básicamente en el empleo de paneles fotovoltaicos para alimentar la bomba convencional extractora de aguas subterráneas, quizá la opción más rentable de esta tecnología, ya que se utilizan pocos componentes y el uso puede ser muy prolongado en el tiempo.

- Componentes electrónicos aislados de la red eléctrica general, como son balizas de señalización, repetidores, antenas de radio.

- Grandes centrales fotoeléctricas- Centrales dotadas de espacios dedicados a la captación de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos. Éstos están dispuestos sobre soportes con seguimiento solar que logran que la posición del panel sea siempre la óptima para la captación de la energía solar.

Mediante colectores solares, la energía solar puede transformarse en energía térmica, y utilizando paneles fotovoltaicos la energía luminosa puede transformarse en energía eléctrica. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí en cuanto a su tecnología. Asimismo, en las centrales térmicas solares se utiliza la energía térmica de los colectores solares para generar electricidad.

Panel fotovoltaico¹⁷

Los **módulos fotovoltaicos** o **colectores solares fotovoltaicos** (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen



electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. La potencia máxima que puede suministrar un módulo se denomina potencia pico.

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

Cristalinas:

Monocrystalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular o hexagonal).

- Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Su efectividad es mayor, cuanto mayores son los cristales, pero también su peso, grosor y coste. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 1%, sin embargo su coste y peso es muy inferior.

Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos¹⁸



PROCESO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Figura No. 38



PANEL FOTOVOLTAICO¹⁷

Figura No. 39

En primer lugar la luz solar incide en los paneles ó módulos fotovoltaicos formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma (con un rendimiento aproximado del 18%), la luz solar en energía continúa de 12 V.

Posteriormente esa electricidad debe acumularse en una batería para disponer de energía durante periodos nocturnos ó de poca irradiación solar (días nublados, o con niebla).

Entre los paneles solares y la batería es necesario incluir un regulador de carga de modo que cuando la batería esté cargada (por medida de su tensión) el regulador cierre el aporte de energía desde los paneles solares a la batería, para impedir la sobrecarga de ésta y por consiguiente el acortamiento de su vida útil.



Finalmente, la energía acumulada por la batería (en forma de corriente continua) puede emplearse como tal en luminarias y otros equipos, si bien lo más habitual es transformar, por medio de un inversor, la corriente continua en alterna a 110, pudiendo entonces alimentar equipos como televisores, lavadoras, refrigeradoras, que trabajan con corriente alterna, y que son habituales e imprescindibles para la vida diaria.

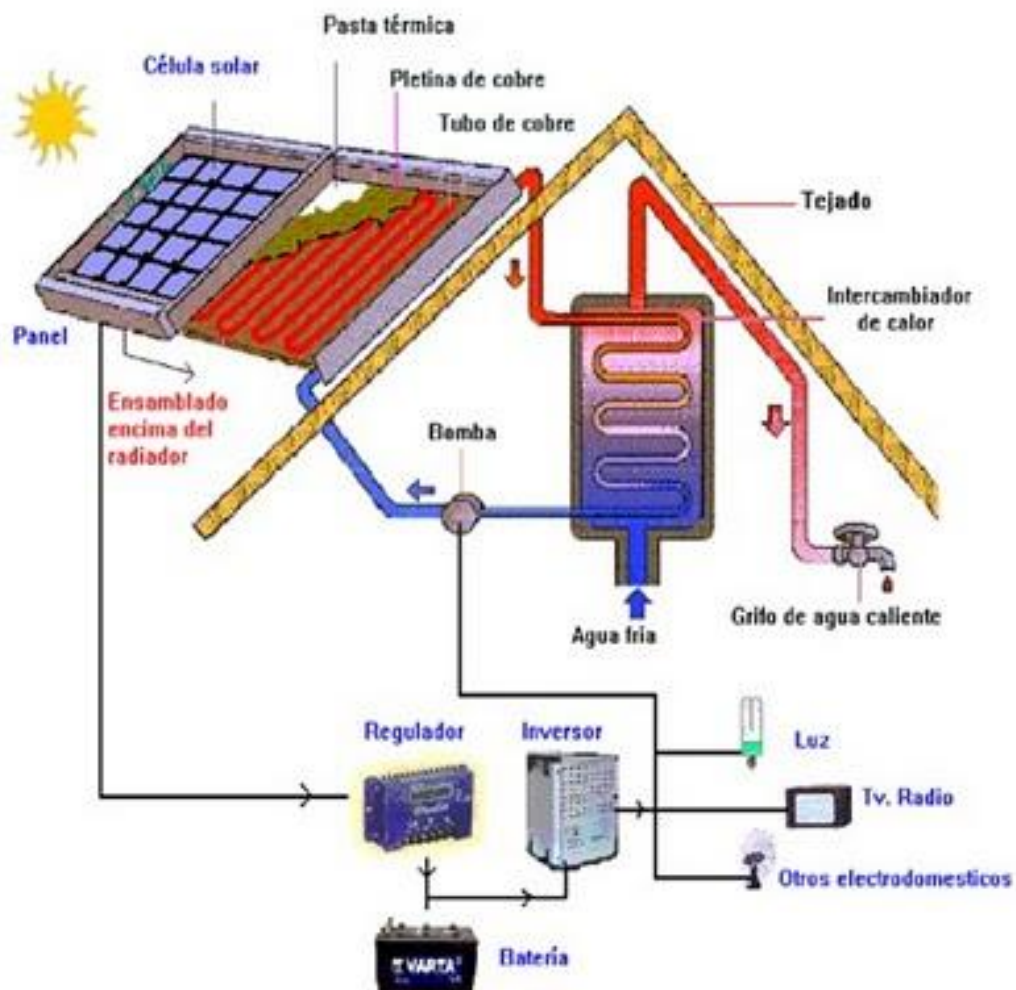


Figura No. 40



Paneles Fotovoltaicos

Se basa en el principio de que la energía contenida en las partículas de luz (los fotones) puede ser convertida en electricidad, a través del denominado proceso de conversión fotovoltaica. Los Módulos o paneles fotovoltaicos están formados por varias células fotovoltaicas conectadas entre si de forma que producen una corriente eléctrica.

1. Módulos o paneles fotovoltaicos

Están formados por varias células fotovoltaicas conectadas entre sí de forma que producen una corriente eléctrica de una intensidad y voltaje determinados. Las células suelen estar hechas de silicio, que puede ser mono o policristalino. El primer tipo es más eficiente.

2. Regulador de carga

Impide que las baterías se sigan cargando cuando ya han alcanzado su nivel máximo. Si se sobrecargan se pueden calentar peligrosamente y se acorta su vida útil.

- Evita el retorno de la carga de la batería a los paneles.
- Si la batería estuviese cargada, pasaría la corriente al sistema de consumo y sino tuviésemos consumo, la disiparía en forma de calor.

3. Baterías

Acumulan la energía producida para que esté disponible durante la noche y en los días nublados. Se recomienda que:

- Semanalmente, vigile que el nivel de carga no exceda demasiado.
- Controle el nivel de líquido y rellénelas con agua destilada o ionizada.

Para que el sistema funcione bien, las baterías deben tener una capacidad algo superior a las necesidades estimadas.

4. Inversor de corriente continua (DC) o corriente alterna (AC)

Adapta la corriente generada por los paneles, que es continua, a la utilizada por los electrodomésticos y los motores. Cuanto más alta es la potencia del



inversor, mayor es su precio. Por eso, conviene elegir electrodomésticos de Serie A (bajo consumo).

5. Iluminación

Cuando sólo se necesite iluminación, se puede prescindir del inversor porque hay lámparas que funcionan con corriente continua.

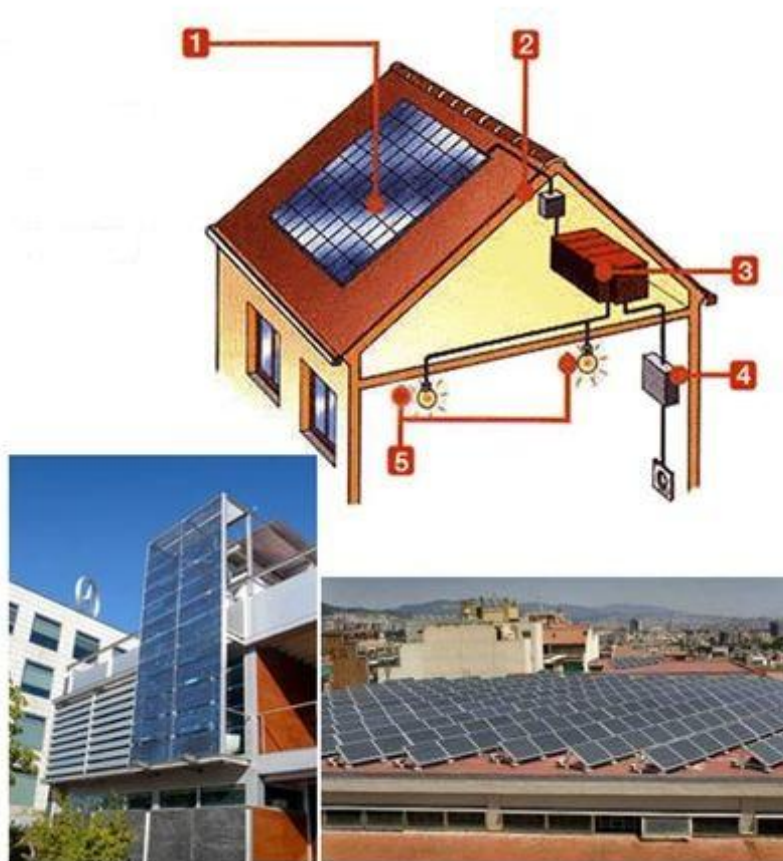
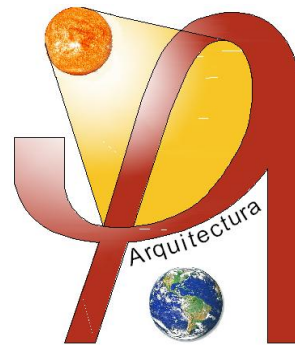


Figura No. 41



Capítulo 3

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



EL CONFORT



EL CONFORT

a. Principios del confort ambiental³²

La definición de confort nos dice que es aquello que produce bienestar y comodidades. Cualquier sensación agradable o desagradable que sienta el ser humano le impide concentrarse en lo que tiene que hacer. La mejor sensación global durante la actividad es la de no sentir nada, indiferencia frente al ambiente. Esa situación es el confort. Al fin y al cabo, para realizar una actividad el ser humano debe ignorar el ambiente, debe tener confort.

La palabra proviene del francés *confort*, y ésta, a su vez, del inglés *comfort*. Esto nos indica claramente que los primeros que empezaron a disfrutar de ese bienestar fueron los pueblos de habla anglosajona que fueron extendiéndola. No significa esto que en los demás pueblos del mundo no se viviera bien sino que, dado que la Revolución Industrial comenzó en el Reino Unido, fue este pueblo quien antes pudo disfrutar de ese refinamiento del bienestar que es a lo que verdaderamente se refiere la palabra pues fue el que primero que se preocupó por él.

Veremos cómo en la sensación de confort de un ambiente influyen simultáneamente los estímulos recogidos por todos los sentidos, además de otros factores a veces muy difícilmente reconocibles. A pesar de ello, clásicamente se ha analizado por separado el confort dependiente de cada sentido y es curioso cómo aquel que en principio es menos "informativo" a nivel consciente (el sentido criostésico: Sentido térmico que ayuda a regular la temperatura del cuerpo), resulta ser más importante a nivel de confort que los otros (vista y oído).



Antes de empezar con el análisis del confort de cada uno de los sentidos, deberemos distinguir claramente cuáles son los dos tipos de agente que influyen en este confort:

Parámetros del confort del ambiente³²

Son manifestaciones energéticas, que expresan las características físicas y ambientales de un espacio habitable, independientemente del uso del espacio y de sus ocupantes. Estos parámetros pueden ser **específicos** de cada uno de los sentidos (térmicos, acústicos o visuales), y ello permitirá que, en muchos casos, se puedan "*calcular*" con unidades físicas ya conocidas (grado centígrado, decibelios, lux.), al ser simplemente unidades de medida de las condiciones energéticas que se producen en un ámbito determinado. Otro tipo de parámetros son los **generales**, que afectan a todos los sentidos a la vez, como las dimensiones del espacio, el tiempo.

Factores de confort del usuario³²

Son condiciones exteriores al ambiente que influyen sobre la apreciación de éste. Un mismo espacio, con idénticos parámetros de confort, puede tener respuestas muy distintas según las condiciones de sus usuarios. Estas condiciones personales se clasificarán en distintos grupos, según se traten de: condiciones **biológico-fisiológicas** (herencia, sexo, edad.), condiciones **sociológicas** (tipo de actividad, educación, ambiente familiar, moda, tipo de alimentación.) y condiciones **psicológicas** de cada uno de los usuarios.

El confort de un ambiente, en cada uno de los casos, dependerá tanto de sus parámetros objetivos como de los factores de los usuarios. La tarea básica del arquitecto es el diseño de los ambientes habitables; su trabajo se realizará sobre



los parámetros de confort, pero necesitará un buen conocimiento de la influencia de los factores para saber la repercusión real de sus decisiones.

b. Confort visual³²

La comodidad visual depende, como es lógico en un sentido básicamente informativo, de la facilidad de nuestra visión para percibir aquello que le interesa. En este sentido, el primer requerimiento será que la cantidad de luz (iluminancia) sea la necesaria para que nuestra agudeza visual nos permita distinguir los detalles de aquello que miramos. De acuerdo con esto, el primer "parámetro" es la **iluminancia (lx)**, con valores recomendables que varían según las circunstancias y las condiciones de deslumbramiento (que será el segundo parámetro que se deberá considerar en el confort visual).

Luminancia

En Fotometría, la **luminancia** se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada.

(Ver Figura No. 42)

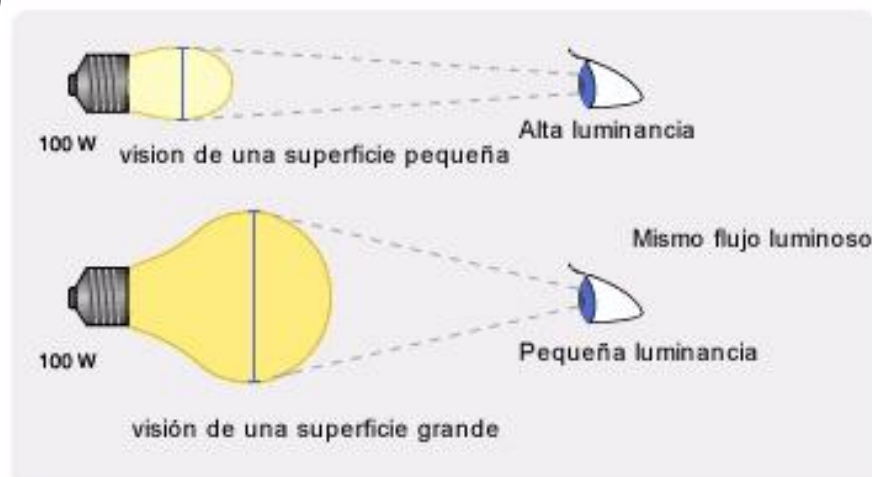


Figura No. 42



Deslumbramiento¹⁹

Considerado como "*parámetro de confort*", es el efecto molesto para la visión debido a un excesivo contraste de luminancias en el campo visual. En general, este efecto se debe a que existe una pequeña superficie de mucha claridad (luminancia) en un campo visual con un valor medio bastante más bajo, normalmente a causa de la presencia de una luminaria o de una ventana.

Se distinguen fisiológicamente dos tipos de deslumbramientos: denominamos por velo al que produce un punto luminoso sobre un fondo muy oscuro, como una farola o una estrella en la noche, al penetrar en el ojo el rayo de luz y producirse una cierta difusión del mismo en el humor vítreo, que hace que veamos el punto luminoso envuelto de un velo o de rayos formando una cruz o estrella. Otro tipo, llamado deslumbramiento por adaptación, es más importante en el diseño arquitectónico, se produce al adaptarse el ojo a la luminancia media de un campo visual donde hay valores muy variables de ésta, con extremos que quedan fuera de la capacidad de adaptación visual y que, por lo tanto, no se ven.

Otra distinción de los tipos de deslumbramiento se puede hacer al considerar la incidencia en el ojo del rayo de luz excesivo. Se considera **deslumbramiento directo** el que incide en la fovea, que también se llama "*incapacitante*", ya que no permite ver prácticamente nada. Si la incidencia se da en el resto de la retina, se considera **deslumbramiento indirecto**, que puede perturbar la visión sin impedirla, y se llama también "*molesto o perturbador*". También es necesario considerar que, en muchos casos, esta misma denominación (directo/indirecto) se utiliza para definir y distinguir los deslumbramientos producidos por una fuente de luz, bien directamente, bien por reflexión en una superficie brillante (como puede ser una mesa recubierta con un cristal).

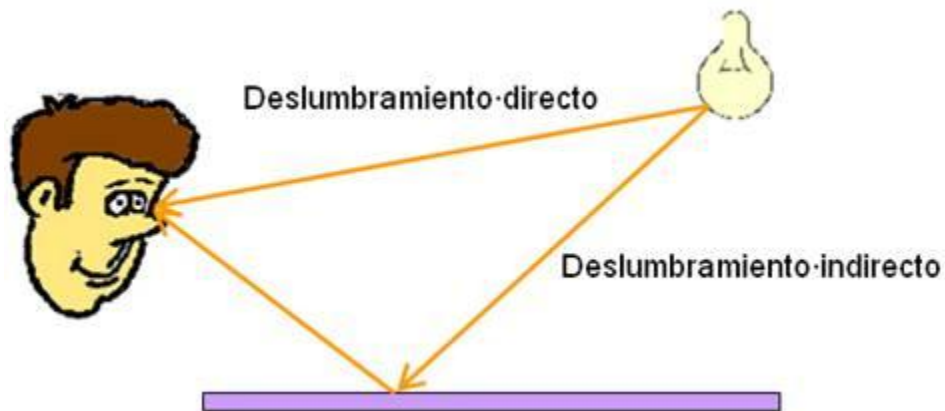


Figura No. 43

c. Confort Acústico¹⁹

El confort acústico acostumbra a asociarse únicamente a la existencia de un ruido molesto. A pesar de que debemos entender como ruido la definición más amplia de este concepto (todo sonido no deseado), existen también otros factores acústicos que son importantes por su influencia en el confort.

En realidad, debemos plantear, antes del problema del ruido, cuáles son las propiedades acústicas de un espacio y su respuesta al sonido que en él se produce, incluyendo su **tiempo de reverberación**. También se debe considerar el tipo de sonido, con su **nivel** en dB y su **espectro**, o sea la repartición energética para las diferentes frecuencias y su variación en el tiempo. Por último, consideramos el contenido informativo del sonido (si lo tiene) y en consecuencia, si es un sonido deseado o no.

