



UNIVERSIDAD ALZATE DE OZUMBA  
INCORPORADO A LA UNAM CLAVE 8898-03

---

---

APLICACIÓN DE SISTEMAS PASIVOS EN VIVIENDAS DE  
AUTOCONSTRUCCIÓN EN LA LOCALIDAD DE SAN RAFAEL,  
MUNICIPIO DE TLALMANALCO, ESTADO DE MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADO EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER AVELAR SORIANO

ASESOR

M.C.E. MA. ALEJANDRA GARNICA AGUIÑAGA

OZUMBA, ESTADO DE MÉXICO

MAYO DE 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Dedicatorias**

El presente trabajo de investigación lo dedico a la memoria de mi madre por haber estado a mí lado en todo momento, aun en los momentos más difíciles. “Mamá, tú eres y siempre serás lo mejor de mí, gracias por haberme hecho la persona que soy”.

## **Agradecimientos**

Doy gracias a mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado hasta ahora, pues día a día me han motivado para que continúe adelante, aun en los momentos más difíciles, así mismo me han enseñado a que jamás me rinda para conseguir lo que realmente deseo en la vida.

Agradezco también a todos los profesores de la licenciatura de arquitectura, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales. Lo cual ha fortalecido indudablemente mi interés por llegar a ser un profesional capaz, y entregar lo mejor de mí cada vez que desarrolle una actividad en el ámbito profesional.

De igual manera, doy gracias a todos y cada uno de mis compañeros que me han acompañado a lo largo de toda la carrera, pues sin la ayuda de muchos de ellos no me esforzaría cada vez más, pues sin duda me han sido de mucha utilidad para entender que la competencia profesional será mucho más dura y complicada en el mundo real que en el ámbito escolar.

Muchas gracias...

## Índice

Dedicatorias	2
Agradecimientos	3
Introducción	11
Planteamiento del Problema	14
Objetivos	17
Justificación	18
Hipótesis	19
<b>1 Capítulo I Antecedentes de la vivienda</b>	<b>20</b>
1.1 Vivienda	20
1.2 La vivienda en la prehistoria	20
1.3 La vivienda en la edad antigua	26
1.4 La vivienda en la edad media	29
1.5 La vivienda en el renacimiento	33
1.6 La vivienda en la edad moderna	34
<b>2 Capítulo II Arquitectura Bioclimática</b>	<b>40</b>
2.1 Definición de Arquitectura Bioclimática	40
2.2 Arquitectura Vernácula	40
2.3 Personajes históricos de la arquitectura bioclimática	43

<b>2.4</b>	<b>Objetivos de la arquitectura bioclimática</b>	<b>45</b>
<b>2.5</b>	<b>Sistemas pasivos de la arquitectura bioclimática</b>	<b>46</b>
2.5.1	Características principales de bioclimática pasiva.	46
<b>2.6</b>	<b>Confort</b>	<b>46</b>
2.6.1	Confort térmico.	47
2.6.1.1	Metabolismo.	47
2.6.1.2	Aislamiento térmico por arropamiento.	48
2.6.1.3	Temperatura del cuerpo humano.	49
2.6.1.3.1	Transferencia de calor por radiación.	49
2.6.1.3.2	Transferencia de calor por conducción.	49
2.6.1.3.3	Transferencia de calor por convección	49
2.6.1.3.4	Transferencia de calor por evaporación.	49
2.6.1.4	Temperatura del ambiente.	50
2.6.1.5	Humedad relativa.	50
2.6.1.6	Temperatura radiante.	50
2.6.1.7	Velocidad del aire.	50
2.6.2	Confort lumínico.	51
2.6.2.1	Cantidad de luz.	52
2.6.2.2	Distribución de luz.	53
2.6.2.2.1	Reflectancia.	54
2.6.2.2.2	Absortancia.	54
2.6.2.2.3	Transmitancia.	55
2.6.3	Confort acústico.	55
2.6.3.1	Sonido	56
2.6.3.1.1	Tono.	56

2.6.3.1.2 Intensidad.	57
2.6.3.1.3 Velocidad del sonido.	58
<b>2.7 Clima</b>	<b>59</b>
2.7.1 Factores del clima.	59
2.7.1.1 Latitud.	59
2.7.1.2 Altitud.	60
2.7.1.3 Relieve.	61
2.7.1.4 Superficie del agua.	61
2.7.1.5 Superficie del suelo.	62
2.7.1.6 Vegetación.	62
2.7.2 Elementos del clima.	62
2.7.2.1 Radiación solar.	62
2.7.2.2 Humedad.	63
2.7.2.3 Temperatura.	64
2.7.2.4 Precipitación pluvial.	64
2.7.2.5 Viento.	64
2.7.2.6 Nubosidad.	65
2.7.2.7 Presión atmosférica.	66
<b>3 Capítulo III Estudio climatológico del sitio</b>	<b>68</b>
<b>3.1 Ubicación del Municipio de Tlalmanalco</b>	<b>68</b>
3.1.1 Ubicación de la delegación de San Rafael.	68
<b>3.2 Clima en la delegación de San Rafael</b>	<b>70</b>
3.2.1 Latitud en la delegación de San Rafael.	71
3.2.2 Altitud en la delegación de San Rafael.	72

3.2.3	Relieve en la delegación de San Rafael.	73
3.2.4	Vegetación en la delegación de San Rafael.	74
3.2.5	Temperatura en la delegación de San Rafael.	75
3.2.6	Días con lluvia en la delegación de San Rafael.	75
3.2.7	Precipitación en la delegación de San Rafael.	75
3.2.8	Viento en el Municipio de Tlalmanalco.	75
3.2.9	Humedad en la delegación de San Rafael.	75
3.2.10	Irradiancia en la delegación de San Rafael.	75
<b>3.3</b>	<b>Cartas Bioclimáticas</b>	<b>77</b>
3.3.1	Carta bioclimática de Olgyay.	77
3.3.1.1	Colocación de datos en la carta bioclimática de Olgyay.	77
3.3.1.2	Interpretación de la carta bioclimática de Olgyay en la delegación de San Rafael.	79
3.3.2	Carta psicrométrica.	79
3.3.2.1	Colocación de datos en la carta psicrométrica.	79
3.3.2.2	Interpretación de la carta psicrométrica en la delegación de San Rafael.	81
<b>3.4</b>	<b>Proyección ortogonal</b>	<b>81</b>
3.4.1	Interpretación de la carta solar de San Rafael.	91
<b>3.5</b>	<b>Análisis de vientos dominantes</b>	<b>91</b>
<b>4</b>	<b>Capítulo IV Metodología de la investigación</b>	<b>93</b>
4.1	Descripción de la metodología	93
4.2	Diseño de la investigación	93
4.3	Enfoque de la investigación	94
4.4	Población y Muestra	94

<b>4.5</b>	<b>Recolección de datos</b>	<b>95</b>
<b>4.6</b>	<b>Diseño de encuesta</b>	<b>96</b>
<b>4.7</b>	<b>Análisis de datos</b>	<b>100</b>
<b>4.8</b>	<b>Interpretación de los resultados</b>	<b>100</b>
<b>5</b>	<b>Capítulo V Las premisas de diseño</b>	<b>106</b>
<b>5.1</b>	<b>Aspectos preliminares</b>	<b>106</b>
5.1.1	Representación de dibujos para edificaciones.	106
5.1.2	Identificación del sitio.	107
5.1.2.1	Construir cerca de lechos de ríos.	107
5.1.2.2	Construir en suelos inestables.	107
5.1.2.3	Construir en zonas inundables.	108
5.1.2.4	Pendientes del predio.	108
5.1.2.5	Ubicación del predio.	109
5.1.2.6	Orientación del predio.	109
5.1.2.7	Superficie del predio.	109
5.1.2.8	Resistencia del terreno.	110
5.1.3	Trámites y permisos.	111
5.1.4	Dimensiones de los espacios de vivienda.	111
5.1.4.1	Circulaciones en viviendas.	113
5.1.4.2	Funcionalidad en el espacio.	116
5.1.5	Densidad de uso del suelo.	117
5.1.6	Ubicación de la casa.	118
5.1.7	Vegetación en el terreno.	119
5.1.8	Topografía.	119

5.1.9 Dimensiones.	119
<b>5.2 Calefacción</b>	<b>121</b>
5.2.1 El comportamiento de radiación solar en edificios.	121
5.2.2 Alternativas para calentar las habitaciones.	121
5.2.3 Alternativas para conservar el calor.	128
5.2.3.1 Masa térmica.	130
5.2.3.1.1 Tierra.	131
5.2.3.1.2 Piedra.	132
5.2.3.1.3 Concreto reforzado.	134
5.2.3.1.4 Madera.	135
5.2.4 Alternativas para el control solar.	135
5.2.4.1 Horizontales.	135
5.2.4.2 Verticales.	136
5.2.4.3 Mixtas.	137
<b>5.3 Ventilación</b>	<b>138</b>
5.3.1 Comportamiento del viento fuera del edificio.	139
5.3.2 Tipos de ventilación.	140
5.3.2.1 Ventilación cruzada.	140
5.3.2.2 Ventilación diagonal.	140
5.3.2.3 Ventilación unilateral.	140
5.3.3 Comportamiento del viento dentro de los edificios.	141
5.3.4 Ubicación de las aberturas.	143
5.3.5 Forma de ventanas.	144
5.3.6 Tipos de ventanas.	145
5.3.7 Tamaño de aberturas.	146

5.3.8 Vegetación y viento.	148
5.3.9 Vientos indeseables.	151
5.3.10 Reductores de velocidad del viento.	151
<b>5.4 Iluminación</b>	<b>152</b>
5.4.1 Fuentes de luz natural.	152
5.4.2 Alternativas para iluminar espacios.	153
5.4.3 Tamaño de las aberturas.	157
5.4.4 Control de cantidad de luz.	158
<b>5.5 Acústica arquitectónica</b>	<b>159</b>
5.5.1 Comportamiento del sonido en edificios.	159
5.5.2 Alternativas para controlar el ruido.	160
<b>Recomendaciones</b>	<b>167</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>172</b>
<b>Glosario</b>	<b>175</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>178</b>

## **Introducción**

La bioclimática pasiva son técnicas que siempre han tenido cierta relevancia en el diseño de viviendas, pues su empleo adecuado favorece al entorno, a las habitaciones y a las personas. Desde un principio cuando aparecieron los primeros pobladores, el ser humano siempre ha tenido la necesidad de buscar algún refugio que le resguarde de las inclemencias del tiempo; aunque también ha tenido la necesidad de crear aposentos tranquilos, cálidos, frescos o iluminados, con el fin de que sean mejorados. Esto ha ocasionado que el ser humano a través del tiempo tome decisiones oportunas, para que los recursos naturales se utilicen de manera adecuada.

Sin embargo, con la llegada de la industrialización, la urbanización y el crecimiento de las ciudades; el desarrollo de viviendas ha dado prioridad a la utilización de la iluminación artificial y a los sistemas de aire acondicionado, para atender o enmendar necesidades básicas en la vivienda, dejando en segundo término las edificaciones que toman en cuenta el clima y los materiales de construcción locales; además se tiene conocimiento que estas alternativas de iluminación y acondicionamiento térmico convencional, pueden causar gastos económicos altos, considerando que, se tienen que efectuar pagos extra para que los sistemas sean instalados, gastos para cubrir su consumo energético o gastos para dar mantenimiento cada vez que el sistema se dañe.

Y aunque con el tiempo el ser humano ha buscado la forma de que los proyectos habitacionales sean elaborados con una mayor calidad y precisión, una gran parte de la sociedad desconoce las técnicas y herramientas útiles para diseñar viviendas.

Ante esta situación, se busca desarrollar un documento que brinde al lector los conocimientos básicos para construir viviendas bioclimáticas pasivas, el cual otorgue recomendaciones, criterios y estrategias prácticas que mejoren la comodidad de las habitaciones,

así como, que estos conocimientos puedan ser integrados a cualquier proceso de diseño habitacional, pues se sabe que este tipo de arquitectura trae consigo grandes beneficios como; el ahorro de energía, ahorro económico, reducción de contaminación ambiental, y otros beneficios.

Además, se espera que este documento sirva como guía de diseño a todas aquellas personas que tienen la idea de producir viviendas de manera informal. Aunque también puede ayudar a estudiantes, diseñadores, constructores, arquitectos o ingenieros que pretendan construir cualquier espacio habitable en la delegación de San Rafael, perteneciente al Municipio de Tlalmanalco estado de México. Así mismo, que este documento sirva para mejorar el planeamiento y el uso eficiente de la energía, a fin de que los locales sean más agradables, funcionales y saludables. Más aún cuando se sabe que las viviendas constituyen el mayor porcentaje de edificaciones en las grandes urbes.

También es importante aclarar que la construcción de edificios resulta mucho más fácil y económico cuando se previene o planea cada elemento; que cuando se tienen que corregir los elementos ya edificados, pues ello implica gastos extra como; demoliciones, compra de nuevos materiales, mano de obra especializada, tiempo, entre otros factores.

Con el propósito de que este documento sea de fácil entendimiento, el estudio estará desarrollado en varios capítulos donde estén mezclados los aspectos teóricos, conceptuales y esquemáticos más relevantes del tema.

En el capítulo I “Antecedentes de la Vivienda”, se describe de manera breve los acontecimientos teórico-conceptuales más importantes de la vivienda; desde la adecuación de los primeros refugios hasta los grandes y actuales conjuntos habitacionales, especificando sus características arquitectónicas más destacadas y describiendo cómo evolucionó la vivienda a través del tiempo.

En el capítulo II “Arquitectura Bioclimática”, se describe la relación que tiene la arquitectura, el hombre y el medio ambiente; así como, la explicación de los aspectos teórico-conceptuales más sobresalientes, que tienen un vínculo con el proceso de diseño de las viviendas pasivas.

En el capítulo III “Estudio Climatológico del Sitio”, se describen los principales aspectos climáticos de la delegación de San Rafael, así mismo, se aplican los datos climáticos del sitio en las herramientas de diseño bioclimático pasivo (Carta Bioclimática, Carta Psicrométrica, Carta solar estereográfica, Rosa de los Vientos) para determinar las características que necesitan los espacios habitables en la delegación de San Rafael, Municipio de Tlalmanalco, estado de México, el cual se compone de textos, esquemas y tablas, para que la información sea clara y comprensible.

En el capítulo IV “Metodología de la Investigación”, se exponen los pasos utilizados para recabar, analizar e interpretar la información, sobre las condiciones ambientales en las que viven las personas que autoproducen viviendas en la delegación de San Rafael, el cual cuenta con tablas y graficas de los resultados obtenidos.

En el capítulo V “Premisas y recomendaciones”, se presentan de manera breve los criterios, estrategias y recomendaciones de diseño más destacadas, para que las viviendas sean más, confortables y amigables con el medio ambiente.

## **Planteamiento del Problema**

El déficit de viviendas adecuadas que mejoren la comodidad de sus ocupantes es una adversidad que afecta a muchas familias de todo el país. Según la Organización Mundial de la Salud, (2019) “estima que, al menos, 38.4 % de la población de México habita en una vivienda no adecuada”.

Según el plan de desarrollo del Estado de México (2017-2023), describe que el 12.6 % de las viviendas en el estado de México presentan carencias relacionadas con los espacios y su calidad lo que significa que 2.2 millones de personas no tienen un hogar adecuado para vivir.

Según el índice básico de las ciudades prósperas expedido por INFONAVIT Y ONUHABITAT, (2018) describe que en el Municipio de Tlalmanalco el 29.93% de las viviendas están construidas en zonas peligrosas o con materiales no duraderos, es decir, que no cuentan con una estructura permanente en pisos, muros o cubiertas, pues no son lo “suficientemente adecuadas para proteger a sus habitantes de las extremas condiciones climáticas tales como la lluvia, calor, frío y humedad”(p.49), lo cual puede afectar la salud y la calidad de vida de los ocupantes. Sin embargo, el estudio estará enfocado en atender la parte central del Municipio de Tlalmanalco Estado de México, específicamente en la delegación de San Rafael, pues esta delegación cuenta con la mayor densidad de población de todo el municipio.

Aunque también es necesario expresar que hay algunos factores que influyen directamente sobre el aumento de esta problemática, y están conformados principalmente por grupos de personas que producen viviendas de manera informal, los cuales, de manera común optan por autoconstruir sus propias viviendas, ya que no cuentan con las suficientes posibilidades económicas para contratar a personas especialistas en la materia, las cuales les ayuden a proyectar de una mejor manera sus espacios habitables. Sin embargo, también se pueden encontrar proyectos

de viviendas que han sido atendidos por arquitectos que se supone son expertos en la rama, los cuales ocasionalmente caen en el error al intentar cumplir solo con las características estéticas, formales y funcionales, dejando a un lado el bienestar térmico, lumínico y acústico de las personas que habitan el local.

De igual modo, es importante exponer que la construcción de viviendas puede resultar un asunto complejo, si no se cuenta con los conocimientos o habilidades necesarias para desarrollar y solucionar de manera correcta cada elemento. Un aspecto fundamental para el diseño de viviendas, es definir las características ambientales que debe tener cada local, pues este factor depende de las actividades que se desarrollen en su interior, así como de los diversos estilos de vida que lleva cada persona en su vida cotidiana.

En efecto, la mala orientación de ventanas, muros o cubiertas puede afectar de manera considerable las habitaciones, pues se pueden llegar a manifestar sensaciones demasiado cálidas, frías, ventosas, oscuras o deslumbrantes; más aún cuando estos elementos en conjunto, pueden generar microclimas contraproducentes para los sentidos del cuerpo humano, lo cual puede traer consecuencias severas sobre la salud física y mental de los ocupantes.

Así mismo, es importante mencionar que los recursos que mayormente se utilizan para enmendar los problemas de iluminación, calefacción, refrigeración o ventilación provienen del servicio de equipos de climatización o iluminación artificial, llamados también equipos convencionales. Es por ello que entre más sean utilizados estos sistemas convencionales, mayor será el consumo de energías no renovables, tal es el caso del petróleo, el gas natural, el carbón, el uranio y el plutonio, de los cuales se tiene conocimiento que son energías limitadas, pues su extracción no es eterna, aunque también se sabe que estos elementos causan problemas graves al medio ambiente. Como lo describe Grupo Novelec (2018) donde describe que la gran mayoría

emiten gases contaminantes a la atmosfera, provocando cambios climáticos en el medio ambiente, aumentando el calentamiento global y la multiplicidad del efecto invernadero al rededor del planeta.

Y aunque la vivienda es el espacio que sirve como refugio para protegerse de las inclemencias atmosféricas, de los animales y de otros seres humanos, hay que considerar que estos espacios tienen que ser confortables y amigables con el medio ambiente. De modo que, no se debe permitir que el desarrollo de viviendas inadecuadas valla aumentando, teniendo en cuenta que el crecimiento de población aumenta a cada día, la composición de nuevos hogares crece y los recursos económicos destinados a la producción de viviendas son bajos.

## **Objetivos**

### **Principal**

Generar una metodología que oriente a las personas que autoconstruyen viviendas, recabando la información necesaria sobre el diseño bioclimático pasivo, para desarrollar proyectos eficientes y mejorar la confortabilidad y la calidad de vida de sus ocupantes.

### **Particulares**

- Mejorar la calefacción natural en las habitaciones.
- Optimizar la ventilación de los espacios interiores.
- Optimizar la Iluminación natural dentro de los espacios.
- Mejorar la acústica arquitectónica en las habitaciones.
- Reducir la utilización de equipos de climatización convencionales.
- Disminuir el consumo de energías no renovables.

## **Justificación**

Este documento está enfocado en brindar el conocimiento necesario a cualquier grupo de personas que deseen mejorar la comodidad de sus viviendas, así como, orientar a todas aquellas personas que tengan en mente construir sus propias viviendas en la delegación de San Rafael, Municipio de Tlalmanalco Estado de México. Será preciso mostrar que este documento contenga información teórica, conceptual y práctica que puede ser utilizada en varios campos de estudio, aunque también cuenta con información que puede ser utilizada en varias zonas del planeta, siempre y cuando el lugar cumpla con las mismas condiciones climáticas de la zona estudiada.

Considerando que lo que se busca es transmitir a las personas una serie de soluciones y recomendaciones para que las viviendas mejoren su rendimiento energético y su confort ambiental, lo primero en abordar son las bases teórico-conceptuales entre la vivienda y el medio ambiente, así como, decretar que la utilización de recursos naturales es una herramienta indispensable para el desarrollo de todo tipo de edificaciones, por ello no deben pasar inadvertidas, pues con la utilización de estos elementos se puede alcanzar de forma más rápida y efectiva el bienestar humano.

Y aunque será fundamental analizar las condiciones físicas que presente el sitio, también será de vital importancia saber aprovecharlas y adaptarlas dentro de cada diseño, por ello resulta muy importante mantener un equilibrio entre las edificaciones y el entorno que les rodea, más aún cuando se pretende modificar el entorno con la inserción de nuevos edificios, o cuando la disposición de elementos ambientales está al alcance de todas las personas.

Hay que mencionar, que el confort de las personas dentro de las viviendas tiene una relación directa con las sensaciones que percibe el cuerpo humano, principalmente las sensaciones térmicas, lumínicas y acústicas. Por eso es necesario buscar soluciones que den equilibrio al

contexto, al sujeto y al objeto, es decir, que den equilibrio al entorno, al hombre y a la vivienda, de tal forma que no puedan ser afectados los sentidos del cuerpo humano, el medio ambiente y las edificaciones.

Por todo lo antes mencionado, se busca atender este inconveniente, debido que, si aumentan los índices de autoproducción de viviendas, con ello aumenta el desarrollo de viviendas inadecuadas, pero también aumentarán las viviendas con problemas de eficiencia energética y desde luego también aumentarán los gastos económicos por el consumo adicional de servicios de iluminación y climatización convencional.

Por esa razón, es preferible desarrollar una metodología de bioclimática pasiva, que pueda ser utilizada en el diseño de viviendas en la zona central del Municipio de Tlalmanalco Estado de México. Con la finalidad de construir diseños que aprovechen al máximo los recursos que ofrece la naturaleza, sin sobreexplotarlos y reduciendo el impacto ambiental del planeta.

Por tal motivo y para efectos de esta investigación, se permite describir que el uso adecuado de las energías renovables podría ser el camino para ayudar a mejorar las condiciones ambientales, tanto de las habitaciones como del bienestar de sus ocupantes, y así poder mejorar la planeación y la construcción de viviendas en la delegación de San Rafael, municipio de Tlalmanalco, Estado de México.

### **Hipótesis**

El uso adecuado de energías renovables, mejora el confort ambiental de las habitaciones y el bienestar de sus ocupantes.

## **1 Capítulo I Antecedentes de la vivienda**

### **1.1 Vivienda**

La palabra vivienda tiene sus raíces etimológicas del latín popular “«vivenda» cosas con que o en que se ha de vivir y a su vez del latín «vivendus» que ha de vivirse, forma gerundivo de «vivēre» que quiere decir vivir” (Definiciona, 2019). La palabra vivienda se define entonces “como un lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas” (Arredondo y Reyes, 2013, p.15). Aunque la vivienda es un espacio que ofrece seguridad de las inclemencias del tiempo y de otras amenazas como personas o animales, tiene que cumplir con ciertas características de funcionalidad o sensibilidad, que permita a los moradores vivir cómodamente.

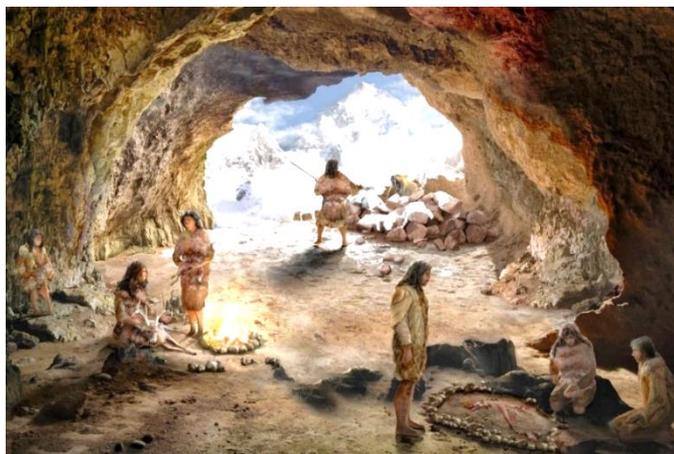
### **1.2 La vivienda en la prehistoria**

El hombre primitivo desde su aparición allá por el paleolítico, ha tenido la necesidad de buscar refugio en su entorno natural, y se dice que los primeros hombres vivían en las copas de los árboles, muy parecido a los primates, lo que les permitía escapar de sus depredadores, incluso “antes de habitar las cavernas se refugiaban en las grietas y oquedades de las montañas, para protegerse de las inclemencias del clima, esto hace alrededor de 2 millones de años” (Valenzuela y Yocupicio, p. 10). Incluso se dice que el yacimiento de FLK NNI de Oldoway (Tanzania) fechado hacia 1.8 M.A., fue uno de los primeros sistemas para el acondicionamiento de los espacios, interpretado como un sistema que servía para protegerse del viento, el cual consistía en alinear piedras en forma semicircular (Eiroa, 1994).

Luego de un lento desarrollo de conocimientos experimentales, el hombre primitivo por fin encontró la manera de refugiarse en espacios más acogedores sin tener la necesidad de construir ningún tipo de vivienda ni transformar el medio físico; estos lugares eran conocidos como cavernas. Se dice que los primeros hombres que habitaron allí, fueron los Neandertales o

Cavernícolas, los cuales utilizaban las pieles de animales como vestimenta para proteger sus cuerpos y generalmente vivían en la boca de las cavernas en los periodos invernales (Simancas, 2003). Estos refugios eran seleccionados cuidadosamente de acuerdo a sus condiciones físicas y ambientales, y su ubicación tenía que ser lo más cercana a las orillas de ríos o lagos, aunque también se elegían cuevas que tuvieran el acceso hacia el sur para evitar los vientos fríos del norte, estos accesos a su vez eran cubiertos con pieles extendidas para brindar mayor protección, y era necesario dejar entrar las corrientes de aire para encender las fogatas, incluso se procuraba elegir cuevas que contaran con espacios amplios para almacenar sus pertenencias o alimentos.

Sin embargo, los espacios eran ocupados pocos días o semanas, debido a que los grupos de habitantes vivían bajo condiciones nómadas, y se dedicaban a la caza y a la recolección de plantas, frutos o raíces. Un elemento muy útil de la época, era la utilización del fuego, ya que era un sistema que servía para cocinar, calentar, iluminar y estimular la convivencia social humana.



*Figura 1. Las Cavernas, los primeros espacios habitables. (Ariztoy, 2013).*

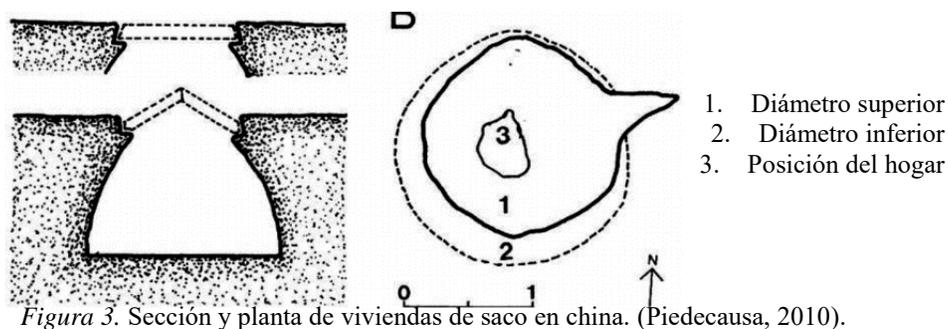
Algunos autores afirman, que los primeros habitantes que empezaron a desarrollar viviendas fuera de las cavernas fueron los Cro-Magnones, aunque también fueron los primeros en desarrollar la escritura, los primeros en convertirse en seres sedentarios y agricultores dejando atrás la vida de nómada, y hay autores que afirman que fueron los que emigraron a América.

Se piensa que, debido al crecimiento de habitantes, la escasez de cuevas y la emigración para encontrar alimentos, dio pauta para que se construyeran refugios portátiles, también llamados tiendas. Aunque estas viviendas eran construidas en pocas horas, su periodo útil se extendía hasta varias semanas o meses, y eran habitadas por nómadas que se dedicaban a la recolección, la pesca y la caza (Schoenauer, 1984). Su construcción era a base de pieles de animales, matorrales, ramas secas y hojas de palma. Aunque dependían de la dirección del viento dominante, evitando al igual que en las cavernas los vientos del norte, y se optaba por colocar aberturas en la parte superior para desalojar el humo de las fogatas. Además, eran desmontables, ligeras y fáciles de transportar, incluso se dice que son las viviendas prefabricadas más básicas.



*Figura 2.* Desarrollo de viviendas en forma de tienda. (Avances Tecnológicos, 2014).

Aunque las viviendas excavadas se han utilizado desde el neolítico, en el norte de china se podían encontrar las llamadas viviendas de saco. Que eran excavaciones verticales en el terreno de forma circular, donde el diámetro inferior era más grande que el diámetro superior, tenían una profundidad aproximada de 3m y un diámetro inferior de 4m, pero eran limitadas por las dimensiones de sus cubiertas, pues la falta de herramientas y conocimientos técnicos para el trabajo de la madera todavía era una dificultad, sin embargo la masa térmica de la tierra, era una ventaja que ofrecía temperaturas más constantes en su interior, lo cual podía generar microclimas muy agradables (Piedecausa, 2010).

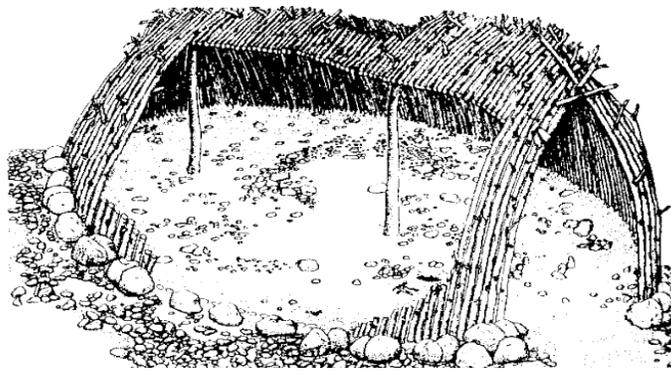


Las viviendas semienterradas, eran una forma intermedia entre los refugios enterrados y los desarrollados al nivel del suelo, la forma de la planta era circular, cuadrada o rectangular, y llegaban a medir hasta los 4m de diámetro en las formas circulares y hasta los 4m por 5m en las formas rectangulares, con desniveles de un metro como mínimo entre el piso interior y el piso exterior. Varios ejemplares de este tipo de viviendas se desarrollaron en el periodo paleolítico y neolítico en Turquía, América del Norte, África del Norte, Armenia y Nigeria. Una referencia de las más destacadas es la Capadocia, donde “se moldeó la piedra formando las habitaciones, los muebles y los ornamentos” (Simancas, 2003, p.56).



En cambio, las primeras cabañas desarrolladas por los hombres primitivos en distintas partes del planeta fueron a base de troncos de árbol, ramas, paja y materiales que se encontraban a su alrededor. En la tierra de (Niza), los cazadores y recolectores construyeron una cabaña sobre una playa de arena y pequeños cantos rodados. Era una estructura de planta oval de unos 10m de

largo por unos 4m de ancho, hecha de ramas largas apoyadas sobre dos grandes bloques de piedra. El yacimiento se ha fechado en 380,000 a.P. (Eiroa, 1994).



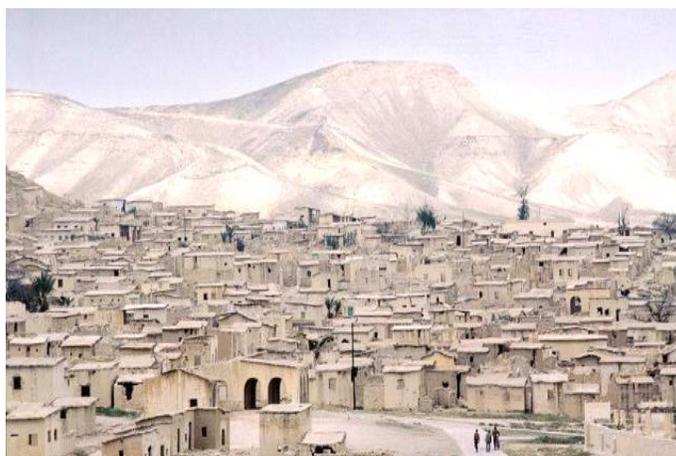
*Figura 5. Las primeras cabañas construidas sobre el suelo. (Vallejo, 1998).*

Con el tiempo se fueron desarrollando nuevas herramientas, técnicas y procedimientos constructivos, para desarrollar estructuras más complejas con madera, arcilla y piedra, a fin de que la vivienda mejorara en varios aspectos y brindara mayor grado de comodidad en su interior.

El primer asentamiento conocido hasta hoy, es la Ciudad de Jericó ubicada en el valle del Jordán hace 8,000 años a.C., desarrollada generalmente con tipos de viviendas de planta circular, hechas con ladrillos de barro secado al sol, conservando todavía el hogar interior semienterrado, algunos de los rasgos más sobresalientes son que “se elevan sobre muros de cantos sueltos y trozos de piedra bien trabados con argamasa de barro, y algo más tarde de yeso o cal, que también reviste el liso paramento interior” (León, 1998, p. 278). Esta civilización trabajaba muy bien la piedra, incluso para objetos e instrumentos cotidianos.

A finales del milenio VII a.C., se empezaron a desarrollar distintos métodos para elaborar viviendas, los cuales eran diferentes en cada zona del planeta. En algunos lugares se conservan las formas de planta circular, en otros se utiliza la forma ovalada y en otros se desarrollan plantas de forma cuadrada o rectangular, con muros anchos, altos o bajos, formados de adobes de barro crudo, piedra, tapial o estructuras de madera y ramas, las cuales eran cubiertas con barro o arcilla

endurecida. El tipo de cubiertas también variaba, algunas a dos aguas, otras radiales con forma de cono y otras simplemente inclinadas. En la mayoría de los casos se utilizaba madera, paja, varas flexibles, arcilla cocida con el sol, y arcilla blanca como capa final para cubrir oquedades o grietas. Algunas cimentaciones estaban hechas con ladrillos de barro cocido o piedra, los cuales estaban unidos con argamasa de arcilla o cal con arena de río, y había lugares donde los pisos eran realizados con tierra apisonada.



*Figura 6.* La ciudad de Jericó, en Jordania. (historia mi biblioteca, 2015).