Clásicamente, se distinguen como tipos de ruidos:



Según su nivel:

1. Destructores: cuando tienen más de 95-100 db y afectan físicamente el sentido del oído de manera permanente,
2. Excitantes: cuando tienen entre 50-90 db y 95-100 db, muy molestos pero sin llegar a causar lesiones permanentes,
3. Irritantes: para niveles inferiores, donde se produce molestia por el hecho de ser sonidos indeseados.

Según su repercusión

Distinguiendo los sonidos que molestan:

1. Por su nivel: según los dos primeros tipos del párrafo anterior, de los que lo hacen
2. Por su tipo: claramente sonidos no deseados y que normalmente tienen su origen en sonidos informativos que no nos interesan para nada y que podríamos llamar "*de información sobrante*".

Finalmente, existen los sonidos "*de enmascaramiento*", que nos molestan porque no nos dejan oír aquello que queremos percibir. Estos son a menudo sonidos de información sobrante, pero pueden ser simplemente el resultado de pérdidas acústicas de motores, vehículos, sonidos que podríamos llamar de "*contaminación o escoria acústica*".

Según el carácter

Al ser muy difícil la clasificación de los ruidos según su carácter, lo que se hace normalmente es prescindir de su composición y clasificarlos según su nivel y su distribución temporal.



Desde este punto de vista, se debe tener presente cómo la molestia del ruido depende en gran medida de su constancia en el tiempo, hasta el punto de que, a menudo, es más molesto un ruido discontinuo que uno constante, que llega a convenirse en un ruido de fondo del cual perdemos consciencia de su presencia. Debido a ello, normalmente se valora el ruido en el tiempo distinguiendo el "*ruido punta*" que sólo se produce en intervalos pequeños de tiempo, del "*ruido de fondo*", que es prácticamente constante todo el tiempo. Los valores en dB de los dos tipos, y especialmente su diferencia, son lo que nos informa mejor de la molestia producida.

d. Confort Climático²⁷

Calidad del aire

La calidad del aire es una forma de medir las condiciones del aire en espacios interiores. El dióxido de carbono es una magnitud objetiva para determinar la calidad del aire. El ser humano respira este gas incoloro e inodoro que se muestra más activo en proporción directa con la edad y la corpulencia. La concentración de dióxido de carbono al aire libre oscila entre 360 ppm (parts per million) en áreas de aire limpio y 700 ppm en las ciudades. El valor máximo recomendado para los interiores es de 1.000 ppm y el valor límite para oficinas es de 1.500 ppm. Hay que tener mucha precaución ya que este valor límite se alcanza con cierta facilidad. Por ejemplo, en una oficina de 25 metros cuadrados en la que trabajan cuatro adultos y que ha sido recién ventilada, la concentración de dióxido de carbono asciende a 2.000 ppm una hora después de haber cerrado las ventanas aislantes. Las fuentes de contaminación atmosférica derivadas de la actividad humana pueden agruparse en tres grandes sectores:



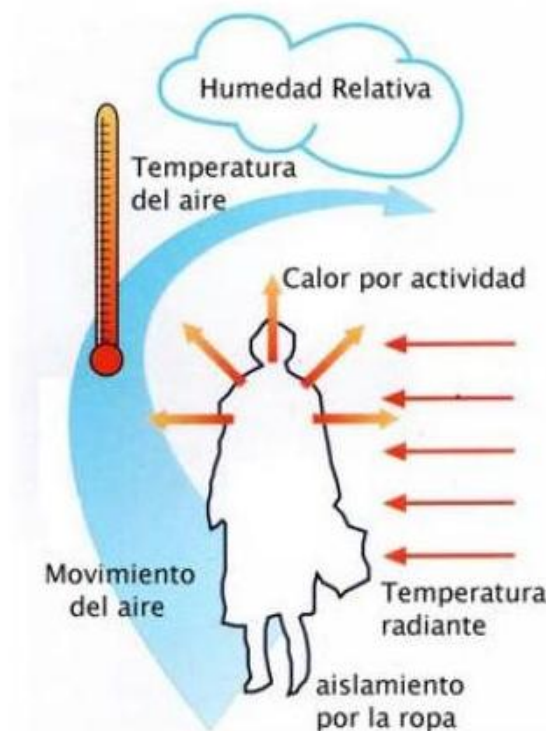
Doméstico, por la emisión de contaminantes procedentes de la combustión en preparación de alimentos.

Transporte, principalmente por carretera, aunque también existen otros tipos de transporte (marítimo, aéreo...) que contribuyen igualmente a la emisión de contaminantes.

Industrial, en general y en especial aquéllas con procesos de combustión.

Confort térmico²⁷

Intervienen los complejos fenómenos energéticos de intercambio de energía entre el cuerpo y el ambiente. El ser humano, como animal de sangre caliente, mantiene una temperatura interior constante frente a las variaciones exteriores y usa para ello los mecanismos de regulación conocidos como "homeóstasis". (Figura No. 44)



Principales factores y parámetros que afectan el confort térmico

Figura No. 44



El cuerpo produce energía a partir de los alimentos, por procesos metabólicos (oxidación de grasas), que hacen funcionar los distintos órganos del cuerpo y sirven para fabricar tejidos. En general, el consumo de energía es proporcional al peso de la persona y depende de su grado de actividad.

Cuando se realiza un trabajo, un 20% de la energía usada se transforma en

trabajo mecánico, mientras que el resto se transforma en calor.

Esta producción de calor compensa las pérdidas que tenemos hacia el exterior, y mantiene estable la temperatura, que es lo que da sensación de confort. Si el equilibrio no existe, al aumentar o disminuir la temperatura interna, se produce una sensación de molestia.

La disipación de calor se produce en gran parte por la piel, mediante el proceso de conducción-convección del aire y el de radiación, todo ello **calor sensible** juntamente con la mayor temperatura del aire espirado en relación al inspirado. Además, también existe la eliminación de calor por evaporación mediante la transpiración y con el agua eliminada en la respiración, que es **calor latente**.

Estos sistemas de eliminación de energía están gobernados por la homeostasis, que permite que el cuerpo regule la producción de calor y su pérdida para mantener el equilibrio. Estos órganos actúan modificando el flujo sanguíneo, el metabolismo, la cantidad de transpiración y el ritmo respiratorio.

De acuerdo con estos sistemas de eliminación de energía del cuerpo humano, los "*parámetros térmicos*" de un ambiente serán los que influyen sobre los mismos, o sea:



1. Temperatura del aire que envuelve el cuerpo, que regula la cesión de calor por conducción-convección y por respiración.
2. Temperatura de radiación, media ponderada de las superficies que envuelven el cuerpo, que influye sobre los intercambios radiantes.
3. Humedad relativa del aire, que modifica las pérdidas por evaporación de transpiración y la humedad cedida con la respiración.
4. Velocidad del aire respecto al cuerpo, influyente en la disipación por convección y en la velocidad de evaporación de la transpiración.

La acción de los cuatro parámetros es conjunta, aunque actúen sobre mecanismos hasta cierto punto diferentes. La sensación global del cuerpo puede ser independiente de que un mecanismo determinado o una parte del cuerpo concreta esté recibiendo una percepción contraria al efecto conjunto. Este hecho hace que, hasta cierto punto, se puedan compensar sensaciones exageradas y que cualquier evaluación de las cualidades térmicas de un espacio deba tener en cuenta obligatoriamente los cuatro parámetros a la vez.

Respecto a los "*factores de confort térmico*", el más importante es el **grado de actividad** que, influye directamente sobre el metabolismo. También es muy importante el **tipo de vestido**, barrera térmica que influye sobre todo por su resistencia térmica, pero también por su comportamiento al paso de la humedad. En sentido estadístico, influyen **la edad, el sexo y la educación**, dependiendo además todos ellos, del grado de **habitación** a unas determinadas circunstancias climáticas. En este mismo sentido también influye la **situación geográfica** (más resistencia al frío en los países de clima más frío) y la **época del año**, donde a temperaturas iguales corresponden sensaciones diferentes (el frío se nota más en verano), quizás debido a la variación del ritmo vital según las estaciones, hecho que se acusa más en las personas que viven al aire libre.



e. Confort Global²⁷

Al considerar el confort de un ambiente se deberán tener en cuenta simultáneamente los estímulos que llegan al ocupante por los diferentes sentidos y especialmente, desde el punto de vista arquitectónico, por la vista, el oído y el sentido criostésico. Está demostrado que existen influencias de distintos tipos entre las percepciones de los diferentes sentidos, por lo que el análisis independiente puede llevar a errores graves en la valoración de la comodidad de un espacio determinado.

Por otra parte, en muchos casos, no existe una distinción clara entre sensación y percepción. Aunque la consciencia de la reacción que nos provoca un estímulo no significa que cambie nuestra sensación, en muchos casos existen reacciones claramente provocadas por el "*conocimiento*" de la presencia del estímulo, hecho que se debería tener en cuenta. Este tipo de reacciones o por el "*conocimiento*" pueden seguir leyes de respuesta comunes para los diferentes sentidos.

Sensación Térmica

La **sensación térmica** es la sensación aparente que las personas tienen en función de los parámetros que determinan el ambiente en el que se mueven, que son:

- Temperatura seca
- Temperatura radiante media o temperatura de bulbo negro.
- Temperatura húmeda o humedad relativa del aire.
- Velocidad del aire.

Así como en función de sus parámetros personales:

- Índice metabólico, el calor producido por el cuerpo.



- Índice de indumento, abrigo que proporciona la ropa.
- Índice de Zaiden, abrigo que proporciona la cantidad de grasa del cuerpo.

En qué consiste

Consiste en un número determinado de números organizados en una tabla a la que se le da diferentes colores según su densidad; la sensación térmica depende de la relación entre el calor que produce el metabolismo del cuerpo y el que disipa hacia el entorno. Si es mayor el primero, la sensación es de calor; si es mayor el segundo, la sensación es de frío. Todo mecanismo que aumente las pérdidas de calor del cuerpo, dará sensación de frío y al contrario.

El cuerpo humano desnudo tiene posibilidades de regular la emisión del calor para temperaturas ambientales comprendidas entre 15 y 30 °C. Por encima y por debajo tiene que hacer algo. Se pueden modificar los parámetros que determinan tanto la producción, como las pérdidas de calor. Y esto de dos maneras:

- Por la persona:

En el caso de la producción, se aumenta la cantidad principalmente por el ejercicio que se hace o por razones morfológicas de la persona (índice metabólico); por ejemplo, en un día frío, 25 personas corren por un campo de fútbol en camiseta y pantalón corto (y además sudan copiosamente), mientras que en las gradas se apiñan 20 000 espectadores abrigados y pasando frío.

En cuanto a las pérdidas se pueden reducir abrigándose con ropa (índice de indumento).



- Por el ambiente:

En un día cálido puede mejorarse la sensación térmica mediante un ventilador, que aumenta la velocidad del aire alrededor del cuerpo. La velocidad del aire aumenta las pérdidas por convección del cuerpo y también la evaporación del sudor, con lo que estas pérdidas aumentan cuanto mayor sea la velocidad del aire.

La sensación térmica también puede ser de mayor temperatura cuando al calor se le añade una alta humedad relativa, ya que la evaporación del sudor es el principal medio para disipar el calor corporal y, la humedad ambiental alta dificulta esta evaporación, por lo que se tiene sensación de más calor.

En los locales, la radiación de unas paredes a mayor temperatura que el ambiente puede hacer que, teniendo una temperatura del aire relativamente baja, se tenga una sensación de que hace más calor.

Por eso, para que los muros ya estén a temperatura adecuada cuando las personas ocupen los locales, es recomendable tener conectadas con antelación la refrigeración o la calefacción.

Índices de comodidad térmica: Para definir la sensación de comodidad térmica, teniendo en cuenta los parámetros anteriores, se utiliza una serie de índices, los cuales toman el nombre de *temperaturas*, para asimilarlas a un parámetro que todos conocen.

- **Temperatura Equivalente.**
- **Temperatura Resultante.**
- **Temperatura Efectiva o Temperatura Efectiva Nueva.**
- **Índice Zaiden o Temperatura de acuerdo a la escala Zaiden.**

Normalmente se expresan en grados centígrados (Celsius).



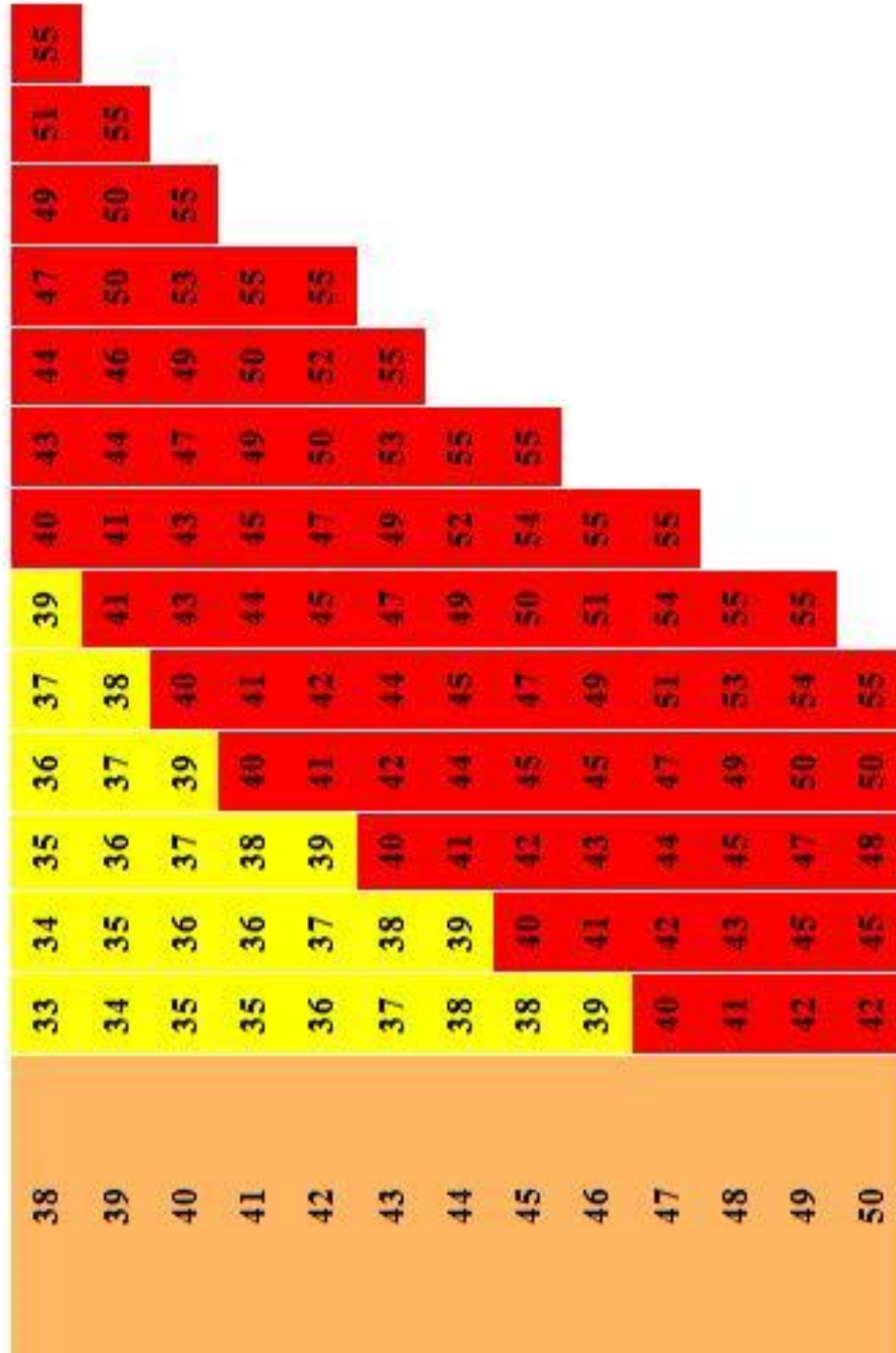
Sensación térmica por viento y frío (tabla No. 6)

Viento en nudos	Viento en km/h	Temperatura (°C)																																			
		Calma	10	7,5	5	2,5	0	-2,5	-5	-7,5	-10	-12,5	-15	-17,5	-20	-22,5	-25	-27,5	-30	-32,5	-35	-37,5	-40	-42,5	-45	-47,5	-50										
Calma	10	7,5	5	2,5	0	-2,5	-5	-7,5	-10	-12,5	-15	-17,5	-20	-22,5	-25	-27,5	-30	-32,5	-35	-37,5	-40	-42,5	-45	-47,5	-50	-52,5	-55	-57,5	-60	-62,5	-65	-67,5					
3-6	8	7,5	5	2,5	0	-2,5	-5	-7,5	-10	-12,5	-15	-17,5	-20	-22,5	-25	-27,5	-30	-32,5	-35	-37,5	-40	-42,5	-45	-47,5	-50	-52,5	-55	-57,5	-60	-62,5	-65	-67,5					
7-10	16	5	2,5	-5	-7,5	-10	-12,5	-15	-17,5	-20	-22,5	-25	-27,5	-30	-32,5	-35	-37,5	-40	-42,5	-45	-47,5	-50	-52,5	-55	-57,5	-60	-62,5	-65	-67,5	-70	-72,5	-75	-77,5				
11-15	24	2,5	0	-5	-7,5	-10	-12,5	-15	-17,5	-20	-22,5	-25	-27,5	-30	-32,5	-35	-37,5	-40	-42,5	-45	-47,5	-50	-52,5	-55	-57,5	-60	-62,5	-65	-67,5	-70	-72,5	-75	-77,5				
16-19	32	0	2,5	7,5	10	12,5	17,5	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60	62,5	65	67,5	70	72,5	75	77,5	80	82,5	85	87,5			
20-23	40	0	-5	-7,5	-10	-12,5	-15	-17,5	-20	-22,5	-25	-27,5	-30	-32,5	-35	-37,5	-40	-42,5	-45	-47,5	-50	-52,5	-55	-57,5	-60	-62,5	-65	-67,5	-70	-72,5	-75	-77,5	-80	-82,5	-85	-87,5	
24-28	48	2,5	-5	-10	-12,5	-15	-17,5	-20	-22,5	-25	-27,5	-30	-32,5	-35	-37,5	-40	-42,5	-45	-47,5	-50	-52,5	-55	-57,5	-60	-62,5	-65	-67,5	-70	-72,5	-75	-77,5	-80	-82,5	-85	-87,5		
29-32	56	2,5	7,5	10	12,5	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60	62,5	65	67,5	70	72,5	75	77,5	80	82,5	85	87,5			
33-36	64	2,5	7,5	10	12,5	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60	62,5	65	67,5	70	72,5	75	77,5	80	82,5	85	87,5			
Vientos superiores a los 64 km/h producen un peligroso efecto adicional		PELIGROSO												MUY PELIGROSO												EXTREMADAMENTE PELIGROSO											
		Las partes del cuerpo expuestas al viento se pueden congelar en 1 minuto												Las partes del cuerpo expuestas al viento se pueden congelar en 30 segundos												Las partes del cuerpo expuestas al viento se pueden congelar en 30 segundos											
		PELIGRO DE CONGELACIÓN DEL CUERPO HUMANO EXPUESTO AL VIENTO SIN LA APROPIADA VESTIMENTA																																			



Sensación térmica por humedad y calor (tabla No. 7)

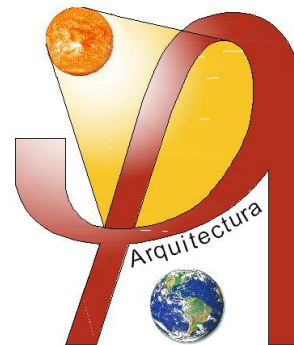
TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)																					
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
20	16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21
21	18	18	18	19	19	19	19	20	20	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	22	22	23
22	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	23	23	24
23	20	20	20	21	21	22	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	25	25
24	21	21	22	22	22	22	23	23	23	24	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	26
25	22	23	23	23	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28
26	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	29	29	30
27	25	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	31	33
28	26	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	33	34	34	36
29	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31	33	34	35	35	37	37	38	40
30	27	27	28	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32	33	34	35	36	37	39	40	41	45
31	28	28	29	29	29	30	30	31	31	33	33	34	35	35	37	39	40	41	45	45	45	50
32	29	29	29	29	30	31	31	33	33	34	35	36	37	39	40	42	44	45	51	51	51	55
33	29	29	30	30	31	33	33	34	34	35	36	38	39	42	43	45	49	49	53	53	54	55
34	30	30	31	31	32	34	34	35	36	37	38	41	42	44	47	48	50	52	55	55	55	55
35	31	32	32	32	33	35	35	37	37	40	40	44	45	47	51	52	55	55	55	55	55	55
36	32	33	33	34	35	36	37	39	39	42	43	46	49	50	54	55	55	55	55	55	55	55
37	32	33	34	35	36	38	38	41	41	44	46	49	51	55	55	55	55	55	55	55	55	55





Capítulo 4

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



**ARQUITECTURA BIOCLIMATICA Y
ARQUITECTURA SUSTENTABLE**



Arquitectura bioclimática

Conceptos básicos¹⁴

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

Una vivienda bioclimática puede conseguir un gran ahorro e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad. Aunque el coste de construcción puede ser mayor, puede ser rentable, ya que el incremento de la vivienda se compensa con la disminución de los recibos de energía.