En Mesopotamia, en la región del río Tigris y Éufrates en el actual Iraq, hay hallazgos arqueológicos, donde se piensa que los habitantes podían trabajar bien algunos materiales de construcción como la madera, la piedra, el yeso y la arcilla, aunque también se piensa que podían dosificar mezclas de materiales aglomerantes para ocuparlos en sistemas constructivos de muros, pisos y cubiertas, así mismo, tenían la habilidad de desarrollar puertas y ventanas que facilitara la entrada de iluminación y ventilación en los espacios. Algunas casas eran de planta circular, con habitaciones ortogonales, con cubiertas planas y transitables, las cuales eran utilizadas para secar las cosechas o tomar el aire. Aunque también había casas cuadradas con patios abiertos y con gruesos muros de adobe.



Figura 7. Viviendas de Mesopotamia.



Figura 8. Viviendas de Mesopotamia. (Prieto, 2012).

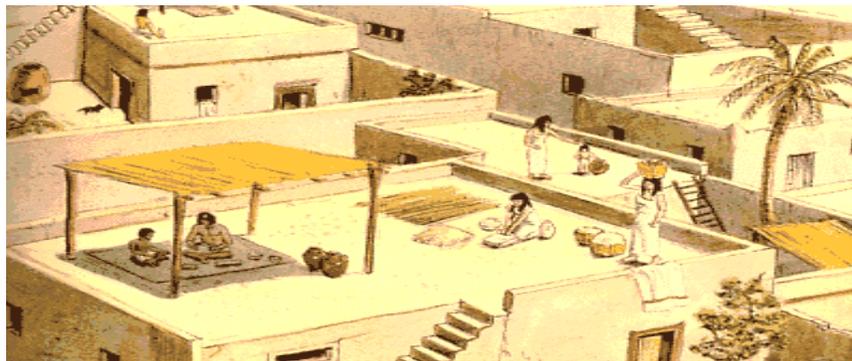
Los sumerios, que fueron una de las primeras culturas de Mesopotamia, fueron los primeros que empezaron a conocer los ladrillos cocidos al horno, y con ello obtuvieron materiales de construcción más sólidos y duraderos, a los cuales se les aplicaban esmaltes pigmentados para crear colores vivos, sin embargo, este método solamente lo utilizaban en los zigurats, que eran pirámides escalonadas simbólicas en forma de montañas artificiales que pretendían alcanzar el cielo (Glancey y Foster, 2009).

### 1.3 La vivienda en la edad antigua

En todas las edificaciones de Egipto, desde la casa de un campesino hasta el palacio del faraón, se utilizaba el mismo procedimiento constructivo, el cual era a base de adobe de barro con paja prensados y secados al sol, las plantas eran de forma rectangular con muros altos, algunos de ellos enlucidos con argamasa formada por barro y paja, con cubiertas planas a base de troncos de madera, hojarasca y barro para reducir la acumulación de calor en su interior, contaban con dos aberturas, una conformada por la puerta de acceso y otra al lado opuesto, para que se empleara un sistema de ventilación cruzada. La utilización de adobes, ayudaba a que el ambiente fuera fresco en verano y cálido en invierno, además el material se mantenía en buenas condiciones, ya que Egipto es un país donde hay pocas lluvias.

A pesar de que los egipcios trabajaban perfectamente la piedra arenisca, casi siempre se utilizaba para estructuras complejas como templos y pirámides, pues tenían que ser duraderas y

resistentes, sin embargo, ya había viviendas más sofisticadas que constaban de dos plantas.



*Figura 9.* Viviendas del antiguo Egipto. (Historia de las Civilizaciones, 2011).

El desarrollo de viviendas en Grecia era con muros de adobe, techos de madera con teja, pisos de arcilla apisonada y cimentaciones de piedra. La forma de la planta era circular o rectangular, compuesta de una o dos habitaciones, desarrollaban pórticos en la fachada frontal, y se colocaban aberturas amplias para iluminar y ventilar, ubicadas hacia el patio interior descubierto llamado aulé, un espacio donde giraba toda la vida de la casa, pues tenía una comunicación directa con casi todas las habitaciones.



*Figura 10.* Las viviendas de Grecia. (La Sabiduría de Grecia, 2018).

Se cree que antes de la llegada de los romanos, en Alemania y en Francia las viviendas se empezaban a dividir en zonas, donde un área se destinaba para las actividades del día (zona baja) y otra para las actividades de la noche (zona elevada).

Algunas viviendas de la península ibérica se caracterizaban por contar con dos áreas de calor, el hogar y el horno, sus cubiertas eran de forma cónica con pendientes muy pronunciadas y formadas por gruesas capas de paja. En cuanto al desarrollo de ventilación y regulación de temperatura, se aprovechaba la altura de las dos plantas, para permitir que el aire caliente ascendiera por las escaleras hasta llegar a la cubierta vegetal para poder salir.

Ya por el siglo I a.C., se declara que los romanos, “en su deseo constante de disfrutar de una vida confortable en sus casas, llegaron a inventar el primer sistema de calefacción conocido hasta hoy, como el hipocausto” (Simancas, 2003, p.59). El cual era un sistema de calefacción, a base de aire caliente producido por el fuego y distribuido por los pisos y muros.

Así mismo, el patio pasa a ser una parte primordial de la vivienda mediterránea, pues en el día “permitía disipar el calor y dar sombra, mientras que en la noche ayudaba a acumular el aire fresco y daba intimidad a los miembros de la familia” (Simancas, 2003, p.60).

El desarrollo de atrios era un sistema muy utilizado e importante que daba grandes beneficios a la vivienda romana, pues era un espacio con una gran abertura en el techo, la cual aportaba luz y frescura, en su centro tenía una especie de estanque o pileta llamada impluvium, que servía para recolectar agua pluvial, y el agua sobrante era almacenada en cisternas.

En este periodo también se desarrolla el sistema constructivo a base de cemento o argamasa romana, elaborado con un mortero de cal o polvo calsolánico, arena y agua, el cual permitía que se desarrollaran viviendas de varios niveles, pues el material daba mejores propiedades de rigidez a las estructuras. También aquí aparecen los primeros edificios multifamiliares, los cuales “abandonan por completo la idea de la casa mediterránea, el concepto bioclimático y de integración con el ambiente, dando prioridad al ahorro y a la posible especulación por el aprovechamiento de todo el terreno en la construcción” (Simancas, 2003, p.60).



*Figura 11.* Las viviendas Romanas. (Historia y Turismo en Roma, 2018).

Antes de la civilización griega y romana, el concreto ya se había adoptado como un sistema constructivo, sin embargo, estas dos civilizaciones son las que ocuparon el hormigón en grandes edificaciones y a gran escala, empleándolo en espacios religiosos, políticos, de entretenimiento público y grandes palacios ocupados por personas muy influyentes de la época.

#### **1.4 La vivienda en la edad media**

En esta época el 90% de la población vivía en el campo en zonas rurales, el cual era el centro de todas las actividades de su vida diaria. El tipo de viviendas dependía del nivel socioeconómico de los habitantes, por ejemplo, las viviendas de los campesinos se construían con adobe, madera o paja, y solo contaban con una sola estancia que funcionaba como cocina, recámara o salón, aunque había ocasiones en las que también se trabajaba o se almacenaban las herramientas del arado, cosecha o animales (Mundo Maravilla, 2018). Es por eso que hay autores que sostienen que las habitaciones en este periodo no tenían una función específica, si no múltiple, pues en el transcurso del día los espacios podían funcionar como una zona de estar y por las noches podían funcionar como dormitorios.

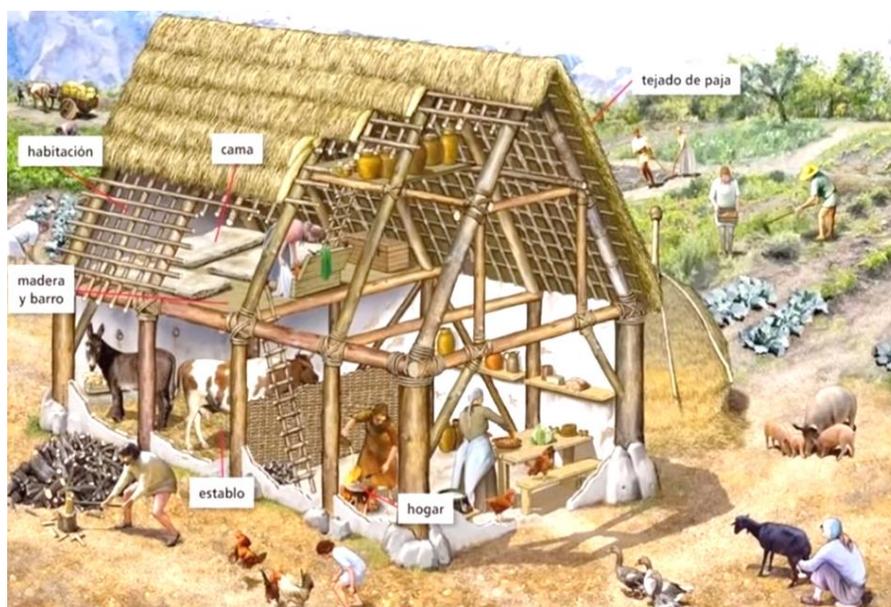


Figura 12. Vivienda típica en la Edad Media. (Mundo Maravilla, 2018).

Los artesanos o comerciantes, podían desarrollar distintas actividades como talleres o tiendas para vender productos, conocidas normalmente como casa-tienda, donde la planta baja funcionaba como área de comercio o trabajo y la planta alta como zona de vivienda.

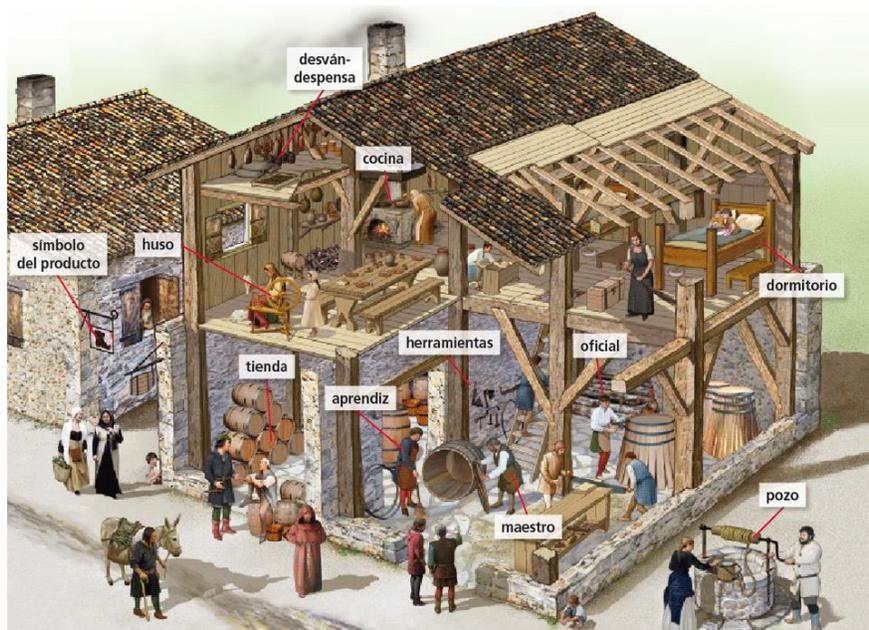


Figura 13. La vivienda típica de artesanos y comerciantes en la Edad Media. (Mundo Maravilla, 2018).

Mientras que, en las casas de las personas adineradas la composición de sus viviendas constaba de dos plantas, aunque también había personas que vivían en grandes castillos, con altos muros de piedra y madera, algunas de ellas recubiertas con yeso o arcillas combinadas con aglomerantes, las cuales eran finalmente encaladas. Sin embargo, en los espacios más importantes como comedores y salas, el acabado final de muros era cubierto con tapiz, los pisos cubiertos de madera, los pisos menos importantes eran formados con ladrillos o losetas.

Ya por los años 700, se construyeron palacios con grandes características interiores, donde se emplean varios elementos de belleza como; volúmenes, luces, sombras, patios con vegetación y estanques de agua; los cuales generaban un ambiente fresco ante las elevadas temperaturas del exterior. En estos grandes palacios también aparecen nuevos espacios y elementos decorativos como; caballerizas, cocheras para carruajes, bodegas, zaguanes, espacios para almacenar granos y otros elementos.



*Figura 14.* Palacio Real de Olite en la Edad Media. (Fernández L., 2017).

Respecto al tipo de mobiliario, era bastante escaso e imprescindible, ya que en la mayoría de las casas campesinas solo se contaba con mesas, bancas, camas o baúles que servían para guardar comida o mantas, el mobiliario era más utilitario o adaptable como la cama, la cual podía funcionar por la noche para dormir, y en el día como un baúl para guardar mantas. En este periodo

se optaba por utilizar muebles ligeros, desmontables y fáciles de transportar, debido a que en estos tiempos la vida era bastante nómada. Los materiales ocupados para la cama, generalmente eran de paja, madera o sillas en forma de fila, por lo que era habitual que todos los miembros de la familia compartieran la misma cama (Mundo Maravilla, 2018).



*Figura 15.* Mobiliario básico de viviendas rurales Edad Media. (Mundo Maravilla, 2018).

En la edad media se presentan grandes avances tecnológicos, la utilización del cristal era un elemento constructivo que protegía las aberturas de los espacios, el cual daba buenos resultados de iluminación. Sin embargo, solo era utilizado en grandes construcciones religiosas, edificios de carácter político y grandes palacios de la nobleza, pues era un material que no estaba al alcance de todos, pues su complejidad para fabricarlo lo volvía un material costoso.

En este periodo, cuando las zonas europeas eran gobernadas por la iglesia, aparecen con mayor frecuencia las edificaciones de ladrillo recocido, marcando un gran avance en las edificaciones de la época, ya que ahora sus estructuras se vuelven más duraderas y resistentes.

El fuego todavía era muy importante dentro de la vivienda, pues seguía teniendo la función de iluminar y calentar los espacios, aunque también seguía siendo de vital importancia en la cocina. Más tarde, se empezaron a desarrollar las primeras chimeneas dentro del hogar, las cuales eran colocadas en el centro de la edificación para obtener la mayor cantidad de calor; pero con el tiempo se optó por adosarlas a las paredes para aprovechar mejor el espacio.

## 1.5 La vivienda en el renacimiento

Con la llegada del renacimiento a Europa, surge la vivienda distribuida, la cual trataba de organizar los locales y el mobiliario adecuado. En este periodo se retoman los órdenes clásicos y se pone como base principal la proporción del cuerpo humano. Así mismo, se daba bastante preferencia a la belleza, manifestándola de cierto modo como asimétrica y sacrificando habitualmente la comodidad.

“En Inglaterra, el hall de proporciones enormes, que había sido centro de la vida familiar y social de las casas medievales, se vio considerablemente reducido hasta convertirse en un vestíbulo de entrada de donde irradiaban las salas de estar. Estas últimas se construyeron también más con la vista puesta en el esplendor externo del conjunto que en la comodidad de sus moradores”. (Definiciones-de, 2015)

En algunos países como Holanda e Inglaterra, se intentaba brindar a los espacios mayor iluminación, calefacción y relación con el exterior; por ello se desarrollan grandes jardines exteriores en los palacios. Del mismo modo, con la necesidad de dejar entrar luz, calor y aire, los holandeses inventaron las ventanas de tipo guillotina, la cual permitía la entrada de los elementos naturales cuando fuera requerida. Después de ello, aparecen persianas y visillos para controlar la entrada de luz y dar mayor privacidad a las habitaciones.

Mientras tanto, en las regiones más frías de Alemania, se empiezan a utilizar sistemas de calefacción por radiación como, chimeneas de hogar y habitaciones de estufa.

Se comienza a dejar a un lado el sistema de papel engrasado y las contraventanas de madera; para dar prioridad al vidrio que ya era más económico, pues se habían encontrado nuevos métodos para su elaboración. Este sistema permitía una mayor entrada de iluminación natural y no permitía la entrada del viento en épocas invernales.

Las personas profesionales empiezan a tener un concepto que separa los asuntos de trabajo y los del hogar, por ello, empiezan a desarrollar espacios con elementos que proporcionan más intimidad y privacidad a la vida familiar. En este periodo se usan materiales como el azulejo o baldosas para recubrir los muros, cielorrasos para cubrir techos, y grandes cantidades de estuco, mármol y piedra para cubrir los exteriores.



*Figura 16.* La villa Rotonda en las afueras de Vicenza, Italia. (Terenzani, 2011).

## **1.6 La vivienda en la edad moderna**

A finales del siglo XVIII, se empiezan a mostrar los primeros avances de la iluminación artificial, surge la llamada “lámpara de Argand”, la cual mejoraba la calidad e intensidad de la luz y reducía el temblor de la llama.

Algunos aspectos sobresalientes de este siglo, fue la distribución espacial y los aspectos estilísticos, los cuales sirvieron para crear espacios con gran cantidad de ornamentación en el interior y en el exterior, dando prioridad a los espacios más reducidos o íntimos. Se diseñaban habitaciones de diversas formas, con mobiliario más cómodo y decorativo, resaltando la utilización de vitrinas o escritorios.

Personas especialistas en la materia, aseguran que en este siglo con la aparición del rococó “la casa deja de ser un refugio para protegerse del clima o de los intrusos, para llegar a ser el espacio vital de la familia” (Simancas, 2003, p.67).

“El termino confort deja de ser concebido como algo agradable, tolerable o suficiente, desde el punto de vista estético para pasar a ser visto como una expresión relacionada con la comodidad, en el sentido del bienestar físico, con algo idóneo y conveniente para el ser humano” (Simancas, 2003, p. 68).



*Figura 17.* Interiores de vivienda en el Siglo XVIII Estilo Rococó. (García C., 2014).

En el siglo XIX, se desarrolla la llamada ingeniería doméstica, la cual trataba de organizar las labores del hogar, para ahorrar tiempo y energía. Incluso se publicaban artículos de revista, libros y tratados que daban ideas para organizar o distribuir las habitaciones.

Los avances tecnológicos seguían en marcha, y empezaban a dar solución a problemas de ventilación en fábricas, con el ventilador de aspas. Mientras que en las viviendas se utilizaban ductos o chimeneas, para ventilar o expulsar el aire viciado al exterior.

Así mismo, se crea un sistema para transportar el calor de un lugar a otro, por medio de la densidad y circulación natural entre el agua caliente y el agua fría. Aparecen sistemas constructivos con hierro y concreto, utilizados principalmente en grandes edificios.

En esta época se acelera el desarrollo de iluminación artificial, apareciendo la lámpara de gas, inventada por Baron Welsbach, y la bombilla de filamento de carbono inventada por Joseph Swan, las cuales con la construcción de un generador pudieron iluminar espacios residenciales. Sin embargo “las primeras instalaciones importantes de luz, gas, calefacción central, ventilación

artificial, cocinas, hornos y otros aparatos domésticos se utilizaron primero en edificios de carácter público como cárceles, asilos, fábricas y edificios de oficinas” (Simancas, 2003, p.72).



*Figura 18.* Las galerías Lafayette. (La guía de Paris, 2021).

Las casas se habían hecho más pequeñas y algunas eran desarrolladas en grupos lineales, con plantas y fachadas idénticas.

Por el siglo XIX, surgen los llamados (artesanos de la industria) todos ellos arquitectos, por parte de Inglaterra Charles Rennie Mackintosh y su esposa Margaret Mc Donald, y por parte de España Antonio Gaudí, quienes no se limitaban a diseñar solo la vivienda “sino que también se preocupaban de cada uno de los detalles como lámparas, sillas, chimeneas, estampados, pasamanos, puertas, camas, armarios, balcones, vidrieras, etc.” (Simancas, 2003, p. 73)

Ya por el siglo XX, se desarrollan proyectos para eliminar la basura, conducir el agua potable y construir cloacas para conducir las aguas residuales. Con los nuevos avances tecnológicos y el desarrollo de la energía eléctrica, se empiezan a introducir electrodomésticos en la vivienda, mientras que los sistemas de iluminación o calefacción cada vez eran mejores.

Frank Lloyd Wright, en las primeras décadas del siglo XX empieza a emplear elementos como el alero, para proteger los espacios de incidencia solar directa y del agua de lluvia.

Mies van Der Rohe, en 1926 y posteriormente Le Corbusier, empiezan a utilizar los elementos prefabricados estandarizados para producir conjuntos de viviendas en serie, a modo que el costo se redujera en material y tiempo de ejecución, con la intención de ofrecer a los residentes una vivienda más digna.

Con los nuevos estilos arquitectónicos, se empiezan a desarrollar edificios habitacionales con características particulares de la época, siendo un tipo de arquitectura más racionalista y poniendo la funcionalidad y la simpleza de las formas por encima de los elementos decorativos.



*Figura 19.* Casa simple, de estilo Art Déco. (Arquitectura de casas, 2010).

Se producen edificios utilizando de manera masiva el hierro forjado, acero estructural, tabiques de concreto, tabiques de barro recocido y concreto simple o reforzado, produciendo espacios con muros más sólidos y duraderos. Aunque con los sistemas constructivos de muros más delgados y estructuras más ligeras, se originaron problemas de ruido y de oscilación térmica. Para dar solución a este obstáculo, algunos arquitectos de la época realizaron varios estudios, pero muchos recurrieron a sistemas de climatización convencional.

Se comienza el desarrollo de la casa popular, con grandes conjuntos de viviendas constituidas por un patio central, que se ocupaba como área social o vestíbulo de acceso a cada vivienda.

Ya por las primeras décadas del siglo XX, se empiezan a construir las casas de apartamentos, las cuales contaban con espacios más reducidos que los de una casa, ya que era una solución más económica para desarrollar espacios, estos contaban con zonas de circulación compartidas, instalaciones de agua, luz eléctrica, drenaje y algunos elementos arquitectónicos que en conjunto reducían el costo de su ejecución y mantenimiento.



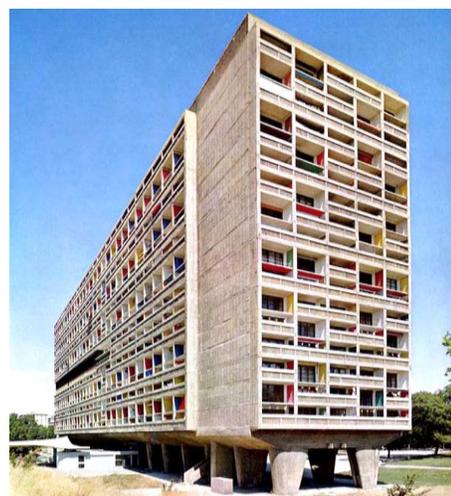
*Figura 20.* Edificio de apartamentos en México, 1942. (Fernández y Pérez, 2003).

Surgen también los edificios en hilera, un tipo de vivienda horizontal, que constaban de dos niveles, con pequeños patios en la parte posterior y algunos también con patio frontal, el cual delimitaba la propiedad de la vía pública. Un aporte significativo de este tipo de viviendas, fue la orientación de las hileras, pues eran orientadas de norte a sur para aprovechar el asoleamiento en invierno y dar protección en verano.

Con la aparición de los grandes edificios habitacionales verticales, surgen grandes retos estructurales y ambientales. Surgiendo la inquietud de estudiar la vivienda de la clase media y baja, tratando de determinar medidas mínimas en los espacios para realizar cada actividad.



*Figura 21.* El Conjunto Habitacional Unidad Independencia. (Bobadilla, 2016).



*Figura 22.* Unidad de Habitación de Marsella o Ciudad Radiante. (Vizconde y Arias, 2015).

Ya por los años 60's del siglo XX, surgen los términos de arquitectura pasiva, la cual consiste en aprovechar los elementos naturales y emplearlos en los espacios habitables, a fin de reducir los altos índices de contaminación y mejorar las condiciones ambientales de los espacios.



*Figura 23.* Viviendas contemporáneas. (Casas Commsa, 2016).

Mientras tanto en las últimas décadas del siglo XX, la arquitectura de viviendas se vuelve muy diversa; con diferentes estilos arquitectónicos, materiales y sistemas constructivos. Algunos diseños preocupados por la funcionalidad, otros por la belleza y otros por la adaptación con el medio ambiente.

## **2 Capítulo II Arquitectura Bioclimática**

### **2.1 Definición de Arquitectura Bioclimática**

Es aquella arquitectura que se adapta a las condiciones climáticas de un lugar, llevando a cabo el uso racional de los recursos naturales, con la intención de alcanzar el óptimo nivel de confort en las habitaciones y reduciendo al máximo el uso de los sistemas mecánicos, a fin de que se mejore la eficiencia energética.

Otra definición es la que expresa Garzón (2007):

Es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos, (los que son considerados solo como sistemas de apoyo). (p.15)

### **2.2 Arquitectura Vernácula**

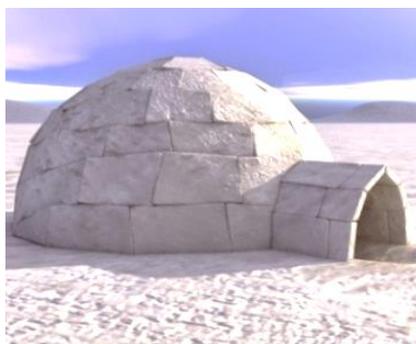
La arquitectura bioclimática siempre ha estado presente en el desarrollo de viviendas y ha sido utilizada para cubrir las necesidades esenciales y específicas de la humanidad.

Desde tiempos ancestrales el ser humano ha buscado un lugar que le resguarde de los elementos naturales como el frío, viento, lluvia, sol, etc., aunque también ha buscado protegerse de los animales salvajes y proteger sus posesiones. Fue por ello que el hombre se vio obligado a construir refugios que cumplieran con sus necesidades.

Murillo (2014), describe que la primer condicionante para construir viviendas es el clima, ya que es muy variado en todo el planeta, pues hay zonas donde es necesario protegerse del frío y zonas donde es necesario protegerse del calor, sin embargo, existe un factor fundamental para construir refugios, y se debe a la disposición de los materiales que se encuentran en cada zona.

Un ejemplo es el iglú, el cual era construido por los esquimales para resguardarse de las extremas temperaturas de frío y viento; unas condiciones climáticas encontradas comúnmente en los polos de la tierra, donde se encuentran grandes extensiones de hielo y nieve, y donde incluso los materiales de construcción son extremadamente escasos o inexistentes. Es por ello que, las agrupaciones de pobladores de la zona se vieron forzadas a ocupar los materiales que estuvieran disponibles, como la nieve o el hielo. Como describe Olgyay (2010), la construcción de sus refugios era de forma semiesférica para desviar los vientos, la utilidad de la nieve como un factor aislante y la orientación de túneles de acceso o salida desviados de la trayectoria del aire para evitar la fuga del aire templado interior.

Donde el clima era templado, se tenían la posibilidad de desarrollar una más amplia diversidad de viviendas que los acogiera del clima, tal es la vivienda unitaria wigwam. La cual era una estructura formada a base de postes colocados en forma cónica, con cubierta de piel animal, fácil de montar, desmontar y transportar, lo que la convertía en un proceso constructivo ideal para migrar Olgyay (2010).



*Figura 24. Iglú de Baffin. (Apuntes, Revista digital de arquitectura, 2015).*

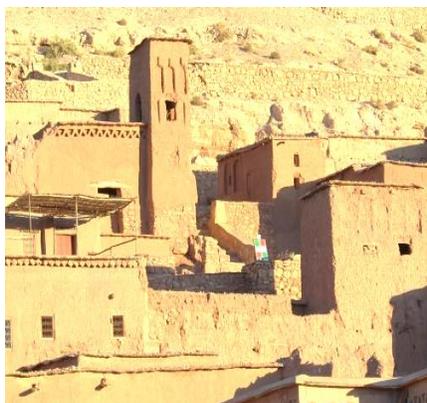


*Figura 25. Wigwam. (Gadacz, René R, 2020).*

En zonas cálidas-áridas, se pretendía reducir el impacto del calor y proporcionar más sombra para refrescar los espacios, por ello se tenía que emplear un material que proporcionara un alto grado de aislamiento y que al mismo tiempo controlara las pautas de calor. El material que

cumplía con estos requisitos era el adobe, y se podía fabricar con elementos que se encontraban en los alrededores, así mismo, lo complementaban con ventanas de dimensiones pequeñas, y con agrupaciones de viviendas generalmente orientadas de este a oeste, con la intención de reducir la superficie de exposición al sol.

En zonas cálidas-húmedas, el objetivo principal “era escapar de la radiación solar y permitir la evaporación de la humedad a través de la ventilación” (Olgyay, 2010, p.5). Era necesario construir viviendas aisladas que se entremezclaran con los árboles existentes para dar mayor cantidad de sombra, desarrollar altas cubiertas inclinadas para protegerse del sol y la lluvia, contar con espacios abiertos y separados del suelo para aprovechar las corrientes de aire fresco.



*Figura 26.* Construcciones de adobe kasbah De Ait Ben Haddou. (Kratzer, 2020).

Desde la antigüedad los antepasados han podido adaptarse a las diversas zonas geográficas y a los diferentes climas que se encuentran en el planeta, han desarrollado varios cambios positivos a través del tiempo, mejorando las técnicas constructivas, la experimentación con la orientación, las dimensiones del espacio, las alturas, los materiales, la distribución de los vanos, etc., para optimizar las condiciones del ambiente interior, aprovechando los elementos del entorno que le favorezcan y evitando los que perjudiquen su comodidad.

### 2.3 Personajes históricos de la arquitectura bioclimática

Entre los años (523 - 456 a.C.) el filósofo griego Esquilo reflexionaba sobre los fallos que presentaban las viviendas construidas en la época, donde la orientación de edificios y ventanas no era un asunto de gran relevancia para las personas, por eso planteaba la siguiente frase, “Los primitivos y bárbaros no tienen conocimiento de las casas que se orientan hacia el sol, como un enjambre de hormigas que habitan en las cavidades sin sol” (Blender, 2015).

Más tarde por los años (470 - 399 a.C.) Sócrates un filósofo griego, también hacía sus aportaciones dentro de la arquitectura bioclimática, donde coincidía con Esquilo sobre los asuntos de la orientación de los edificios, y refería sobre los ángulos de inclinación del sol sobre la tierra en las distintas épocas del año, por ello mencionaba que: “en las casas orientadas al Sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra” (López, 2001, p.92).

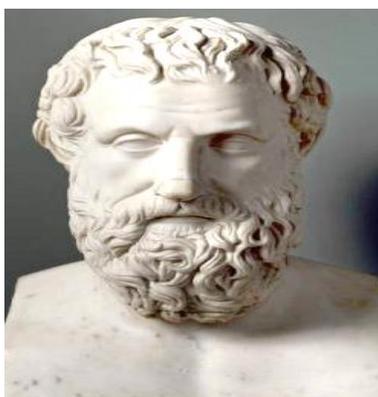


Figura 27. Escultura de Esquilo. (Mis Museos, 2019).

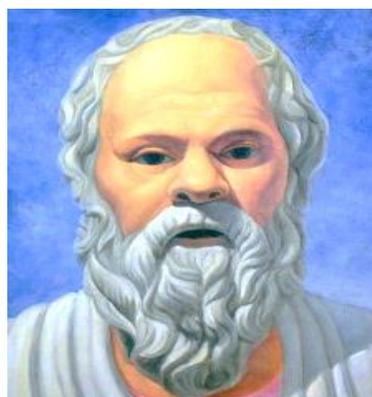
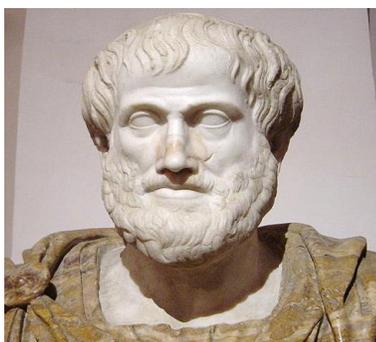


Figura 28. Sócrates. (Biblioteca acropolis, 2015).

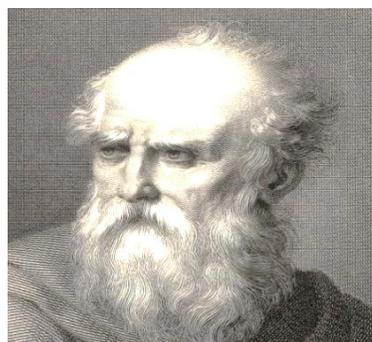
Ya por los años (384 - 322 a.C.) el filósofo griego Aristóteles abogaba sobre algunos principios básicos que hay entre la arquitectura y el medio ambiente, a fin de mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales para beneficio de los edificios, así mismo afirmaba que: “resguardarse del frío norte y aprovechar el calor del sol es una forma moderna y civilizada” (Hernández, 2014).

En el siglo (1 a.C.) el arquitecto romano Marco Vitruvio Polión, respaldaba la relación de la arquitectura con el entorno, pensaba que las características particulares de los edificios tenían que corresponder con los climas de cada zona geográfica donde se quería construir, a lo que respondía:

Los estilos de los edificios deben ser manifiestamente en Egipto que, en España, en Ponus y en Roma y en países y regiones de características diferentes. Una parte de la tierra se encuentra abrumada por el sol en su recorrido; otra se encuentra muy alejada de él; y, por último, existe una afectada por su radiación, pero a una distancia moderada. (Olgyay, 2010, p.3)



*Figura 39.* Busto de Aristóteles. (Teoría del Derecho, 2013).



*Figura 30.* Marco Vitruvio Polión. (Ruiza, 2004).

Ya en el siglo XX, el arquitecto suizo y natalizado francés en 1930, Charles-Édouard Jeanneret-Gris mejor conocido como Le Corbusier, contemplaba el aprovechamiento de los recursos naturales dentro de la arquitectura.

Declarando inhabitables los establecimientos humanos. «Lo que constituye el tugurio es el estado interior de la vivienda, pero la miseria se propaga en el exterior por la estrechez de las calles sombrías y la carencia total de espacios verdes...» En el IV congreso de CIAM expone «el sol, la vegetación y el espacio son las tres materias primas del urbanismo» y la unidad de habitación se presenta como la solución de la casa insalubre, mal orientada, pequeña e insegura. (Monclús, de la Cal, Tobías, y Fernández, 2012, p. 90).

En los años sesenta, los hermanos Víctor y Aladar Olgyay propusieron el término “Diseño Bioclimático”, para tratar de enfatizar los vínculos y relaciones que hay entre la vida, el clima y el diseño, expusieron un método a través del cual, el diseño arquitectónico se desarrolla respondiendo a unos requerimientos climáticos específicos de cada zona (Meléndez, 2011).



*Figura 31.* Le Corbusier.  
(Artishock, 2016).



*Figura 32.* Hermanos Víctor y Aladar Olgyay. (Miller, 2016).

A lo largo de la historia, varios personajes observaban, analizaban, e interpretaban las condiciones del tiempo, a lo que expresaban que existía una relación entre la arquitectura, el clima y el hombre, donde los factores ambientales jugaban un papel muy importante para mejorar el bienestar en los edificios, así mismo, respondían que una correcta orientación del edificio, mejoraba la iluminación, ventilación y calefacción de los espacios.