El aprovechamiento de la energía solar por medio de elementos pasivos no es otra cosa que la recuperación de la planificación y la construcción acordes con el clima. Los fundamentos de la construcción con arreglo al sol coinciden simplemente con las leyes físicas de radiación, captación, acumulación y distribución del calor. Los ejemplos históricos -surgidos en una época sin una oferta excesiva de medios auxiliares técnicos- ya nos muestran en muchas ocasiones aquellos principios que desgraciadamente hemos olvidado y que nos esforzamos ahora por descubrir de nuevo como el aprovechamiento pasivo de la energía solar.

1. El diseño bioclimático o arquitectura bioclimática ha existido siempre, razón por la que algunos autores consideran que es un término redundante, pues toda arquitectura debe ser, por naturaleza, esencialmente bioclimática. Sin embargo, lamentablemente eso no pasa de ser una declaración de principios que, por diversas razones, no siempre se ha cumplido en la práctica.



2. El término diseño bioclimático o arquitectura bioclimática sí es relativamente reciente. Según la definición de Serra (1989), «la palabra bioclimática intenta recoger el interés que tiene la respuesta del hombre, el BIOS, como usuario de la arquitectura, frente al ambiente exterior, el clima, afectando ambos al mismo tiempo la forma arquitectónica». Por tanto, se trata de optimizar la relación hombre-clima mediante la forma arquitectónica.

La Arquitectura Solar Pasiva, también conocida como *bioclimática* incluye el modelado, selección y uso de una correcta tecnología solar pasiva, que mantenga el entorno de una vivienda a una temperatura agradable, por medio del Sol, durante todos los días del año. Como resultado, se minimiza el uso de la tecnología solar activa, las energías renovables y sobre todo, las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

La arquitectura solar pasiva es sólo una pequeña parte del diseño de edificios energéticamente eficientes, que a su vez, es otra parte del diseño sostenible, aunque estos términos a menudo se utilicen erróneamente como sinónimos. (la arquitectura solar pasiva no se relaciona con conceptos como ventilación, enfriamiento por evaporación, o análisis de ciclo vida).

Un Poco de Historia

Lo que hoy denominamos *sistemas solares pasivos de calefacción* o Arquitectura bioclimática, se utilizaron por primera vez en Grecia hace 2500 años. La fundación sistemática de ciudades por los griegos y la casa residencial estaban orientadas cuidadosamente según los puntos cardinales y diseñadas con el objetivo de garantizar, tanto en verano como en invierno, condiciones micro climáticas óptimas y un clima confortable en el interior.



Unos cuantos siglos más tarde, en Roma, se utilizaba la energía solar para calefactar villas y casas de baños. Los griegos y los romanos ya estaban obligados a aplicar el sol como proveedor de calor para atenuar las crisis energéticas de su época. La utilización de leña para la combustión condujo a que se deforestaran muchas regiones y a que, por ello, se produjeran graves daños ambientales.



Figura No. 45

Casa diseñada por G-F Keck (Chicago, 1940)

En el año 1940, el arquitecto Georg-Fred Keck diseñó la que hoy se considera la primera casa solar pasiva moderna, (Sloan House) en Chicago. Keck había diseñado una casa totalmente acristalada para la exposición Siglo del Progreso y se maravilló al comprobar que, en los días soleados de invierno, la temperatura era muy agradable en el interior, incluso antes de haberse instalado la calefacción. Se edificaron otras casas solares también en ese decenio, pero la utilización pasiva de la energía solar no halló una aceptación o valoración amplia.

En el último decenio, sin embargo, la necesidad de buscar una alternativa para el petróleo y el gas natural, ha dirigido el interés nacional sobre la calefacción solar también en muchos países europeos.

La luz solar como fuente de energía solar térmica es uno de los pilares de la Arquitectura Bioclimática que utiliza los recursos solares combinados con



parámetros de diseño y elección de materiales para conseguir el máximo confort ambiental con el menor consumo de energía.

El coste de la instalación de este tipo de energía no resulta elevado (puede suponer un 10% de sobrecoste en la instalación) y se amortiza en poco tiempo debido al gran ahorro energético que supone (hasta un 70% durante su vida útil). Es la energía renovable con menor impacto en el medioambiente.

En el horizonte del año 2018 se proyecta duplicar la utilización de la energía solar pasiva y se sigue investigando a todos los niveles para su futuro desarrollo y aplicación en los edificios.

Configuraciones físicas²⁵

Se denomina un sistema solar pasivo a aquel en el que el flujo de energía calorífica se efectúa por medios naturales, es decir, por medio de radiación, conducción térmicas y convección natural. Los sistemas pasivos se distinguen de los activos por la falta de bombas mecánicas o ventiladores, que se necesitan para mantener el flujo de un fluido intercambiador de calor por vía forzada. Muchas veces los elementos del sistema tienen una gran vinculación con los elementos arquitectónicos pudiendo desempeñar varias funciones a la vez. Por ejemplo, una ventana orientada al sur, sirve para captar calor, y al mismo tiempo proporciona vista al exterior, iluminación natural y aireación (regulación). También los muros del edificio sirven tanto para la acumulación del calor como de construcción soportante.



Ganancia solar directa

La luz solar que entra en el espacio a calentar, es transformada en calor en las superficies absorbentes y es dispersada hacia distintas superficies delimitantes y volúmenes espaciales. La ganancia solar directa implica la utilización de ventanas, claraboyas y persianas para controlar la cantidad de radiación solar directa que llega al interior de una vivienda. El uso de ventanas soleadas combinadas con suelos de gran masa, es un ejemplo sencillo de esta utilización.

Tradicionalmente, estos sistemas de ganancia solar directa no han sido bien considerados, sobre todo por el elevado coste que tenían los cristales bien aislados térmicamente, con valores-R comparables al aislamiento de los muros. Esto está cambiando radicalmente en Europa, donde se desarrollan ventanas superaislantes que ayudan a implementar el estándar alemán de casa solar pasiva.



Figura No. 46



Figura No. 47

Ganancia solar indirecta

La ganancia solar indirecta es la que se obtiene a través de la piel del edificio, que ha sido diseñada con una masa térmica (como un tanque de agua o un muro sólido recubiertos por un cristal). El calor acumulado por esta masa es cedido al interior del edificio indirectamente por conducción o convección. Ejemplos de esta técnica son: el muro trombe, paredes de agua, o la instalación de pequeños estanques sobre un tejado. La cubierta ajardinada también es un ejemplo representativo.

En la práctica, a estos sistemas se les suele criticar el que sean difíciles de controlar, además del alto precio de los cristales aislantes.



Figura No. 48 cubierta ajardinada



Figura No. 49 Aplicación de Muro Trombe

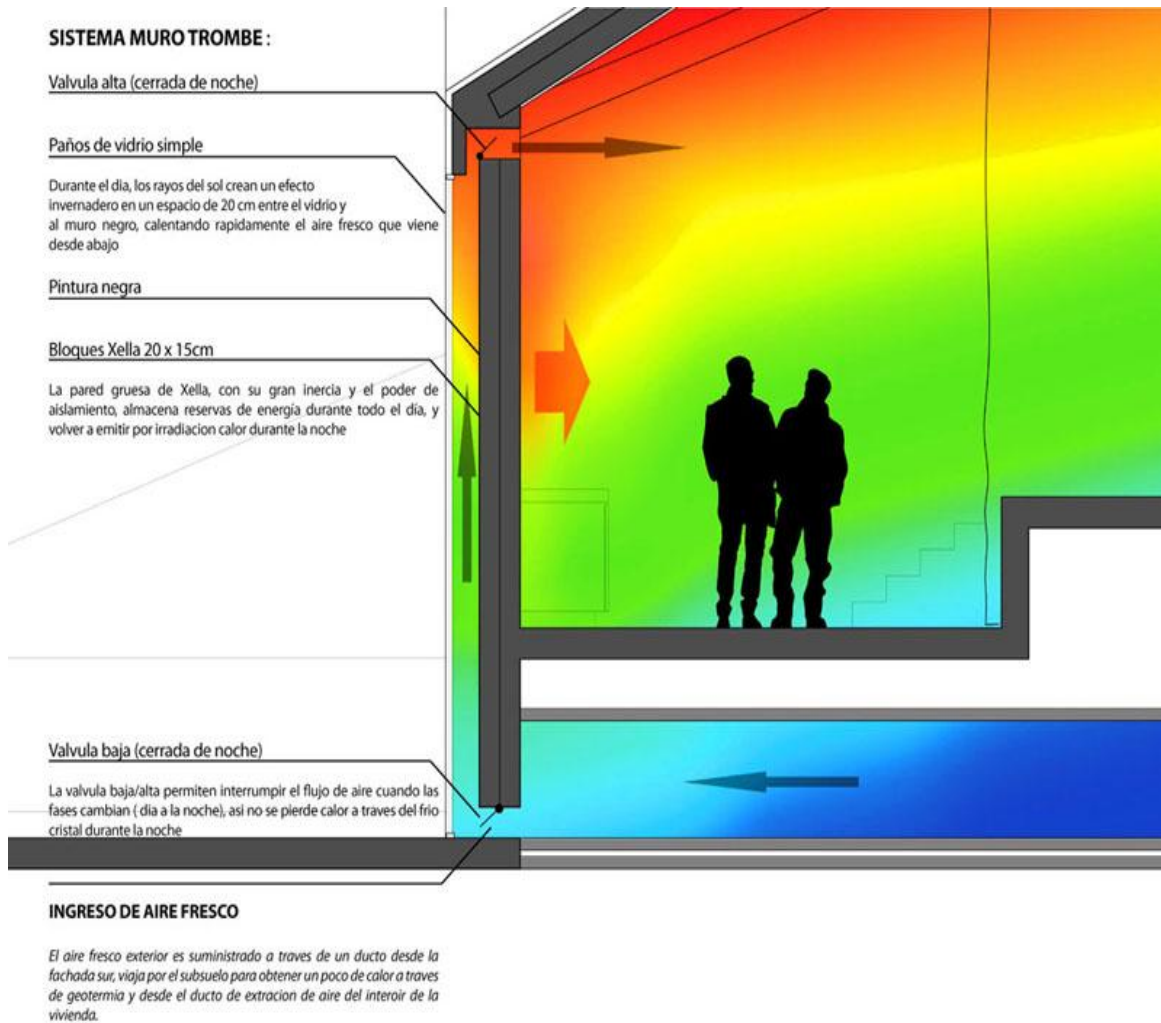


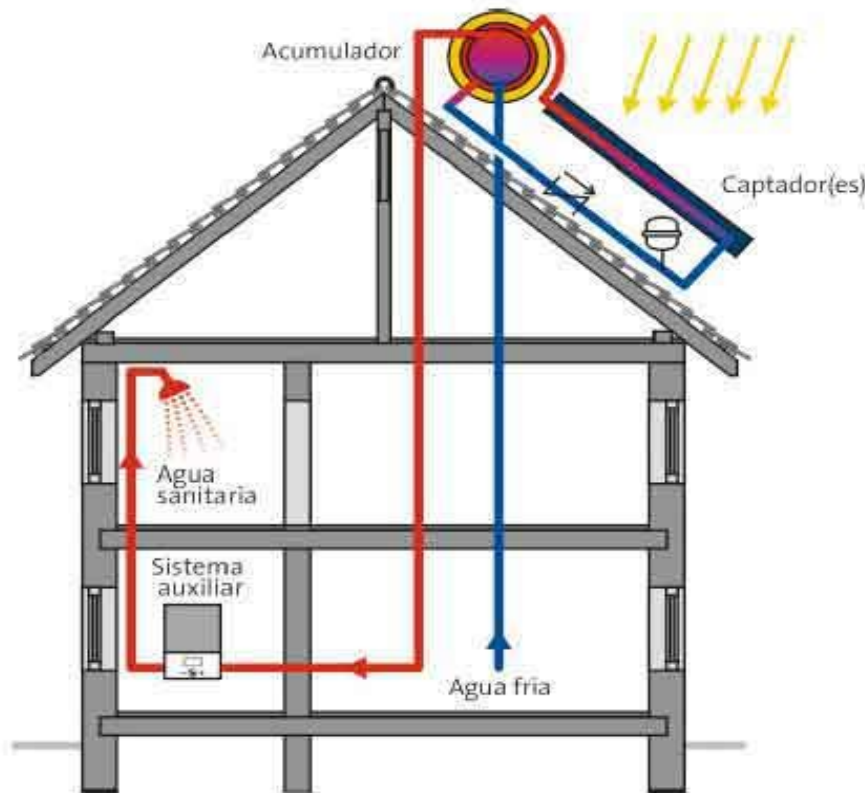
Figura No. 50 Funcionamiento del Muro Trombe



Ganancia solar aislada²⁵

La ganancia aislada implica la captura pasiva del calor del Sol, para posteriormente transportarlo dentro o fuera de la vivienda usando para ello un líquido (por ejemplo un captador térmico dotado de termosifón) o aire (una chimenea solar) o ambos (un almacén de calor).

Los solariums, invernaderos y armarios solares son alternativas para lograr una ganancia de calor aislada de la que podemos aprovechar el aire caliente.



Funcionamiento del Sistema Solar tipo Termosifón

Figura No. 51



Estrategia de diseño solar pasivo²⁵

La orientación en la construcción. Teniendo en cuenta la climatología local, se puede construir una casa orientándola de forma que reciba la mayor cantidad de radiación solar anual, evitando sombras en invierno y protegiéndola del exceso de radiación en verano. También se pueden utilizar técnicas basadas en recubrimientos vegetales.

Características de la construcción. La forma del edificio y su envolvente determinan la cantidad de superficie expuesta a la radiación solar, ajustando ésta a las necesidades deseadas. Las propiedades de los materiales de construcción elegidos, sirven para regular la absorción, reflexión o transmisión de la energía captada.

Uso del entorno. La utilización de elementos naturales como árboles y plantas puede resultar útil para crear zonas de refrescamiento en verano y un escudo de protección del viento en invierno.

Aunque no se clasifique dentro de las tecnologías solares pasivas, el uso de materiales aislantes térmicos se utiliza con profusión para reducir las pérdidas o las ganancias no deseadas de calor.

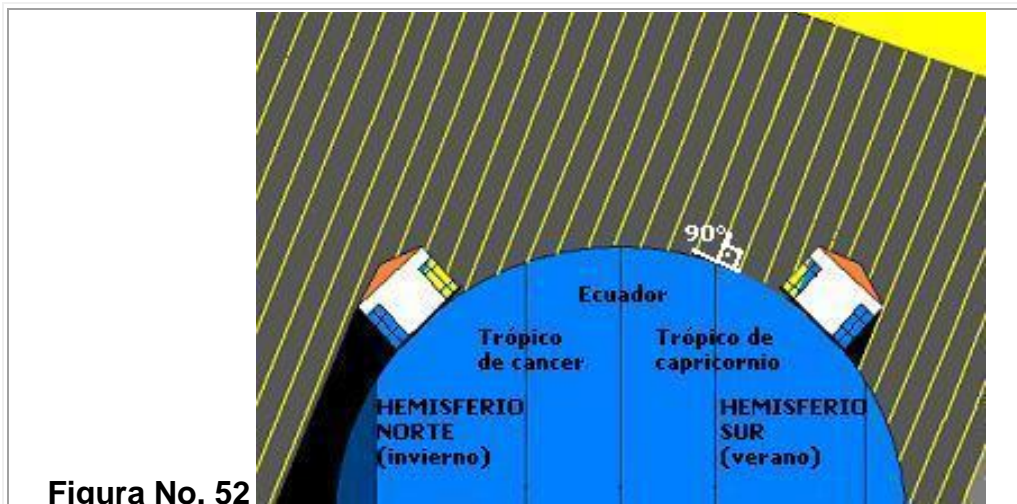


Figura No. 52

21 de Diciembre

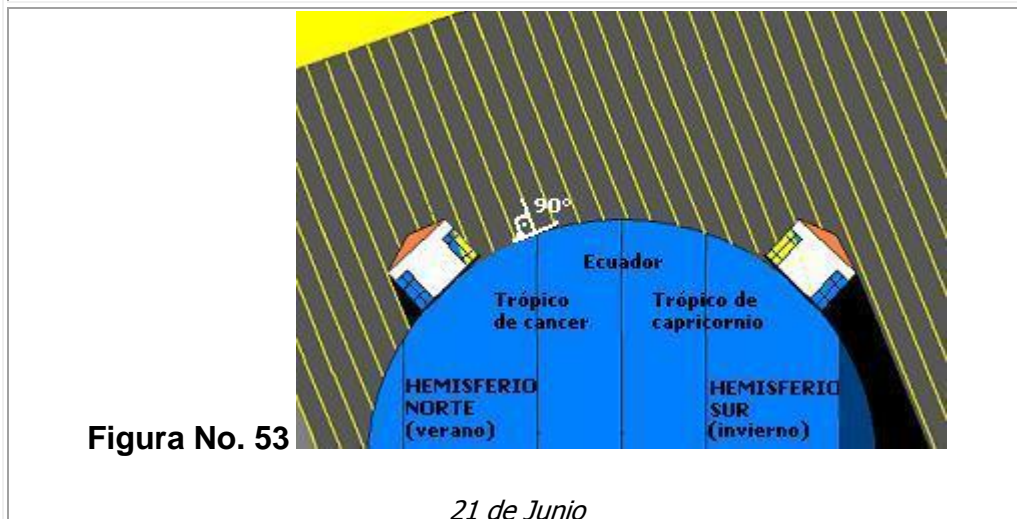


Figura No. 53

21 de Junio

La tierra es una esfera que gira alrededor del sol. La radiación solar cae con la mayor incidencia posible

(90 °) en algún momento sólo en la zona comprendida entre los trópicos. El lugar en que la radiación cae

con un ángulo máximo va variando a lo largo del año, siendo la incidencia de 90 ° en el trópico de cáncer

el 21 de Junio (Verano en el hemisferio Norte) y máximo en el trópico de capricornio el 21 de Diciembre



(Verano en el hemisferio Sur). Como se puede observarse empíricamente en el esquema, la mayor

captación de radiación solar se logra con una orientación de las ventanas hacia el ecuador.