#### **2.4 Objetivos de la arquitectura bioclimática**

El principal objetivo de la arquitectura bioclimática, es alcanzar de forma natural el confort humano, así como mejorar el rendimiento energético del edificio. Es por ello que trabaja en armonía con la naturaleza, para optimizar la ventilación, calefacción, iluminación o sonido de las habitaciones, ocupándose de la geometría, la orientación, los elementos de diseño, y que se aprovechen al máximo las energías limpias. Aunque también aprovecha los elementos físicos que se encuentran en el sitio como la vegetación o topografía, para que se reduzca la utilización de los sistemas de climatización e iluminación convencional.

Este tipo de arquitectura solo es un recurso de apoyo, para obtener confort en los edificios, de modo que, las construcciones no tienen por qué ser más caras o baratas, simplemente tienen que ser más apropiadas para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes.

## **2.5 Sistemas pasivos de la arquitectura bioclimática**

Estos sistemas “en la mayoría de los casos pueden quedar arquitectónicamente integrados, pasan inadvertidos y la construcción presenta un aspecto convencional” (Morillón, 1993, p.141). Está basada sobre tres aspectos, los cuales pueden mejorar el rendimiento energético de los edificios; calefacción, iluminación o refrigeración, aprovechando de mejor manera el medio ambiente del lugar, para crear microclimas interiores agradables.

### **2.5.1 Características principales de bioclimática pasiva.**

Utilizan la energía solar para optimizar la iluminación de los espacios y utiliza su energía radiante para calentar el edificio.

Utiliza el viento para optimizar la refrigeración y ventilación de los espacios.

Busca perfeccionar la orientación, el factor de forma y los materiales de la envolvente del edificio, con el fin de distribuir de manera correcta los vanos o aberturas de las habitaciones.

Reutiliza el agua pluvial para utilizarla en sistemas de riego o labores de limpieza.

Rechaza las fuentes de energías no renovables, para ayudar a conservarlas.

Aprovecha los recursos naturales que estén a su alcance, ya que son simples, de bajo costo, con una durabilidad prolongada y un mantenimiento mínimo (Morillón, 1993).

## **2.6 Confort**

Se refiere a un estado físico y mental donde el hombre presenta sensaciones ideales de “bienestar, salud y comodidad, en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios” (Simancas, 2003, p.1).

El confort resulta ser un agente muy apreciado para diseñar edificios, pues tiene relación con los factores sociales y culturales, aunque también está asociado a los ámbitos térmicos, lumínicos y acústicos, para dar equilibrio al hombre y al medio ambiente.

### 2.6.1 Confort térmico.

Podría describirse como el punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno, así como una sensación de bienestar en lo que se refiere a la temperatura. Se basa en conseguir el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente. (Hernández, 2007, p.38)

El confort térmico depende de siete parámetros: el metabolismo, la ropa y la temperatura, están relacionados directamente con el cuerpo humano, por otro lado, la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura superficial de los elementos y la velocidad del aire están relacionados con el entorno que les rodea.

**2.6.1.1 Metabolismo.** “Es un conjunto de transformaciones que se producen constantemente en las células del organismo” (Gonzalo, 2004, p.133). Este conjunto de reacciones químicas transforma los alimentos en energía, y mediante esta producción de energía metabólica se pueden realizar todos los movimientos, acciones, procesos de digestión, respiración, defensas, etc. Estos procesos de energía metabólica también dependerán del grado de actividad física que desarrolle cada persona, del sexo, la edad, el color de piel y otros factores.

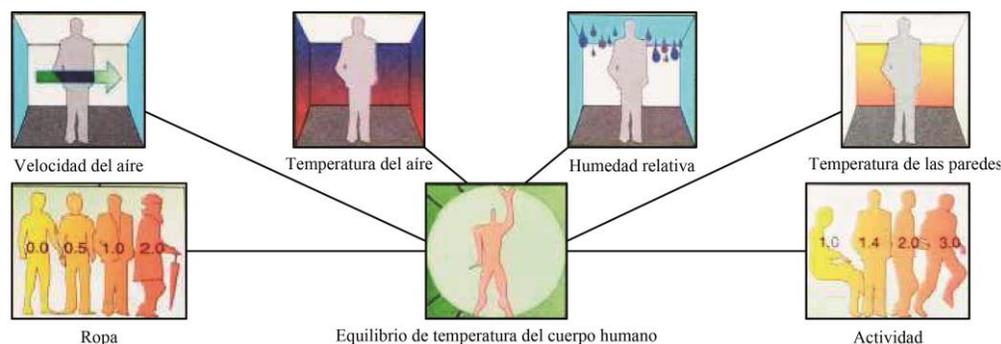


Figura 33. Parámetros que determinan el confort térmico. (Hernández, 2007).

Tabla 1  
*Generación de calor metabólico durante distintas actividades.*

Actividad	W/m <sup>2</sup>	met
<b>Descansar</b>		
Dormir	40	0.7
Estar tumbado	45	0.8
Estar sentado, quieto	60	1.0
Estar de pie, relajado	70	1.2
<b>Caminar (en llano)</b>		
0.89m/s	115	2.0
1.34m/s	150	2.6
1.79m/s	220	3.8
<b>Actividades de oficina</b>		
Leer sentado	55	1.0
Escribir	60	1.0
Escribir a maquina	65	1.1
Archivar sentado	70	1.2
Archivar de pie	80	1.4
Caminar por la oficina	100	1.7
Levantar peso, embalar	120	2.1
<b>Conducir/ pilotar</b>		
Coche	60-115	1.0-2.0
Avión (rutina)	70	1.2
Avión (aterrizaje)	105	1.8
Avión (combate)	140	2.4
Vehículo pesado	185	3.2
<b>Actividades varias</b>		
Cocinar	95-115	1.6-2.0
Limpieza domestica	115-200	2.0-3.4
Sentado moviendo las extremidades	130	2.2
Trabajo con maquinaria		
Serrar (mesa de luz)	105	1.8
Ligera (industria eléctrica)	115-140	2.0-2.4
Pesada	235	4.0
Cargar sacos de 50 kg	235	4.0
Trabajo de pico y pala	235-280	4.0-4.8
<b>Actividades de ocio variadas</b>		
Bailar	140-255	2.4-4.4
Calistenia/ ejercicio	175-235	3.0-4.0
Tenis individual	210-270	3.6-4.0
Baloncesto	290-440	5.0-7.6
Lucha libre	410-505	7.0-8.7

(Hernández, 2007).

Tabla 2  
*Aislamiento térmico de diferentes conjuntos de ropa.*

Ropa	Resistencia térmica	
	m <sup>2</sup> K/W	Clo
Desnudo	0	0
Pantalón corto	0,015	0,1
Conjunto tipo de ropa tropical; calzoncillos, pantalón corto, camisa de cuello pico y manga corta, calcetines finos y sandalias	0,045	0,3
Conjunto de ropa ligera de verano; calzoncillos, pantalón ligero largo, camisa de cuello pico y manga corta, calcetines finos y zapatos.	0,08	0,5
Conjunto de ropa ligera para trabajar: ropa interior ligera, camisa de trabajo de manga larga de algodón, pantalones de trabajo, calcetines de lana y zapatos.	0,11	0,7
Conjunto típico de invierno para interior; ropa interior, camisa de manga larga, pantalones, chaqueta o jersey de manga larga, calcetines gruesos y zapatos.	0,16	1,0
Traje de oficina grueso, tradicional en Europa; ropa interior de algodón, de manga y pierna largas, camisa, traje (incluye pantalones, chaqueta y chaleco), calcetines de lana y zapatos fuertes.	0,23	1,5

(Hernández, 2007).

**2.6.1.2 Aislamiento térmico por arropamiento.** Se refiere a un conjunto de diversas prendas, de texturas fabricadas con telas o pieles de animales que dan protección al cuerpo humano. A través de este factor, se impide el intercambio directo de calor entre la superficie de la piel y el ambiente que le rodea. Este aislamiento dependerá de los niveles de arropamiento, como se muestra en la (Tabla 2), o del tipo de material del que esté compuesta la ropa.

**2.6.1.3 Temperatura del cuerpo humano.** Gracias a la ayuda del metabolismo, el cuerpo humano es capaz de producir y mantener la energía térmica constante (alrededor de los 37°C) especialmente cuando se presentan sensaciones de frío o calor, por eso busca mantener un equilibrio térmico entre el organismo y el ambiente que le rodea.

Dicho lo anterior, el organismo colabora con los tipos de transferencia de calor; la convección, la conducción, la evaporación y la radiación. Y el órgano encargado de intercambiar los niveles de temperatura entre el interior y el exterior del cuerpo humano es la piel, por ser la capa que cubre todo el organismo y que aísla los órganos interiores del medio exterior.

**2.6.1.3.1 Transferencia de calor por radiación.** Es la transmisión de energía térmica que emite el cuerpo humano en todas direcciones por medio de ondas. Es decir “que si la temperatura corporal es mayor que la temperatura del medio que lo rodea, una mayor cantidad de calor es irradiada del cuerpo hacia el ambiente y viceversa” (Nuxak, 2019).

**2.6.1.3.2 Transferencia de calor por conducción.** Es la transmisión de energía térmica por medio del contacto directo. Se presenta cuando una parte del cuerpo entra en contacto con otra parte del mismo, o cuando el cuerpo entra en contacto con otro cuerpo u otro objeto.

**2.6.1.3.3 Transferencia de calor por convección.** Es la transmisión de energía térmica desde un punto a otro, por medio de una corriente de aire, un líquido o un gas. Por ejemplo, cuando el cuerpo humano pierde calor, es porque el aire que se encuentra muy cercano a la piel es más frío, o viceversa, el cuerpo humano gana calor, cuando el aire cercano a la piel es más caliente.

**2.6.1.3.4 Transferencia de calor por evaporación.** Es la transmisión de energía térmica por medio de la sudoración o respiración del organismo. Por ejemplo “En un ambiente húmedo, la evaporación puede estar disminuida debido a que el sudor permanece en estado líquido” (nuxak, 2019).

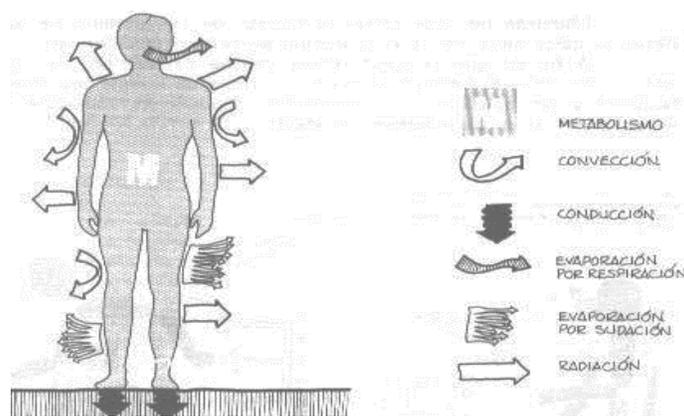


Figura 34. Tipos de transferencia de calor. (Bioclimatica, s.f.).

**2.6.1.4 Temperatura del ambiente.** Son las sensaciones que perciben las personas en el espacio, las cuales no deben ser frías o calientes, ya que no podría percibirse una sensación satisfactoria. Este factor influye en la pérdida de calor del cuerpo humano a través de los mecanismos de convección y evaporación” (Hernández, 2007, p. 38). Aunque también dependerá de las actividades que desarrollen las personas en las habitaciones, la vestimenta, sexo o peso corporal.

**2.6.1.5 Humedad relativa.** Es el porcentaje de agua que contiene el aire a una cierta temperatura y presión, este porcentaje permite que el cuerpo tenga un mayor o menor grado de evaporación, el cual “debe estar entre los 30% y 70% considerándose como valor optimo en verano, como en invierno el 50%” (Santiago y Barreneche, 2005, p. 43). Es decir, si el porcentaje descende por debajo del 30% puede reseca las mucosas respiratorias, y si aumenta por encima del 70% puede presentar síntomas de pesadez y dificultad para respirar.

**2.6.1.6 Temperatura radiante.** Es la temperatura media irradiada por las superficies de una envolvente; como muros, pisos o techos. Influye en las sensaciones de frío o calor del cuerpo humano, y puede repercutir sobre el rendimiento laboral o aumentar los niveles de incomodidad.

**2.6.1.7 Velocidad del aire.** Es el movimiento del aire que se expresa en metro sobre segundo (m/s). Gracias a la velocidad, la temperatura o el rumbo del aire, se puede mejorar la

ventilación y reducir la humedad de los espacios, aunque también se puede refrescar o calentar el cuerpo humano. Sin embargo, cuando estas velocidades son muy altas también resultan incómodas.

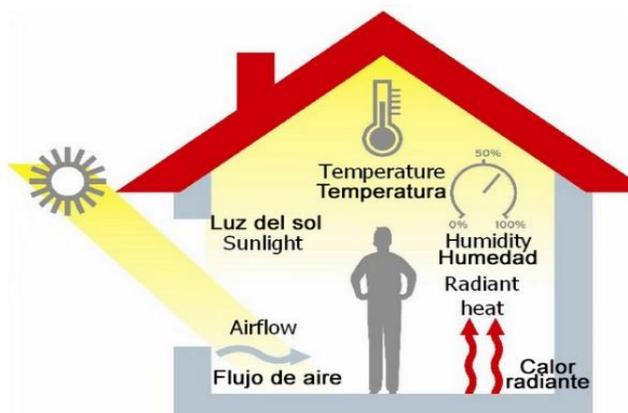


Figura 35. Confort Térmico. (Hildebrandt Gruppe, 2015).

El confort térmico es un asunto primordial en la arquitectura, pues de él depende el grado de comodidad o incomodidad que se percibe en los espacios. Es una variable personal, donde no todas las personas comparten el mismo criterio de confort, no visten de la misma manera ni tienen los mismos niveles de metabolismo. Sin embargo, también depende de las condiciones ambientales del lugar. Por ello busca un equilibrio entre los factores individuales y los factores ambientales, para mejorar el bienestar en las habitaciones.

**2.6.2 Confort lumínico.** Hace referencia a la percepción de la luz por medio de la vista, y predomina principalmente en los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos. Pues la luz reflejada en los objetos sirve como un estímulo para el ojo humano, el cual es un medio de comunicación para el desarrollo de cualquier actividad, mientras que la luz natural es un recurso que está a la disposición de todos, por ser una energía que proviene de los rayos solares, solo que la disposición de ella se da durante las horas del día.

El ojo humano es un órgano sensorial que percibe la luminosidad reflejada de los objetos, una parte de él se encarga de convertirla en información para el cerebro. Tal como lo describe Rodríguez (2008) donde “el nervio óptico es el encargado de transmitir señal al cerebro, que a su vez interpreta. Estos procesos hacen posible que a través de la visión se puedan apreciar: distancia, intensidad, color, espacio, volúmenes y tiempo” (p. 127).

Al igual que el confort térmico, el confort lumínico presenta factores que dependen de agentes personales y ambientales, en los factores personales esta la edad, la capacidad visual, o la situación geográfica, mientras que en los factores ambientales se encuentra la calidad de la luz, distribución de la luz y la cantidad de luz.

**2.6.2.1 Cantidad de luz.** La luz requerida para cada área del edificio, depende de las tareas que se desarrollen en su interior. Es decir, la cantidad de luz que se necesita para estudiar, no va a ser igual a la que se necesite para dormir o cocinar. Sin embargo, algunos cambios bruscos en los niveles de iluminación pueden provocar sensaciones desagradables a las personas que ocupan estos sitios, y en ocasiones pueden estar acompañadas de dolor con lesiones en el sentido de la vista, algunas veces transitorias y otras veces de manera permanente.



Figura 36. Cantidad de luz. (Ceram Home, 2019).

El ojo humano responde a un intervalo de niveles de iluminación que se extiende en orden de magnitud de un millón, ya que va de 0.1 lux (con la iluminancia proporcionada

durante la noche por la luna llena), hasta 120 000 lux que corresponde a la luminancia en condiciones de sol directo con una intensidad brillante. (Rodríguez, 2008, p. 128)

**2.6.2.2 Distribución de luz.** Es un factor importante que se debe contemplar en el diseño de edificios, para que sea distribuida uniformemente por todo el espacio, de manera que sea suficiente para percibir con claridad cualquier objeto. Un ejemplo de ello se puede notar como lo describe Hernández (2007) “cuando hay demasiada diferencia entre los niveles de luz natural cerca de las ventanas y lejos de ellas, los ocupantes de las zonas más oscuras tienden a encender las luces a pesar de que disponen de luz adecuada” (p. 40).

El contraste y el deslumbramiento son dos elementos que están interrelacionados con la distribución de luz, pues tienen que ver con la manifestación del brillo y el fondo de los objetos. El contraste, es la diferencia con la que se puede apreciar un objeto y el de su fondo inmediato, y el deslumbramiento es el contraste excesivo, y se manifiesta cuando una fuente de luz es muy intensa en el campo visual, puede crear sensaciones incómodas, fatigantes o padecimientos totalmente cegadores para las personas que la perciben.

Este deslumbramiento se puede manifestar de tres maneras diferentes; de forma directa, producto de una fuente de luz de alta luminancia que incide directamente sobre el campo visual, y se puede percibir cuando se mira al cielo o al sol; de forma indirecta, la cual se presenta cuando la luminancia de superficies es demasiado alta, y se aprecia cuando se mira un color blanco en su plena incidencia solar; y por último la de forma reflejada, la cual es producida por una luz que incide sobre superficies con altos índices de reflexión, como cuando se mira a un vidrio o espejo.

Así mismo, la distribución de luz puede presentarse de tres maneras; reflectancia (R), absorción (A) y transmitancia (T).

**2.6.2.2.1 Reflectancia.** Es la relación entre un flujo luminoso reflejado y uno incidente. Puede presentarse de varias maneras, especular, dispersa, difusa-reflejada y compleja, y dependen de las características de los materiales y de sus superficies de incidencia.

La reflexión especular se produce cuando un rayo de luz incide sobre una superficie, produciendo un rayo reflejado de manera perpendicular al ángulo de incidencia.

La reflexión dispersa se produce cuando la luz incide sobre una superficie, pero con cierto predominio en una dirección en particular, el cual dependerá del ángulo de incidencia del rayo de luz, “Algunos materiales que presentan alta dispersión son: pinturas mate, hormigón, telas con poliéster y las superficies mate en general” (Gonzalo, 2004, p. 240).

La reflexión difusa-reflejada es el producto de la combinación de la reflexión especular y difusa. Donde la reflexión especular depende de la terminación del material y la reflexión difusa depende del material base, como es el caso de las superficies laqueadas o altamente pulidas.

La reflexión compleja se presenta cuando la luz incidente de una superficie es reflejada y se distribuye en forma aleatoria, es muy común percibir las cuando las superficies no son uniformes o lisas, tales como: “superficies corrugadas, superficies reflejantes irregulares, superficies prismáticas o metales plegados” (Gonzalo, 2004, p.240).

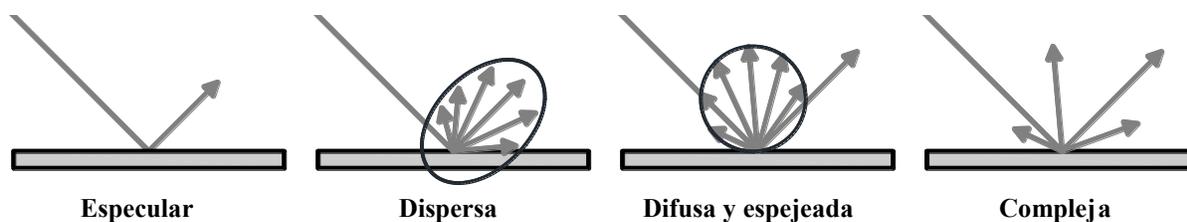
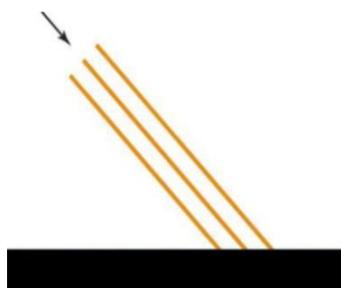


Figura 37. Tipos de Reflectancia. (Gonzalo, 2004).

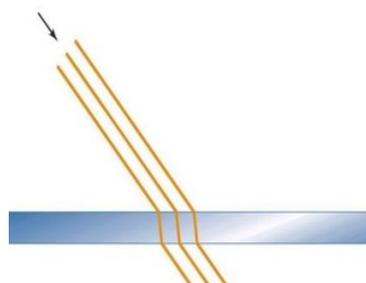
**2.6.2.2.2 Absortancia.** Es la relación del flujo luminoso absorbido entre un flujo luminoso incidente. La cantidad de absorción depende de la opacidad o translucidez de los materiales, es

decir, en objetos transparentes o traslúcidos permitirá el paso de luz y absorberá poca cantidad de luz, en cambio los objetos opacos no permitirán el paso de luz y absorberán en mayor cantidad.

**2.6.2.2.3 Transmitancia.** Es la relación del flujo luminoso transmitido entre el flujo luminoso incidente, es decir, que es la cantidad de luz que atraviesa por un material traslúcido o transparente, como el vidrio, un líquido o un cristal.



*Figura 38.* Absorción de luz.  
(Diseño con luz, 2009).



*Figura 39.* Transmisión de luz.  
(Diseño con luz, 2009).

La luz natural es el tipo de iluminación que mejor se adapta a las necesidades del hombre, debido a que en un principio antes de la aparición del hombre, está ya estaba presente en nuestro planeta, hace algunos millones de años. Por tal razón, la visión del hombre en sus primeras manifestaciones tuvo que adaptarse de la mejor manera a las condiciones de la luz natural, y aprovechar todos los beneficios que ofrecía el sol.

Sin embargo, es necesario saber que una iluminación incorrecta puede presentar efectos nocivos para la salud, determinar estados de ánimo y afectar el rendimiento de trabajo. Por eso, es importante entender que la iluminación no solo consiste en iluminar un espacio, si no que va más allá, lo cual tiene que ver con la estimulación del ojo humano sin causar daño alguno, ni esforzar la vista de más para poder distinguir con claridad los objetos que estén a su alrededor.

**2.6.3 Confort acústico.** Así como el confort térmico y visual, depende de factores ambientales que están fuera de nuestras manos, y de factores personales como la edad, la salud, el sexo, etc.

Una definición es la que expresa Rodríguez (2008) “el confort acústico es el estado de satisfacción o de bienestar físico y mental del ser humano en su percepción auditiva, en un momento dado y en un ambiente específico” (p.184).

Las principales fuentes de molestia sonoras, provienen del exterior y se pueden encontrar en las zonas más próximas a los aeropuertos, ferrocarriles, carreteras, paradas de autobús, costas, etc. No obstante, estas molestias también se producen en el interior del edificio, por los sistemas de calderas, maquinaria de ascensores, sistemas especiales para la climatización, entre otros.

**2.6.3.1 Sonido.** Es un fenómeno acústico, que percibe el oído humano.

Es la vibración mecánica que se propaga a través de un medio material elástico y denso (Habitualmente el aire), y que es capaz de producir una sensación auditiva. De dicha definición se desprende que, a diferencia de la luz, el sonido no se propaga a través del vacío y, además, se asocia con el concepto de estímulo físico. (Carrión, 1998, p. 27)

Los parámetros acústicos en los que se divide el sonido son; tono, intensidad y velocidad.

**2.6.3.1.1 Tono.** Se refiere al orden agudo o grave del sonido, y se mide mediante el conteo de ciclos por segundo (c/s) llamada frecuencia, como se muestra en la (figura 43). En el primer ejemplo de la figura, se expresa un ciclo dividido entre un segundo, el cual es equivalente a un Hertz ( $1c/1s = 1 \text{ Hz}$ ), mientras que, en el segundo ejemplo son representados diez ciclos divididos entre un segundo, lo cual es equivalente a diez Hertz ( $10c/1s=10 \text{ Hz}$ ).

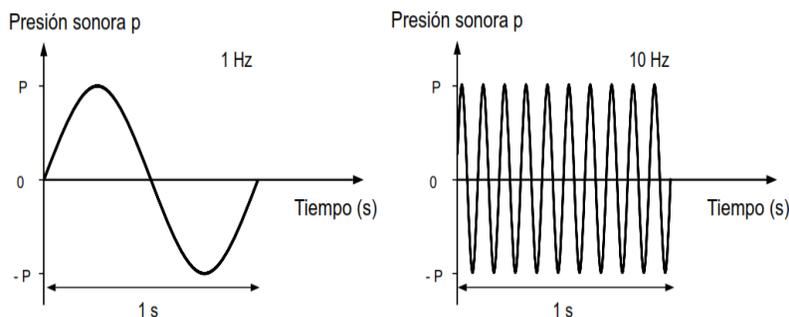


Figura 40. Ejemplos de oscilaciones de frecuencia (Isbert, 1998).

Las frecuencias audibles para el ser humano van de 20 Hz hasta los 20,000 Hz, como se muestra a continuación.

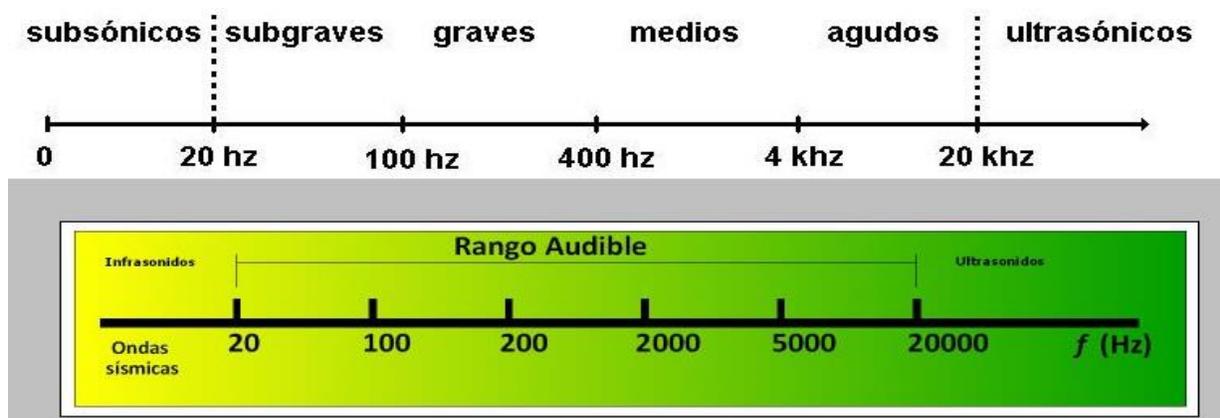


Figura 41. Rango audible. (Aguirrazabal, s.f.).

**2.6.3.1.2 Intensidad.** Se refiere a las condiciones de audición que permite escuchar sonidos fuertes o débiles, y su unidad de medida son los decibeles (dB). Sin embargo, la fuerza o debilidad del sonido será determinada por la amplitud de las ondas sonoras, y aunque, la intensidad puede amortiguarse con la distancia, también dependerá de la velocidad de transmisión del sonido.

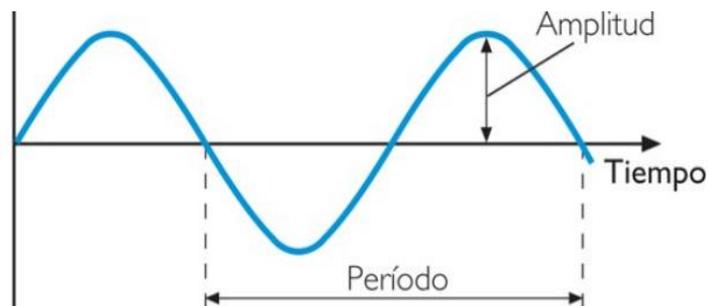


Figura 42. Onda sonora. (Ardizzi, Nicolás A., s.f.).

El oído humano es capaz de captar niveles de intensidad entre los 0 dB (umbral) a los 120 o 130 dB. Sin embargo, los sonidos por encima de 90 dB dañan el oído interno, y por encima de los 120 dB pueden causar daños irreversibles.

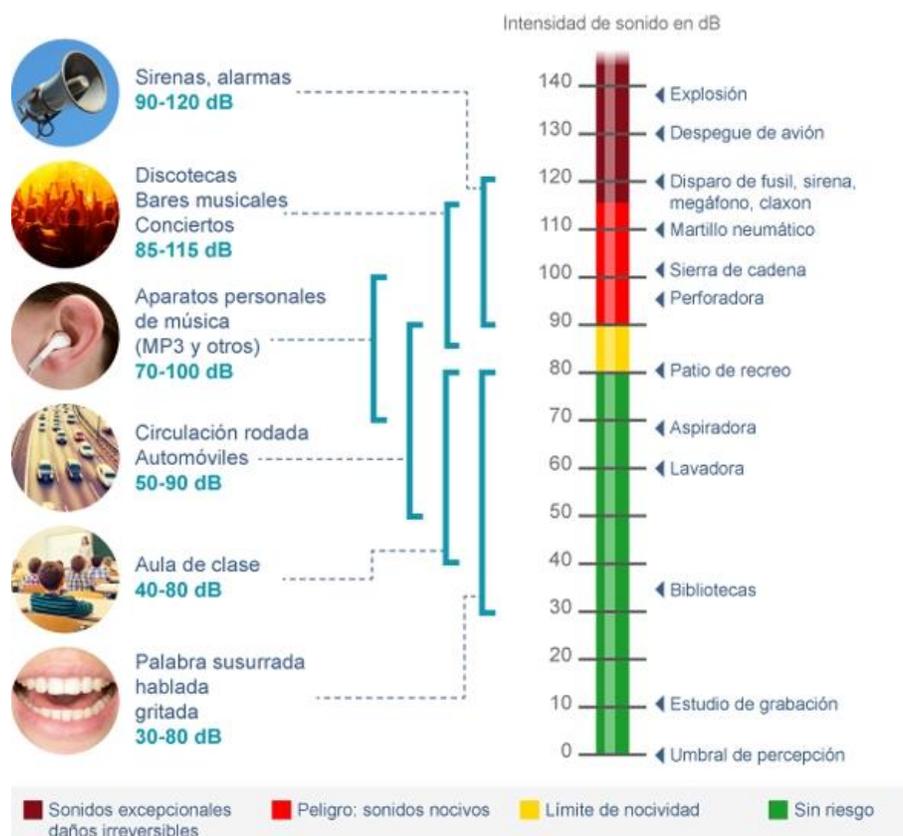


Figura 43. Intensidad de sonidos. (Pujol, 2018).

2.6.3.1.3 *Velocidad del sonido*. Las ondas sonoras solamente se pueden propagar mediante estados sólidos, líquidos o gaseosos, donde los sólidos son la manera más rápida de propagar el sonido a 5,000m/s aprox., seguido de los líquidos a 1,440 m/s aprox., y por último por medio de los gases a 344 m/s aprox., este fenómeno es producto de la distancia o separación a la que se encuentran las moléculas de cada estado de la materia.

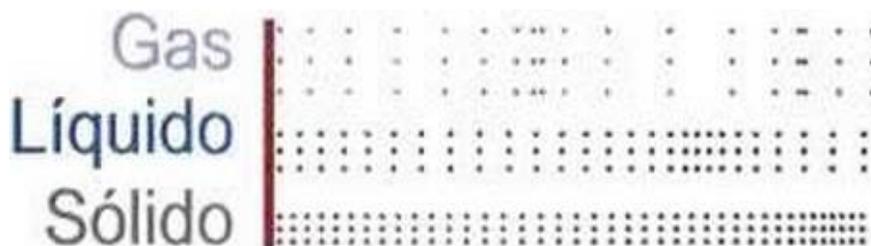


Figura 44. Velocidad del sonido en distintos estados de la materia.

Ninguna persona queda exenta a recibir emisiones de ruidos y sonidos no deseados. Por ello, es fundamental tratar de aislarlos o eliminarlos donde son producidos, ya que, pueden ser incómodos o agresivos para el oído humano. Además, se sabe que la correcta orientación y distribución de espacios, puede reducir la frecuencia del ruido y sonido que se encuentra alrededor. Además, existen materiales constructivos que pueden disminuir las frecuencias de ruido, pues hay algunos que pueden reflejarlo o absorberlo.

## **2.7 Clima**

Hace referencia al conjunto de condiciones atmosféricas o a la “combinación particular de elementos como (radiación solar, temperatura del aire y del suelo, precipitación, evapotranspiración, humedad del suelo, viento, etc.)” (Lacomba, 1991, p. 39). Estos elementos pueden dar identidad a una zona geográfica, incluso, estas condiciones están en constante cambio debido al ciclo dinámico, y pueden estar variando de un instante a otro o de un lugar a otro, y aún en zonas muy pequeñas se pueden presentar grandes cambios.

Lacomba (1991), describe que “La palabra clima proviene del origen griego, significa etimológicamente “pendiente o inclinación”; con ella alude a la inclinación de los rayos solares al incidir sobre la superficie del planeta” (p. 39).

**2.7.1 Factores del clima.** Son las condiciones físicas que están presentes en una región o en un sitio específico del planeta, y por medio de ellas se determinan los diferentes tipos de clima.

**2.7.1.1 Latitud.** Es la medida angular que toma como punto de partida el eje del ecuador. Debido a la forma esférica de la tierra, se mide en grados minutos y segundos sexagesimales. Este factor determina la incidencia de rayos solares en ciertos puntos de la superficie terrestre y puede ser aplicada a los sistemas bioclimáticos activos o pasivos; como la colocación de paneles solares, calentadores, orientación de muros, ventanas, cubiertas, color, forma o proporción de edificios.

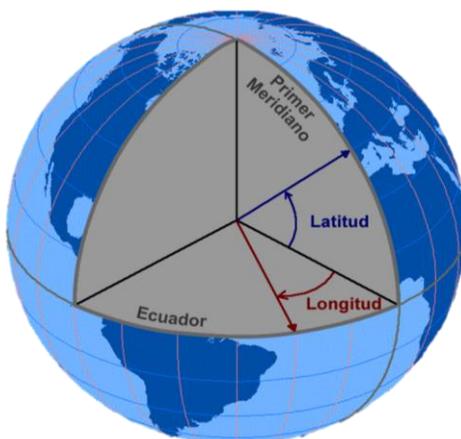


Figura 45. Latitud y longitud. (Ventanas al universo, 2008).