En la **arquitectura bioclimática** se utilizan, como una de las estrategias de diseño para amortiguar la variación de la onda térmica interior respecto de la exterior, sistemas simples que acumulen calor y luego lo cedan al ambiente interior, cuando en el exterior la temperatura baja.

Entre estos se encuentran los **muros de agua**, que son recipientes o paredes llenas de agua que forman un sistema integrado de calefacción, al combinar captación y almacenamiento.

Un buen ejemplo se encuentra en la "Casa solar de La Plata", construida en 1980 en la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, en la esquina de 526 y 15.

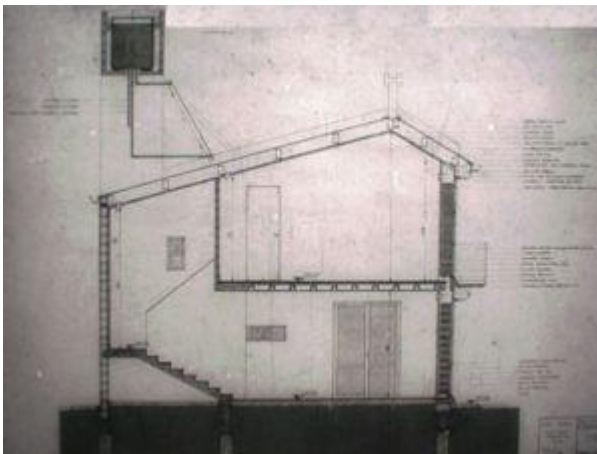


Figura No. 54 Vista en corte de la casa solar de La Plata integra estrategias de diseño para minimizar el uso de energía en climatización. Tales como: muros de agua, agua caliente solar, aislamiento térmico, ventilación cruzada, ventilación selectiva, protección solar, techo ventilado, chimenea solar, secado solar de ropa, refrescamiento solar.

Rosenfeld, E; Czajkowski, J & San Juan, G. (2004). Voz: *Bioclimática / Bioambiental / Solar pasiva / Sustentable / Ambientalmente consciente*.



(Arquitectura).. En libro: Diccionario de la arquitectura en la Argentina. Edit Clarín, Arquitectura. Buenos Aires. I

Muros de agua

Esquema de funcionamiento de un muro de agua.



Figura No. 55

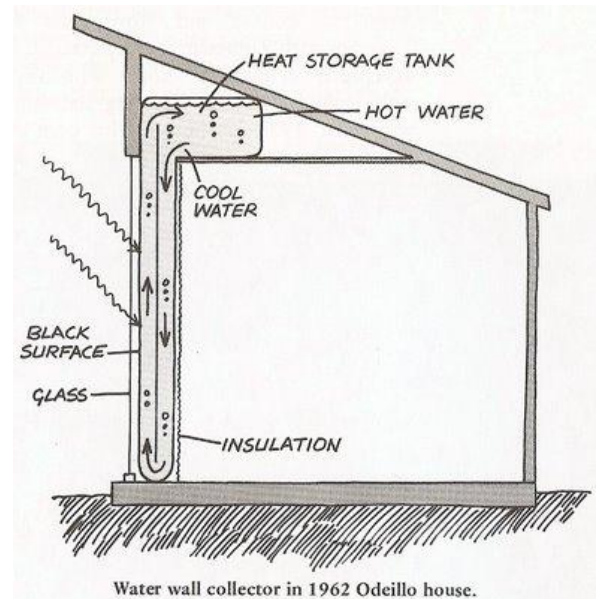


Figura No. 56

La casa solar de La Plata integra estrategias de diseño para minimizar el uso de energía en climatización. Tales como: muros de agua, agua caliente solar, aislamiento térmico, ventilación cruzada, ventilación selectiva, protección solar, techo ventilado, chimenea solar, secado solar de ropa, refrescamiento solar.



La Evolución de la Arquitectura Solar Pasiva²⁵

El diseño de construcciones basadas en la arquitectura solar pasiva proviene de la antigüedad y ha permanecido ligado a la arquitectura tradicional de muchos países. El primer caso fue la Casa solar MIT #1 construida hacia el año 1939 en Massachusetts (EEUU) bajo el proyecto académico y dirección de H.C. Hottel. Este edificio implicó un paradigma que en el transcurrir de dos décadas generó una competencia entre universidades americanas, primero, a la que se sumaron luego europeas. Esto llevó a la realización de congresos y creación de asociaciones nacionales e internacionales (ASES[1][2], ANES[3], ISES, ASADES, PLEA) donde concurrían en un espacio académico multidisciplinario arquitectos, físicos e ingenieros trabajando en grupos para la concreción de estas viviendas de carácter experimental. La American Solar Energy Society (ASES) fue la asociación pionera creada en 1954, a la que siguieron la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES) en 1974, La Asociación Nacional de Energía Solar de México (ANES) en 1980, entre otras. Se ensayaban nuevas ideas y propuestas, se generaban innovaciones, se monitoreaba y modelizaba registrando meticulosamente cada avance en actas de congresos y reuniones o revistas referadas de cada asociación.

Estas construcciones solares, principalmente viviendas, se concretaron principalmente en el mundo desarrollado aunque también se efectivizaron casos en países en vías de desarrollo, caso Sudamérica. Continuamente fueron apareciendo nuevas construcciones en el ámbito rural o en suburbios urbanos por parte de comitentes entusiastas. Sistemáticamente fueron ignoradas por la industria de la construcción hasta finales del s. XX, cuando surge el problema del calentamiento global, el cambio climático responsabilizando a la construcción del hábitat el 50% del problema. Esto toma estado público y los medios de difusión comienzan a hablar de eco-arquitectura, arquitectura verde, arquitectura



sostenible, arquitectura sustentable. Adjetivaciones a la palabra arquitectura que buscan diferenciarla de la arquitectura convencional implicando una conciencia ambiental y por ende una minimización del impacto ambiental local y/o global que genera cada construcción.

A pesar de la falta de interés general, las tecnologías solares pasivas se retomaron y mejoraron en el último tercio del siglo XX coincidiendo con la crisis del petróleo de 1973. La introducción de tecnologías de diseño asistido por ordenador y la aparición de construcciones pioneras también ayudaron.

En los inicios del siglo XXI, el tema ha cobrado un nuevo interés, debido sobre todo a las consecuencias ya visibles del

Niveles de utilización del diseño solar pasivo³⁸

- ✓ **Pragmático:** Una casa podría ahorrar del orden de 30% o más en gastos de calefacción sin apenas modificar su aspecto, confort o usabilidad. Esto se puede conseguir por medio de una correcta situación de las ventanas, pequeñas aportaciones de masa térmica y un buen aislamiento térmico. Una pared orientada al sur puede recibir los rayos del Sol durante el día, acumular el calor y desprenderlo por la noche.

- ✓ **Estacional:** Tradicionalmente, la tecnología solar pasiva se ha centrado en ciclos diarios de acumulación/radiación de calor para mantener condiciones óptimas de temperatura que pueden mantenerse durante algunos días incluso en ausencia de días soleados. Investigaciones recientes han desarrollado técnicas para acumular el calor en estaciones calurosas y desprenderlo meses más tarde en estaciones frías. Estas técnicas



requieren grandes cantidades de masa térmica generalmente ubicada en el subsuelo a unos 7 metros de profundidad y perfectamente aisladas para evitar las pérdidas de calor por el clima o el agua. En los meses fríos se puede recuperar el calor conduciéndolo a través de tuberías de material plástico introduciéndolo en el sistema de calefacción de la vivienda.

- ✓ **Maquinaria mínima:** Una casa solar pasiva *pura*, no debería incorporar ningún elemento mecánico o eléctrico para ser considerada como tal. Únicamente debería utilizar la energía irradiada por el Sol y recibir solo de manera incidental el calor producido por elementos como las bombillas, velas, cocinas, electrodomésticos del hogar, duchas, personas o animales. El uso de mecanismos de ventilación natural en los que no intervienen ventiladores u otros dispositivos, se suelen incluir dentro de estas técnicas, aunque no se consideren estrictamente diseños solares pasivos.

ARQUITECTURA SUSTENTABLE

Conceptos básicos¹¹

La arquitectura sustentable, también denominada arquitectura sostenible, arquitectura verde, eco-arquitectura y arquitectura ambientalmente consciente, es un modo de concebir el diseño arquitectónico de manera sostenible, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes.

Los principios de la arquitectura sustentable incluyen:



- La consideración de las condiciones climáticas, la hidrografía y los ecosistemas del entorno en que se construyen los edificios, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto.
- La eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, primando los de bajo contenido energético frente a los de alto contenido energético
- La reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración, iluminación y otros equipamientos, cubriendo el resto de la demanda con fuentes de energía renovables
- La minimización del balance energético global de la edificación, abarcando las fases de diseño, construcción, utilización y final de su vida útil.
- El cumplimiento de los requisitos de confort higrotérmico, salubridad, iluminación y habitabilidad de las edificaciones.

✓ **Origen del término**

El término "arquitectura sustentable" proviene de una derivación del término "desarrollo sostenible" (del inglés: *sustainable development*) que la primer ministro noruega Gro Brundtland incorporó en el informe "Nuestro futuro común" (*Our common future*) presentado en la 42ª sesión de las Naciones Unidas en 1987. "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" definió Gro Brundtland. En dicho informe se hacía hincapié en que el empobrecimiento de la población mundial era una de las principales causas del deterioro ambiental a nivel global.

La eficiencia energética es una de las principales metas de la arquitectura sustentable, aunque no la única. Los arquitectos utilizan diversas técnicas para reducir las necesidades energéticas de edificios mediante el ahorro de energía y



para aumentar su capacidad de capturar la energía del sol o de generar su propia energía.

Entre estas estrategias de diseño sustentable se encuentran la calefacción solar activa y pasiva, el calentamiento solar de agua activo o pasivo, la generación eléctrica solar, la acumulación freática o la calefacción geotérmica, y más recientemente la incorporación en los edificios de generadores eólicos.

La casa pasiva estándar combina una variedad de técnicas y tecnologías para alcanzar un uso ultra-bajo de la energía.



Figura No. 57



Calefacción eficiente¹²

Los sistemas de climatización (ya sea calefacción, refrigeración o ambas) son un foco primario para la arquitectura sustentable porque son típicamente los que más energía consumen en los edificios. En un edificio solar pasivo el diseño permite que éstos aprovechen la energía del sol eficientemente sin el uso de ciertos mecanismos especiales, como por ejemplo: células fotovoltaicas, paneles solares, colectores solares (calentamiento de agua, calefacción, refrigeración, piscinas), valorando el diseño de las ventanas. Estos mecanismos especiales se encuadran dentro de los denominados sistemas solares activos. Los edificios concebidos mediante el diseño solar pasivo incorporan la inercia térmica mediante el uso de materiales de construcción que permitan la acumulación del calor en su masa térmica como el hormigón, la mampostería de ladrillos comunes, la pedra, el adobe, la tapia, el suelo cemento, el agua, entre otros (caso muro Trombe). Además es necesario utilizar aislamiento térmico para conservar el calor acumulado durante un día soleado. Además, para minimizar la pérdida de calor se busca que los edificios sean compactos y se logra mediante una superficie de muros, techos y ventanas bajas respecto del volumen que contienen. Esto significa que los diseños muy abiertos de múltiples alas o con forma de espina deben ser evitados prefiriendo estructuras más compactas y centralizadas. Los edificios de alta compacidad tradicionales en los climas muy fríos son un buen modelo histórico para un edificio energéticamente eficiente.

Las ventanas se utilizan para maximizar la entrada de la luz y energía del sol al ambiente interior mientras se busca reducir al mínimo la pérdida de calor a través del cristal (un muy mal aislante térmico). En el hemisferio sur implica generalmente instalar mayor superficie vidriada al norte para captar el sol en invierno y restringir al máximo las superficies vidriadas al sur. Esta estrategia es adecuada en climas templados a muy fríos. En climas cálidos a tropicales se utilizan otras estrategias.



El uso del doble vidriado hermético (DVH) reduce a la mitad las pérdidas de calor aunque su costo es sensiblemente más alto. Es recomendable plantar delante de las ventanas orientadas a los cuadrantes NO-N-NE, árboles de hojas caducas para bloquear el sol excesivo en verano y a su vez permitir el paso de la luz solar en invierno cuando desaparecen sus hojas. Las plantas perennes se plantan a menudo al sur del edificio para actuar como una barrera contra los fríos vientos del sur.

Enfriamiento eficiente¹²

Cuando por condiciones particulares sea imposible el uso del refrescamiento pasivo, como por ejemplo, edificios en sectores urbanos muy densos en climas con veranos cálidos o con usos que implican una gran generación de calor en su interior (iluminación artificial, equipamiento electromecánico, personas y otros) será necesario el uso de sistemas de aire acondicionado. Dado que estos sistemas usualmente requieren el gasto de 4 unidades de energía para extraer 1 del interior del edificio, entonces es necesario utilizar fuertes y activas estrategias de diseño sustentable. Entre otras:

- Adecuada protección solar en todas las superficies vidriadas.
- Evitar el uso de vidriados en techos.
- Buen aislamiento térmico en muros, techos y vidriados.
- Concentrar los espacios de gran emisión de calor (ejemplo: computadoras, cocinas, etc) y darles buena ventilación.
- Sectorizar los espacios según usos.
- Utilizar sistemas de aire acondicionado con certificación energética a fin de conocer cuan eficientes son.
- Ventilar los edificios durante la noche.



Con esto se colaborará en reducir el calentamiento global y el agujero de ozono en la atmósfera.

Refrescamiento pasivo¹²

En climas muy cálidos donde es necesario el refrescamiento el diseño solar pasivo también proporciona soluciones eficaces. Los materiales de construcción con gran masa térmica tienen la capacidad de conservar las temperaturas frescas de la noche a través del día. Para esto es necesario espesores en muros o techos que varían entre los 15 a 60 cm y así utilizar a la envolvente del edificio como un sistema de almacenamiento de calor. Es necesario prever una adecuada ventilación nocturna que barra la mayor superficie interna evitando la acumulación de calor diurno. Puede mejorarse significativamente la ventilación en el interior de los locales con la instalación de una chimenea solar

Durante el día la ventilación debe ser mínima. Así al estar más frescos los muros y techos tomarán calor corporal dando sensación de frescura.

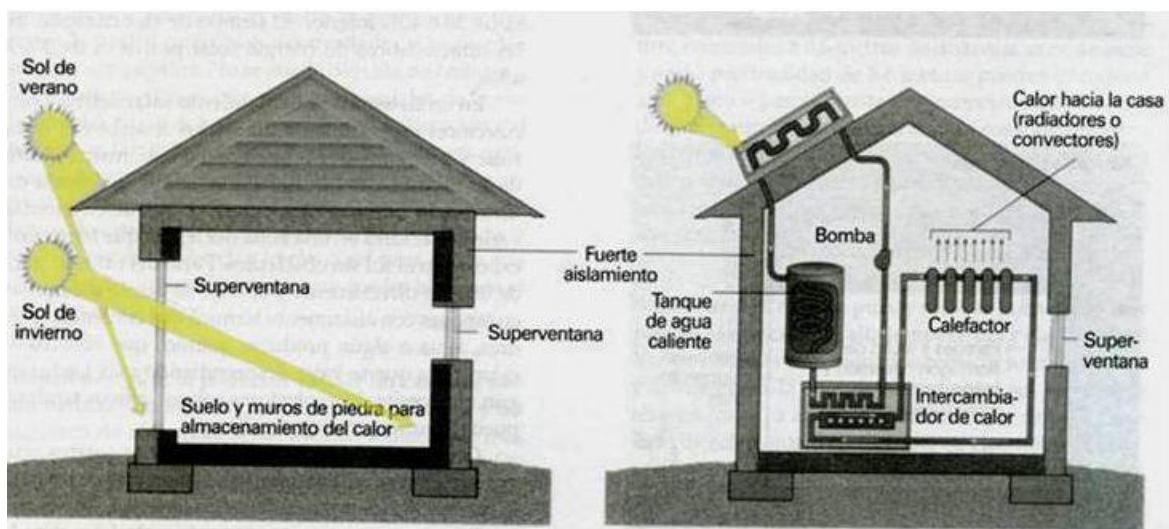
En climas muy cálidos los edificios se diseñan para capturar y para encauzar los vientos existentes, particularmente los que provienen de fuentes cercanas de humedad como lagos o bosques. Muchas de estas estrategias valiosas son empleadas de cierta manera por la arquitectura tradicional de regiones cálidas.

Relación entre la Arquitectura Bioclimática y la Arquitectura Sustentable:

Podemos decir que la Arquitectura Bioclimática utiliza los sistemas solares pasivos, principalmente para captar y acumular el calor proveniente de la Energía solar. Se los llama pasivos ya que no se utilizan otros dispositivos electromecánicos (bombas reticuladoras, ventiladores, etc.) para recolectar el calor esto sucede por principios físicos básicos como la Conducción, radiación y convección del calor, siendo estos gran parte importante de la Arquitectura



Sustentable siendo esta, que envuelve en conjunto, sistemas y estrategias de diseño y construcción, tales como la bioconstrucción, parte de la arquitectura sustentables también son los sistemas activos, que utilizan la tecnología de dispositivos electromecánicos, tales como: las placas fotovoltaicas y/o generadores eólicos, paneles solares que transforman la energía solar en electricidad. Así como también sistemas de ventiladores o bombas que suministran parte de la calefacción o agua caliente de un edificio. Para mayor eficiencia energética en un edificio se pueden combinar y utilizar ambos sistemas, los pasivos y activos creando con esto un gran ahorro energético y económico que contribuye a detener y minimizar el deterioro del medioambiente así como también a la sociedad en su economía.