Debido a la curvatura de la superficie terrestre, y considerando que en teoría los rayos del sol tienen una trayectoria paralela, estos inciden en la superficie a una distancia menor uno del otro con respecto al ecuador, ya que llegan perpendiculares al plano. En los polos en cambio, la distancia entre un rayo y otro, se incrementa por la curvatura de la tierra, hasta que se vuelven tangenciales en el punto norte y sur de los polos. Este comportamiento provoca, en parte, la diferencia climática por radiación desde el ecuador a  $0^\circ$  de latitud a los trópicos de zona cálida, en tanto que los trópicos  $23^\circ 27'$  a los círculos polares determinan una zona templada; y los círculos polares  $66^\circ 33'$  a  $90^\circ$  de latitud se caracterizan por temperaturas bajas, que ocasionan las zonas frías de los casquetes polares. (Lacomba, 2012, p. 44)

**2.7.1.2 Altitud.** “Es la distancia vertical de un plano horizontal al nivel del mar; se mide en metros sobre el nivel medio del mar (msnm) (Lacomba, 2012, p. 44). Este fenómeno influye directamente sobre la temperatura del aire, es decir que, a menor espesor de atmósfera menor es el grado de temperatura, donde “la temperatura disminuye a razón de  $0.56^\circ\text{C}$  por cada 100.6 m de altitud en verano y a cada 122 m de altitud en invierno” (Lacomba, 2012, p. 44). Además, a mayor altitud hay mayor transparencia, aumenta el calor por radiación y disminuye la radiación difusa, lo cual permite una mayor luminosidad (Gonzalo, 2004).



Figura 46. Altitud. (Nodo Universitario de la Universidad de Guanajuato, 2017).

**2.7.1.3 Relieve.** Rodríguez (2008) define el relieve como “la configuración superficial de la tierra. Este es otro factor clave para el clima, ya que determina las corrientes del aire, la insolación de un lugar, su vegetación, la contención de humedad del aire, etc.” (p. 15). Además, se sabe que el relieve de cada sitio, puede presentar diferencias de viento, temperatura, asoleamiento, humedad, etc.

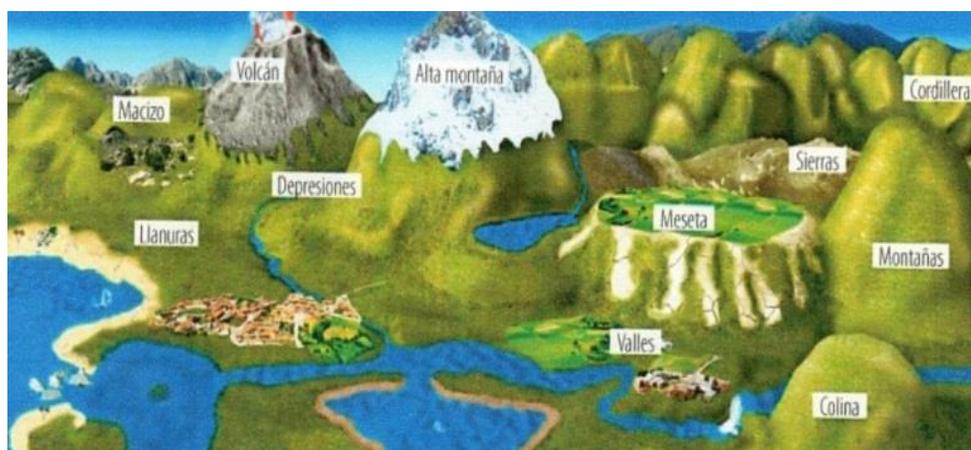


Figura 47. Relieve. (Mi sistema solar, 2018).

**2.7.1.4 Superficie del agua.** Los cuerpos de agua naturales son los océanos, golfos, lagos o lagunas; los cuerpos artificiales son los estanques, fuentes, espejos de agua, etc. Los cuerpos de agua natural como artificial, pueden alterar el clima o producir fenómenos climatológicos como la brisa, incrementar la humedad del aire, disminuir la oscilación térmica y disminuir la temperatura del aire.



Figura 48. Evaporación de ríos, mares y lagos. (Hidrología sostenible, 2016).

**2.7.1.5 Superficie del suelo.** Este factor puede influir sobre la temperatura y humedad del lugar, pues se presenta cuando se acumula demasiado calor en las zonas rocosas o desérticas; o bien cuando se presenta una intensa evaporación de hielo o nieve, lo cual genera microclimas.

**2.7.1.6 Vegetación.** Este factor también puede modificar el clima de la zona. Según Gonzalo (2004) influye cuando en un lugar existen grandes masas de bosques y praderas, pues ello, puede aumentar la humedad del ambiente por medio de la evaporación, o bien cuando los grandes árboles cubren grandes áreas de la radiación solar directa.

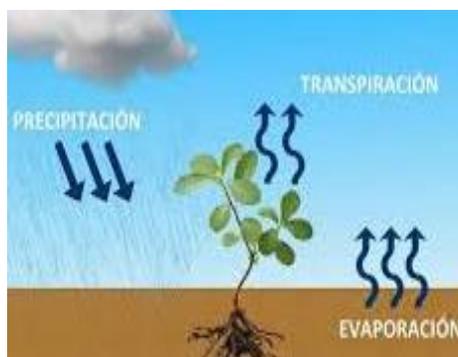
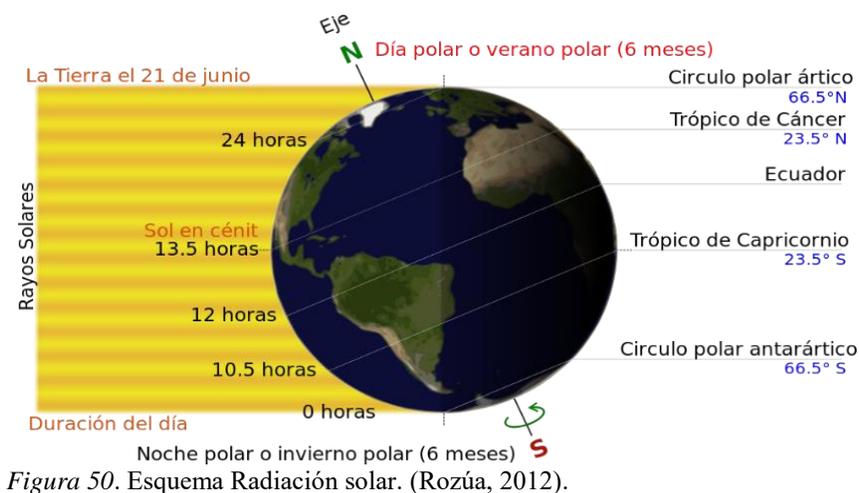


Figura 49. Esquema de evapotranspiración. (Proain Tecnología Agrícola, 2020).

**2.7.2 Elementos del clima.** Son propiedades físicas creadas en las capas inferiores de la atmósfera, principalmente en la troposfera, dando carácter a los distintos tiempos atmosféricos.

**2.7.2.1 Radiación solar.** Es la cantidad de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal, su unidad de medida es en (KWh/m<sup>2</sup>), y depende de factores como las estaciones del año, la latitud, la hora del día, el clima local, las características atmosféricas y la orientación de superficies que reciben la radiación (Lacomba, 1991).

La presencia de este fenómeno es un recurso que abunda en todo el planeta, por ello debe ser aprovechado para calentar los cuerpos humanos, habitaciones, agua, aire, etc. Aunque hay ocasiones que es conveniente resguardarse del sol, ya que puede tener efectos negativos sobre los espacios habitables y puede provocar enfermedades o malestares en el organismo.



**2.7.2.2 Humedad.** Se presenta cuando un cuerpo cambia su estado físico de materia, es decir, de líquido a gaseoso, pasando por un cambio llamado evaporación, el cual se produce a cualquier temperatura sin tener que pasar específicamente por el proceso de ebullición, y cuando ese vapor se mezcla con el aire de la atmósfera, se llama humedad, y se expresa en porcentajes que van de 0% a 100%. Sin embargo, cuando la humedad relativa rebasa el 100%, el aire no puede contener más vapor de agua, y la convierte en precipitación. Aunque la humedad también puede variar por la vegetación, las lluvias, el viento o por los cuerpos de agua (Infoclima, 2018).

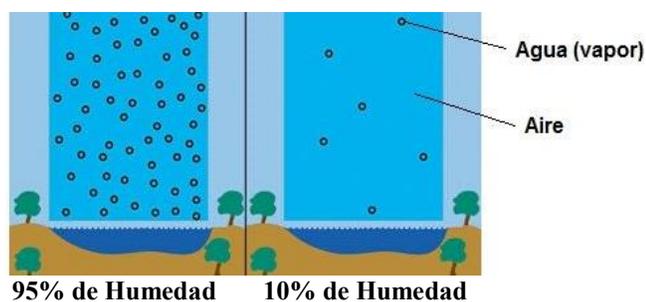


Figura 51. Cantidad de vapor de agua que hay en el aire. (Ciencias Naturales, s.f.).

**2.7.2.3 Temperatura.** Es la magnitud que mide el calor de la materia. Y el calor es el resultado de la energía que se genera por el movimiento de las partículas que componen cada materia, y entre más rápido se mueven esas partículas más energía liberan, aumentando el calor. (Infoclima, 2017)

Las lecturas de temperatura máximas, medias y mínimas que se presentan en cada región, generalmente son tomadas de forma diaria, mensual o anual, y para que sean válidas tienen que ser datos “normalizados”, es decir, promedios de un mínimo de 20 años. Para medir las unidades de temperatura se utilizan tres escalas termométricas: Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) y absoluta o kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ), y es medida por medio de termómetros.

**2.7.2.4 Precipitación pluvial.** Es el agua proveniente de la atmosfera, formada en los niveles más altos de la troposfera. Se presenta en estado sólido o líquido como; el granizo, llovizna, nieve, lluvia, rocío o niebla. El instrumento más común para medirla recibe el nombre de pluviómetro y su unidad de medida es, en milímetros de espesor sobre un metro cuadrado, determinando que un milímetro de espesor equivale a un litro por metro cuadrado.

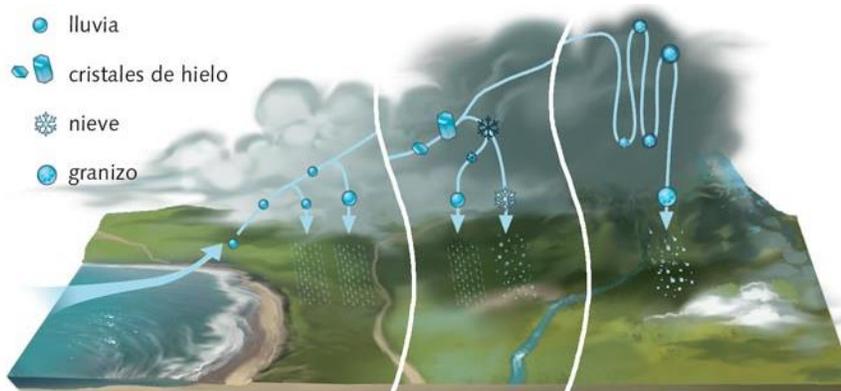


Figura 52. Precipitación pluvial. (Ciencias de la Naturaleza 1º ESO MEC Proyecto Adarve, s.f.).

**2.7.2.5 Viento.** Es el movimiento del aire que se desplaza de una zona a otra, el cual es producido en la atmosfera por distintas causas naturales; una se debe a la presión atmosférica, cuando dos zonas de presión de aire son distintas, donde el aire de más alta presión tiende a

desplazarse hacia la zona de más baja presión; otra se debe a la variación de temperatura, donde el aire cálido asciende por convección, lo cual aumenta su volumen y lo vuelve más ligero, entonces una masa de aire frío se mueve y ocupa su lugar. (Infoclima, 2017).

El viento tiene distintas características como; la dirección, que es la orientación de la que proviene el viento, y se determina mediante una veleta; la frecuencia, que es el porcentaje de dirección de donde se presenta el viento; y la velocidad, que es la distancia recorrida del flujo de aire en una unidad de tiempo, la cual se mide en km/h o m/s, y se determina con el anemómetro.

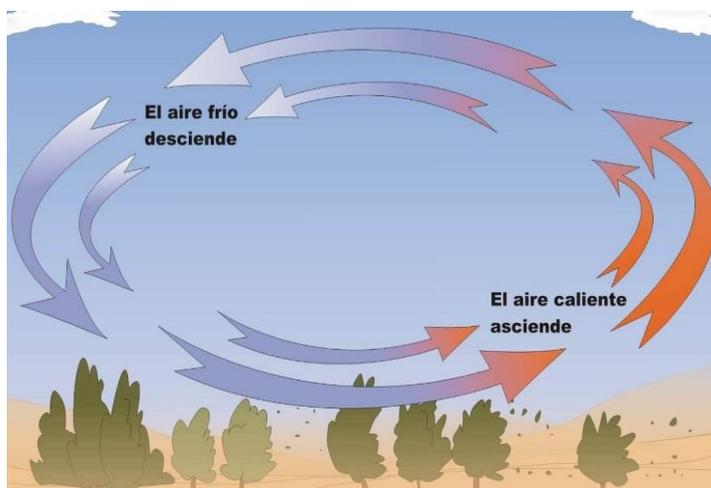


Figura 53. Esquema del viento. (Cs Naturales y TIC, 2018).

**2.7.2.6 Nubosidad.** Se determina al observar la cantidad de nubes que hay en el cielo, y se clasifica en tres tipos: despejado o abierto (donde la nubosidad no es mayor a 3/10 del cielo cubierto), medio nublado o medio cerrado (cuando los valores se encuentran en el rango de 4/10 a 7/10 del cielo cubierto), y cerrado o cubierto (con valores mayores de 7/10 de cielo cubierto).

Las nubes están formadas por partículas minúsculas de agua, copos de nieve y cristales de hielo, que se encuentran suspendidos en la atmósfera en forma de masa, cuyo color varía según la incidencia de luz solar. Estas partículas son consecuencia del vapor de agua contenido en el aire, cuando alcanza su máxima saturación, desciende la temperatura hasta el punto de rocío, pero

también contiene minuciosas partículas de origen mineral y orgánicas, como polvo, cristales de sal de mar, polen, ceniza volcánica y otras partículas.

Además, la incidencia de radiación solar puede ser afectada por la nubosidad, es decir, que una superficie o elemento arquitectónico, no va a recibir la misma cantidad de radiación solar en un día nublado, que en un día despejado.

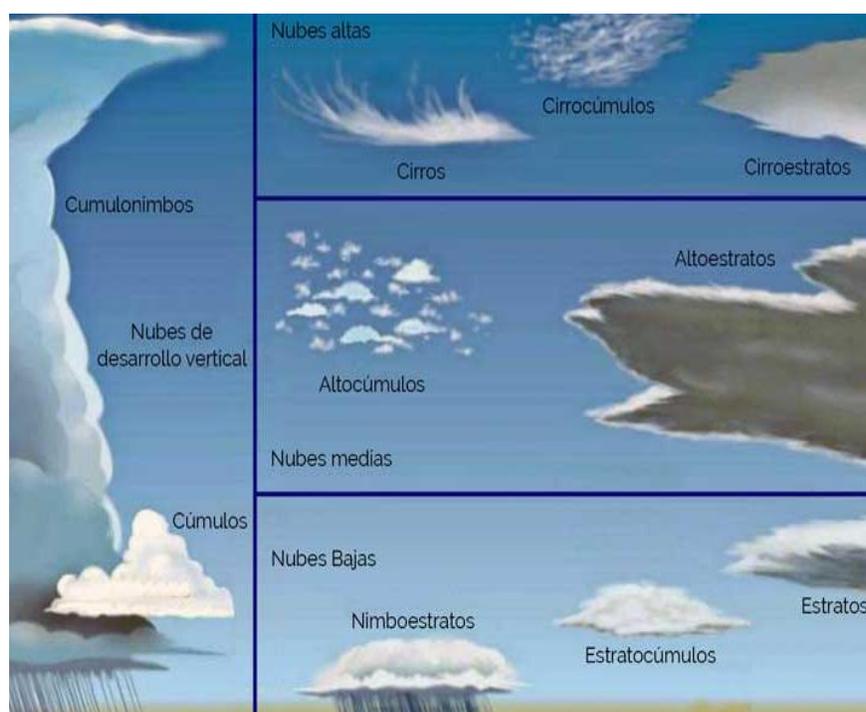


Figura 54. Tipos de nubes. (Primero de Sociales, 2018).

**2.7.2.7 Presión atmosférica.** Es la fuerza ejercida por el peso del aire sobre todas las cosas que hay en la tierra, debido a la acción de la gravedad. Depende de muchas variables, pero sobre todo de dos en particular: la primera es la altitud, pues, entre más alto se encuentre una persona en la atmósfera, la cantidad de aire por encima del cuerpo será menor, esto hará que también sea menor la presión que el aire ejerce sobre un cuerpo ubicado ahí; la segunda es la temperatura del aire, de manera que las temperaturas bajas conducen a altas presiones, y entre más frío sea el

ambiente más denso será el aire, mientras que temperaturas altas conllevan bajas presiones, dado el comportamiento dinámico de sus moléculas en expansión.



Figura 55. Presión atmosférica. (SailandTrip, 2016).

Hay que mencionar, que la unidad de medida de la presión atmosférica en el sistema internacional es el (Pa= Pascal), pero también se utilizan las (Atm = Atmosfera), (mmHg= Milímetros de Mercurio) o (mbar=Milibar). Y el instrumento para medir esta presión es el barómetro de mercurio (Infoclima, 2017) y (Lacomba, 2012).

### 3 Capítulo III Estudio climatológico del sitio

#### 3.1 Ubicación del Municipio de Tlalmanalco

El Municipio de Tlalmanalco se encuentra ubicado en la posición suroriente del estado de México, dentro de los municipios que conforman la región (1 Amecameca), colinda Al norte con Chalco e Ixtapaluca; al sur con Ayapango, Tenango del Aire y Amecameca; al este con el estado de Puebla; y al oeste con Cocotitlán, Temamatla y Tenango del Aire (Atlas Cibernético, 2018).

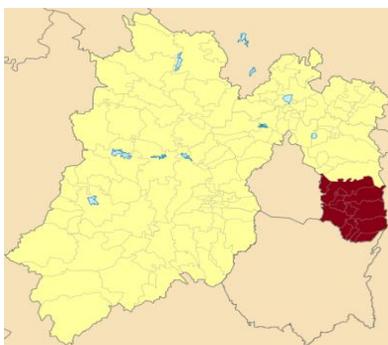
Tabla 3  
*Posición geográfica Municipio de Tlalmanalco.*

Posición geográfica del Municipio		
<b>Latitud</b>	<b>Del Paralelo</b> 19°08'48''N	<b>Al paralelo</b> 19°15'43''N
<b>Longitud</b>	<b>Del Meridiano</b> 98°37'58''O	<b>Al Meridiano</b> 98°51'20''O
<b>Altitud</b>	2,395 msnm	

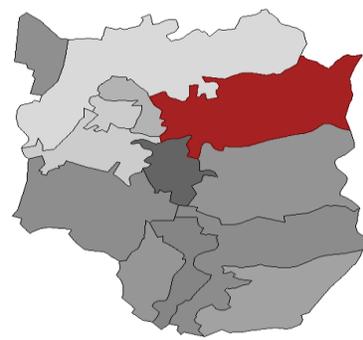
La tabla 3. Muestra la posición geográfica del municipio de Tlalmanalco. (Ayuntamiento de Tlalmanalco, 2019).



*Figura 56.* Mapa de Ubicación del Estado de México, en la República Mexicana. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2019).



*Figura 57.* Mapa de la región 1 Amecameca, en el Estado de México. (Marrovi, 2017).



*Figura 58.* Mapa del Municipio de Tlalmanalco, en la región de Amecameca. (Marrovi, Archivo: I Región de Amecameca.png, 2011).

**3.1.1 Ubicación de la delegación de San Rafael.** Se ubica en la zona céntrica del Municipio de Tlalmanalco, el cual colinda al Sur Poniente con la localidad de Pueblo Nuevo y los ejidos de San Juan Atzacualoya; y al Norte, Sur y Oriente colinda con zonas de cultivo y bosques pertenecientes al mismo municipio.

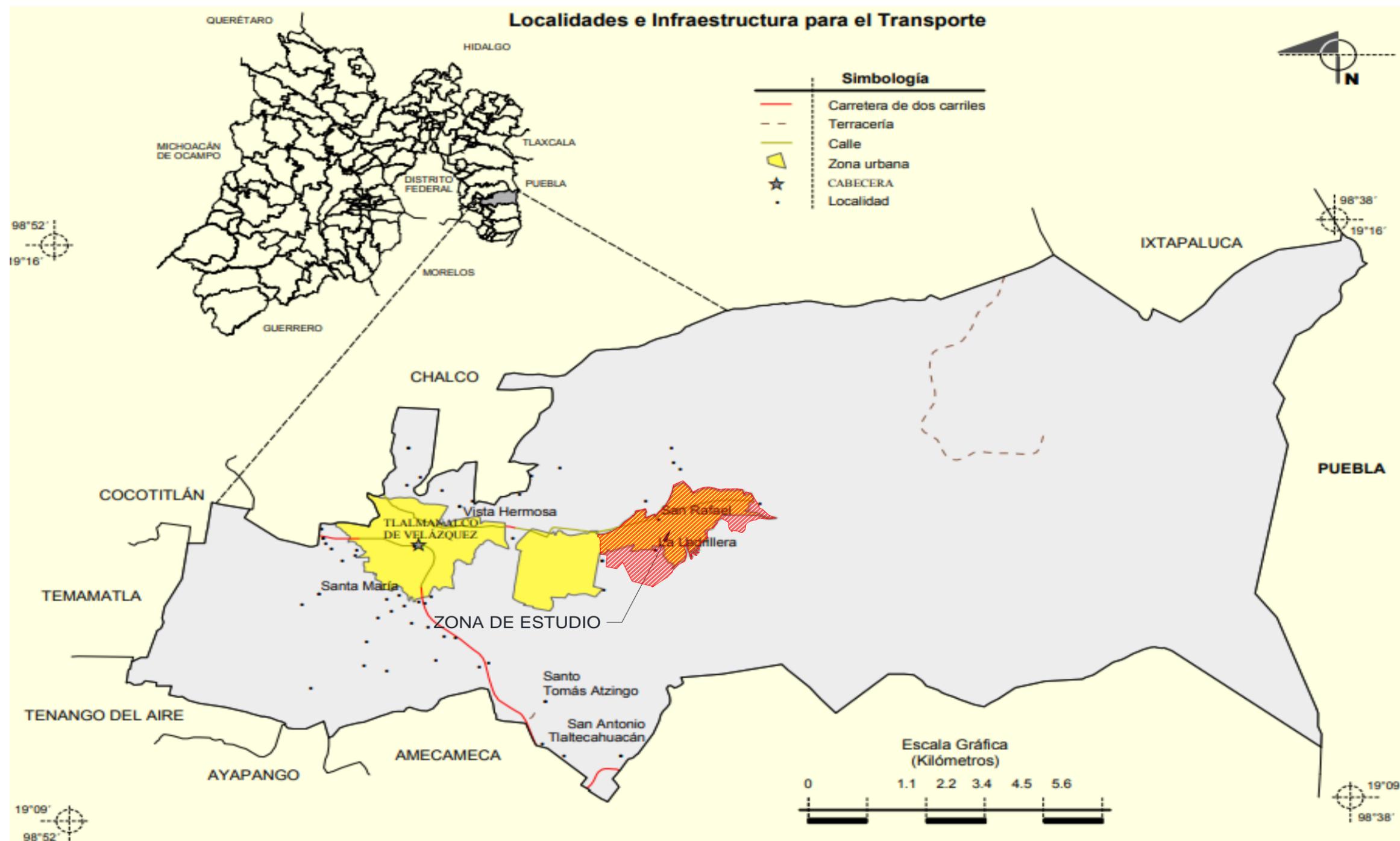


Figura 59. Ubicación de la delegación de San Rafael. (INEGI, 2009).

### 3.2 Clima en la delegación de San Rafael

Según el Prontuario de información geográfica municipal de Tlalmanalco, el clima, es Templado Subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (Cw), el cual está basado en la clasificación de los climas de Wladimir Köppen.

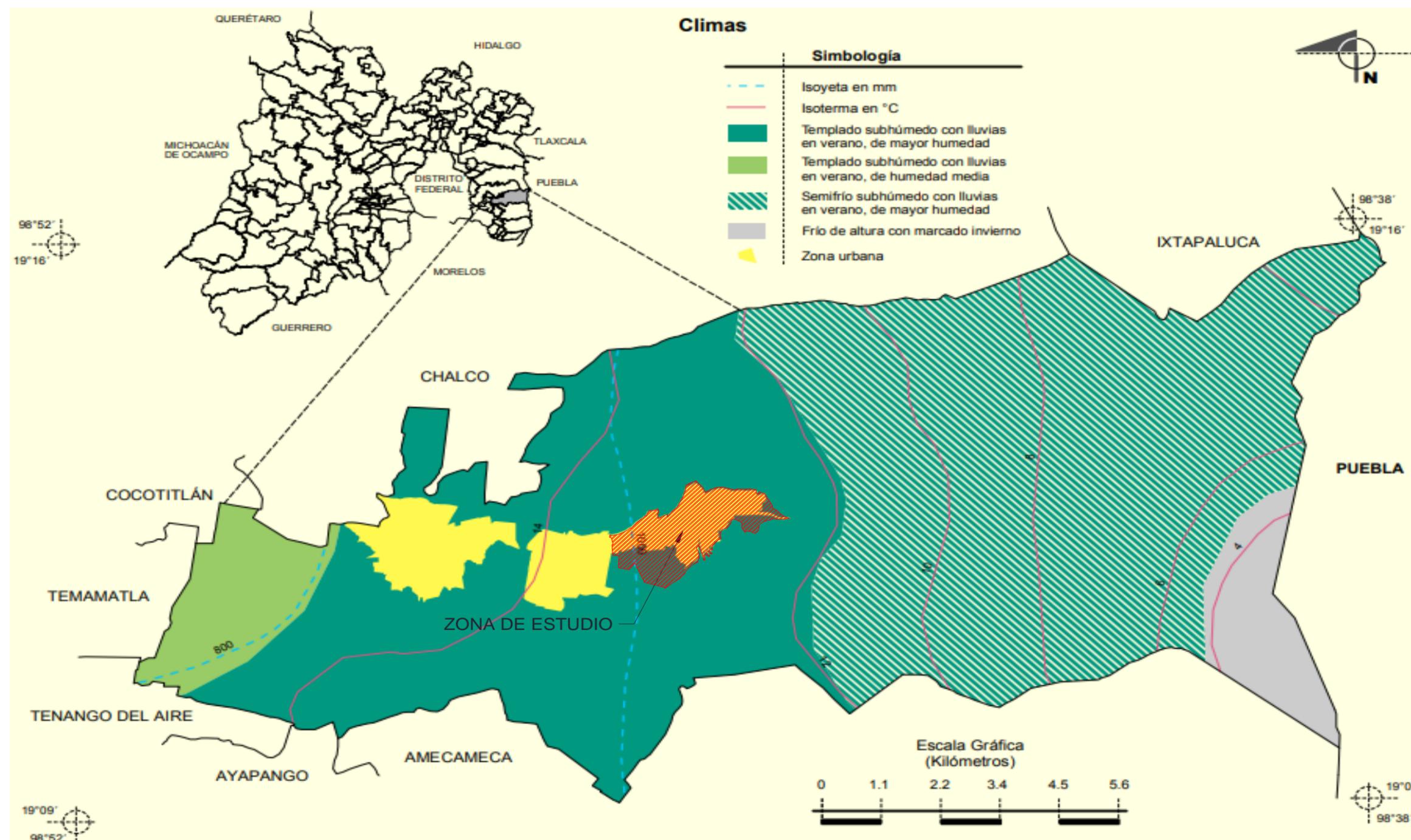


Figura 60. Tipos de clima en el Municipio de Tlalmanalco. (INEGI, 2009).

**3.2.1 Latitud en la delegación de San Rafael.** Según Google Earth Pro (2019), la delegación de san Rafael se encuentra ubicada, entre el paralelo  $19^{\circ}11'51''$  N y  $19^{\circ}13'4''$  N.

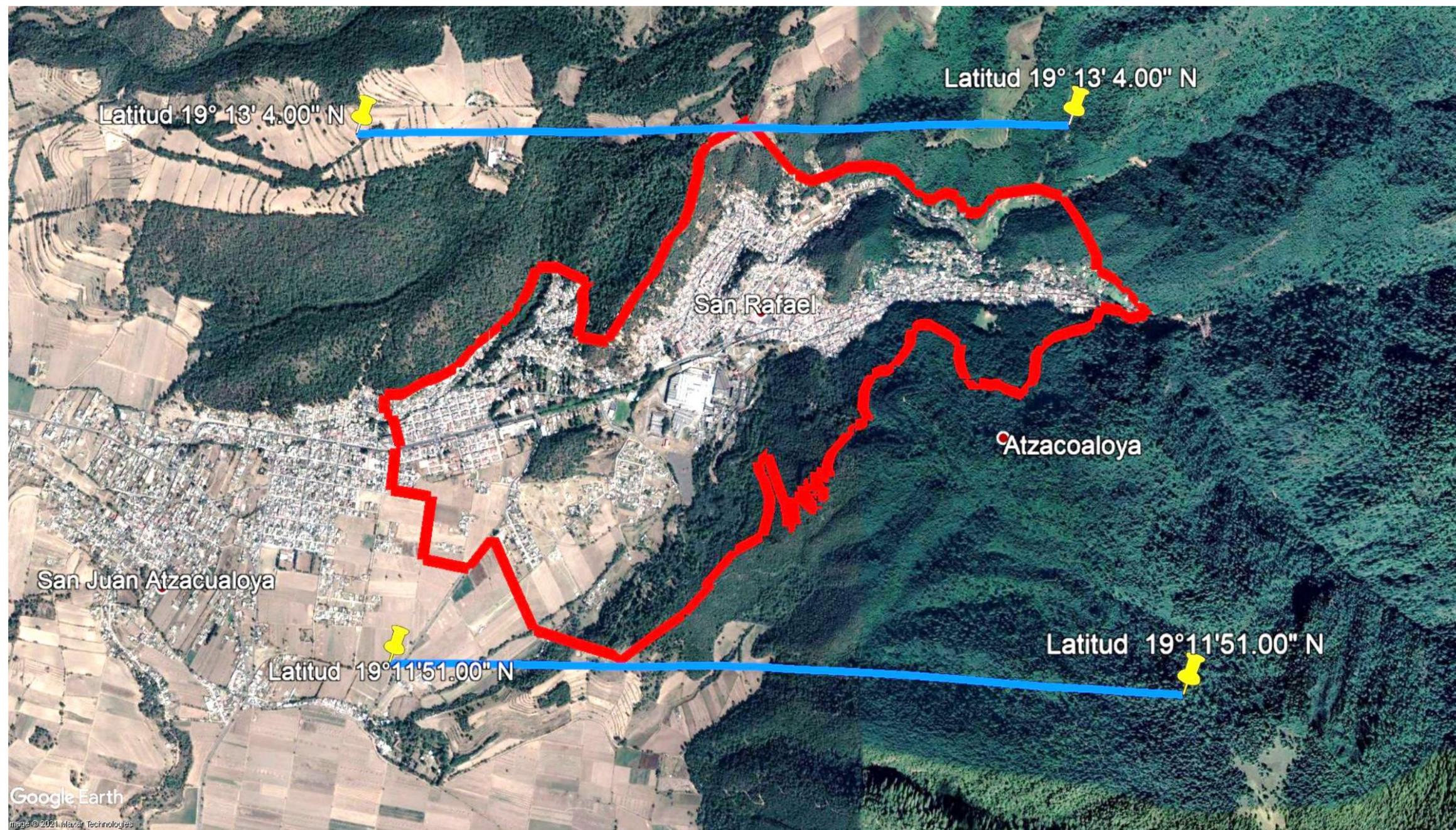


Figura 61. Latitud en la delegación de San Rafael. (Google Earth Pro, 2019).

**3.2.2 Altitud en la delegación de San Rafael.** El lugar presenta pendientes muy pronunciadas, por ello se tomaron tres elevaciones de referencia; la primera en la parte más baja con 2,490 msnm; la segunda en la parte intermedia con 2,580 msnm; y la tercera en la parte más alta con 2,690 msnm, como se muestra en la siguiente figura (Google Earth Pro 2019).

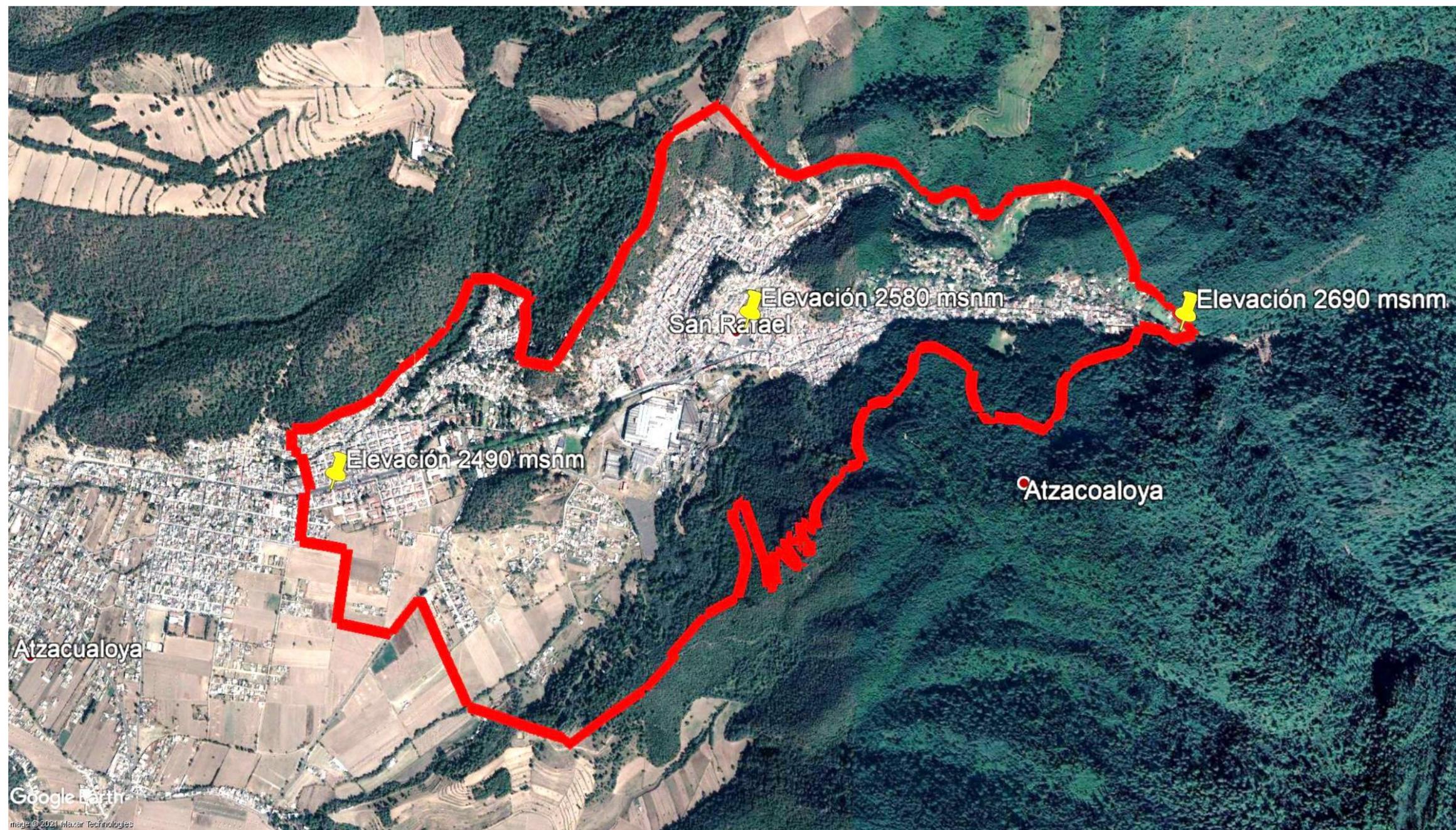


Figura 62. Coordenada central y altitud de la zona de estudio. (Google Earth Pro, 2019).