Sistema Pasivo

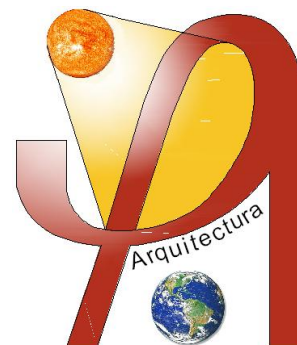
Sistema Activo

Figura No.58 Funcionamiento de sistemas pasivos y activos



Capítulo 5

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



**CARACTERISTICAS CLIMATICAS
DE GUATEMALA**



CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE GUATEMALA

Guatemala se ubica en la latitud: $14^{\circ}37''$ N; longitud; $90^{\circ}33''$ O. La Figura No. 59, muestra su posición con respecto al Ecuador, y la Figura No. 60, su ubicación en relación al meridiano de Greenwich.

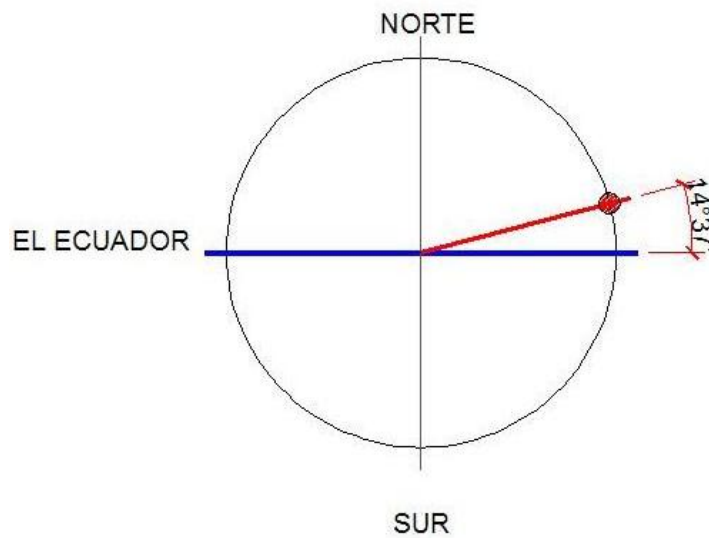


Figura No. 59

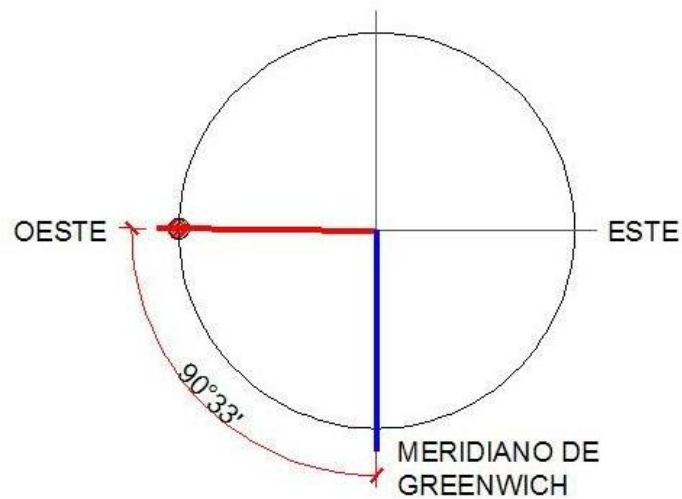


Figura No. 60



Clima y temperatura. ³⁵

Las zonas climáticas están determinadas por la altitud. Hasta los 600 ó 700 metros se agrupan las "tierras calientes", con temperaturas medias entre los 25° y 32° C se localizan en las llanuras costeras y en los valles fluviales, sobre todo el Atlánticos.

Entre los 700 y 1.800 metros de altitud se hallan "las tierras templadas", localizadas en el Altiplano, con medias de 18° a 25° C. Y por encima de los 1.899 metros, aparecen las "tierras frías", entre los 15° y 25° C con notable oscilación diurna y anual.

En Guatemala hay dos estaciones marcadas: la temporada seca, y la temporada de lluvias, que abarca de comienzos de mayo a finales de octubre, aproximadamente.



Salida y puesta de sol³⁵

Fuente: EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA DE HIDROLOGÍA (*INSIVUMEH*)

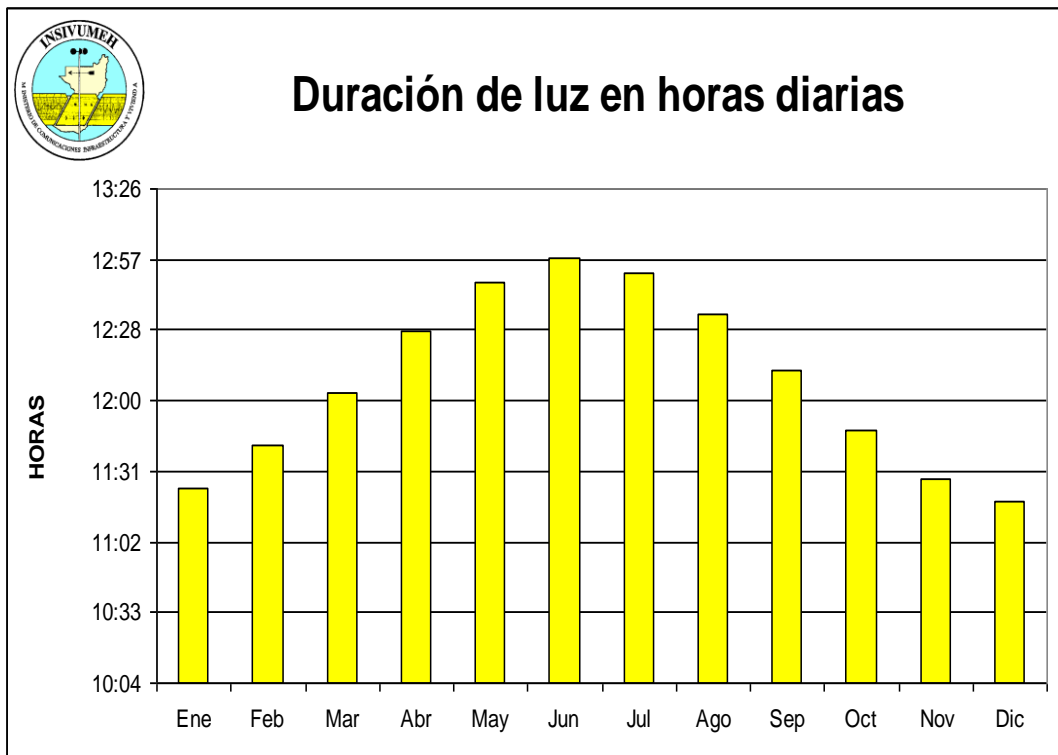
Tabla No. 8

Mes	Hora de Salida del sol	Hora de Puesta del sol	Horas de Sol durante el día
Ene	06:27	17:51	11:24
Feb	06:22	18:04	11:42
Mar	06:07	18:10	12:03
Abr	05:47	18:15	12:28
May	05:34	18:22	12:48
Jun	05:32	18:30	12:58
Jul	05:39	18:31	12:52
Ago	05:46	18:21	12:35
Sep	05:49	18:01	12:12
Oct	05:53	17:41	11:48
Nov	06:03	17:31	11:28
Dic	06:17	17:36	11:19



La Grafica No. 1, refleja que durante los meses de inviernos hay más horas de sol, ya que las salidas son más temprano y las puestas más tarde, pero hay que recordar que en estos seis meses se presentan durante más tiempo los cielos nublados, dejando la opción de la luz difusa.

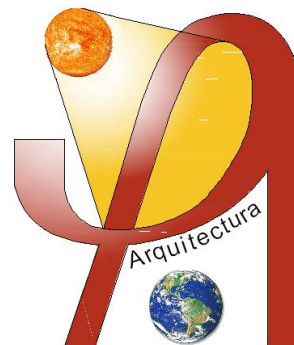
Gráfica No. 1





Capítulo 6

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



SOLEAMIENTO EN GUATEMALA



SOLEAMIENTO EN GUATEMALA

Para poder hacer un análisis del soleamiento, tanto en Guatemala como en cualquier parte del planeta, es necesario tener en cuenta claramente el comportamiento de la tierra en relación al sol y la latitud del objetivo.

La capital de Guatemala se encuentra a $14^{\circ}37'$ al Norte de la línea del Ecuador y a $90^{\circ}33'$ hacia el Oeste del Meridiano de Greenwich para ser más exacto.³⁰

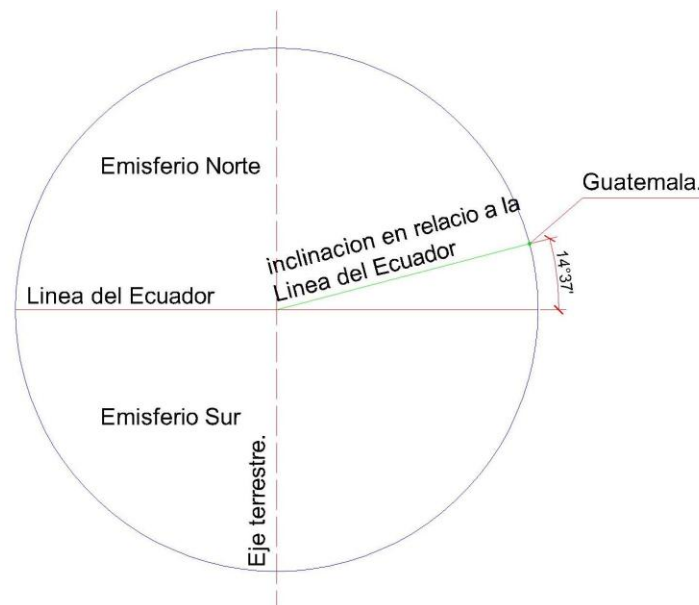
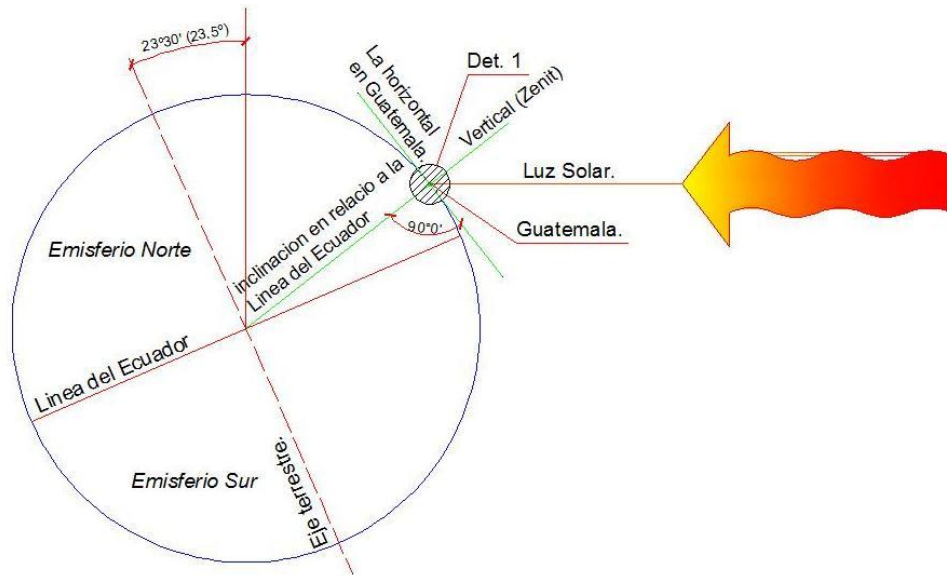


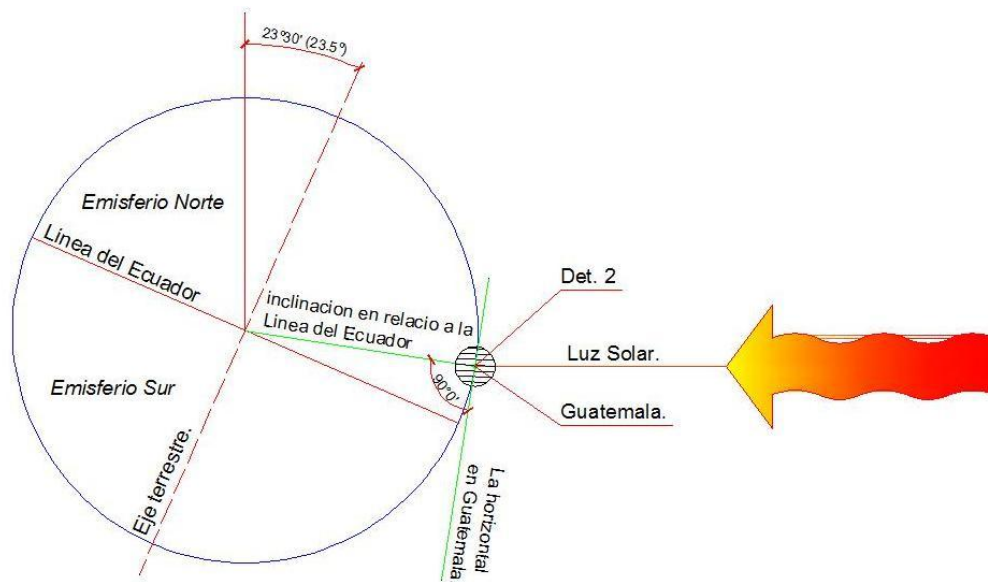
Figura No. 61

Debido a la inclinación de $23^{\circ}30'$ de la tierra en la estación de invierno, Guatemala recibe la luz solar con un ángulo de $51^{\circ}53'$ en relación con la horizontal con orientación Sur, este es el ángulo de inclinación máxima que alcanza la luz solar durante la fecha 21 de diciembre (Solsticio de invierno) Figura No. 61; mientras que en la estación de verano el ángulo de inclinación es de $81^{\circ}7'$ en relación con la horizontal con orientación Norte, y este es el ángulo de inclinación máxima que alcanza la luz solar durante la fecha 21 de junio (Solsticio de verano) Figura No. 62.



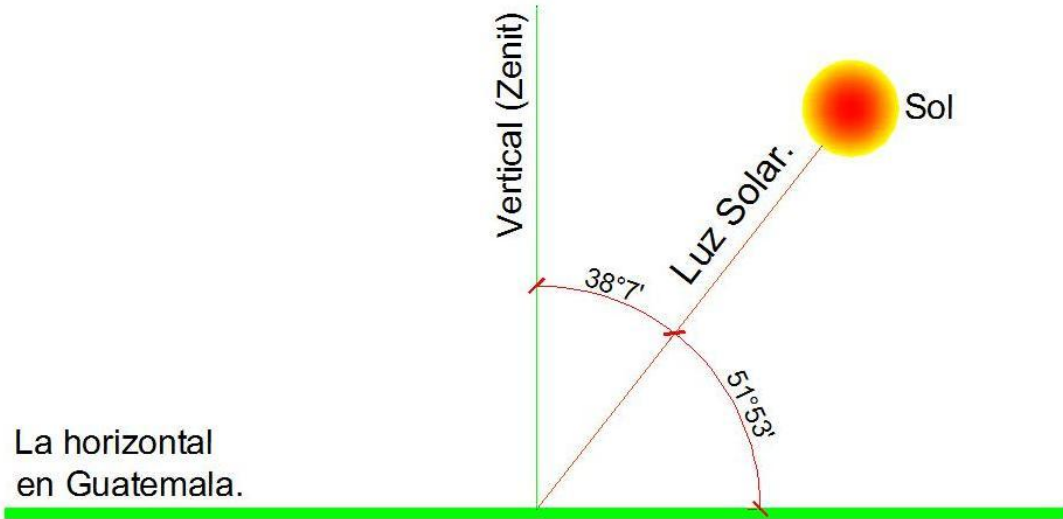
Inclinacion maxima en la estacion de invierno.

Figura No. 62



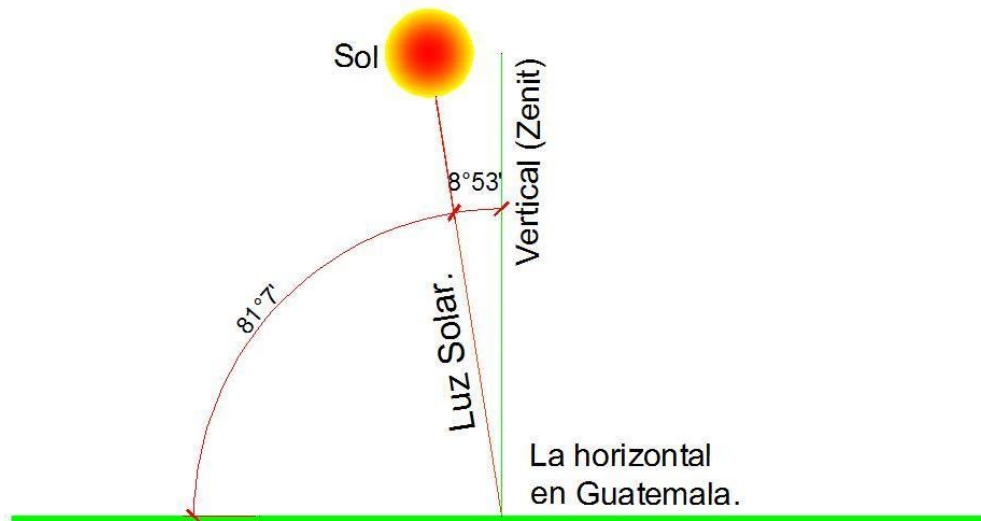
Inclinacion maxima en la estacion de verano.

Figura No. 63



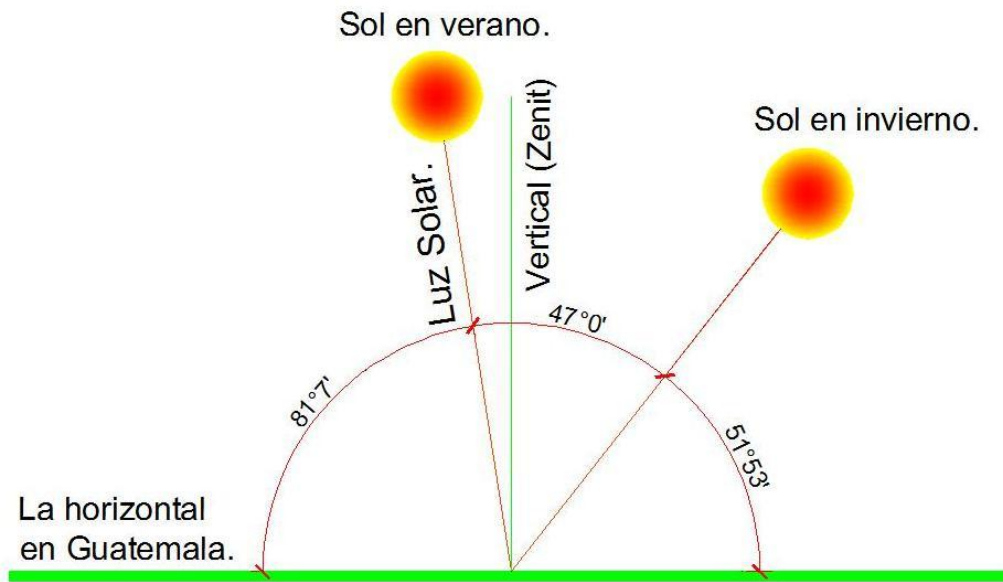
Det. 1-Inclinacion Solar maxima en la estación de invierno.