**3.2.3 Relieve en la delegación de San Rafael.** Según el Prontuario de información geográfica municipal de Tlalmanalco, el relieve compone principalmente de zonas irregulares como sierras y lomas; aunque también se pueden encontrar grandes áreas de llanuras.

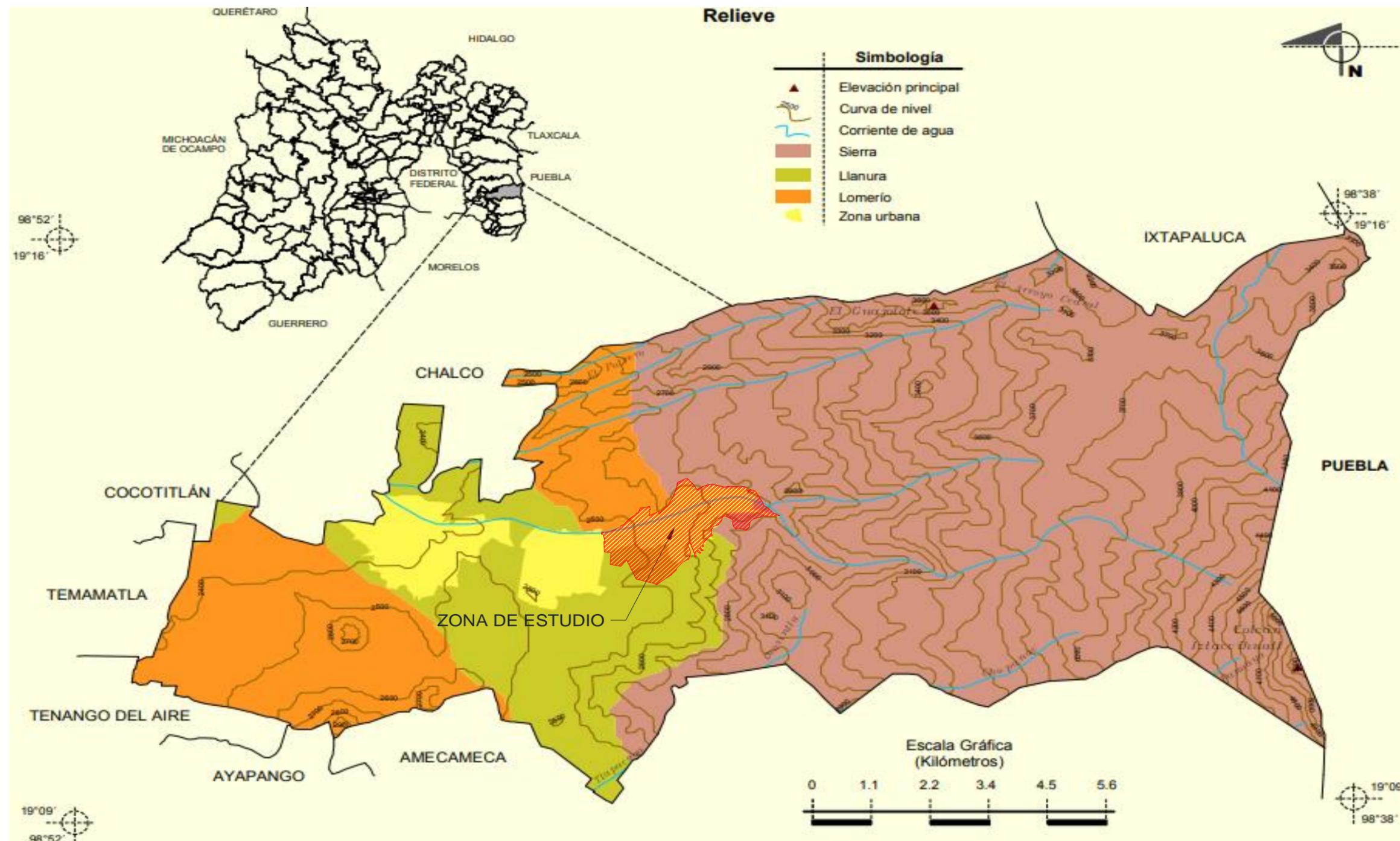


Figura 63. Tipos de relieve en el Municipio de Tlalmanalco. (INEGI, 2009).

**3.2.4 Vegetación en la delegación de San Rafael.** Según el Prontuario de información geográfica municipal de Tlalmanalco, la delegación de San Rafael está rodeada por bosque y predios de agricultura, donde existe una gran diversidad de especies de plantas, frutos silvestres y varias especies de árboles como el pino, oyamel, cedro, encino, etc.

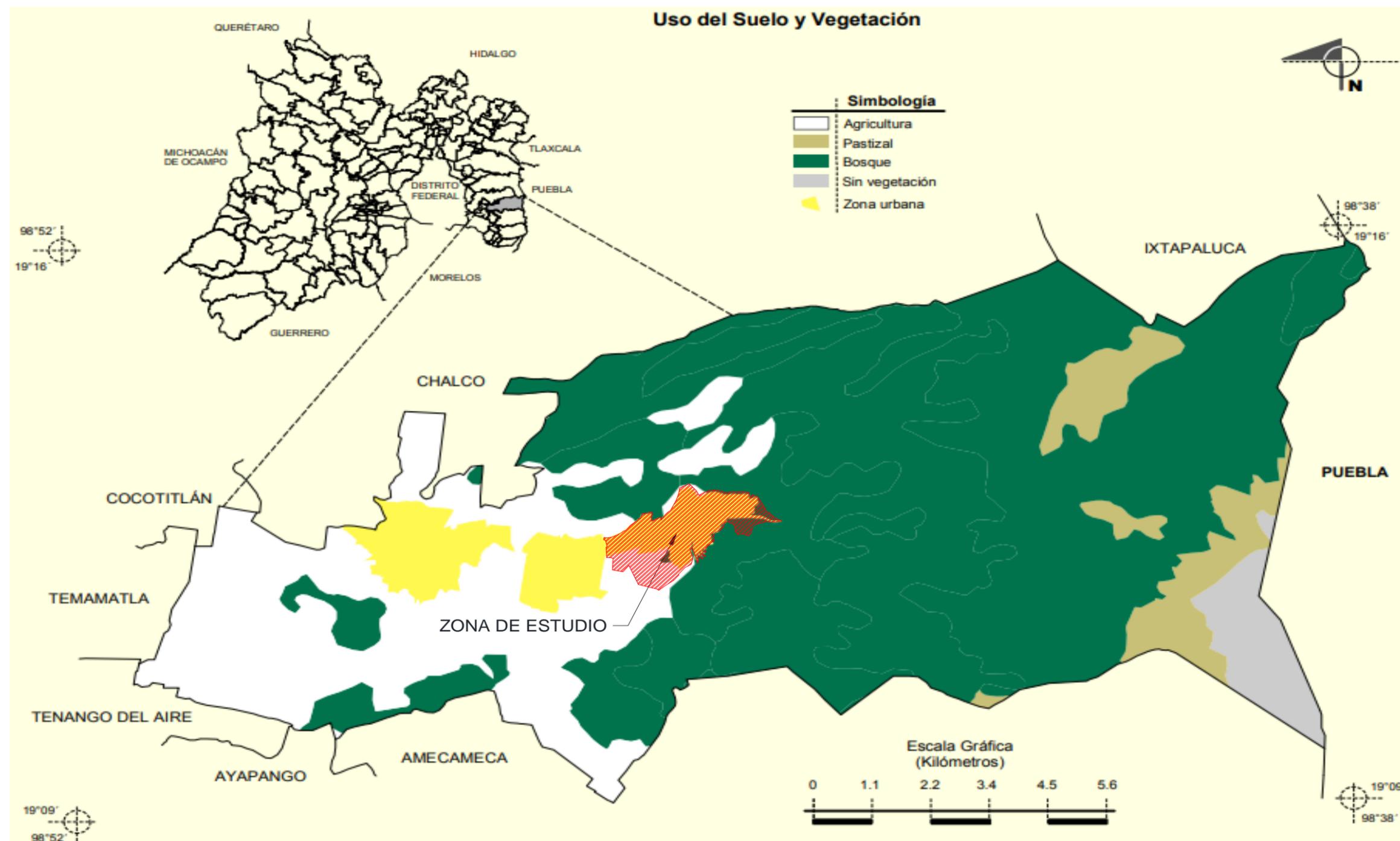


Figura 64. Uso de suelos y vegetación de Tlalmanalco. (INEGI, 2009).

**3.2.5 Temperatura en la delegación de San Rafael.** La temperatura media anual es de 13.77°C, donde el mes más frío es enero con una temperatura de 11.40°C, y el mes más cálido es abril con 16.10°C (Servicio Meteorológico Nacional).

**3.2.6 Días con lluvia en la delegación de San Rafael.** El número de días con lluvia anual es de 134.1, donde el mes más lluvioso es agosto con 23.4 días y el menos lluvioso es diciembre con 1.1 días (Servicio Meteorológico Nacional).

**3.2.7 Precipitación en la delegación de San Rafael.** La precipitación anual es de 1034.3 mm, donde diciembre es el mes más seco con 4.6 mm y agosto el más húmedo con 209.4 mm (Servicio Meteorológico Nacional).

**3.2.8 Viento en el Municipio de Tlalmanalco.** “Los vientos dominantes son de norte a sur en el invierno y durante los meses de agosto y septiembre; los cuales varían de oeste a este de marzo a julio, así como también en octubre y noviembre” (Ayuntamiento de Tlalmanalco, 2019, p. 99). La velocidad promedio anual del viento es de 2.26 m/s; donde febrero es el mes con registros de velocidad más alta, la cual es igual a 2.8 m/s; y junio es el mes con registros de velocidad más baja, la cual es igual a 1.78 m/s (Global Weather Data for SWAT).

**3.2.9 Humedad en la delegación de San Rafael.** La humedad relativa promedio anual es de 67%; el mes con menor porcentaje es abril con 45.2%, y el mes con mayor porcentaje es septiembre con 86.9% (Global Weather Data for SWAT).

**3.2.10 Irradiancia en la delegación de San Rafael.** Según el mapa digital de México (INEGI, s.f.) la irradiación global anual tiene un valor aprox. de 6.40 kW/m<sup>2</sup>/día; donde marzo, abril y mayo son los meses con mayor radiación en todo el año, con un valor aprox. de 7.80 kW/m<sup>2</sup>/día, y octubre es el mes con menor radiación, con 5.0 kW/m<sup>2</sup>/día aprox.

Tabla 4  
*Elementos del clima.*

Estado de: México													Periodo: 1994-2013	
Municipio: Tlalmanalco														
Estación: w 192-988														
Latitud: 19.20°														
Longitud: 98.75°														
Altura: 2,775 msnm.														
Elementos	Unidad	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.	Anual
V. mínima de viento	m/s	1.979	2.068	1.896	1.836	1.544	1.561	1.511	1.586	1.635	1.796	1.654	1.677	1.729
V. máxima de viento	m/s	3.070	3.532	3.477	2.975	2.155	2.004	2.234	2.233	2.687	3.245	2.938	2.973	2.794
V. media de viento	m/s	2.525	2.800	2.687	2.406	1.849	1.782	1.872	1.909	2.161	2.521	2.296	2.325	2.261
H. relativa máxima	%	72.46%	77.08%	61.10%	53.14%	63.14%	85.22%	92.04%	91.79%	93.58%	89.37%	88.17%	81.95%	79%
H. relativa mínima	%	43.22%	35.31%	39.41%	37.29%	31.10%	61.58%	74.89%	80.47%	80.12%	69.33%	57.25%	48.95%	55%
H. relativa media	%	57.84%	56.19%	50.26%	45.21%	47.12%	73.40%	83.46%	86.13%	86.85%	79.35%	72.71%	65.45%	67%

La tabla 4 muestra la velocidad del viento y la humedad relativa en el Municipio de Tlalmanalco. (Global WeatherData for SWAT).

Tabla 5  
*Elementos del clima.*

Estado de: México														
Municipio: Tlalmanalco														
Delegación: San Rafael														
Latitud: 19°12'36.00"N														
Longitud: 98°45'14.00"O														
Altura: 2,453 msnm.														
Elementos	Unidad	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.	Anual
Irradiación Global	kwh/m/día	6.30	6.80	7.80	7.80	7.80	6.20	6.20	5.80	5.40	5.20	5.70	5.80	6.4

La tabla 5 muestra la irradiación global en la delegación de san Rafael, Tlalmanalco. (INEGI).

Tabla 6  
*Elementos del clima.*

Estado de: México														Periodo: 1981-2010	
Estación: 00015106 San Rafael															
Latitud: 19°12'28" N.															
Longitud: 098°45'30" O															
Altura: 2,530 msnm.															
Elementos	Unidad	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.	Anual	
Temperatura	Máxima	°C	18.90	20.60	22.40	24.10	23.20	20.40	19.30	19.10	18.60	19.40	19.30	19.30	20.38
	Media	°C	11.40	12.70	14.40	16.10	16.00	14.90	14.10	14.00	13.70	13.50	12.40	12.00	13.77
	Mínima	°C	3.90	4.80	6.40	8.00	8.80	9.40	8.90	8.80	8.80	7.70	5.50	4.60	7.13
Precipitación	Normal	mm.	17.7	15.2	18.3	39.4	79.8	180.3	207.5	209.4	170.2	78.1	13.8	4.6	1034.3
Lluvia	Días		2.2	2.4	3.6	7.0	12.4	20.4	22.8	23.4	22.3	12.7	3.8	1.1	134.1

La tabla 6 muestra la temperatura, precipitación y lluvia en la delegación de san Rafael, Tlalmanalco. (smn.conagua, 1981-2010).

### 3.3 Cartas Bioclimáticas

Son diagramas donde se presenta la región de confort; generalmente se trata de gráficos que relacionan la temperatura del aire con la humedad relativa (contenido de humedad en el aire); dentro de ellos se marcan los límites de la región de confort, según los factores que se hayan considerado al momento de su definición. (Olvera, 2013, p. 27)

**3.3.1 Carta bioclimática de Olgay.** Este diagrama fue diseñado por los hermanos Olgay, para establecer las condiciones de bienestar térmico humano en una zona. Está representado el eje de las ordenadas que representa la temperatura y el eje de las abscisas que representa la humedad relativa; la gráfica “contiene los sistemas de valores temperatura-humedad en las que el cuerpo humano requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al medio ambiente, llamada zona de confort” (Universidad Politécnica de Madrid, 2019, p. 14). Este mismo autor menciona que la “zona de confort señalada en el diagrama es aquella en la que, a la sombra, con ropa ligera y con baja actividad muscular se tiene sensación térmica agradable” (p.14).

El diagrama es útil en cuanto a las condiciones en el exterior, pues en sus medidas correctoras no se tienen en cuenta los efectos de la edificación. Sin embargo, dado que cuantifica las necesidades para la obtención del bienestar, puede utilizarse, como indicador de las condiciones que se deben crear en el interior de las edificaciones. (Universidad Politécnica de Madrid, 2019, p. 15)

**3.3.1.1 Colocación de datos en la carta bioclimática de Olgay.** Para graficar los datos, se utilizaron los valores de temperatura y humedad relativa de cada mes del año, combinando (temperatura máxima - humedad relativa mínima) y (temperatura mínima – humedad relativa máxima), lo cual origina dos coordenadas, que fueron marcadas en la carta bioclimática mediante la intersección de líneas horizontales referidas a ( $^{\circ}\text{C}$ ) de temperatura y líneas verticales referidas al (%) de humedad relativa, se unieron los puntos con líneas de color por cada mes del año.

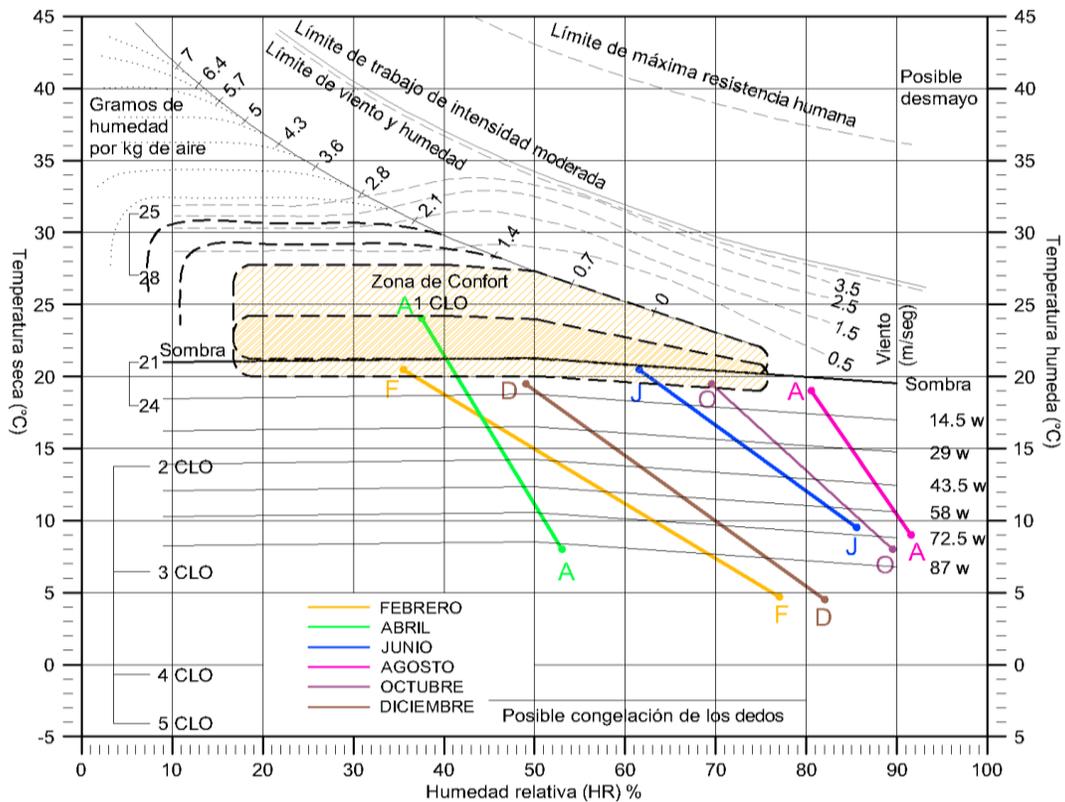
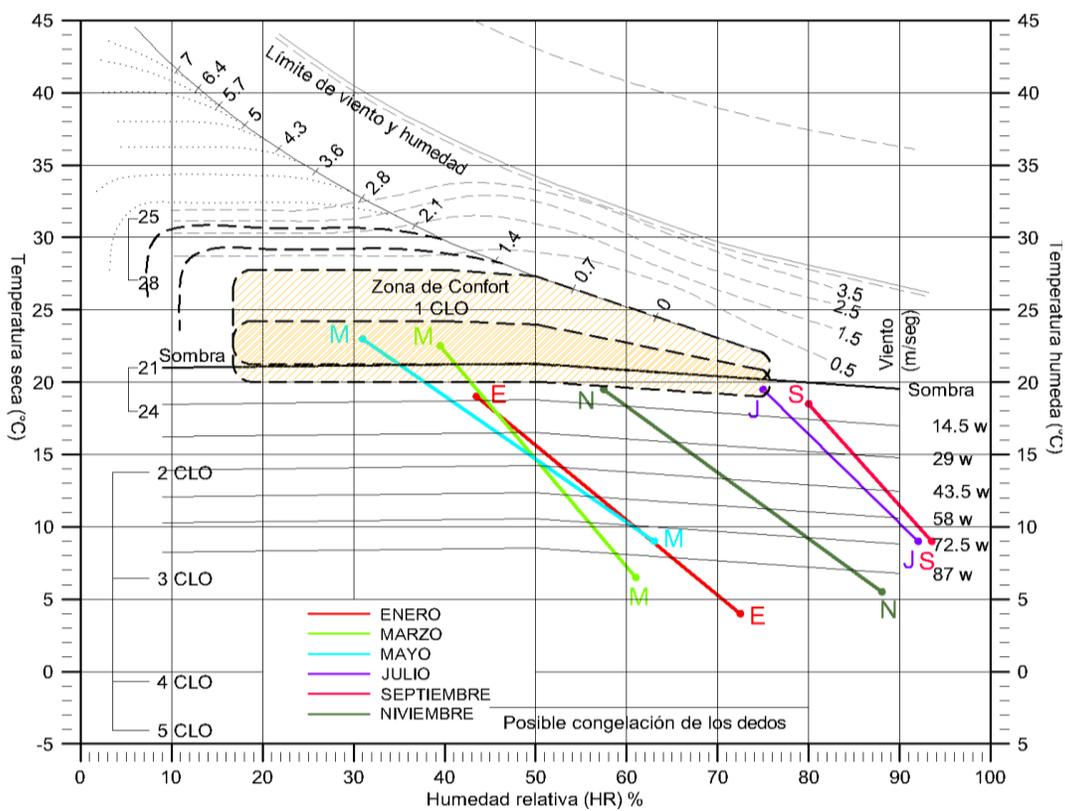


Figura 65. Carta bioclimática de Olgay, delegación de San Rafael. (Fuente Propia).

### ***3.3.1.2 Interpretación de la carta bioclimática de Olgyay en la delegación de San Rafael.***

La gráfica muestra que para que el cuerpo humano este confortable en espacios al aire libre, con ropa ligera y con baja actividad muscular; en los meses de marzo, abril y mayo requiere de radiación solar, aunque también requiere de sombra la cual provenga de elementos naturales o elementos arquitectónicos. Mientras que, en el resto de los meses, requiere de bastante radiación solar complementada con hasta 3 unidades de (CLO).

**3.3.2 Carta psicrométrica.** El método se le atribuye a Baruch Givoni; y está basado en “establecer una zona de bienestar requerida a los valores de temperatura y humedad del aire” (Lacomba, 1991, p.26). Es llamada gráfica de diseño para interiores, y sirve como sistema para el ahorro energético.

La zona de bienestar se establece para personas aclimatadas con una actividad sedentaria (un MET) y vestiduras con ropa ligera de verano (un CLO). Esta zona se determina entre los 21 y los 26°C y entre los 5 y 17 mm de Hg, con límites soportables de 20 a 28°C y hasta 20 mm de Hg. (Lacomba, 1991, p.27)

Mediante esta gráfica se pueden determinar factores del clima como; masa térmica, calefacción, ventilación natural, enfriamiento evaporativo y acondicionamiento de aire.

***3.3.2.1 Colocación de datos en la carta psicrométrica.*** Para graficar los datos, se utilizaron las medidas de temperatura y humedad relativa de cada mes del año, combinando (temperatura máxima - humedad relativa mínima) y (temperatura mínima – humedad relativa máxima), lo cual originó dos coordenadas que fueron marcadas en la carta psicrométrica, mediante la intersección de líneas verticales referidas a los (°C) de temperatura y las líneas curvas referidas al (%) de humedad relativa, y se unieron los puntos con líneas de color por cada mes año.

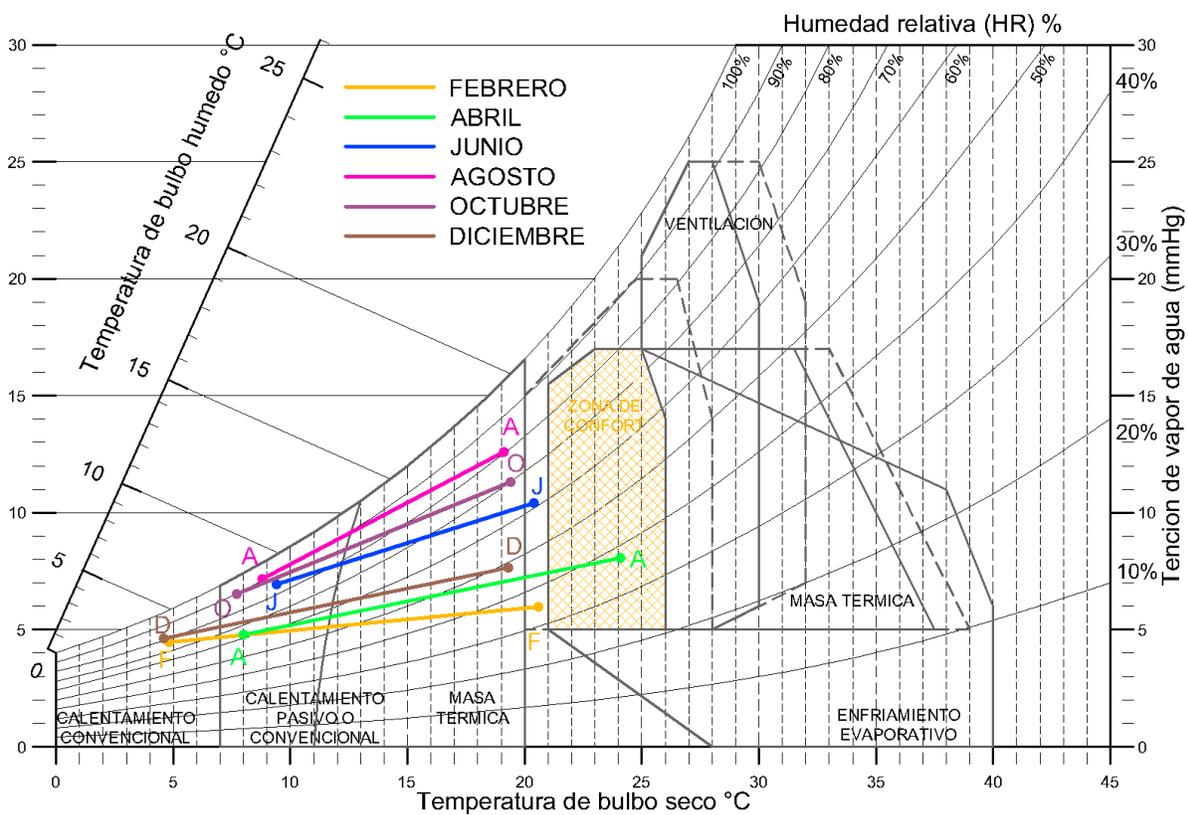
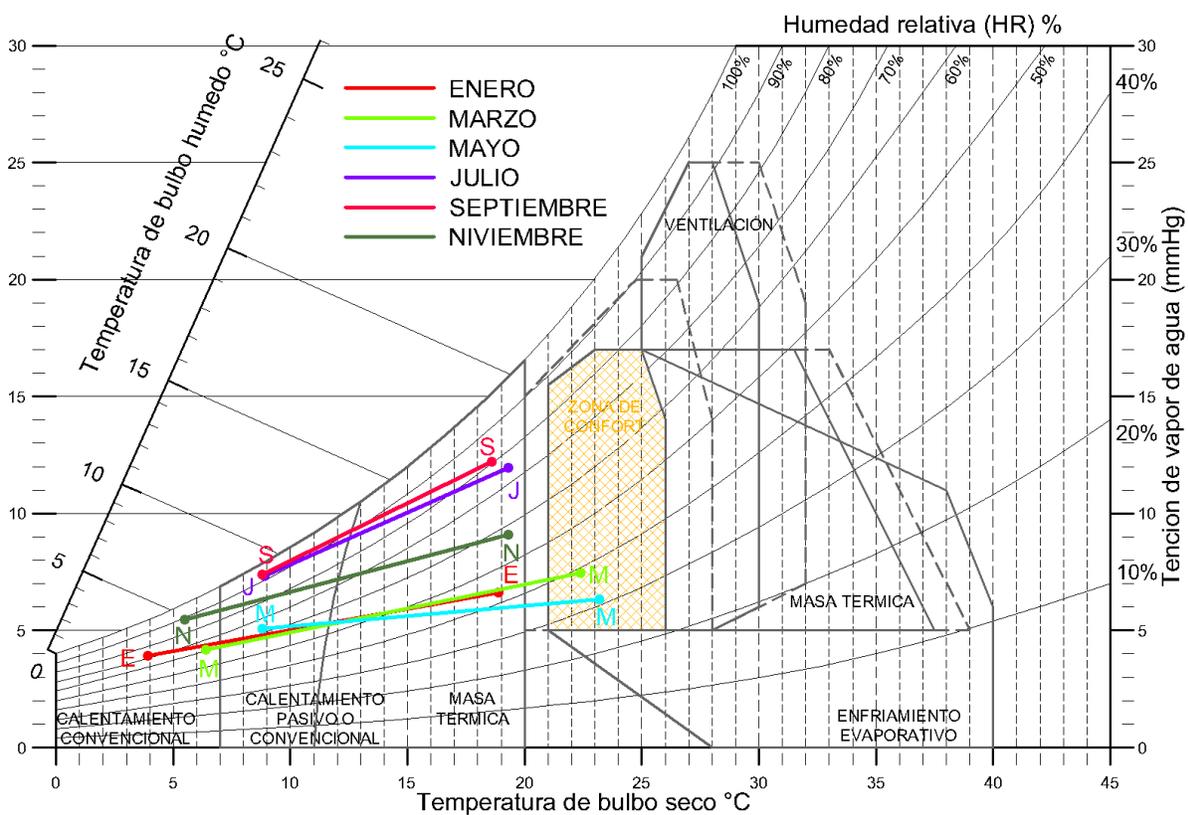


Figura 66. Carta Psicrométrica, delegación de San Rafael. (Fuente propia).

**3.3.2.2 Interpretación de la carta psicrométrica en la delegación de San Rafael.** La gráfica muestra que, en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, se requiere de calentamiento pasivo complementado con masa térmica, y ocasionalmente acompañado de calentamiento convencional, pues en ocasiones las temperaturas descienden hasta los 3.90 °C, lo cual vuelve insuficiente la cantidad de calor radiada; mientras que en el resto de los meses solo se requiere de calentamiento pasivo, complementado de masa térmica para poder llegar al estado de confort, aunque en los meses de marzo, abril y mayo ocasionalmente se puede llegar al estado de confort sin tener la necesidad de calentar las habitaciones.

### **3.4 Proyección ortogonal**

“[La proyección ortogonal es la representación de la bóveda celeste...] y la supuesta [...ruta del sol en una montea biplanar]” (Lacomba, 1991, p. 145). Mediante este procedimiento se puede conocer el ángulo de azimut, altitud y ubicar la posición del sol en cualquier lugar, hora y día del año. Además, es útil para conocer los ángulos de incidencia y sombra proyectadas por cualquier elemento, “así como para el análisis, diseño y evaluación de dispositivos de control solar. Lo anterior facilita la toma de decisiones acerca de la mejor orientación de un edificio y ubicación de los espacios interiores y exteriores” (Lacomba, 1991, p. 147).

La carta solar utilizada para este estudio fue con una latitud de 19.20°, pues la mayor parte de la zona poblada en la delegación de San Rafael, se encuentra asentada entre los 19.20° de latitud y los 19.21° de latitud.