Figura No. 64³⁰



Det. 2-Inclinacion Solar maxima en la estación de verano.

Figura No. 65



Angulo total de radiacion solar.

Figura No. 66



Para un análisis de soleamiento también hay que tomar en cuentas la época de mas nubosidad en el lugar, esto varía claro está, dependiendo de la características climatológicas de cada país; en este caso, tenemos seis meses de luz solar directa, durante el verano y seis meses de invierno donde se alternan cielos despejados y cielos total o parcialmente nublados, por lo tanto habrá menos horas de luz solar.

En la Figura No. 67 podemos observar el ángulo de inclinación del sol referente a la horizontal durante la estación de invierno (de mayo a octubre), y en la Figura No. 68 las inclinaciones de la luz solar durante el verano (de noviembre a abril) dichas inclinaciones son presentadas a las 12:00 hrs.

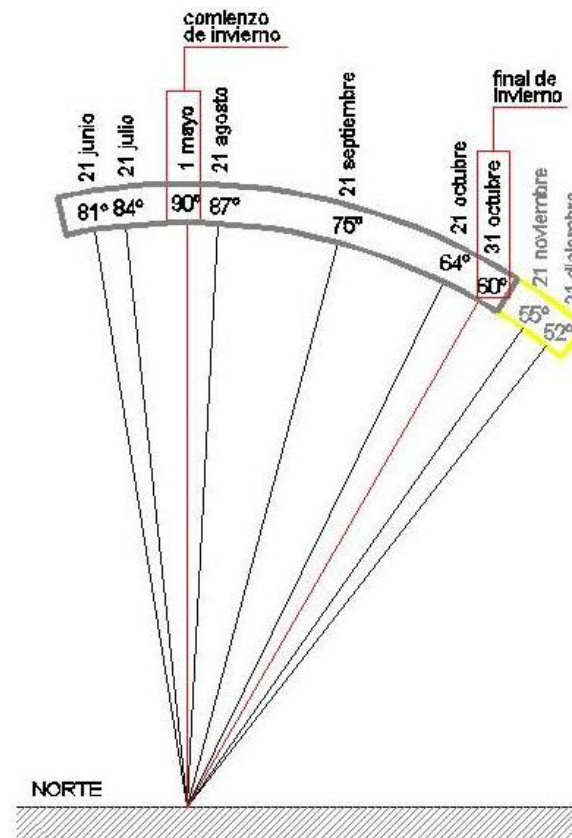


Figura No. 67

Ángulo de inclinación Invierno

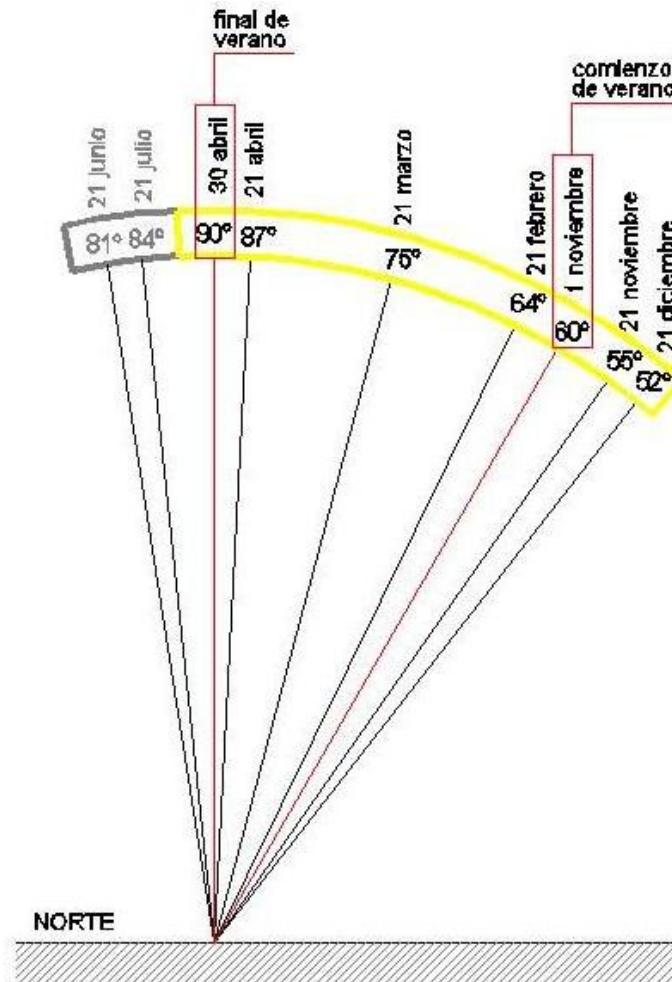


Figura No. 68

Ángulo de inclinación Verano



La Figura No. 69 representa la imagen estereográfica del recorrido solar en Guatemala mostrando la inclinación del sol en relación con la horizontal, la posición de la luz durante el año.

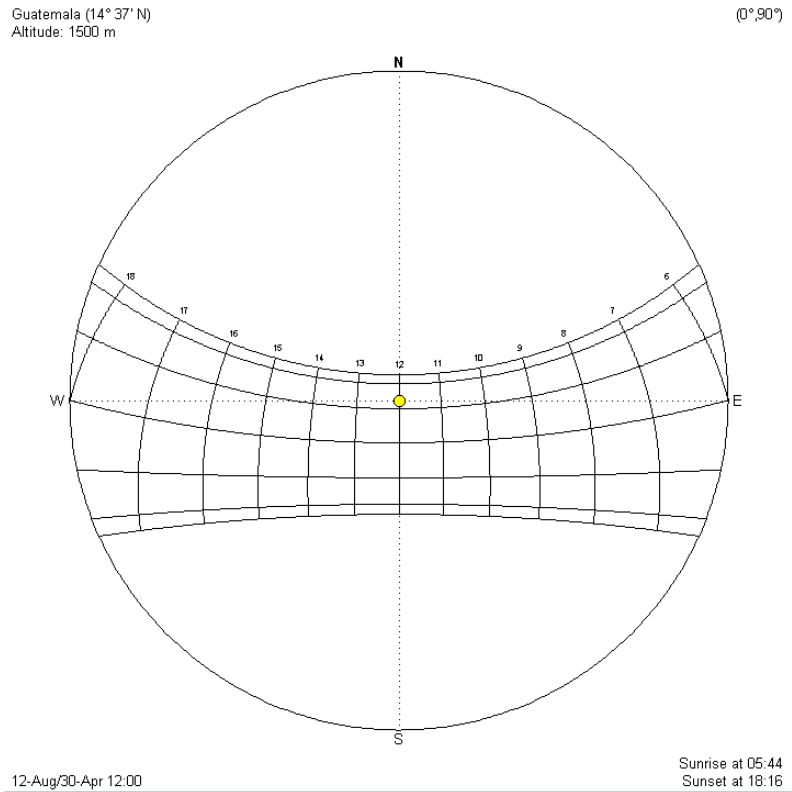


Figura No. 69

Imagen estereográfica del recorrido solar en Guatemala

a. Análisis con modelo³⁰

Para realizar un análisis, del comportamiento de la luz natural y cálculo porcentual de horas de luz en un punto determinado dentro de ambiente modelado suponiendo las coordenadas de la capital de Guatemala, comenzamos por observar dicho modelado, colocando una ventana al Norte, y otra al Sur, recogiendo así, muestras en las dos caras. Dicha ventana tendrá la dimensión de

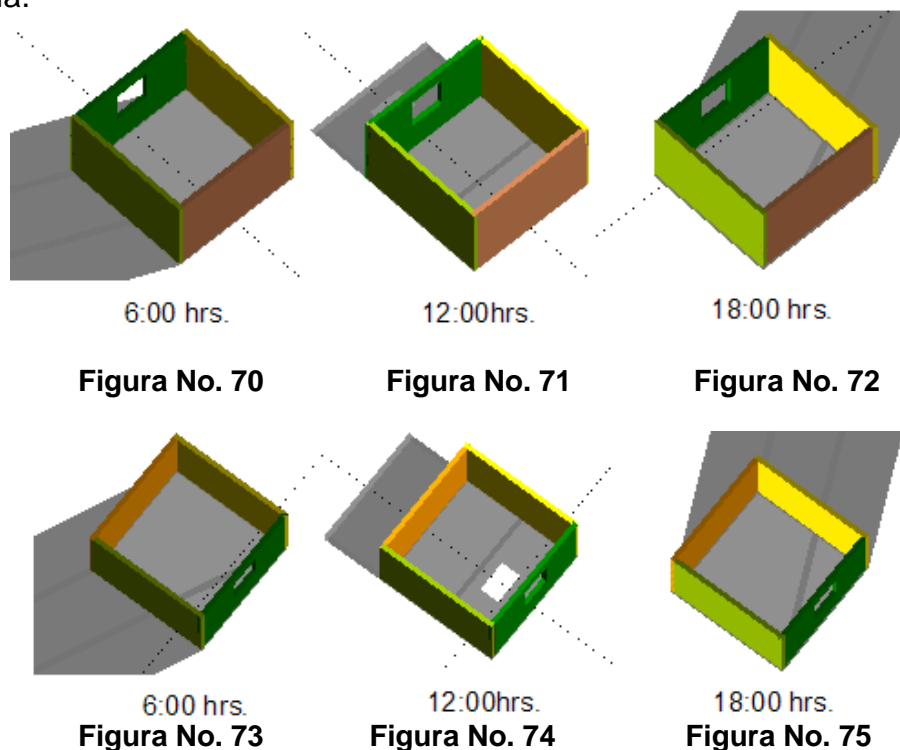


un metro cuadrado con el objetivo de apegarnos a una unidad, el contrapecho (sillar) con un metro de altura con respecto al suelo, para así mantenernos entre un margen estándar, en lo que podríamos llamar “aproximadamente lo usual” en dicho lugar. El análisis se llevó a cabo por medio del programa informático Heliodon, especializado para el análisis de soleamiento en relación con la arquitectura.

Análisis en la fecha 21 de diciembre (solsticio de invierno)

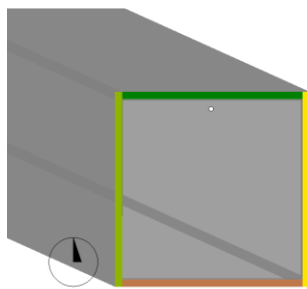
✓ Análisis soleamiento³⁰

Las Figuras No. 70, 71 y 72 muestran la que no existe contacto directo entre la ventana que da hacia el Norte y la luz solar en esta fecha, pero en la ventana Sur y las Figuras No. 73, 74 y 75 se muestra un contacto en toda su plenitud durante todo el día.



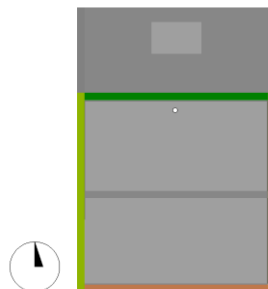


Las vistas en planta de los modelos ventana Norte - Figuras No. 76, 77 y 78- y ventana Sur – Figuras No. 79, 80 y 81 - nos proporcionan un resumen de hacia dónde se inclinan las sombras y una idea de la inclinación del sol en dicha fecha, por lo tanto con estas imágenes podemos tener un dato muy importante, pues está claro que la fachada Sur será la que más luz tendrá en esta fecha y por lo tanto más radiación, y que la fachada Norte carecerá del contacto lumínico.



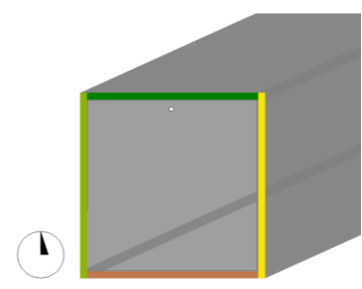
6:00 hrs.

Figura No. 76



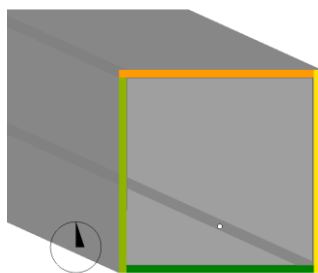
12:00hrs.

Figura No. 77



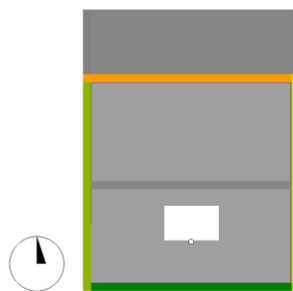
18:00 hrs.

Figura No. 78



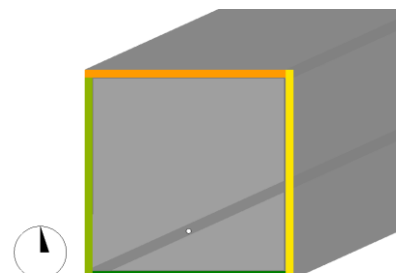
6:00 hrs.

Figura No. 79



12:00hrs.

Figura No. 80



18:00 hrs.

Figura No. 81

✓ **Mapas de soleamiento**³⁰

Es importante cuantificar las horas de luz solar a la vez que el recorrido de la misma, el cálculo del recorrido de la luz y el tiempo que permanece en contacto que un punto específico en el interior de un ambiente, sirven para determinar el



tiempo de aprovechamiento de luz en el interior y saber cuánta radiación recibe; la Figura No. 82 nos indica la falta de horas de luz directa en el interior del ambiente por medio de la ventana ubicada en la fachada Norte, en el mapa de horas de luz de la ventana sur – Figura No. 83 - se registraron dato de hasta 4.3 horas en un punto del interior del modelo, pero también nos muestra una mancha de luz prolongada de pared a pared tocando el suelo de Este a Oeste.

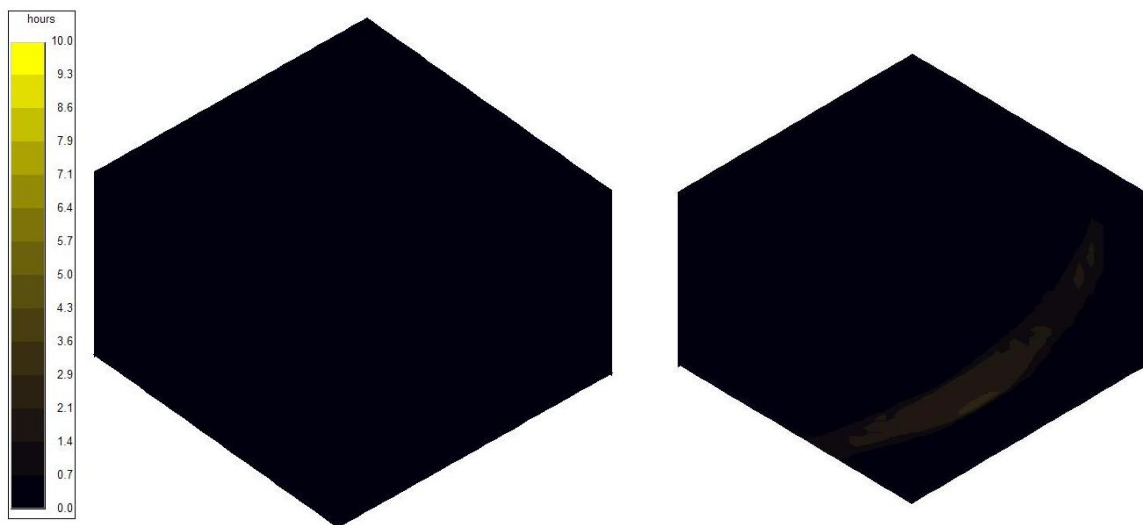


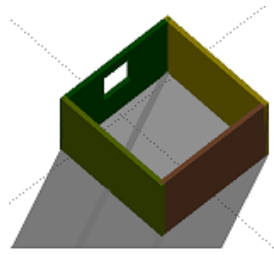
Figura No. 82

Figura No. 83

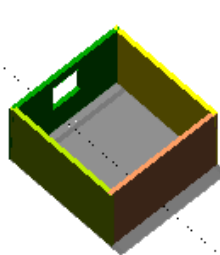
Análisis en la fecha 21 de junio (solsticio de verano).

✓ Análisis soleamiento³⁰

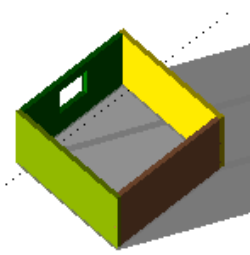
En las siguientes figuras vemos en tres dimensiones, un análisis del soleamiento durante el 21 de junio: Las Figuras No. 84, 85 y 86 muestran resultados de la iluminación y sombras en la fachada Norte: vemos que a las 12:00 hrs. el sol se sitúa muy cerca del cenit proporcionando rayos de luz casi paralelos a la fachada, dejando una iluminación reducida en el interior del modelo.



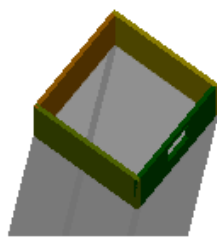
6:00 hrs.
Figura No. 84



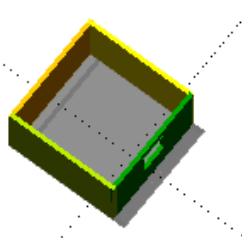
12:00hrs.
Figura No. 85



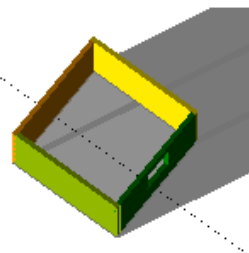
18:00 hrs.
Figura No. 86



6:00 hrs.
Figura No. 87

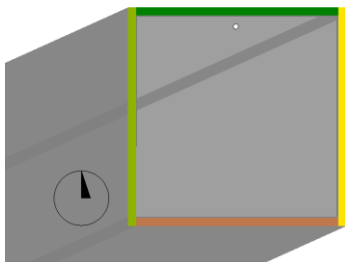


12:00hrs.
Figura No. 88

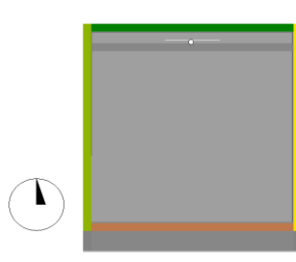


18:00 hrs
Figura No. 89

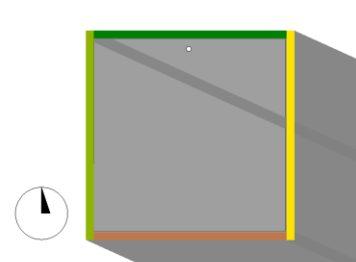
Las vistas en planta de los modelos ventana Norte - Figuras No. 90, 91 y 92 - y ventana sur - Figuras No. 93, 94 y 95 - nos dan la información de hacia dónde se inclinan las sombras y una idea de la inclinación del sol en dicha fecha, por lo tanto con estas imágenes podemos tener un dato muy importante en relación ventana y contacto con la luz natural, esta vez será la fachada Norte la que estará en contacto con la luz durante esta fecha.