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:  $19.200^\circ$  Longitud:  $-98.755^\circ$  Fecha: 20-marzo Hora: 8:00 horas Azimut:  $96.82^\circ$  Elevación:  $18.10^\circ$

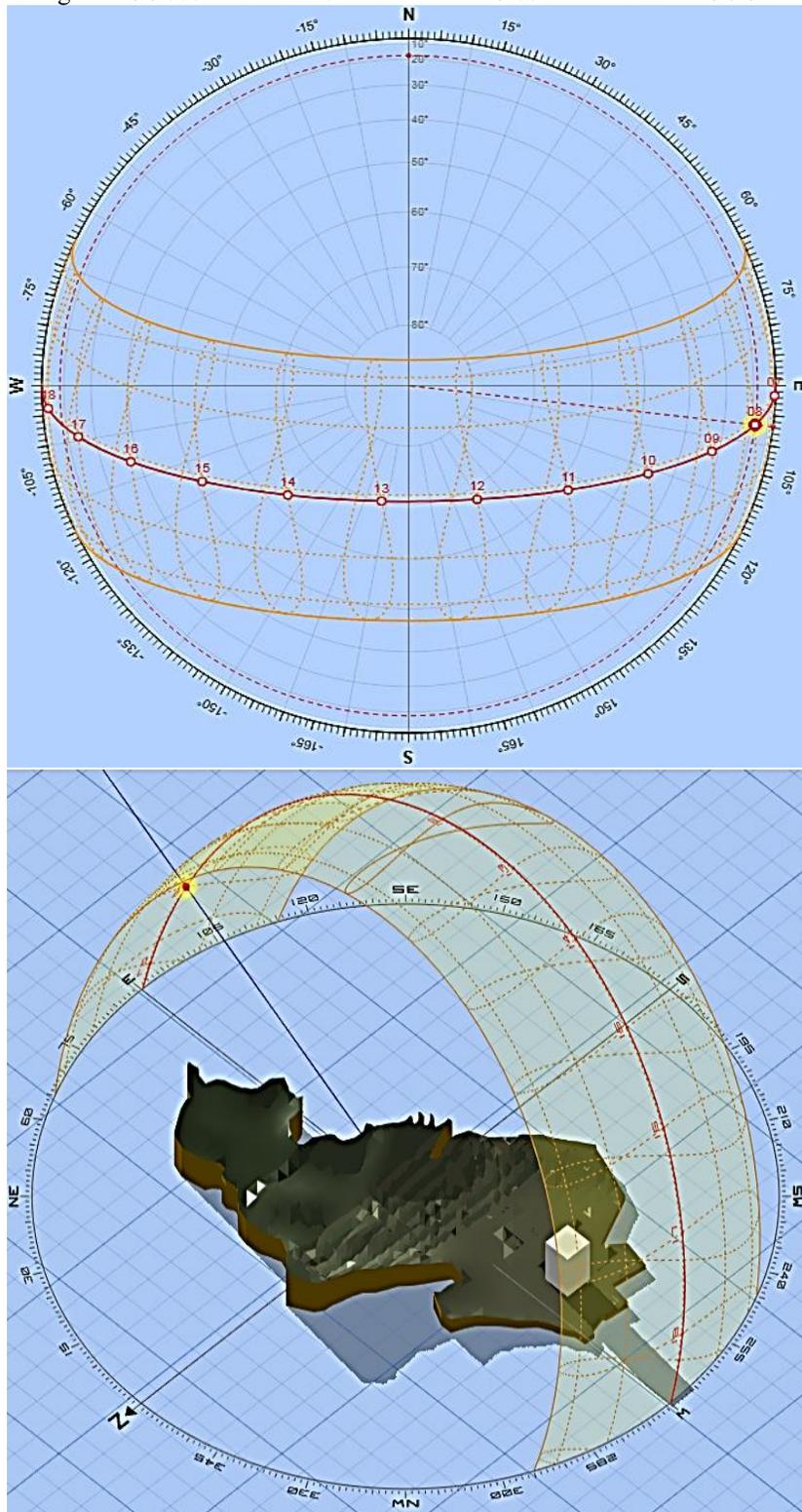


Figura 67. Equinoccio de primavera 8:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:  $19.200^\circ$  Longitud:  $-98.755^\circ$  Fecha: 20-marzo Hora: 12:00 horas Azimut:  $150.35^\circ$  Elevación:  $67.87^\circ$

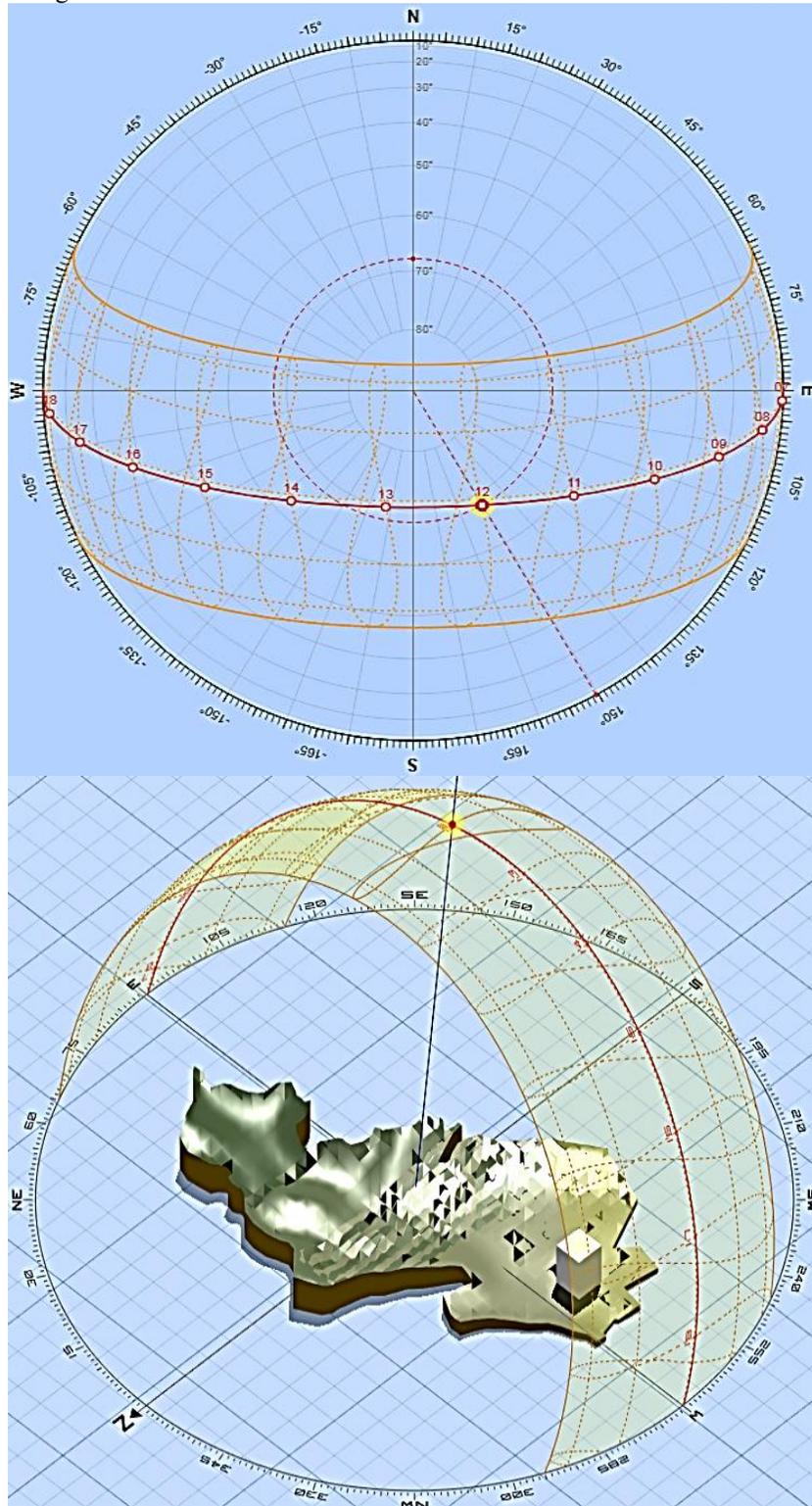


Figura 68. Equinoccio de primavera 12:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:  $19.200^\circ$  Longitud:  $-98.755^\circ$  Fecha: 20-marzo Hora: 16:00 horas Azimut:  $106.13^\circ$  Elevación:  $37.96^\circ$

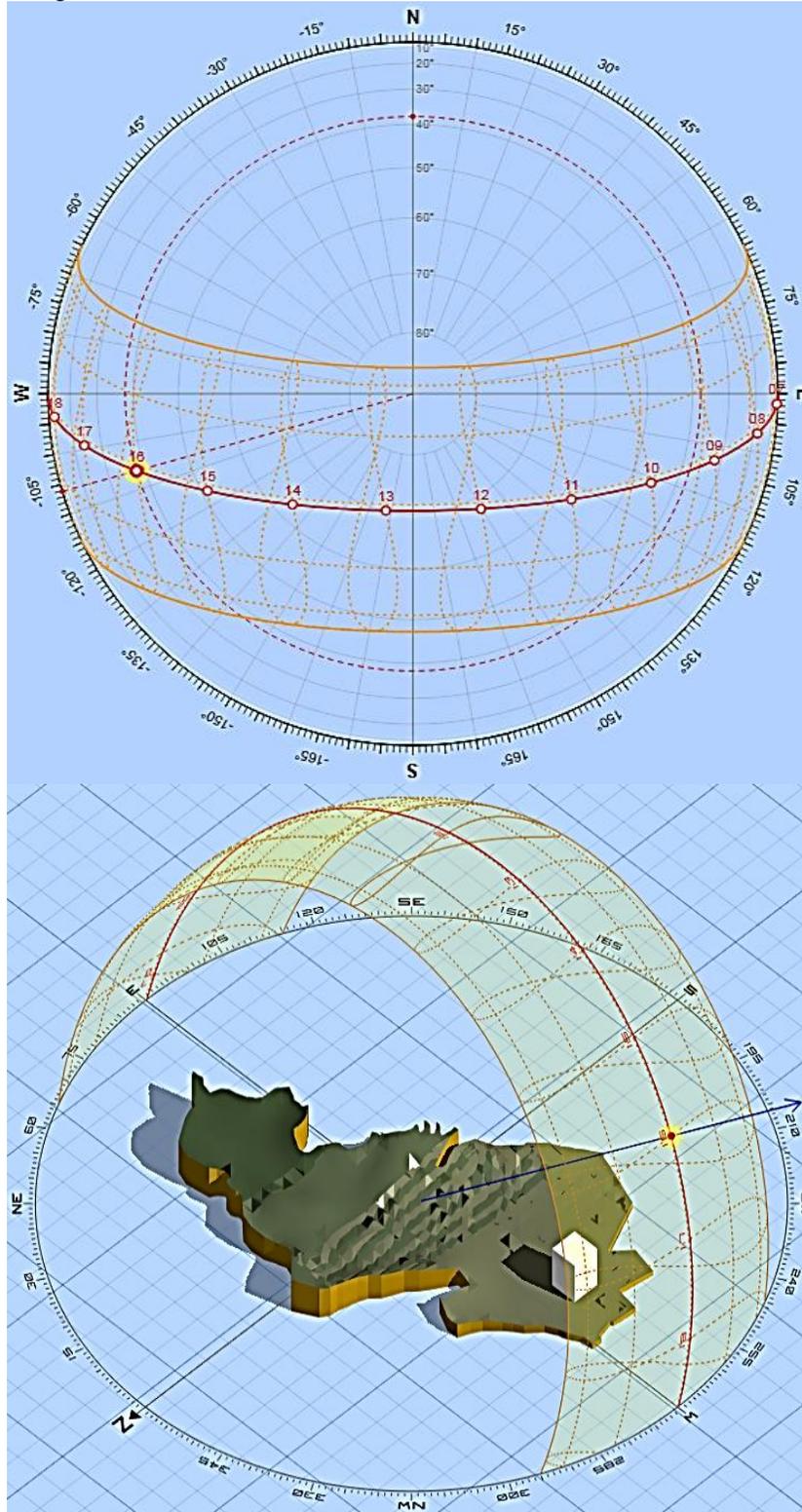


Figura 69. Equinoccio de primavera 16:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:19.200° Longitud: -98.755° Fecha:21-junio Hora:8:00 horas Azimut:72.62° Elevación:26.04°

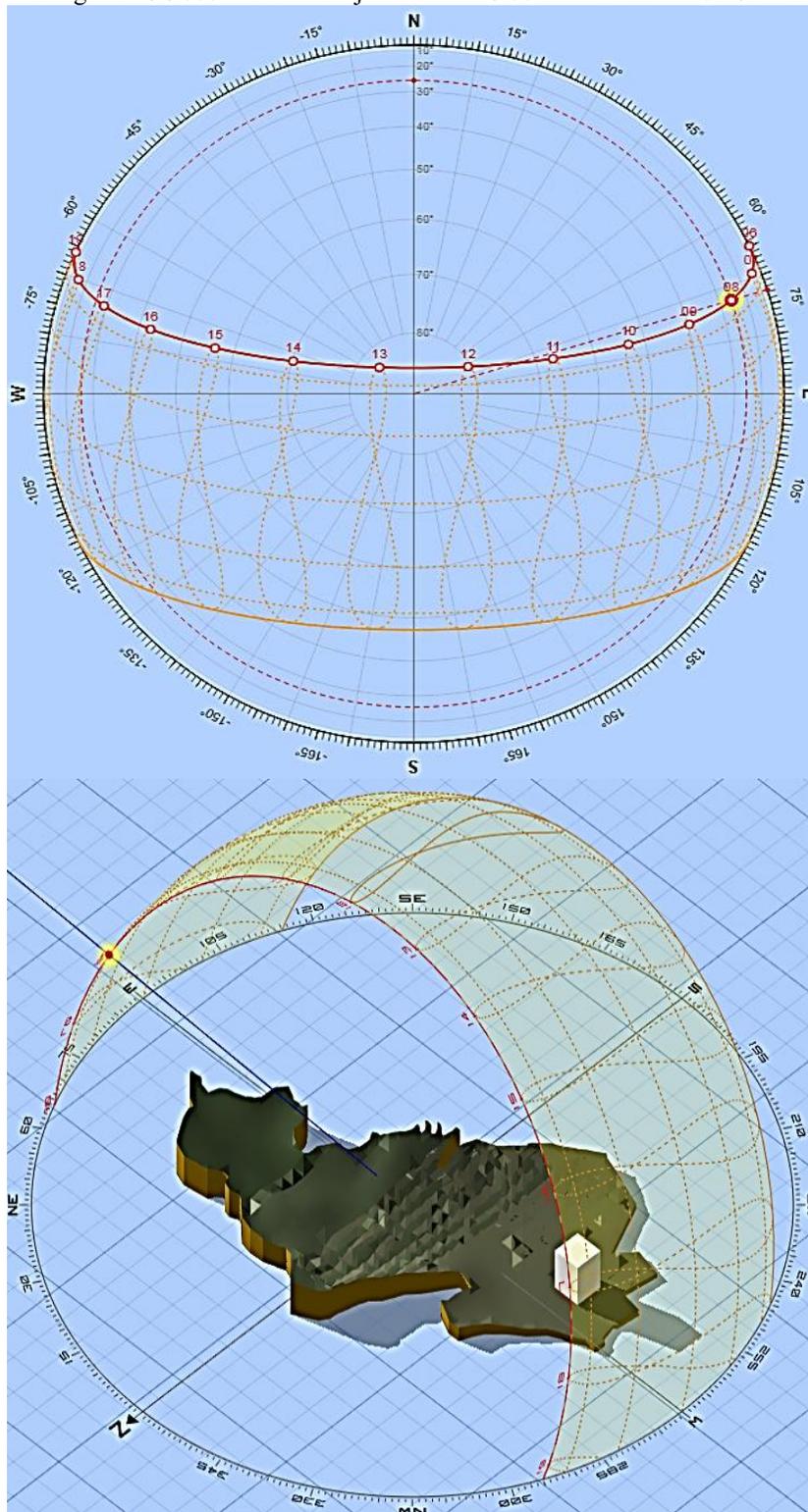


Figura 70. Solsticio de verano 8:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:19.200° Longitud: -98.755° Fecha:21-junio Hora:12:00 horas Azimut:62.07° Elevación:80.45°

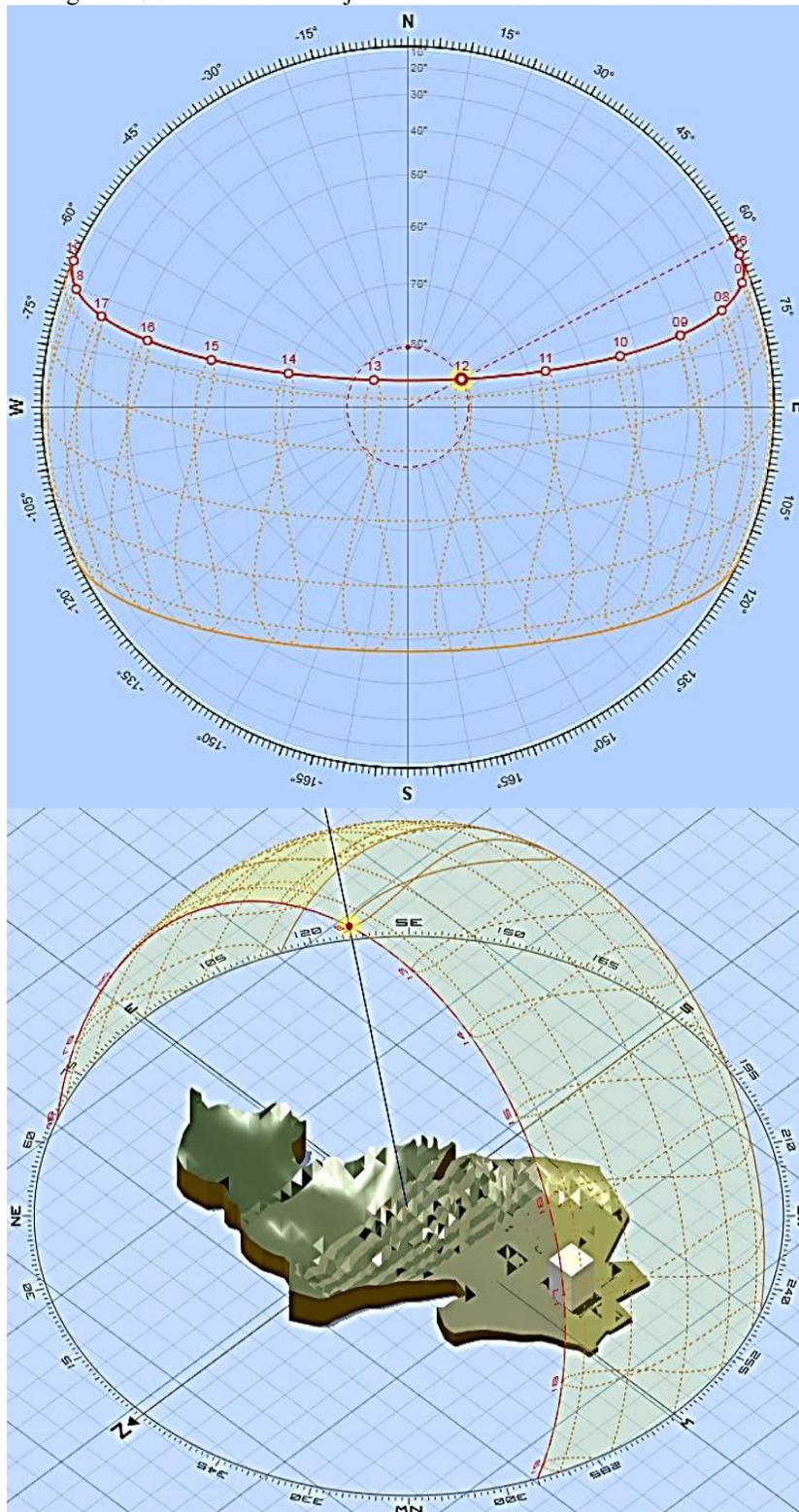


Figura 71. Solsticio de verano 12:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:  $19.200^\circ$  Longitud:  $-98.755^\circ$  Fecha: 21-junio Hora: 16:00 horas Azimut:  $-75.42^\circ$  Elevación:  $42.73^\circ$

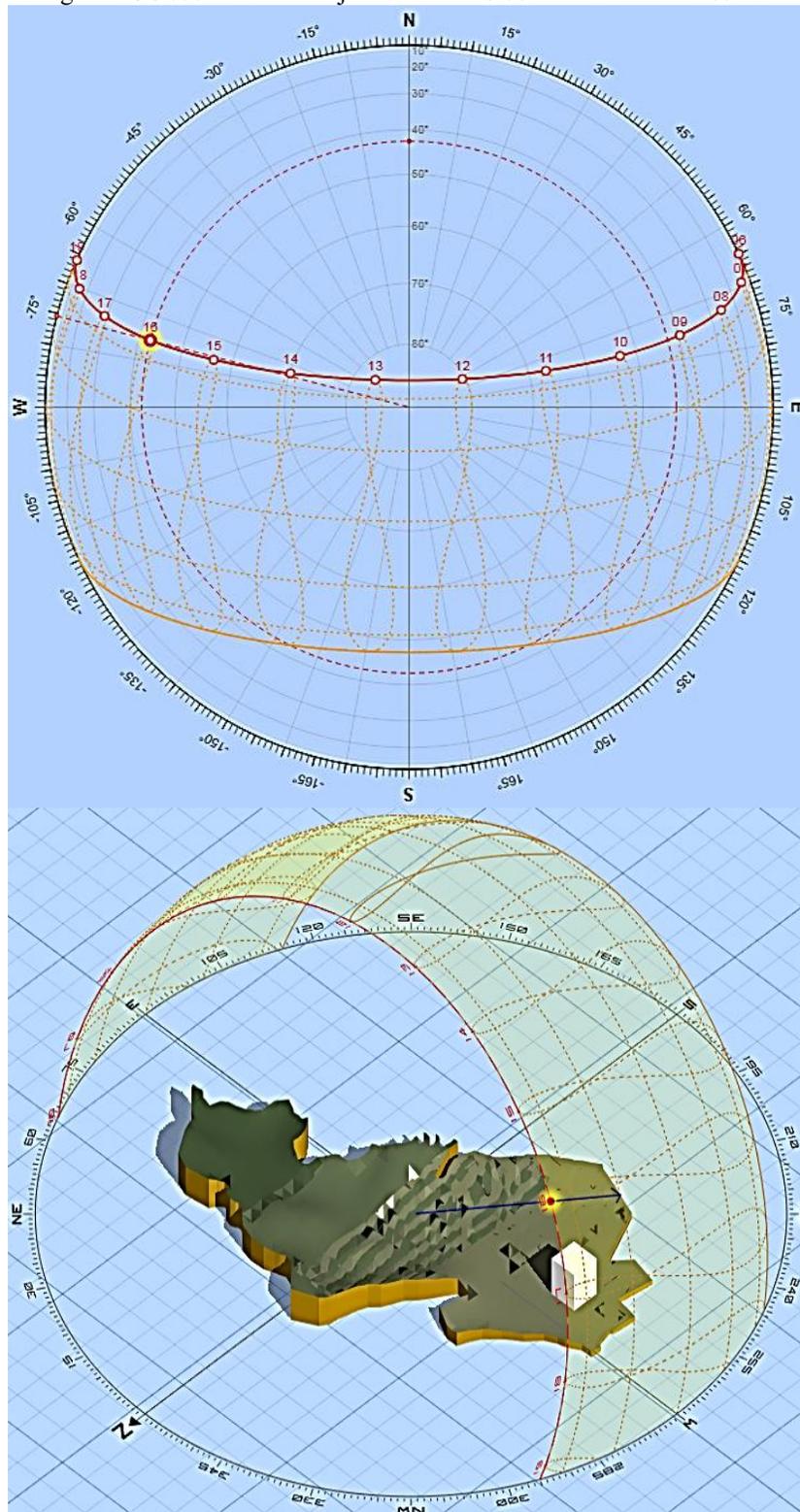


Figura 72. Solsticio de verano 16:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:19.200° Longitud: -98.755° Fecha:22-diciembre Hora:8:00 horas Azimut:119.74° Elevación: 1.00°

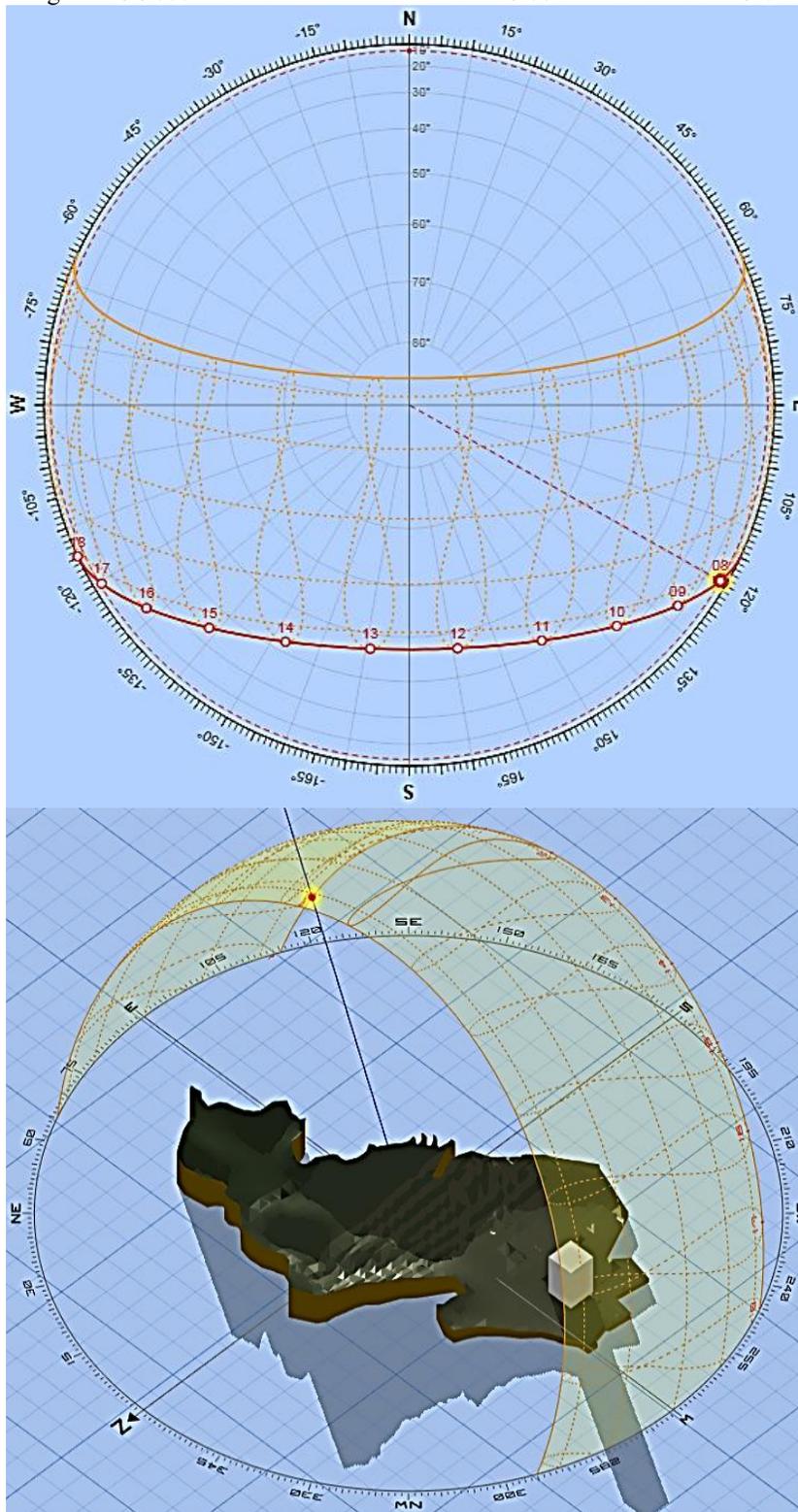


Figura 73. Solsticio de invierno 8:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud:19.20° Longitud: -98.75° Fecha:22-diciembre Hora:12:00 horas Azimut:168.87° Elevación: 46.61°

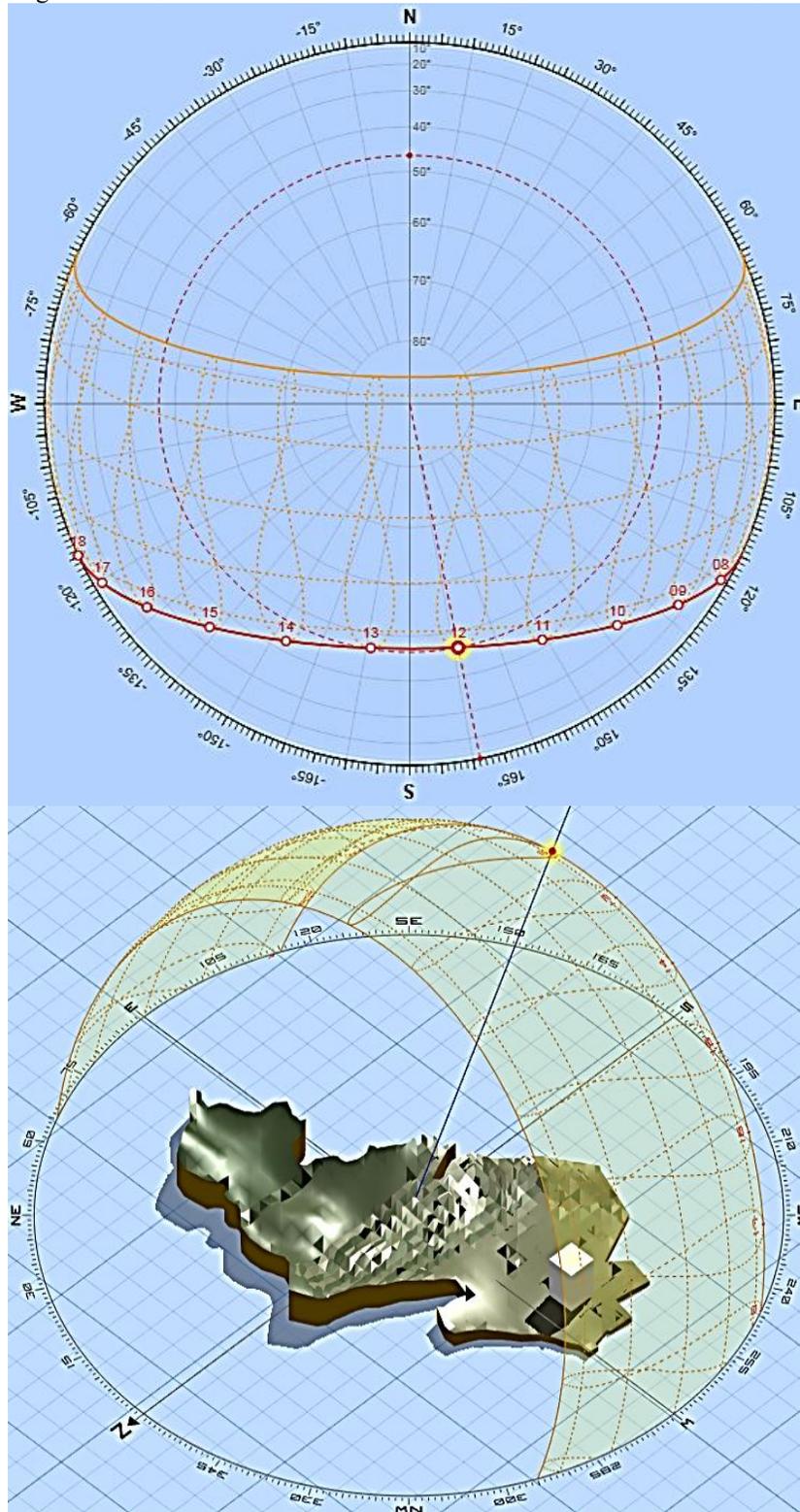


Figura 74. Solsticio de invierno 12:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

### Carta solar delegación de San Rafael

Latitud: 19.20° Longitud: -98.75° Fecha: 22-diciembre Hora: 16:00 horas Azimut: -128.08° Elevación: 24.01°

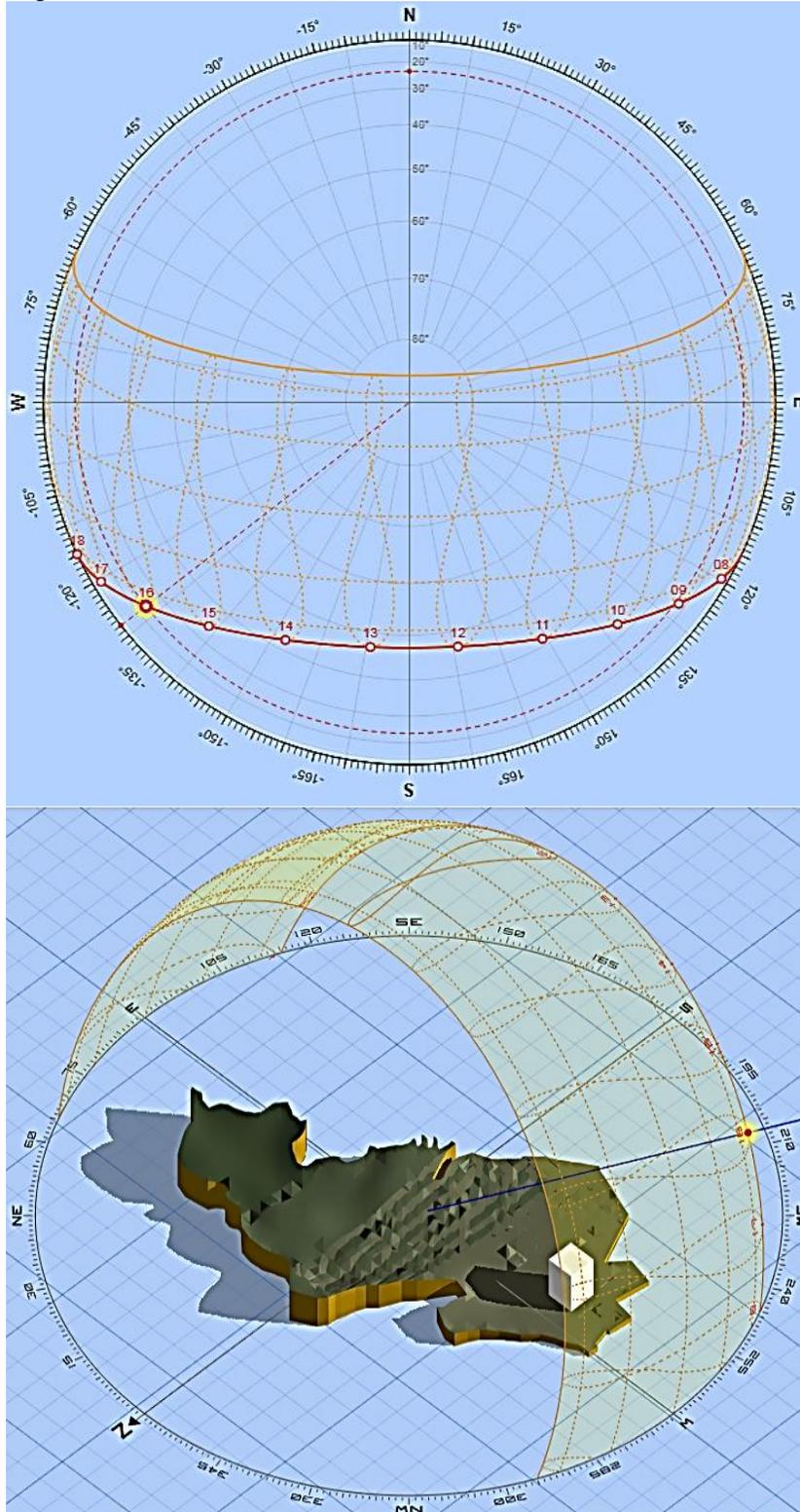


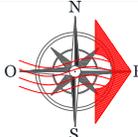
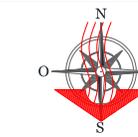
Figura 75. Solsticio de invierno 16:00 horas (Sun Path 3D, 2019).

**3.4.1 Interpretación de la carta solar de San Rafael.** La carta muestra que, del 18 de mayo al 26 de julio la incidencia solar sobre la superficie terrestre proviene del norte, teniendo un ángulo de elevación que va de los 85.7° a los 89.9° sobre el medio día, lo cual quiere decir que en este periodo las sombras se proyectaran hacia el sur, además en este periodo se encuentra el día más largo del año, siendo (el 21 de junio con 13:17 horas de luz). Mientras que del 28 de julio al 16 de mayo la incidencia solar sobre la superficie terrestre proviene del sur, teniendo un ángulo de elevación que va de 47.38° a 89.9° sobre el medio día, lo cual quiere decir que en este periodo las sombras se proyectaran hacia el norte, además en este periodo se encuentra el día más corto del año, siendo (el 22 de diciembre con 10:58 horas de luz).

### 3.5 Análisis de vientos dominantes

De acuerdo a los datos obtenidos de la base de datos Global Weather Data for Swat en conjunto con el Ayuntamiento de Tlalmanalco, (2019) muestra que en la mayoría de los meses la velocidad media del viento en la delegación de San Rafael supera los 2.0 m/s como se muestra en la tabla 7. Sin embargo, también se puede notar que la dirección de vientos dominantes seis meses provienen del norte y seis meses provienen del poniente.

Tabla 7  
*Elementos del clima.*

Estado de: México		Periodo: 1994-2013												
Municipio: Tlalmanalco		Latitud: 19.20°				Longitud: 98.75°				Altura: 2,775 msnm.				
Estación: w 192-988		ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.	anual
V. media de viento	m/s	2.52	2.80	2.69	2.41	1.85	1.78	1.87	1.91	2.16	2.52	2.30	2.33	2.261
Dirección de vientos dominantes		de norte a sur	de oeste a este				de norte a sur	de oeste a este		de norte a sur				
														

La Tabla 7 muestra la velocidad y rumbo del viento en san Rafael. (Ayuntamiento de Tlalmanalco, 2019) (Global Weather Data for Swat).