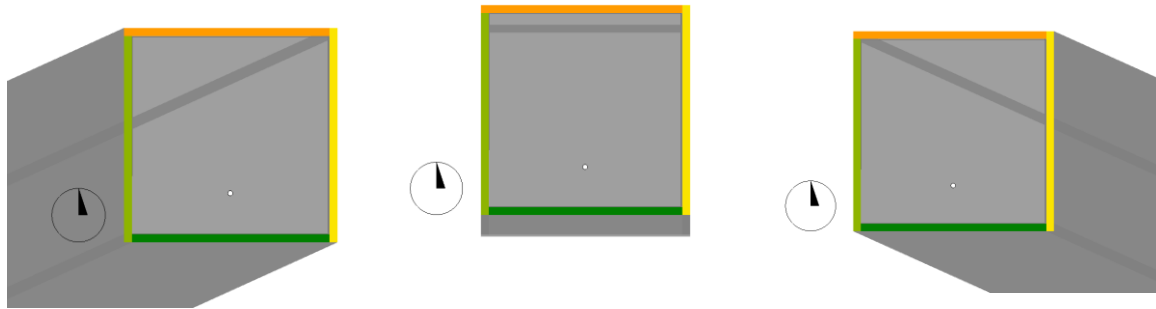
6:00 hrs.
Figura No. 90



12:00hrs.
Figura No. 91



18:00 hrs.
Figura No. 92



6:00 hrs.

Figura No. 93

12:00hrs.

Figura No. 94

18:00 hrs.

Figura No. 95

✓ **Mapas de soleamiento**³⁰

La Figura No. 96 nos indica el cálculo de horas de luz en el interior del ambiente por medio de la ventana ubicada en la fachada Norte y el recorrido que hace la luz; en el mapa de horas luz de la ventana Sur –Figura No. 97 - no se registraron dato de horas de luz en el interior del modelo.

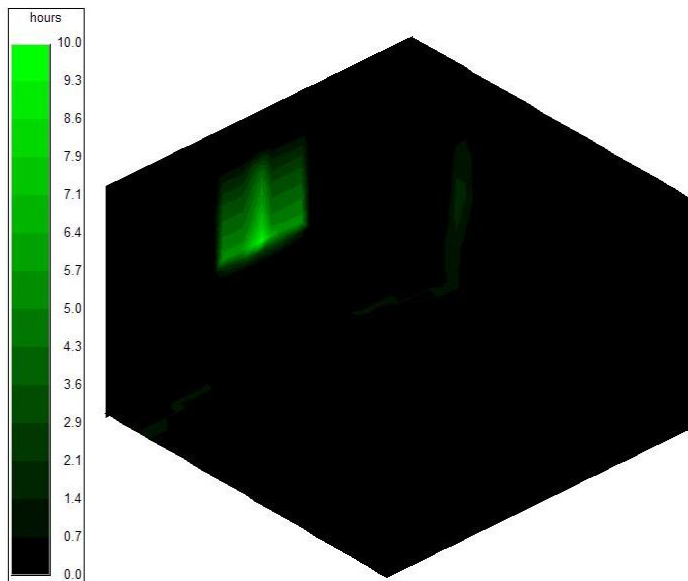


Figura No. 96

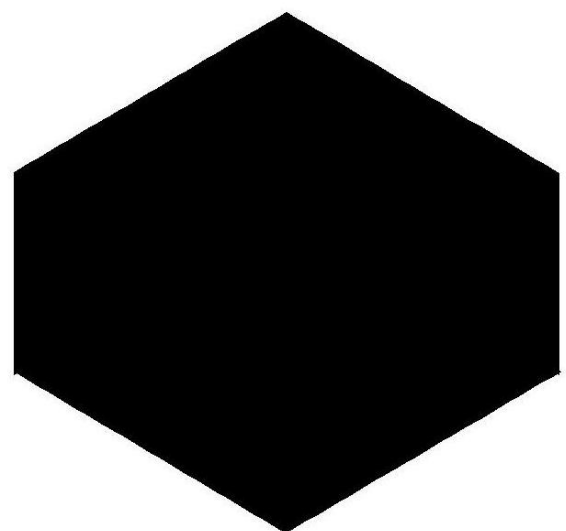
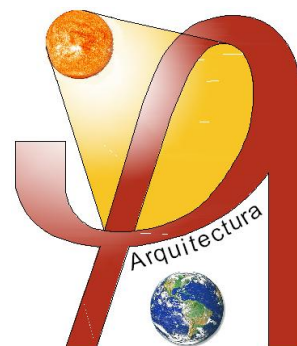


Figura No. 97



Capítulo 7

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



**PROPUESTAS APLICACIONES
EN GUATEMALA**



PROPUESTAS APLICACIONES EN GUATEMALA³⁰

Guatemala es un país con gran variedad de microclima y variaciones dentro de cada uno de ellos, por esa diversidad es necesario tener en cuenta las condiciones climáticas, culturales, ocupaciones, edades de cada usuario para cada caso al emprender un proyecto arquitectónico. No se puede considerar que una misma tipología arquitectónica puede funcionar de igual manera en cualquier lugar del territorio. Aunque el soleamiento viene siendo casi el mismo en todo el país, existe una pequeña variación en la inclinación del sol que hay que tomar en cuenta. El Sur del país tiene una latitud de 13°48' N aprox. y el Norte del país tiene una latitud de 17°45' N aprox. de la misma manera pasa con las diferentes altimetrías del territorio.

Para un análisis tomaremos como punto de referencia las características de la capital de Guatemala, dando una solución para cada estación del año: invierno y verano.

Latitud de 14°37" N

Longitud; 90°33" O.

Altitud de 1502 MSN aproximadamente

Humedad Media anual: 78 %

Vientos predominantes: 17.7 Kms./Hr.

Temperatura: A lo largo del año puede haber temperaturas entre 15° y 32° aproximadamente.

ILUMINACIÓN 21 de diciembre

Pequeña abertura hacia el sur para una aminorar grandes cantidades de captación de luz natural directa, para evitar el sobre calentamiento por el exceso



de luz. También es recomendable la utilización de elementos como persianas para dosificar la iluminación, cortinas para convertirla en luz difusa. (Figura 98)

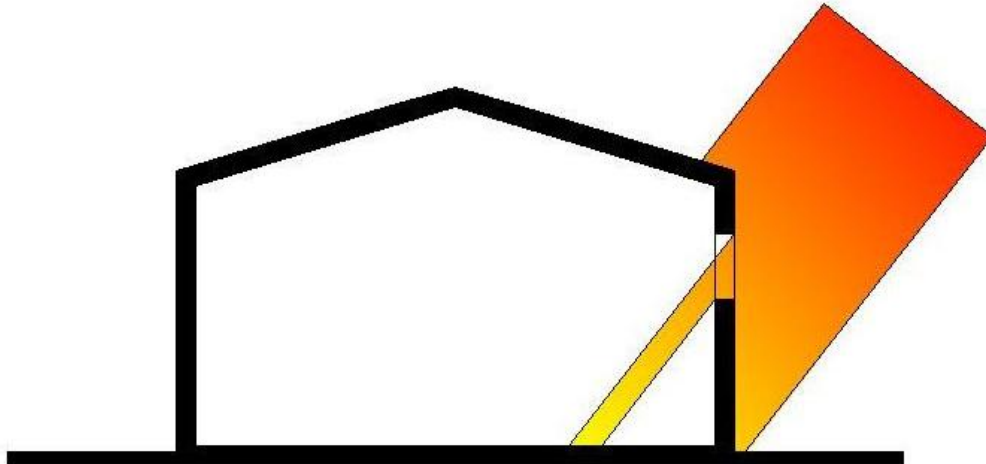


Figura No. 98

ILUMINACIÓN 21 de junio

Grandes abertura hacia el Norte para una mejor captación de luz natural directa. (Figura No. 99)

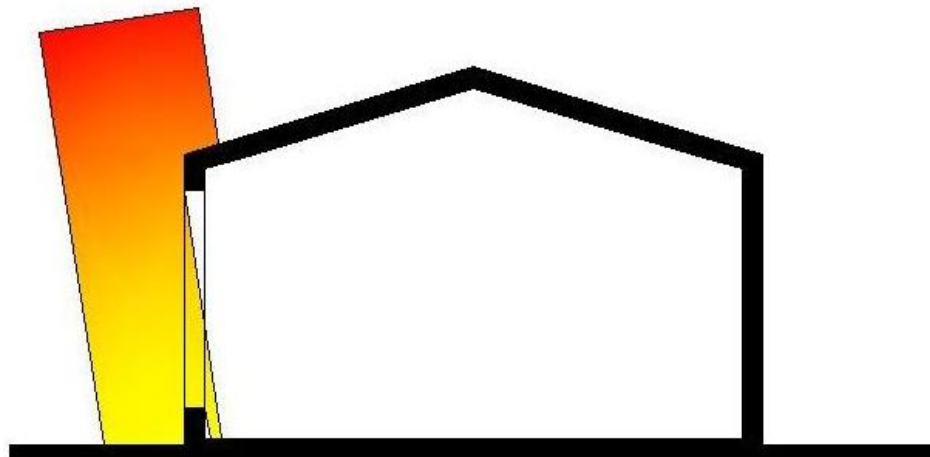


Figura No. 99



VENTILACIÓN 21 de diciembre

En los días fríos: de preferencia mantener cerradas las ventanas con orientación norte o permitir ventilación por pequeños espacios reducidos para no perder calor rápidamente, intentando ventilar por la fachada sur, por medio de diferencia de presiones. En esta hay incremento de humedad. (Figura 100)

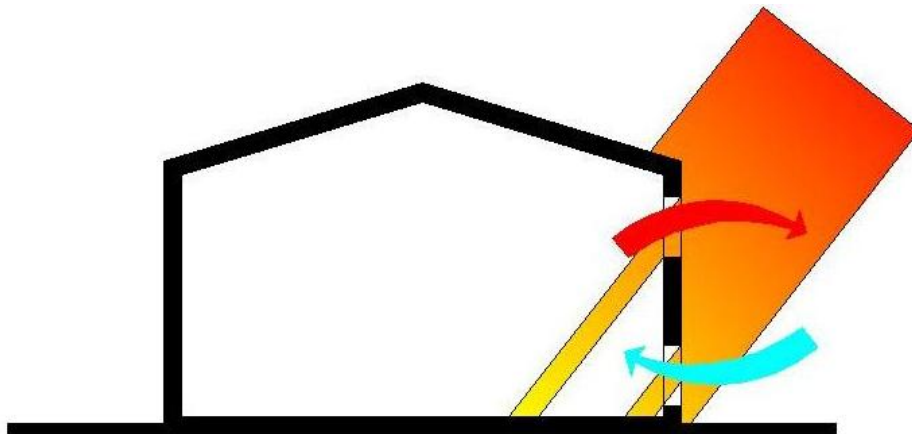


Figura No. 100

VENTILACIÓN 21 de junio

Cualquiera de los sistemas mencionados en el capítulo de VENTILACIÓN es aplicable en épocas calurosas en Guatemala. (Figura 101)

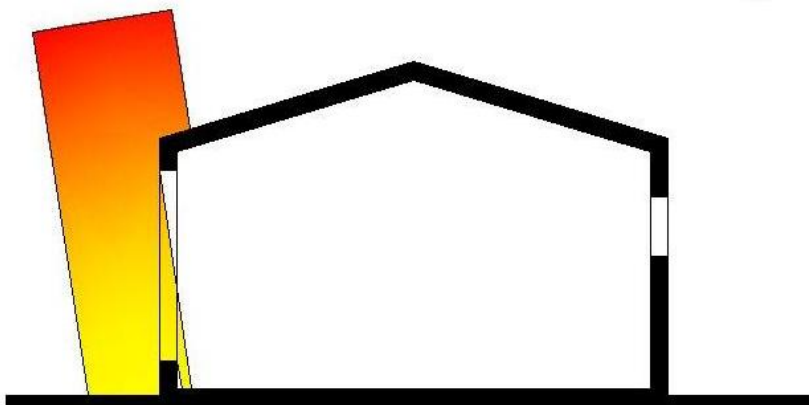


Figura No. 101



CALEFACCIÓN 21 de diciembre

Época más fría: Permitir la entrada de luz directa para calentar los materiales en el interior de la vivienda.

Cerrar las entradas de aire provenientes del Norte.

Proveer de algún sistema pasivo de calefacción, como muro trombe, sistema invernadero en la fachada Sur. (Figura No. 102)



Figura No. 102

CALEFACCIÓN 21 de junio



Época más fría: Permitir la entrada de luz directa para calentar los materiales en el interior de la vivienda.

Cerrar las entradas de aire provenientes del Norte.

Prever de algún sistema pasivo de calefacción, como muros trombe, sistemas invernadero en la fachada sur. (Figura No. 103)



Figura No. 103



Para cualquier sistema de captación solar en Guatemala, el plano captador recomendado debe inclinarse $14^{\circ}37'$ hacia el Sur. Es decir que en cualquier lugar la inclinación debe ser equivalente a la latitud del lugar para un óptimo aprovechamiento. (Figura No. 104 y 105)

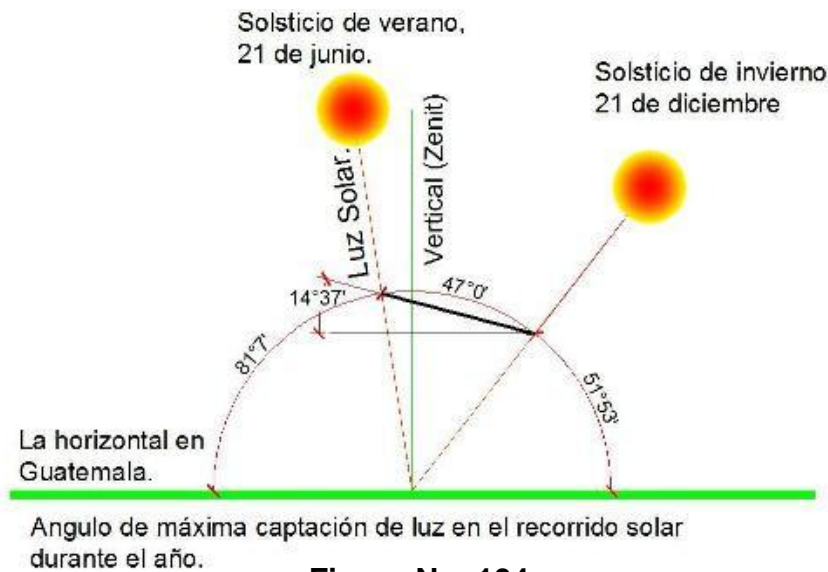


Figura No. 104

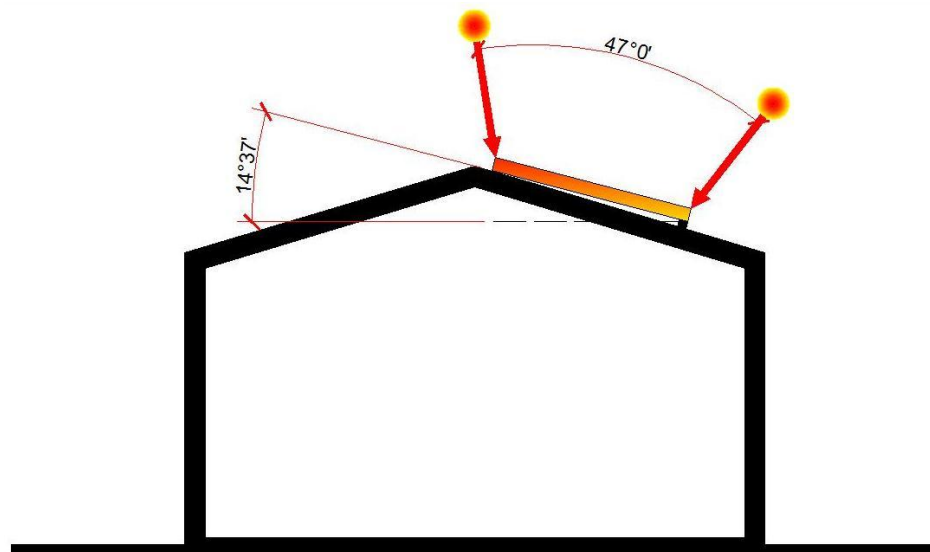
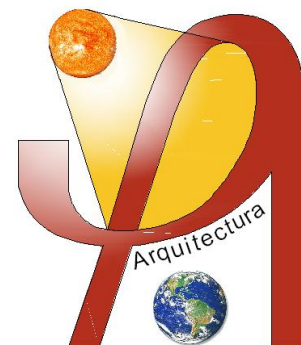


Figura No. 105



Capítulo 8

LA LUZ SOLAR EN LA ARQUITECTURA



ANALISIS DEL EDIFICIO SEDE DEL GRUPO "BESEL-ENERMAN"



ANÁLISIS DEL EDIFICIO SEDE DEL GRUPO "BESEL-ENERMAN" DEL CONOCIDO ARQUITECTO JOSÉ ANTONIO GIRONELLA

"Cuando por fin un arquitecto descubre que la luz es el tema central de la arquitectura, entonces empieza a entender algo, empieza a ser un verdadero arquitecto, cuando en mis obras logro que los hombres sientan el compas del tiempo que marca la naturaleza, acordando los espacios con la luz, temperándolos con el paso del sol, entonces, creo que merece la pena esto que llamamos arquitectura".

Arq. Alberto Campo Baeza.

El Grupo BESEL ha elegido como emplazamiento para su sede central el Parque Científico Tecnológico y Empresarial de Leganés, el primero de sus características en construirse en la comunidad de Madrid con el objetivo de fortalecer un clima de investigación como elemento para la generación de conocimiento, y que las empresas encuentren una cultura de innovación donde puedan mejorar su competitividad y sus áreas científica y tecnológica. Se trata de un conjunto arquitectónico bioclimático de 2,000 m² que acoge al personal de la empresa que hasta ahora se distribuía en varias oficinas en Madrid. Donde la temperatura va de 9° C bajo cero a 50° C aproximadamente en una latitud de 40° en relación al ecuador, por lo tanto la radiación del sol tiene inclinaciones de 26.5° hasta 73.5° desde el Sur.