Tomando en cuenta los datos anteriores, la velocidad del viento puede perjudicar el cuerpo humano y el interior de las habitaciones al incidir sobre ellos, es por ello que se recomienda utilizar sistemas que controlen la velocidad del viento todo el año, excepto en mayo, junio, julio y agosto. Así mismo también, se recomienda que la ventilación en las habitaciones sea de oriente a poniente; pues en las temporadas frías se evita que los vientos fríos del norte entren a las habitaciones, mientras que en las temporadas calurosas se aprovechan al máximo las corrientes de aire para refrescar las habitaciones.

## **4 Capítulo IV Metodología de la investigación**

Arias (2012) señala que “el método científico es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis” (p.19). En otras palabras, es la recolección de datos de manera ordenada y precisa, con el motivo de ser analizados e interpretados, para dar solución a cualquier tipo de problema.

### **4.1 Descripción de la metodología**

En este apartado se describe cada etapa del procedimiento metodológico que se utilizó para conocer de manera detallada, las condiciones ambientales en las que viven las personas que autoproducen viviendas en la delegación de San Rafael. Además, especifica cómo fue abordada la investigación y cuáles fueron los pasos que se utilizaron para recabar, analizar e interpretar la información.

### **4.2 Diseño de la investigación**

Se empleó un diseño de investigación de tipo no experimental, pues solo se analizó el fenómeno en su forma natural sin manipular o alterar las condiciones del ambiente o las circunstancias, y a la vez se aplicó de forma transversal, dado que los datos solamente se recabaron en un momento y tiempo único, así mismo, se procedió a realizar una investigación de tipo descriptiva, para conocer de manera precisa las condiciones ambientales en las que viven estos habitantes, debido a que el tema de investigación no cuenta con datos específicos de esta adversidad.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación no experimental es “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p.152). También señalan que las

investigaciones transversales son las “investigaciones que recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (p.154).

### **4.3 Enfoque de la investigación**

Se aplicó un enfoque de investigación de tipo cuantitativo, por ser el método que mejor se adapta a las necesidades de la investigación, pues permite describir, explicar, comprobar y predecir los fenómenos de (causalidad) (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Además, se basa en estadísticas, para conocer la opinión de los residentes que ocupan estos espacios, para poder ser representadas en forma de números. Así mismo, describen que el enfoque cuantitativo es útil “para consolidar las creencias (formuladas de manera lógica en una teoría o un esquema teórico) y establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población” (p.10).

### **4.4 Población y Muestra**

Dado lo observado en la zona de estudio, se seleccionó como población a un grupo de 100 personas que residen en la delegación de San Rafael, con un método de muestreo no probabilístico, pues se solicitó atentamente a cierto grupo de personas a participar en el estudio, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo a dos características: la primera, que fueran residentes de la zona de estudio; y la segunda, que formaran parte de las personas que autoconstruyen viviendas.

Wigodski (2010) dice que “la población es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado”.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que “la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (p.173). Así

mismo, señalan que, en las muestras no probabilísticas, “la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador” (p154).

#### **4.5 Recolección de datos**

El estudio se basó en utilizar las técnicas e instrumentos más convenientes para la investigación, a manera de que se obtuviera una información rápida, clara y precisa. Por ello se optó por emplear una investigación de campo, utilizando como técnica principal la encuesta, en forma de cuestionario adaptado al modelo nominal y ordinal, el cual consta de 8 preguntas cerradas, las cuales fueron impresas sobre un formato tamaño carta, aplicadas de manera oral y escrita, de forma que la conversación entre el encuestador y el encuestado fuera clara y fluida.

Arias (2012) define a la encuesta como:

Una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular (p.72). La entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. (p.73)

Arias (2012) esclarece que “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.68). Así mismo, menciona que “Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” (p.111).

El nivel de medición nominal como lo describe Hernández, Fernández y Baptista (2014) es donde “hay dos o más categorías del ítem o la variable. Las categorías no tienen orden ni jerarquía. Lo que se mide (objeto, persona, etc.) se coloca en una u otra categoría, lo cual indica

tan sólo diferencias respecto de una o más características” (p.214). De la misma manera estos autores describen al nivel de medición ordinal como el nivel donde “hay varias categorías, pero además mantienen un orden de mayor a menor. Las etiquetas o los símbolos de las categorías sí indican jerarquía” (p.215).

#### **4.6 Diseño de encuesta**

El diseño del cuestionario fue desarrollado por 8 preguntas cerradas no precodificadas, con respuestas a priori definidas por el investigador, para tratar de recoger todas las posibles respuestas, clasificadas en dos sistemas de medición, de manera nominal y ordinal.

La pregunta número 1 está compuesta por el sistema de medición nominal, ya que no tiene orden ni jerarquía, solamente se puede elegir entre una y otra categoría.

De la pregunta 2 a la 8, están compuestas por el sistema de medición ordinal, de modo que en este sistema se puede indicar la jerarquía de la situación. Sin embargo, las preguntas 3, 4, 6, 7 y 8 están encadenadas sobre un sistema para colocar varias preguntas en una misma, es decir, que cuentan con una tarjeta de respuestas.



UNIVERSIDAD ÁLZATE DE OZUMBA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
INCORPORADO A LA UNAM CLAVE 8898-03



## ENCUESTA

SOBRE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

**Nombre del encuestador:** Francisco Javier Avelar Soriano

**Lugar donde se realizó la encuesta:** Delegación de San Rafael

**Municipio:** Tlalmanalco de Velázquez      **Estado:** México

**Fecha:** diciembre de 2019      **Número de cuestionarios:** 100      **Folio:** \_\_\_\_\_

La presente encuesta tiene el objetivo de conocer cuáles son los factores que orillan a los habitantes de Tlalmanalco a autoproducir sus viviendas, así como conocer cuáles son las condiciones de iluminación, ventilación y calefacción de los espacios. Esta encuesta es anónima y solo se utilizará para fines académicos, por lo que invitamos a contestar con honestidad.

**Instrucciones:** conteste las siguientes preguntas, seleccionando con una (X) o (✓) de la respuesta que considere correcta.

**Edad:** \_\_\_\_\_      **Sexo:**     Masculino       Femenino

**Lugar de residencia:** \_\_\_\_\_

**1.- ¿Cuál es el motivo de autoproducir su propia vivienda?**

Factores económicos     Costumbres     Desinformación del trabajo de los arquitectos

**2.- ¿Cuál es el rango de comodidad de su vivienda?**

Muy cómodo     Cómodo     Neutral     Incómodo     Muy incómodo

3.- ¿Con qué frecuencia enciende la luz de sus habitaciones en el transcurso del día, entre las 8:00 am y las 5:00pm?

Habitación	Siempre	Casi Siempre	Regular	Casi Nunca	Nunca
Recámara					
Comedor					
Cocina					
Baño y Sanitario					
Sala					

4.- ¿Califique el nivel de ILUMINACIÓN NATURAL de los espacios donde habita?

Habitación	Muy Iluminado	Iluminado	Regular	Oscuro	Muy Oscuro
Recámara					
Comedor					
Cocina					
Baño y Sanitario					
Sala					

5.- ¿Cómo considera la temperatura del aire que incide por sus ventanas?

Muy frío     Frío     Refrescante     Caliente     Muy caliente

6.- ¿Califique el nivel de VENTILACIÓN NATURAL de los espacios donde habita?

Habitación	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Recámara					
Comedor					
Cocina					
Baño y Sanitario					
Sala					

**7.- ¿Califique el nivel de TEMPERATURA de los espacios donde habita, entre las 10:00 am y las 6:00 pm?**

Habitación	Muy Caliente	Caliente	Fresco	Frio	Muy Frio
Recámara					
Comedor					
Cocina					
Baño y Sanitario					
Sala					

**8.- ¿Califique el nivel de TEMPERATURA de los espacios donde habita, entre las 7:00 pm y las 6:00 am?**

Habitación	Muy Caliente	Caliente	Fresco	Frio	Muy Frio
Recámara					
Comedor					
Cocina					
Baño y Sanitario					
Sala					

**¡Gracias por su colaboración!**

#### 4.7 Análisis de datos

Ya obtenida y organizada la información, se analizó y valoró cada pregunta de la encuesta. La técnica utilizada para el procesamiento de datos fue la estadística descriptiva, ya que “Es un conjunto de procedimientos que tienen por objeto presentar masas de datos por medio de tablas, gráficos y medidas de resumen” (Universidad de Chile, 2008, p.2).

Para medir la tabulación de datos obtenidos por la encuesta se utilizó el programa Microsoft Office Excel, donde la puntuación total de cada nivel se obtuvo mediante el método de conteo manual, al sumar los valores obtenidos de cada dimensión.

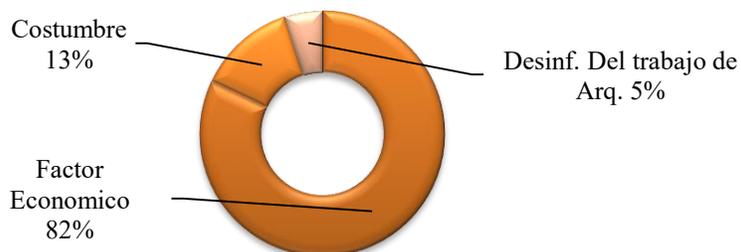
En las preguntas 1, 2 y 5 las encuestas fueron separadas y contabilizadas de acuerdo a la respuesta seleccionada, para después ser representadas en modo de porcentajes (%). En las preguntas 3, 4, 6, 7 y 8, se realizó una sumatoria de cada columna de las 5 posibles respuestas, para ser representadas en modo de porcentajes (%). Ya contando con los porcentajes de cada pregunta, se utilizó el programa Microsoft Office Excel, para graficar los resultados.

#### 4.8 Interpretación de los resultados

##### 1.- ¿Cuál es el motivo de autoproducir su propia vivienda?

82% Factores económicos    13% Costumbres    5% Desinformación del trabajo de los arquitectos

De los datos obtenidos por la encuesta, el 82% de personas contestaron que autoproducen viviendas debido a un factor económico; el 13% respondieron que es por costumbre; y el 5% respondieron que no conocen a detalle el trabajo que de los arquitectos (ver gráfica 1).

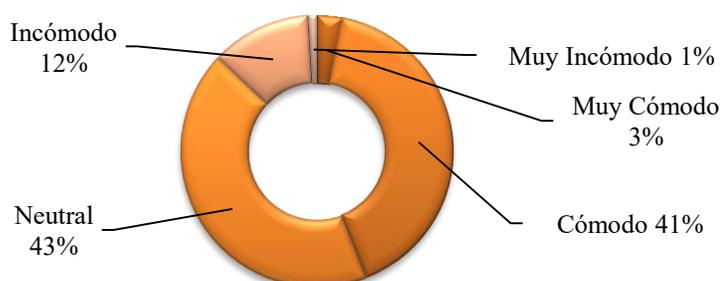


Gráfica 1. Factores de autoproducción de vivienda. Fuente propia.

## 2.- ¿Cuál es el rango de comodidad de su vivienda?

3% Muy cómodo 41% Cómodo 43% Neutral 12% Incómodo 1% Muy incómodo

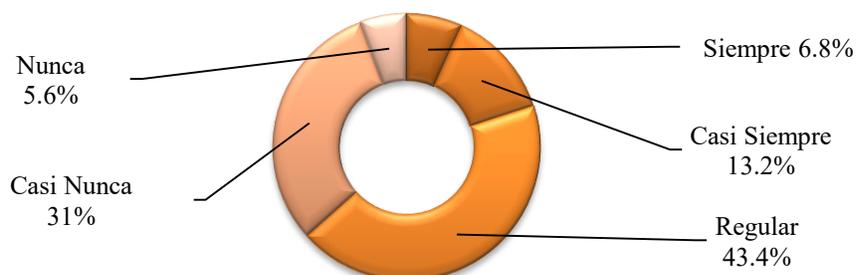
De los datos obtenidos por la encuesta, el 43% de las personas contestaron que su vivienda no es cómoda ni incómoda; el 41% respondieron que su vivienda es cómoda; el 12% respondieron que es incómoda; el 3% respondieron que es muy cómoda; y el 1% respondieron que es muy incómoda (ver gráfica 2).



Gráfica 2. Rango de comodidad de vivienda. Fuente propia.

## 3.- ¿Con qué frecuencia enciende las luces de los espacios en el transcurso del día, entre las 8:00 am y las 5:00 pm?

Del total de datos obtenidos por la encuesta, el 43.4% de las personas contestaron que regularmente se encienden las luces en el transcurso del día en algún espacio de la vivienda; el 31% respondieron que casi nunca las encienden; el 13.2% respondieron que casi siempre las encienden; el 6.8% respondieron que siempre encienden las luces; y el 5.6 % respondieron que nunca las encienden (ver gráfica 3).

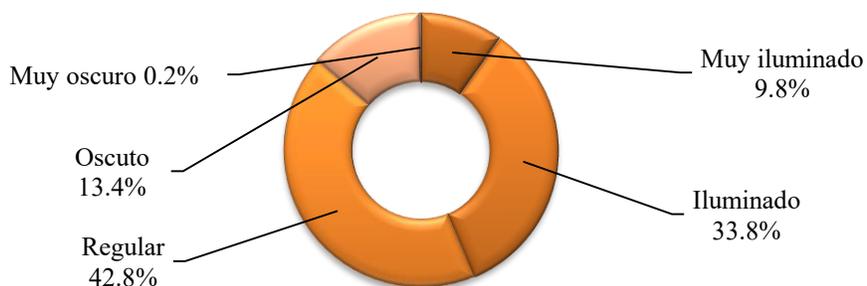


Gráfica 3. Frecuencia con que se encienden las luces de los espacios de la vivienda, en el transcurso del día entre 8:00 am y 5:00 pm. Fuente propia.

Habitación						
	Siempre	Casi Siempre	Regular	Casi Nunca	Nunca	Porcentaje Total
Recámara	6%	10%	42%	36%	6%	100%
Comedor	8%	14%	39%	33%	6%	100%
Cocina	7%	19%	47%	22%	5%	100%
Baño y Sanitario	9%	15%	44%	28%	4%	100%
Sala	4%	8%	45%	36%	7%	100%
<b>Total</b>	<b>34%</b>	<b>66%</b>	<b>217%</b>	<b>155%</b>	<b>28%</b>	<b>500%</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>6.8%</b>	<b>13.2%</b>	<b>43.4%</b>	<b>31.0%</b>	<b>5.6%</b>	<b>100%</b>

#### 4.- ¿Califique el nivel de ILUMINACIÓN NATURAL de los espacios donde habita?

Del total de datos obtenidos por la encuesta, el 42.8% de las personas contestaron que el nivel de iluminación natural en al menos un espacio de su vivienda es regular; el 33.8% respondieron que son iluminados; el 13.4% respondieron que son oscuros; el 9.8 % respondieron que son muy iluminados; y el 0.2 % respondieron que son muy oscuros (ver gráfica 4).



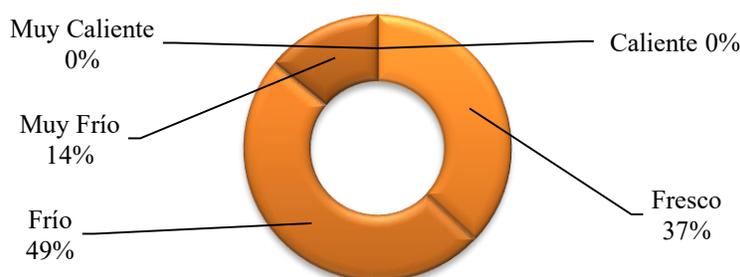
Gráfica 4. Nivel de iluminación natural en algún espacio de la vivienda. Fuente propia.

Habitación						
	Muy Iluminado	Iluminado	Regular	Oscuro	Muy Oscuro	Porcentaje Total
Recámara	13%	40%	43%	4%	0%	100%
Comedor	11%	39%	39%	11%	0%	100%
Cocina	13%	30%	42%	15%	0%	100%
Baño y Sanitario	7%	20%	46%	26%	1%	100%
Sala	5%	40%	44%	11%	0%	100%
<b>Total</b>	<b>49%</b>	<b>169%</b>	<b>214%</b>	<b>67%</b>	<b>1%</b>	<b>500%</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>9.8%</b>	<b>33.8%</b>	<b>42.8%</b>	<b>13.4%</b>	<b>0.2%</b>	<b>100%</b>

### 5.- ¿Cómo considera la temperatura del aire que incide por sus ventanas?

14% Muy frío    49% Frío    37% Refrescante    0% Caliente    0% Muy caliente

Del total de datos obtenidos por la encuesta, el 49% de las personas respondieron que el aire que incide por sus ventanas es frío; el 37% respondieron que es fresco; y el 14% respondieron que es muy frío; (ver gráfica 5).

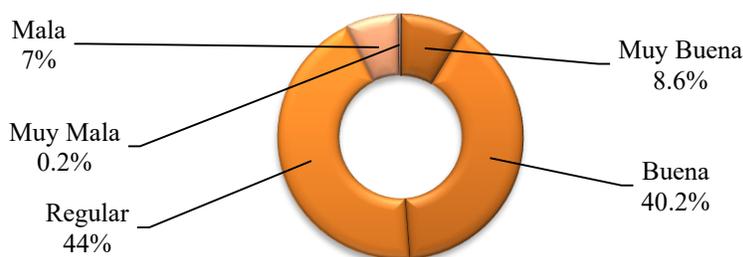


Gráfica 5. Temperatura del aire que incide por las ventanas. Fuente propia.

### 6.- ¿Señale el nivel de VENTILACIÓN NATURAL de los espacios donde habita?

Del total de datos obtenidos por la encuesta, el 44% de las personas contestaron que la ventilación natural en al menos un espacio de su vivienda es regular; el 40.2% respondieron que es buena; el 8.6% respondieron que es muy buena; el 7% respondieron que es mala; y el 0.2% respondieron que es muy mala (ver gráfica 6).

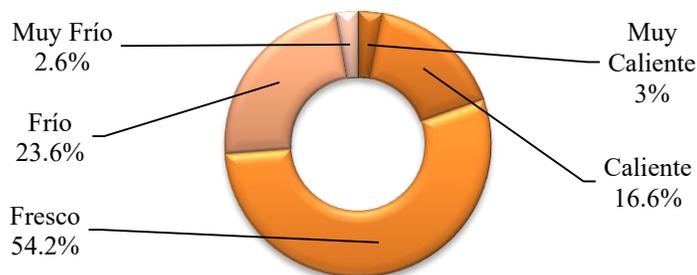
Habitación						Porcentaje Total
	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala	
Recámara	10%	49%	38%	3%	0%	100%
Comedor	12%	46%	37%	5%	0%	100%
Cocina	9%	38%	47%	6%	0%	100%
Baño y Sanitario	6%	32%	45%	16%	1%	100%
Sala	6%	36%	53%	5%	0%	100%
<b>Total</b>	43%	201%	220%	35%	1%	500%
<b>Porcentaje</b>	8.6%	40.2%	44.0%	7.0%	0.2%	100%



Gráfica 6. Nivel de ventilación natural en espacios habitacionales. Fuente propia.

### 7.- ¿Califique el nivel de TEMPERATURA de los espacios donde habita, entre las 10:00 am y las 6:00 pm?

Del total de datos obtenidos por la encuesta, el 54.2% de las personas respondieron que la temperatura en al menos un espacio de la vivienda en el transcurso del día es fresca; el 23.6% afirmaron que son fríos; el 16.6% respondieron que son calientes; el 3% afirmaron que son muy calientes; y el 2.6% respondieron que son muy fríos (ver gráfica 7).

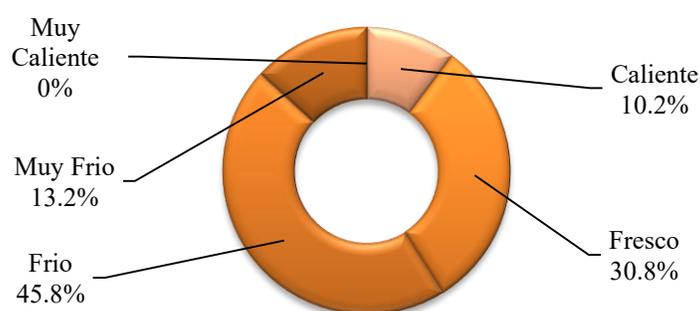


Gráfica 7. Nivel de temperatura en al menos algún espacio de la vivienda, en el transcurso del día entre 10:00 am y 6:00 pm. Fuente propia.

Habitación	Muy Caliente	Caliente	Fresco	Frío	Muy Frío	Porcentaje Total
Recámara	4%	26%	56%	13%	1%	100%
Comedor	4%	18%	54%	23%	1%	100%
Cocina	3%	21%	52%	23%	1%	100%
Baño y Sanitario	1%	4%	53%	37%	5%	100%
Sala	3%	14%	56%	22%	5%	100%
<b>Total</b>	15%	83%	271%	118%	13%	500%
<b>Porcentaje</b>	3.0%	16.6%	54.2%	23.6%	2.6%	100%

**8.- ¿Califique el nivel de TEMPERATURA de los espacios donde habita, entre las 7:00 pm y las 6:00 am?**

Del total de datos obtenidos por la encuesta, el 45.8% de las personas contestaron que la temperatura en al menos un espacio de la vivienda en el transcurso de la noche es fría; el 30.8% respondieron que es fresca; el 13.2% respondieron que es muy fría; y el 10.2% respondieron que es caliente (ver gráfica 8).



Gráfica 8. Nivel de temperatura de los espacios en el transcurso de la noche entre 7:00 pm y 6:00 am. Fuente Propia.

Habitación	Muy Caliente	Caliente	Fresco	Frío	Muy Frio	Porcentaje Total
Recámara	0%	16%	38%	40%	6%	100%
Comedor	0%	12%	34%	42%	12%	100%
Cocina	0%	10%	33%	49%	8%	100%
Baño y Sanitario	0%	2%	25%	52%	21%	100%
Sala	0%	11%	24%	46%	19%	100%
<b>Total</b>	0%	51%	154%	229%	66%	500%
<b>Porcentaje</b>	0.0%	10.2%	30.8%	45.8%	13.2%	100%

## 5 Capítulo V Las premisas de diseño

Este documento contiene la información elemental para diseñar viviendas bioclimáticas pasivas, a fin de proporcionar recomendaciones, criterios y estrategias prácticas para mejorar la eficiencia energética de las habitaciones y la comodidad de los usuarios. Además, dicha información estará representada por medio de esquemas o figuras sencillas que proporcionen al lector una mejor comprensión de cada sección.

### 5.1 Aspectos preliminares

Antes de diseñar, es necesario conocer algunos elementos básicos de representación gráfica, averiguar las condiciones físicas o de riesgo en las que se encuentra el predio, entender el equilibrio entre las dimensiones del espacio y el cuerpo humano.

**5.1.1 Representación de dibujos para edificaciones.** Existen varias maneras básicas para representar edificios, algunas de ellas son los dibujos en plantas, fachadas, cortes y perspectivas. No obstante, es importante saber interpretarlos y detallarlos a modo de que indiquen exactamente lo que se quiere transmitir. Tal es el caso de los dibujos en planta, que permiten conocer la distribución del espacio, mobiliario o cualquier elemento arquitectónico o natural, aquí también se pueden representar los vanos de las puertas o ventanas. En el caso de los alzados o fachadas, se muestra la apariencia exterior del edificio y la posición de puertas y ventanas. Mientras que, en los cortes o elevaciones permite conocer las alturas de cada elemento como puertas, ventanas, pisos, techos, mobiliario, etc. (Lengen, 2011)

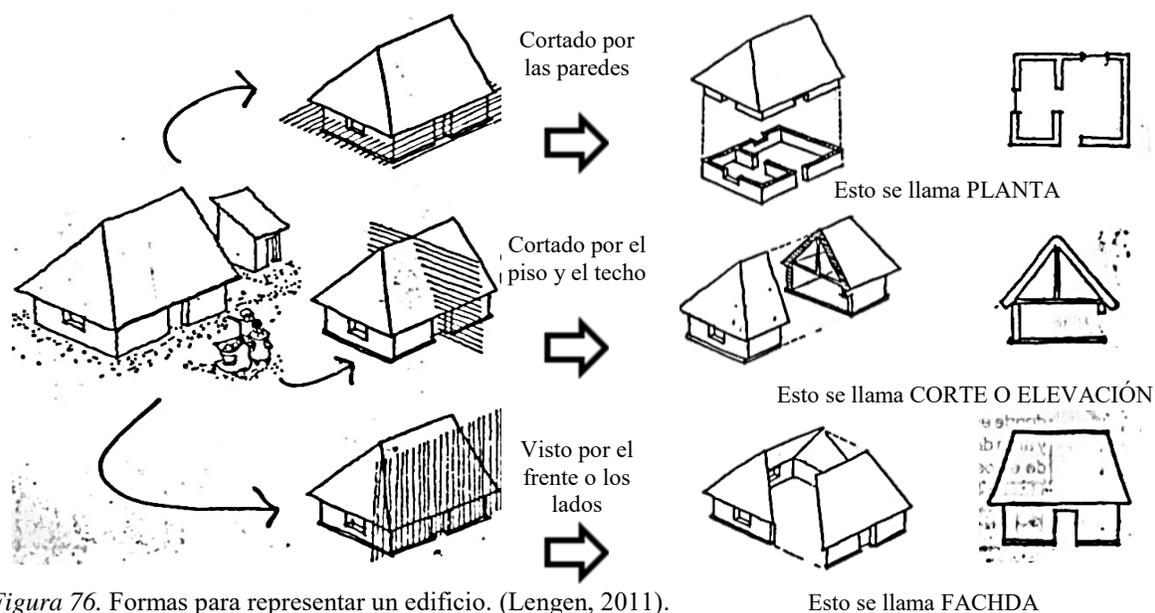


Figura 76. Formas para representar un edificio. (Lengen, 2011).

**5.1.2 Identificación del sitio.** Antes de proyectar la edificación, es indispensable conocer el sitio donde se desea vivir, conocer las características del terreno, comprobar si el lugar es adecuado para construir, y estar consciente de los riesgos o dificultades que se pueden generar al construir en zonas no seguras.

**5.1.2.1 Construir cerca de lechos de ríos.** Cuando se construyen viviendas a las orillas de ríos, arroyos o barrancas, generalmente en la temporada de lluvias el caudal aumenta hasta desbordarse del cauce, lo cual puede afectar las viviendas que se encuentran a su alrededor.

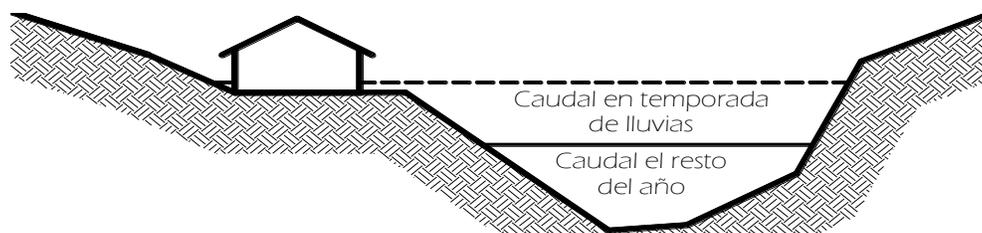


Figura 77. Las construcciones cerca de ríos, lagos, barranca, etc. (Fuente propia).

**5.1.2.2 Construir en suelos inestables.** Cuando se edifica en zonas muy vulnerables como montañas, barrancas, ríos, lagos o cerca de taludes muy pronunciados donde el ángulo de reposo del suelo no es estable, se corre el riesgo de que el suelo se pueda desbordar o deslizar; lo cual

podría causar graves daños a las construcciones cercanas.

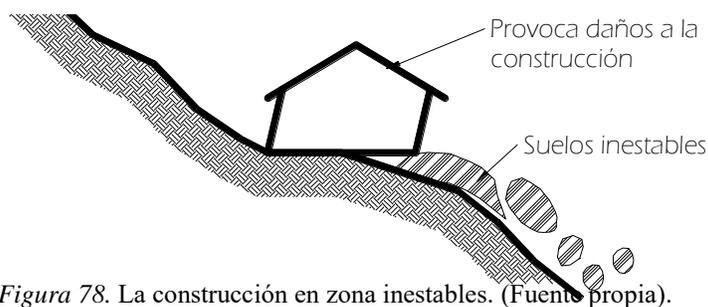


Figura 78. La construcción en zona inestable. (Fuente propia).

**5.1.2.3 Construir en zonas inundables.** Aun cuando no se esté cerca de ríos, barrancas o lagos, es importante considerar que las zonas que se encuentran hundidas o en depresión geográfica pueden presentar problemas de inundación, generalmente en las épocas lluviosas.

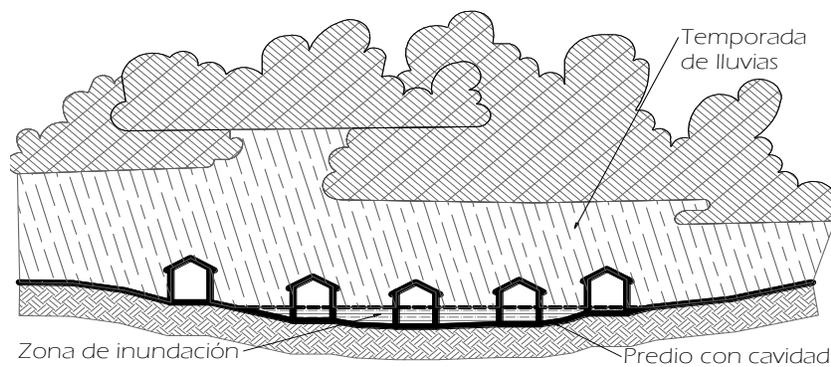


Figura 79. Zonas en depresión inestables. (Fuente propia).

**5.1.2.4 Pendientes del predio.** Es relevante conocer las pendientes del sitio designado para la edificación, pues hay lugares con pendientes muy pronunciadas donde es muy difícil o no se permite construir.

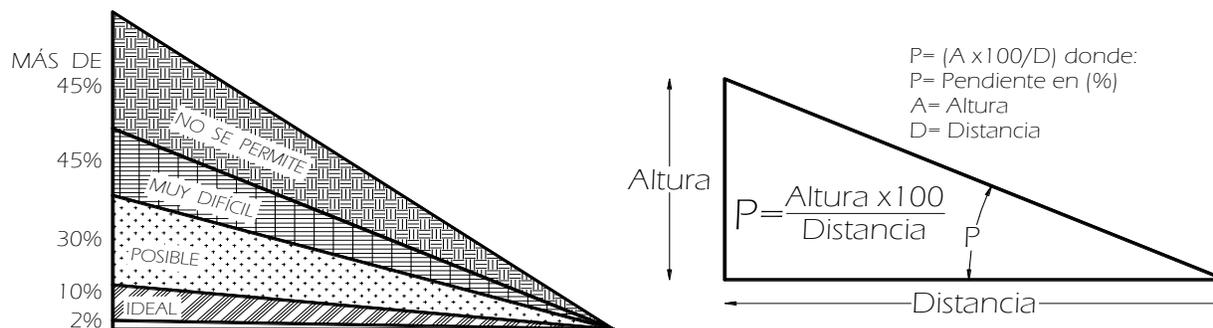


Figura 80. Pendientes para edificar. (Arredondo y Reyes, 2013).

**5.1.2.5 Ubicación del predio.** Identificar las vías de acceso al predio, sus límites, colindantes, topografía, forma del predio y la ubicación de elementos existentes como (banquetas, postes, arboles, bardas vecinales, etc.), son elementos indispensables para adaptar el edificio a las condiciones del terreno y del entorno.

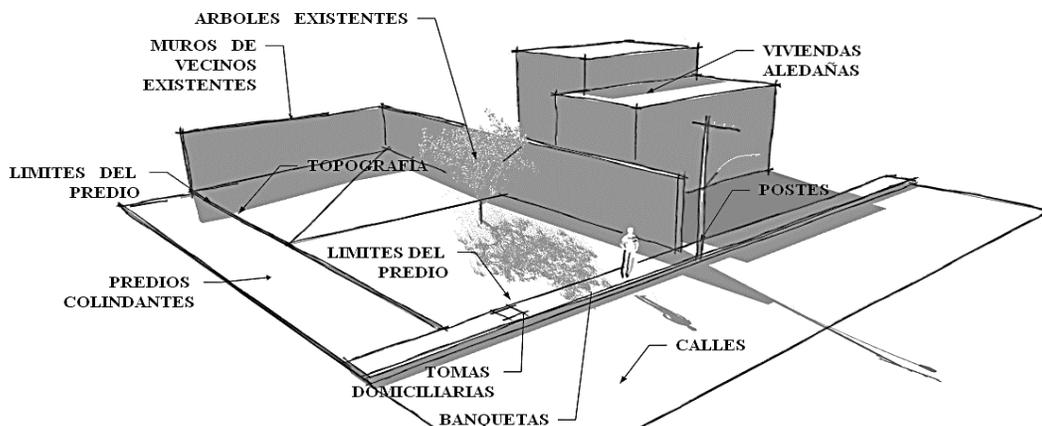


Figura 81. Ubicación de elementos del predio para el desarrollo de diseños (Fuente propia).

**5.1.2.6 Orientación del predio.** Permite identificar la trayectoria solar, respecto a la orientación del predio, es decir, por donde sale y por donde se oculta el sol, de donde provienen los vientos dominantes, que sombras se proyectan en el transcurso del día, etc.

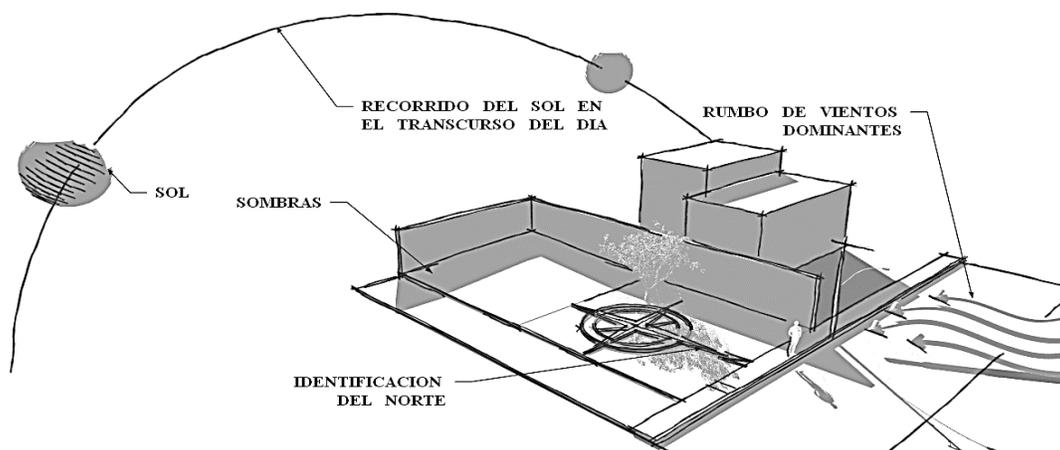


Figura 82. Identificación y orientación del predio (Fuente propia).