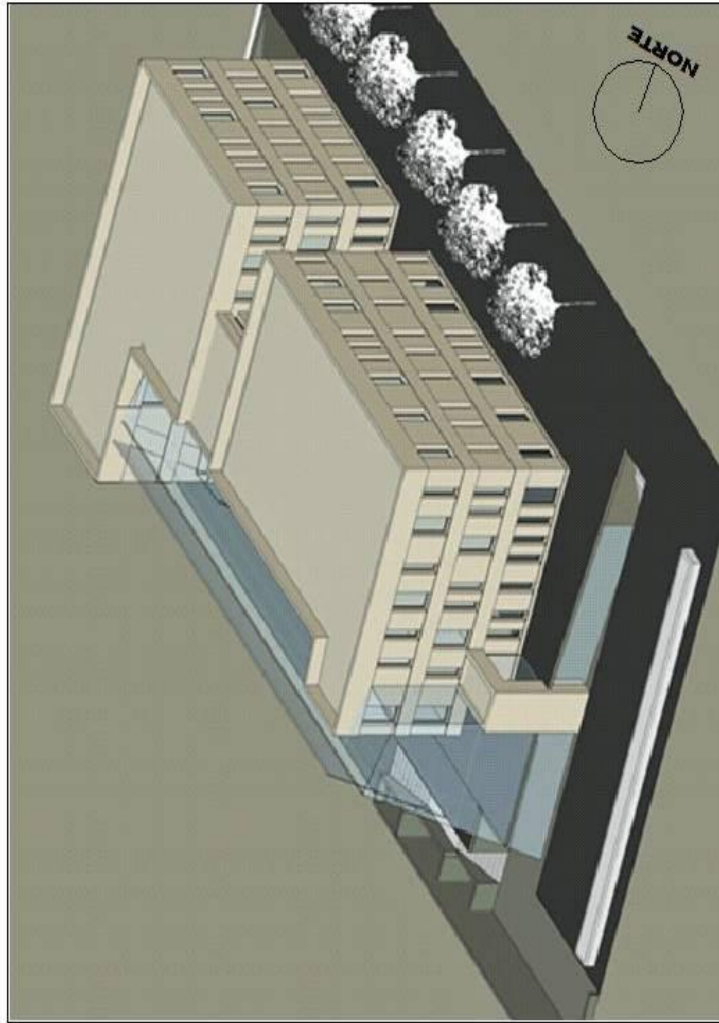
FACHADA SUR Y ESTE

SIN ESCALA



HOU. No. **1 / 6**

TESIS: La luz solar en la Arquitectura ASESOR: Arq. Jorge López	PROYECTO: Edificio Sede del Grupo BESEL-ENERMAN CONTIENE: ISOMETRICO	FUENTE DE INFORMACIÓN: www.besel.es facebook: grupo besel-enerman ESCALA: Sin escala FECHA: Julio 2011	SUSTENTANTE: ARTURO R. DE LEÓN E.
--	---	---	--------------------------------------

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA



FACHADA NORTE Y ESTE
SIN ESCALA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE ARQUITECTURA	TESIS: La luz solar en la Arquitectura ASESOR: Arq. Jorge López	PROYECTO: Edificio Besel del Grupo BESEL-ENERMAN CONTIENE: ISOMETRICO	FUENTE DE INFORMACION: www.besel.es facebook: grupo besel-enerman ESXIA: sin escala FECHA: JUNIO 2011 ASISTENTE: ARTURO R. DE LEÓN E.	Hoja No. 2 / 6	
---	---	--	--	--	-------------------	---



FACHADA SUR Y ESTE
 SIN ESCALA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS GUATEMALA FACULTAD DE ARQUITECTURA	TESIS: La luz solar en la Arquitectura ASesor: Arq. Jorge López	PROYECTO: Edificio Sede del Grupo BESEL-ENERMAN DISEÑAR: ISOMETRICO	FUENTE DE INFORMACIÓN: www.besel.es facebook: grupo besel-enerman ESCALA: sin escala FECHA: Julio 2011	No. No. 3 / 6	
			SUSTITUIENTE: ARTURO R. DE LEÓN E.			



**VISTA EXTERIOR NO. 1
 FACHADA NORTE**



VISTA INTERIOR NO. 1



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE
 GUATEMALA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA

TEMA:
La luz solar en la Arquitectura

ASESOR:
Arq. Jorge López

PROYECTO:
 Edificio Sede del Grupo BESEL-ENERMAN

CONTIENE:
 VISTA INTERIOR Y EXTERIOR FACHADA NORTE

FUENTE DE INFORMACIÓN: www.besel.es
 facebook: grupo besel-enerman

ESCALA:
 sin escala
 FECHA:
 Julio 2011







HOLA No.
 4 / 6





<p style="text-align: center;">VISTA INTERIOR No. 2</p>		<p style="text-align: center;">VISTA INTERIOR No. 3</p>		 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE ARQUITECTURA</p>	<p>TESIS: La luz solar en la Arquitectura ASESOR: Arq. Jorge López</p>	<p>PROYECTO: Edificio sede del Grupo BESEL-ENERMAN CONTIENE: VISTAS INTERIORES</p>	<p>FUENTE DE INFORMACION: www.w.beasel.es facebook: grupo beasel-enerman</p>	<p>ESCALA: FECHA: Julio 2011</p>	<p>SUSCRIBIÓ: ARTURO R. DE LEÓN E.</p>	<p>Hoja No. 5 / 6</p> 
--	---	--	--	---	---	---	--	--	---	--



 <p style="text-align: center;">VISTA INTERIOR NO. 5</p>	 <p style="text-align: center;">VISTA INTERIOR NO. 4</p>	 <p style="text-align: center;">VISTA EXTERIOR NO. 2</p>				
 <p style="text-align: center;">VISTA INTERIOR NO. 6</p>						
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS GUATEMALA FACULTAD DE ARQUITECTURA	TESIS La luz solar en la Arquitectura ASESOR: Arq. Jorge López	PROYECTO: Edificio sede del Grupo BESEL-ENERMAN CONTIENE: VISTAS INTERIORES Y EXTERIORES	FUENTE DE INFORMACIÓN: www.w.beasel.es facebook: grupo beasel-enerman ESCALA: sin escala FECHA: Julio 2011	HOJA No. 6 / 6	



La nueva sede, en Madrid, del Grupo BESEL-ENERMAN es un centro adecuado a las necesidades funcionales y técnicas de la actividad que la empresa viene desarrollando en los últimos años y de los proyectos que se van a acometer a medio plazo. El edificio se ha concebido como un laboratorio de nuevas tecnologías energéticas y de experimentación en sistemas de ahorro y eficiencia energética en la edificación.

Propuesta arquitectónica y urbanística

El edificio se ubica en una parcela de forma rectangular, con una orientación Este-Oeste, que proporciona una gran dimensión de fachada Sur, y una superficie de 2.000 m² distribuidos en cuatro plantas, una de ellas bajo rasante, comunicadas entre sí por un núcleo mediante ascensores y escaleras.

Sobre rasante, el edificio se ha concebido en dos volúmenes de diferentes dimensiones, que están conectados por otro volumen de menor tamaño (aseos), y longitudinalmente por un amplio atrio, de altura similar a la altura total del edificio, que sirve como acceso, comunicación y relación entre los distintos cuerpos del conjunto

El acceso principal se encuentra en el extremo Este del atrio y cercano a él, se halla el núcleo de comunicación vertical (ascensores y escalera interior). Además, existe otra escalera que recorre el atrio en sentido longitudinal, de construcción metálica para dar esbeltez y ligereza y que conecta las plantas de oficinas (vista interior No. 5 y 6).

En la hoja 2/6 y 4/6, se observa en isométrico y vista interior la cara Norte del edificio, donde se destaca por integrar huecos de fachada dispuestos de forma asimétrica en cada planta, buscando el mejor resultado entre estética y aislamiento térmico.



Los criterios de diseño que se marcaron para la arquitectura de la nueva sede de BESEL-ENERMAN contemplan diferentes aspectos, tales como funcionalidad, calidad del ambiente interior (confort), estética, reducción de emisiones, ahorro y eficiencia energética.

En cuanto al ambiente interior, el diseño del edificio ha contemplado los principales factores que inciden en su calidad, tales como la temperatura y humedad, los flujos de calor por convección y radiación, la ventilación, el ruido y las vibraciones y la iluminación, entre otros, con el fin de encontrar las soluciones más razonables.

La estética y la impresión visual son criterios de diseño arquitectónico que siempre están presentes en edificios representativos, por lo que el del Grupo BESEL-ENERMAN contempla una arquitectura moderna y sobria, pero a la vez elegante, integrando perfectamente elementos técnicos de última generación, como materiales avanzados y energías renovables.

Finalmente, el capítulo de ahorro y eficiencia energética ha ocupado un papel fundamental en la concepción del proyecto y del conjunto de la actuación, teniendo en cuenta que en un edificio de estas características, el consumo de energía se debe esencialmente a los sistemas de climatización y ventilación, así como a la iluminación y al equipamiento ofimático y de laboratorio. Por ello, se ha buscado aprovechar al máximo los recursos naturales (flujos de ventilación, radiación solar, orientación) y de emplear sistemas y equipos de última generación, integrando soluciones de alta eficiencia y respetuosas con el medio ambiente, como la microgeneración.

La pantalla Sur y el atrio

En la hoja 1/6 y 3/6 se observa La pantalla Sur, que es una fachada acristalada que cubre toda la edificación, juega un papel central en el planteamiento energético propuesto, a través:



- del suministro y pre-acondicionamiento térmico gratuito del aire de ventilación en épocas frías, gracias a la energía solar (calefacción y ventilación pasivas)
- de la ventilación de la fachada en verano
- del control de penetración de radiación solar directa en espacios interiores para reducir cargas térmicas en épocas cálidas y evitar una iluminación molesta.

La pantalla se construye como un doble cerramiento con una cámara intermedia para circulación del aire en sentido vertical por convección natural, a semejanza de un gran colector solar de aire.

La parte inferior de la cámara permite la toma de aire de ventilación del exterior, y a través de aberturas en la parte superior, permite conducir el aire al interior del atrio en épocas frías, tras haber sido acondicionado de forma natural por acción de la radiación solar, o de nuevo al exterior en épocas cálidas, evacuando calor de los cerramientos.

El diseño estructural de esta fachada fue combinar estrategias bioclimáticas de aprovechamiento de la luz solar sin que ello afectara al confort de los usuarios, ya que al margen de sus ventajas, este tipo de fachadas presenta también algunas contrapartidas como la ganancia térmica.

Dado que el proyecto del edificio del Grupo BESEL ha aprovechado su edificabilidad máxima, la separación que existe entre la pantalla Sur y la zona de oficinas, por medio del atrio, no implica una pérdida de espacio útil y a su vez, evita que la ganancia térmica de la fachada acristalada afecte a los usuarios.

Así pues, el atrio no es sólo un espacio de integración arquitectónica, sino que también cumple importantes funciones bioclimáticas pues se ha diseñado como una gran zona de acondicionamiento y homogeneización del aire interior que opera, fundamentalmente, a través de los caudales de renovación, al tiempo que proporciona una iluminación con radiación solar difusa al conjunto del edificio.



Climatización y ventilación. Sistemas de distribución

Las instalaciones mecánicas y eléctricas del edificio han sido proyectadas y ejecutadas por el Grupo BESEL.

Uno de los grandes objetivos de este edificio ha sido la eficiencia energética, con la intención de incorporar las soluciones más avanzadas en climatización y producción de energía, además de dotar al edificio de un gran valor agregado. Se perseguía, asimismo, un equilibrio técnico y económico, contemplando tanto el coste inicial como los costes de explotación de los próximos años.

Buscando la máxima eficiencia energética, ahorro de energía y confort de los usuarios.

Aire de ventilación

El aire de renovación se introduce en el edificio desde dos zonas, dependiendo de la época del año. Así pues, cuando la demanda es de aire frío (verano), se toma el aire de la zona Norte, donde una cortina vegetal rebaja de forma natural 4 grados. Ese aire es conducido, además, bajo el edificio, llegando al climatizador preenfriado.

En invierno, la aspiración se realiza a través de la pantalla Sur, en cuya cámara térmica, el aire experimenta un primer acondicionamiento en temperatura de forma natural, llegando precalentado al ambiente interior.



CONCLUSIONES

- 1) Mientras más alejado se encuentra un lugar de la línea del Ecuador, mayor es la diferencia climática.
- 2) La arquitectura bioclimática puede conseguir grandes ahorros económicos, incluso llegar a ser sostenible en su totalidad.
- 3) Las costumbres, edades y actos del usuario ayudan a predimensionar los sistemas climáticos de un ambiente.
- 4) Todo lugar tiene un ángulo de captación solar aprovechable de 47° .
- 5) La inclinación de cualquier captador solar o panel térmico para la producción de electricidad y agua caliente debe tener una inclinación referente a la horizontal equivalente a la latitud en que se ubique, dicha inclinación debe orientarse en dirección al hemisferio contrario.
- 6) Cuando la luz solar se acerca más a formar 90° en relación con la horizontal, mayor intensidad de calor.
- 7) Cuando el ángulo solar se aleja de formar 90° en relación con la horizontal la temperatura tiende a disminuir.
- 8) El análisis de soleamiento proporciona los ángulos de inclinación de un determinado lugar, los cuales ayudan a determinar la ubicación de ventanas para aprovechar la luz solar y determinar sistemas de protección a la radiación solar.



- 9) El análisis de la dirección de los vientos predominantes ayuda a determinar los sistemas de captación para la renovación de aire y determinar la ubicación de elementos de protección.

- 10) En Guatemala en las fechas alrededor del 21 de diciembre el ángulo de luz solar con referencia a la horizontal es menos inclinado, por lo tanto esta época es más fría y en las fechas alrededor del 21 de junio el ángulo de luz solar con referencia a la horizontal es más inclinado por lo que esta época es más calurosa.



RECOMENDACIONES

- 1) A las universidades: incluir líneas obligatorias en el pensum de estudio orientadas directamente a las energías renovables.
- 2) A las autoridades municipales: crear una normativa para la construcción orientada al uso de energías renovables.
- 3) Parte del trabajo preliminar de todo proyecto debería ser el análisis completo de los recursos renovables con los que puede contar la edificación.
- 4) En la ciudad de Guatemala todo captador solar debe ser orientado hacia el Sur con una inclinación de $14^{\circ}37'$ en relación a la horizontal.
- 5) En la ciudad de Guatemala se debe permitir la incidencia solar sobre materiales con alta inercia térmica en las fechas alrededor del 21 de diciembre y protegerse de la incidencia solar directa en fechas alrededor de 21 de junio.
- 6) En las fechas alrededor del 21 de junio la idea es no cubrirse totalmente de la luz solar, ya que esto puede convertir ambientes en espacios oscuros, por lo tanto hay que dosificar la entrada de luz por medio de elementos reflejantes o sistemas que reduzcan el área de paso de luz.



BIBLIOGRAFÍA

- 1) El hábitat bioclimático de la concepción a la construcción. Ed. Gili, Barcelona. Camous, R. y Watson, D. 1986
- 2) Energía Solar y Arquitectura. Ed. Trillas, México. Cantarell, Jorge. 1990
- 3) Análisis y gestión energética de edificios. Métodos, proyectos y sistemas de ahorro energético. Ed. Mc Graw Hill. Clark, William H. 1998.
- 4) La casa ecológica. Ed. De Vecchi, Corrado, M.
- 5) Energía solar para viviendas. Ed. CEAC, Barcelona, Cusa, Juan de. 2004.
- 6) Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos. Ed. UNLP, Colección Cátedra. La Plata, Ar. Czajkowski, Jorge y Gómez, Analía 1194.
- 7) La Arquitectura y el Sol. Protección solar de los edificios. Gustavo Gili. Díaz, Ernest. 1967.
- 8) Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. EUDEBA. Buenos Aires. Evans, Martin y Schiller Silvia. 1985.
- 9) Manual de Arquitectura Solar. Ed. Trillas Ferreiro, Héctor, García, José. 1991.
- 10) Diseño Bioclimático para el ahorro de energía y confort ambiental integral. Ed. Trillas. García Chávez, José R. 1996.



- 11) “Arquitectura sostenible y aprovechamiento solar”. Ed. SAPT Publicaciones Técnicas. Madrid. González Díaz, M J. 2004.
 - 12) Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Ed. Munilla-Ileria. González, Neila. Madrid, 2004.
 - 13) Energía, Bioclimática y Arquitectura. IAA-FAU-UNT, Tucumán, Ar. Gonzalo, Guillermo. 1990.
 - 14) Arquitectura Bioclimática. Ed. Gili, Barcelona, Izard, Jean Louis & Guyot, Alan. 1980.
 - 15) Manual de Arquitectura Solar. Ed. Trillas. México, D:F: Lacomba, Ruth. 1991.
 - 16) Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Ed. Gustavo Gili, Barcelona. Olgyay, Víctor. 1998.
 - 17) Energía Fotovoltaica, Ed. Alsina, 1994 Quadri, Nestor Pedro.
 - 18) Acondicionamiento Térmico Natural para el Hemisferio Norte. UNAM. Facultad de Arquitectura. México. Rivero, Roberto. 1988.
 - 19) Arquitectura y Clima. Gustavo Gili, Barcelona. Serra, Rafael. 1999.
 - 20) Arquitectura solar natural. Wright, David. Ediciones Gustavo Gil S: A., Naucalpan, 1983.
 - 21) Uso de la luz natural en Guatemala, América Central. Martin E. Larios Valle. España, 2008; Tesis.
 - 22) Architecture ed Energía. Sette edifici per IÉnea. AAVV. De Luca Editore, Roma, 1987.
-



- 23) European Passive Solar Handbook. Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture. AAVV. Directorate General XII for Science, Research and Developement. Solar Energy Division, Brussels, 1986.
- 24) Nuestra Huella Ecologica. Wackernagel Mathis y Rees William. LOM, Santiago de Chile, 2001.
- 25) El Libro de la energía solar pasiva. Mazria, Edward. Gustavo Gili, España, 1983.
- 26) Acústica de los edificios. Meisser, Mathias. Editores Técnicos Asociados, S.A., Barcelona, 1973.
- 27) Arquitectura y el control de los elementos. Serra Florensa, Rafael; Coch Roura, Helena; San Martín, Ramón. Asociación Cultural Saloni, Barcelona, 1996.
- 28) Física del sonido de la Ilum. Isalgue, Antoni. E.T.S.A.B., Barcelona, 1994.
- 29) Todo en Ventilación, S.A. de C.V. México 2001.
- 30) Energías renovables en la Arquitectura. Tesis, Martin E. Larios V. facultad de Arquitectura USAC Guatemala, 2009.
- 31) .6000 años de hábitat. De los poblados primitivos a la vivienda urbana en las culturas de oriente y occidente. Schoenauer, Norbert. Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1984.
- 32) Documentación Maestría Arquitectura y Medio Ambiente: Integración de Energías Renovables en la Arquitectura, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 3ª edición 2005-2007.



- 33) Daylighting in Architecture. A European Reference Book. AAVV. James & James, Brussels, 1993.
- 34) Renzo Piano, arquitecturas sostenibles. Barcelona Gustavo Gili. Zabalbeascoa, A. y Rodríguez, J. 199.
- 35) EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA METEOROLOGÍA DE HIDROLOGÍA (INSIVUMEH).
- 36) Update Dominicana S.A.
- 37) On thermal diffusivity. Salazar Agustín. 2003
- 38) La Casa Pasiva. Clima y Ahorro Energetico. The American Institute of Architects. (1984). Editorial blume, Barcelona.
- 39) Solar Energy in Architecture and Urban Planning. Ed.Prestel, Cf. Sophia and Stefan Behing. Sol Power. Ed. Prestel, Munich, Germany, 1996.Cf. Herzog, Thomas.