**5.1.2.7 Superficie del predio.** Dependiendo de la forma del predio, la superficie puede ser calculada de manera directa (cuando el predio tenga una forma regular como el cuadrado, círculo,

rectángulo, triángulo o trapecio); o por secciones (cuando el predio tenga una forma irregular, o esté compuesto por la unión de varias formas regulares). En la siguiente figura se muestran algunas fórmulas básicas para calcular superficies, y es recomendable que siempre se corroboren todas las dimensiones del predio, para evitar errores.

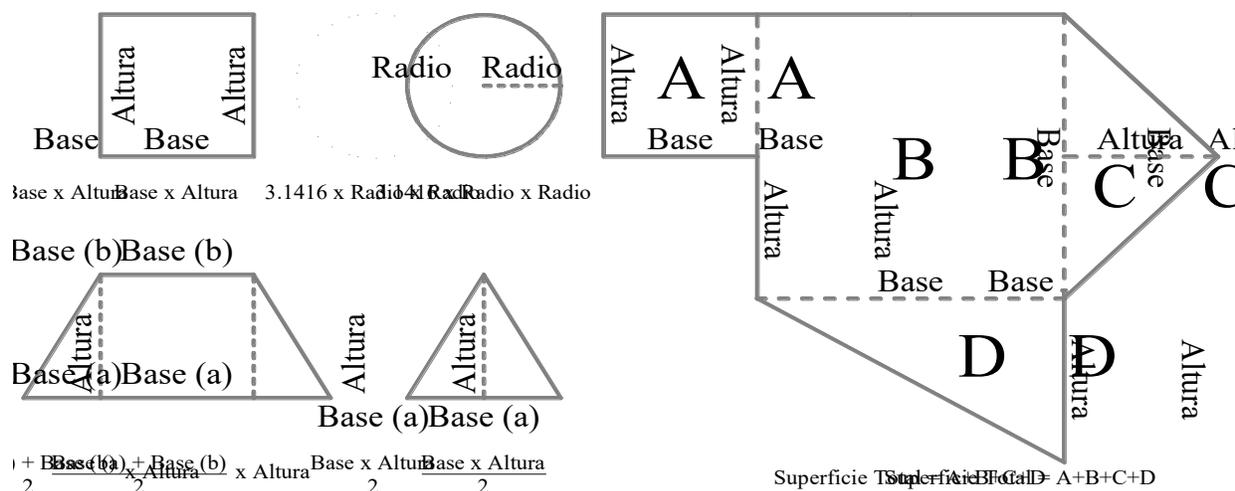


Figura 83. Fórmulas para calcular superficies. (Fuente propia).

**5.1.2.8 Resistencia del terreno.** Para definir el tipo de cimentación del edificio, es necesario conocer la resistencia del suelo; es decir si el terreno es blando, duro o semiduro. Para conocer su dureza se utiliza un método muy práctico, el cual consiste en realizar tres orificios o calas en distintas partes del terreno, las cuales no sean menores a un metro de profundidad.



1. Si la pala penetra fácilmente sin mucho esfuerzo, el suelo es blando y por lo tanto tiene una resistencia muy baja.
2. Si la pala rebota y clava poco en el suelo y es necesario utilizar el pico, el suelo es semiduro y, por lo tanto, tiene una resistencia buena.
3. Si para excavar se requiere forzosamente la utilización de pico con un gran esfuerzo, el suelo es duro, y por lo tanto su resistencia es muy buena.

Figura 84. Tipos de suelos según su dureza. (Colina, 2015)

**5.1.3 Trámites y permisos.** Antes de comenzar a construir, se debe conocer que requerimientos solicitan las autoridades correspondientes, para ello es necesario presentarse en las oficinas de desarrollo urbano de la localidad, donde se informará sobre; los permisos requeridos para construir, los trámites para conseguir el permiso, los reglamentos de construcción vigentes, los servicios disponibles donde se encuentra el predio, entre otros asuntos legales para evitar multas futuras.



Figura 85. Trámites para edificaciones. (Arnal y Betancourt, 2012)

**5.1.4 Dimensiones de los espacios de vivienda.** Conocer la relación que hay entre las dimensiones del cuerpo humano y el espacio que necesita para moverse y estar cómodo en las distintas posiciones, es de vital importancia para el diseño de habitaciones (Fonseca, 2002). Dicho lo anterior, el programa arquitectónico y el dimensionamiento de espacios, dependerá de las necesidades y actividades de cada familia, pero cuando las dimensiones de los locales no corresponden con la disponibilidad real del terreno, se pueden ajustar las áreas de cada local para reducir la superficie total, aunque se tiene que evitar que los espacios disminuyan tanto, que no puedan ser ocupados para satisfacer la necesidad deseada. A continuación, se muestran las medidas mínimas de locales en edificios habitacionales, expedidas por el reglamento de construcciones para el distrito federal, además, se presentan esquemas de cada espacio.

Tabla 8  
Dimensiones mínimas para locales de viviendas.

HABITACIONAL					
Tipo de edificación	Local	Área mínima (en m <sup>2</sup> o indicador mínimo)	Lado mínimo (en metros)	Altura mínima (en metros)	Obs.
Vivienda unifamiliar	Recámara principal	7.00	2.40	2.30	
	Recámaras adicionales, alcoba, cuarto de servicios y espacios habitables	6.00	2.20	2.30	
	Sala o estancia	7.30	2.60	2.30	
	Comedor	6.30	2.40	2.30	
Vivienda plurifamiliar	Sala - comedor	13.00	2.60	2.30	
	Cocina	3.00	1.50	2.30	
	Cocineta integrada a estancia o a comedor		2.00	2.30	(a)
	Cuarto de lavado	1.68	1.40	2.10	
	Baños y sanitarios			2.10	(b)
	Estancia o espacio único o habitable	25.00	2.60	2.30	

La Tabla 8 muestra las dimensiones mínimas para locales de vivienda unifamiliar y plurifamiliar. (Arnal y Betancourt, 2012).

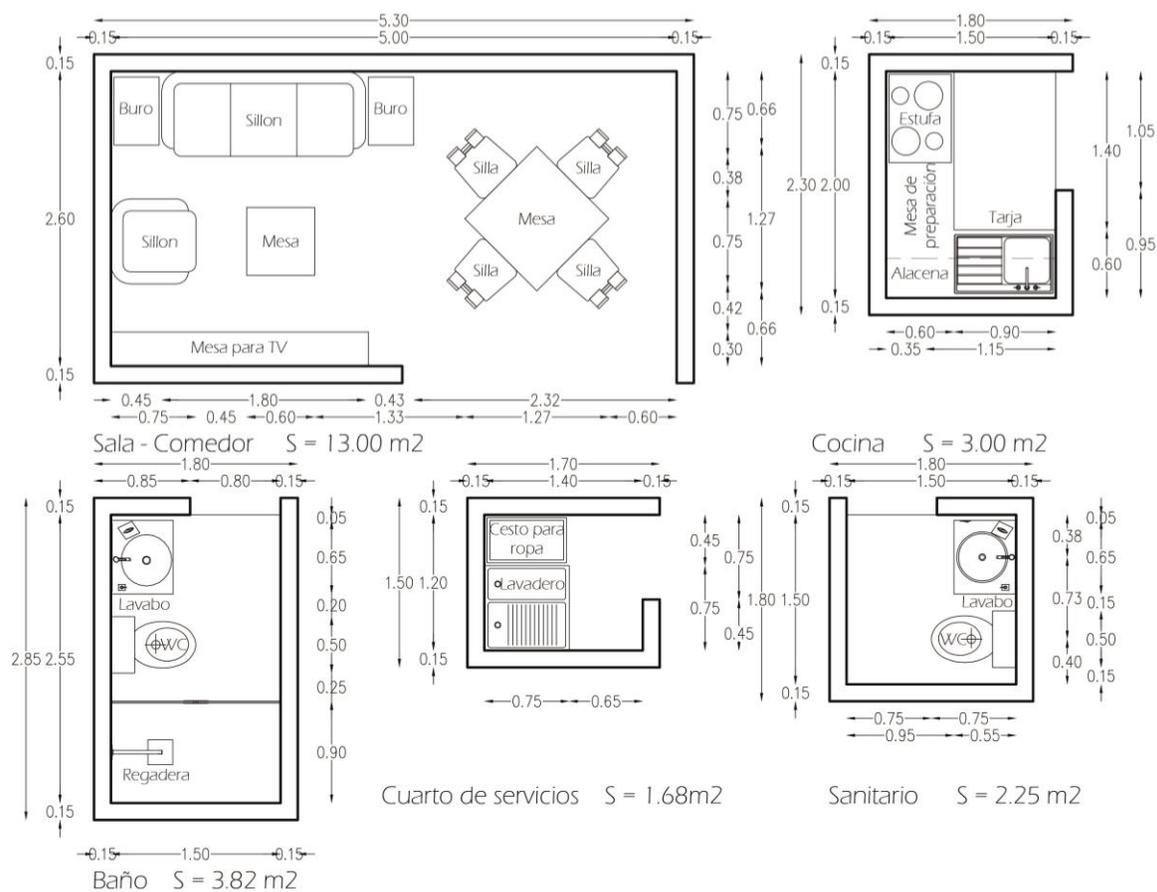


Figura 86. Dimensiones mínimas para locales en vivienda unifamiliar y plurifamiliar. (Fuente propia).

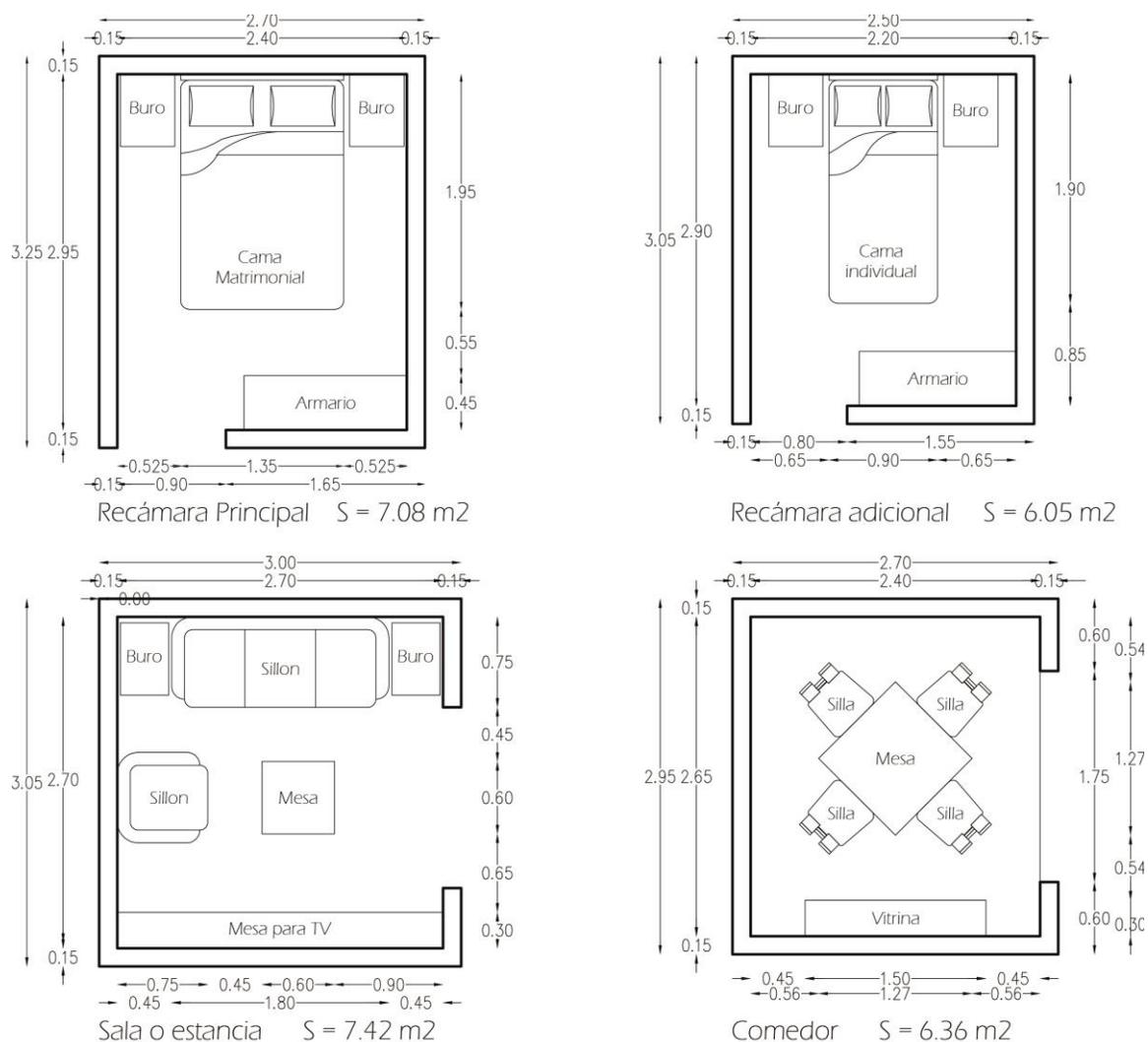


Figura 87. Dimensiones mínimas para locales en vivienda unifamiliar y plurifamiliar. (Fuente propia).

**5.1.4.1 Circulaciones en viviendas.** “Existen dos tipos de circulaciones: horizontales y verticales; ambas deben planearse con la mayor eficiencia para garantizar el correcto funcionamiento de los espacios y sus interrelaciones” (Fonseca, 2002, p. 69).

Las circulaciones horizontales son los pasillos, sendas, aceras o pasajes que se encuentran en un mismo nivel, y que permiten el paso libre de las personas sin ningún obstáculo.

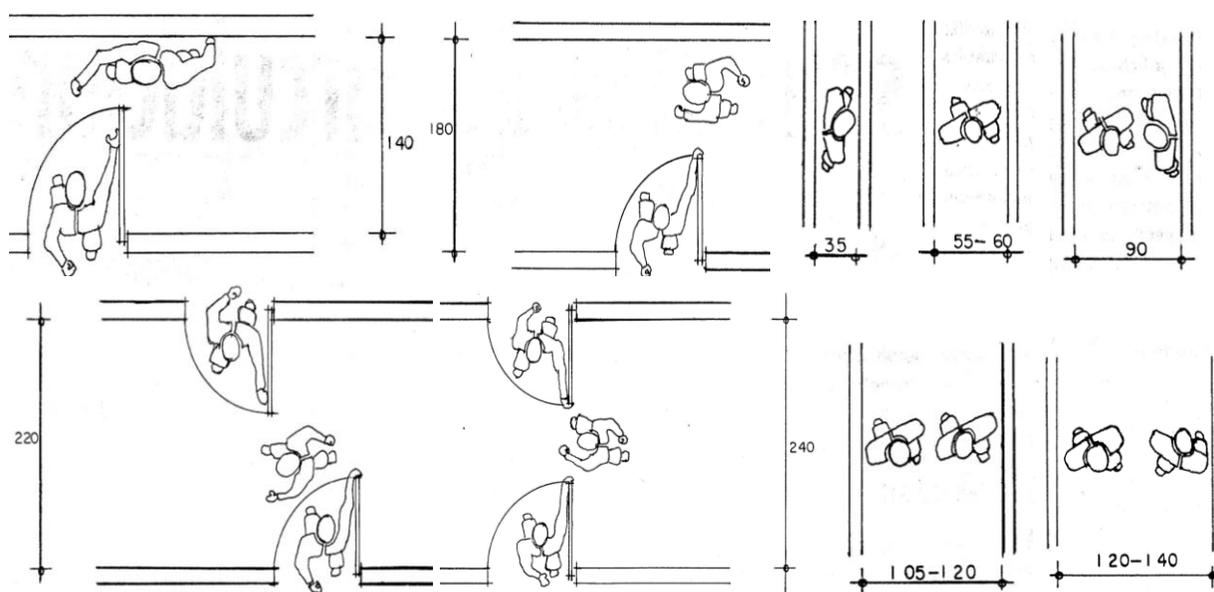


Figura 88 Dimensiones de circulaciones horizontales. (Fonseca 2002).

Las circulaciones verticales son; escaleras, rampas, elevadores, montacargas u otros elementos de comunicación situados a distinto nivel, que permiten el paso libre de las personas sin ningún obstáculo. Puesto que en las viviendas es muy frecuente utilizar escaleras como elemento para la ampliación vertical, a continuación, se mencionan algunos elementos básicos para su correcto diseño. El ancho mínimo será de 0.90m y su altura mínima constante será de 2.00m a partir del nivel de huella. El ancho mínimo para escaleras en viviendas unifamiliares y plurifamiliares, será de 0.75m con muro en un costado y entre muros confinados será de 0.90m.

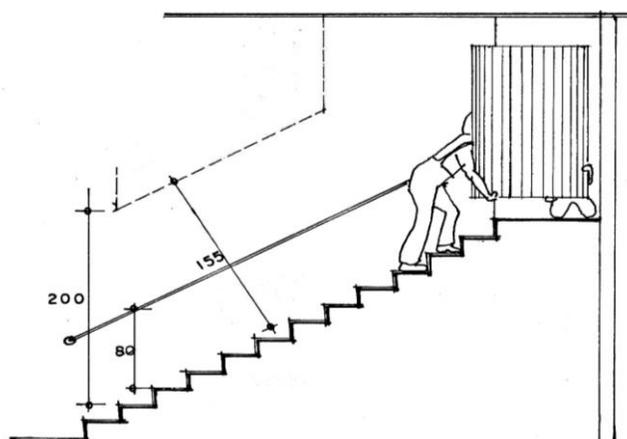


Figura 89. Dimensiones de circulaciones verticales. (Fonseca 2002).

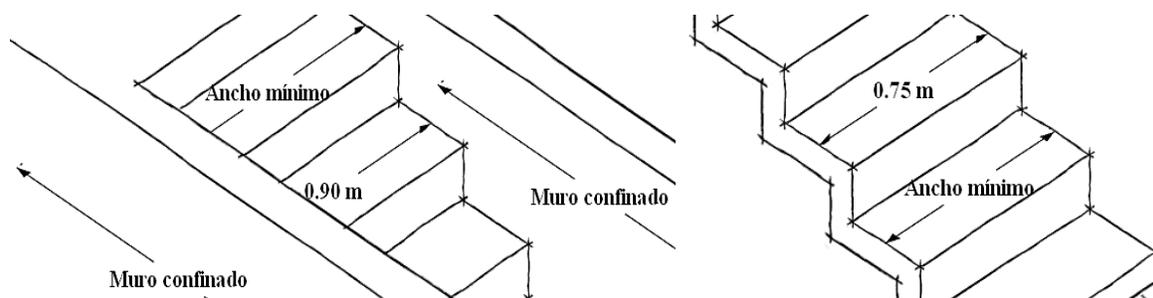


Figura 90. Dimensiones de circulaciones verticales. (Fuente propia).

Además, la altura máxima en los peraltes de la escalera será de 18cm y la altura mínima será de 10cm; la altura máxima de peraltes en escaleras de servicio de uso limitado será de 20cm; aunque lo más recomendable es que los peraltes de cualquier escalera tengan 16cm; aunque también es necesario tomar en cuenta que la altura máxima entre descansos será de 2.70m.

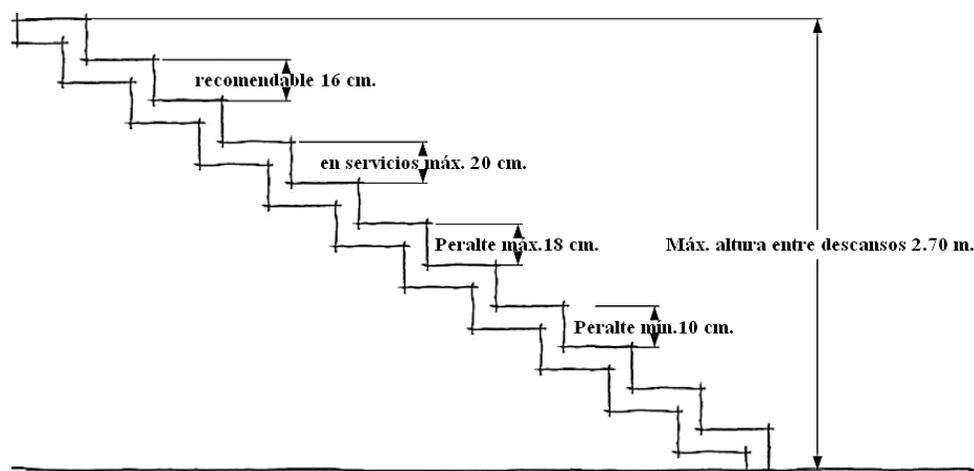


Figura 91. Peraltes de escaleras. (Fuente propia).

La profundidad mínima de huella en escalones sin nariz será de 26cm, pero lo más recomendable es que tenga 30cm de huella.

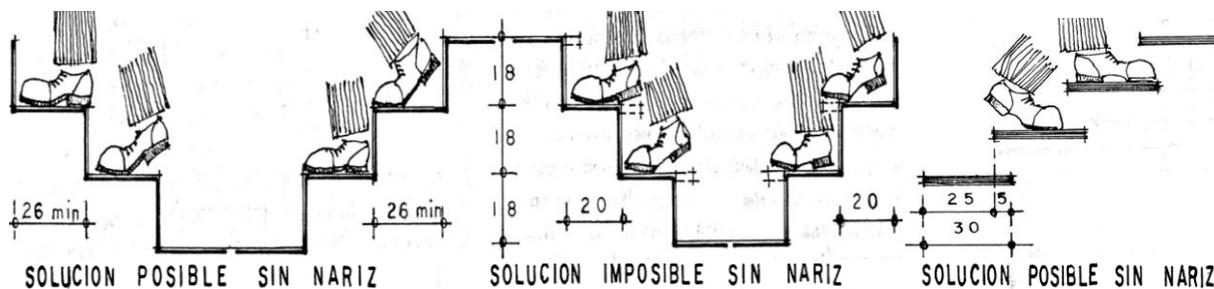


Figura 92. Solución de huellas en escalones. (Fonseca 2002).

**5.1.4.2 Funcionalidad en el espacio.** Aunque el reglamento de construcciones para el D.F. establece dimensiones mínimas, es importante analizar cada espacio de acuerdo a las actividades que se desarrollan en su interior. Por eso siempre se debe considerar; el área de mobiliario, el área de uso del mobiliario y el área de circulación, para que los locales sean cómodos y funcionales.

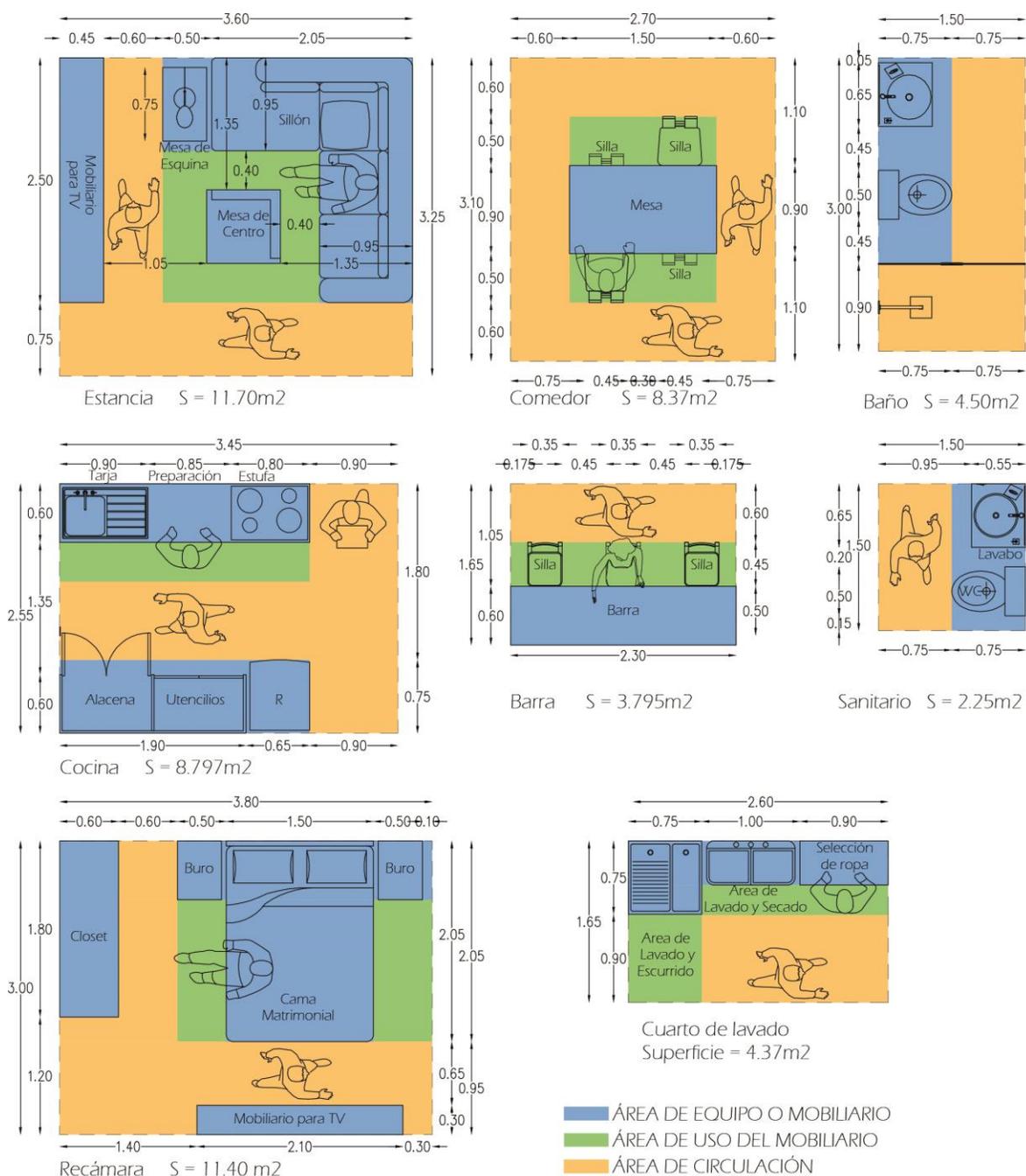


Figura 93. Funcionalidad de locales básicos de la vivienda. (Fuente propia).

**5.1.5 Densidad de uso del suelo.** Antes de diseñar, es necesario conocer las normas que limitan el área de construcción sobre el terreno, la cual dependerá de los distintos usos de suelo. Según el plano de estructura urbana y uso del suelo expedido por el ayuntamiento de Tlalmanalco en el 2018, muestra que en la delegación de San Rafael existen varios tipos de uso del suelo habitacional, los cuales están representados en la siguiente tabla de color gris. Basándose en esos datos, se recomienda dejar una superficie mínima de 20% o 30% de terreno sin construir, o una superficie máxima de construcción del 70% o 80%; además solo se podrá construir 2 o 3 niveles con una altura total de 6 o 9m sobre el nivel de desplante, según sea la densidad del uso del suelo.

Tabla 9  
*Tipos de uso del suelo habitacional.*

USO GENERAL	H 100A	H 250A	H 300A	H 400A	H 500A	H 600A	H 1000A	H 1500A	H 2000A	CU 100A	CU 250A	CRU 250A
Coefficiente de absorción del suelo mínimo (CAS). Superficie mínima sin construir.	20%	30%	30%	30%	30%	40%	40%	60%	60%	20%	20%	20%
Coefficiente de ocupación del suelo mínimo (COS). Superficie máxima de desplante.	80%	70%	70%	70%	70%	60%	60%	40%	40%	80%	80%	80%
Número de niveles	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
ML. sobre desplante.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	9	9	9
Coefficiente de uso del suelo mínimo (CUS). Intensidad máxima de construcción.	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	0.8	0.8	2.4	2.4	2.4

La Tabla 9 muestra los coeficientes (CAS), (COS), (CUS) en San Rafael. (Plan municipal de desarrollo urbano de Tlalmanalco, 2019).

Para obtener la superficie libre del terreno, se tendrá que multiplicar el área total del predio por (0.20 o 0.30, que representa el % de área sin construir), y la parte sin construir se podrá utilizar como zona de jardín o área permeable.

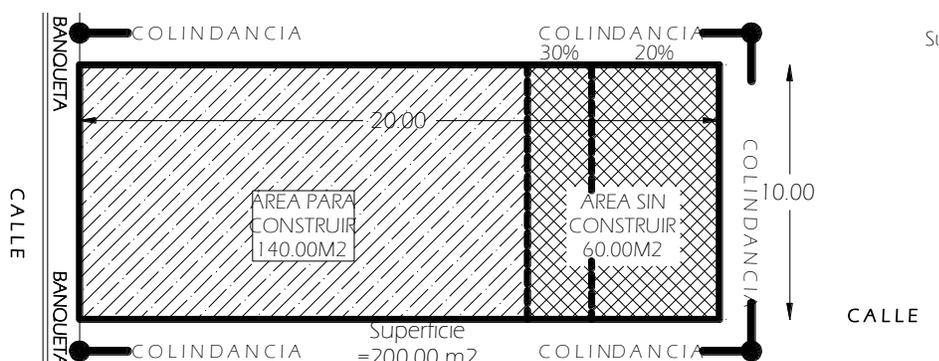


Figura 94. Cálculo para obtener el área de absorción o área de ocupación del suelo. (Fuente propia).

Superficie del Terreno	Superficie del Terreno	200.00 m <sup>2</sup>
X 0.20	X 0.30	X 0.30
20 % de área libre	30 % de área libre	60 m <sup>2</sup> de área libre

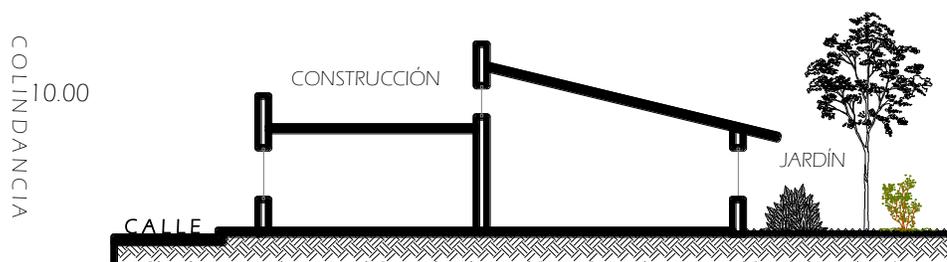


Figura 95. Cálculo para obtener el área de absorción o área de ocupación del suelo. (Fuente propia).

### 5.1.6 Ubicación de la casa. Se tendrá que dejar al menos dos lados de la vivienda separados

de los límites del terreno o dando a la calle, para que se puedan colocar ventanas que iluminen y ventilen las habitaciones.

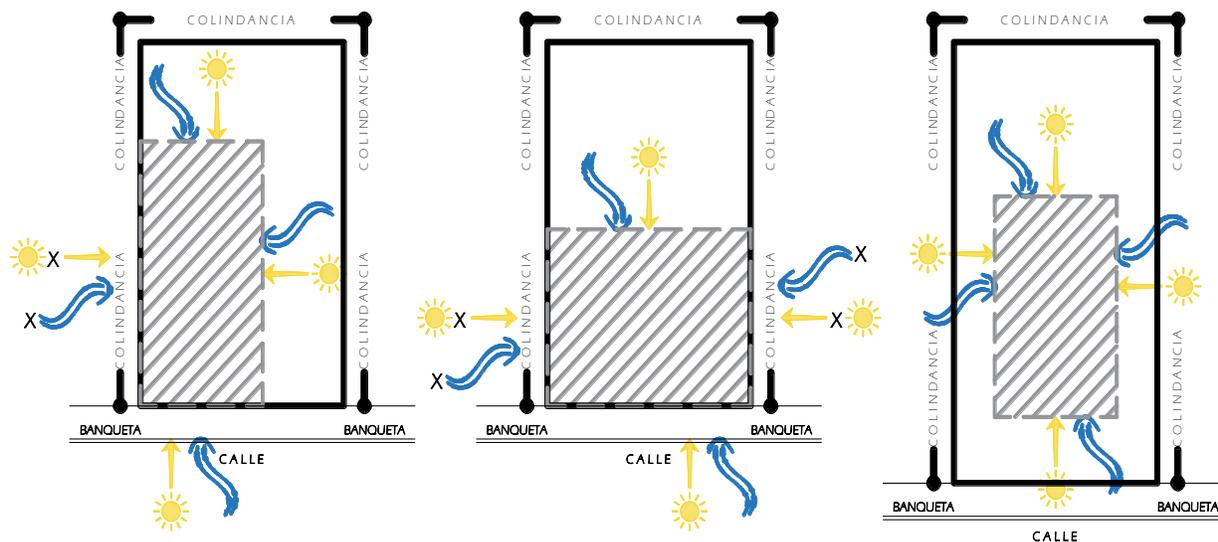


Figura 96. Formas de ubicar la vivienda en el terreno. (Fuente propia).

**5.1.7 Vegetación en el terreno.** La vegetación o áreas arboladas que existen en el terreno, pueden ser aprovechadas y adaptadas en el diseño, pues su uso adecuado proporciona grandes resultados estéticos, térmicos, acústicos y lumínicos.

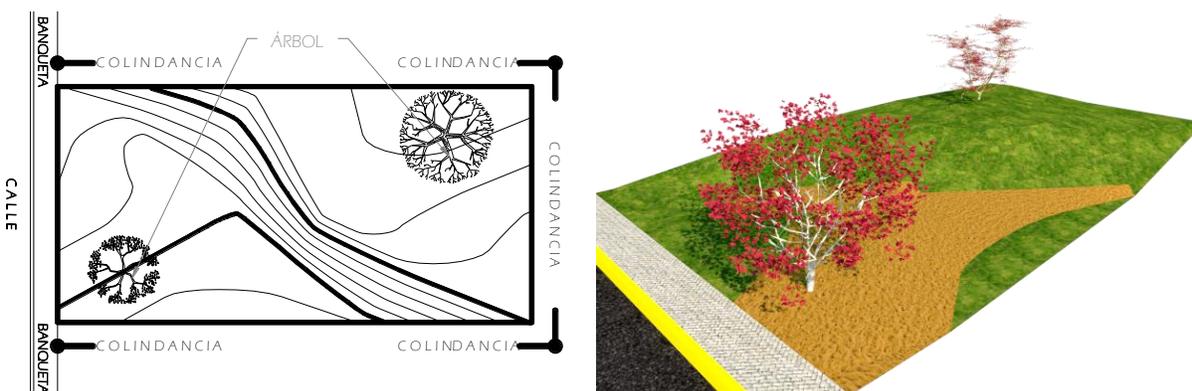


Figura 97. Vegetación en predios. (Fuente propia).

**5.1.8 Topografía.** En terrenos con pendiente, es recomendable construir en niveles o plataformas, y evitar construir en las zonas donde se encharca o acumula el agua pluvial.

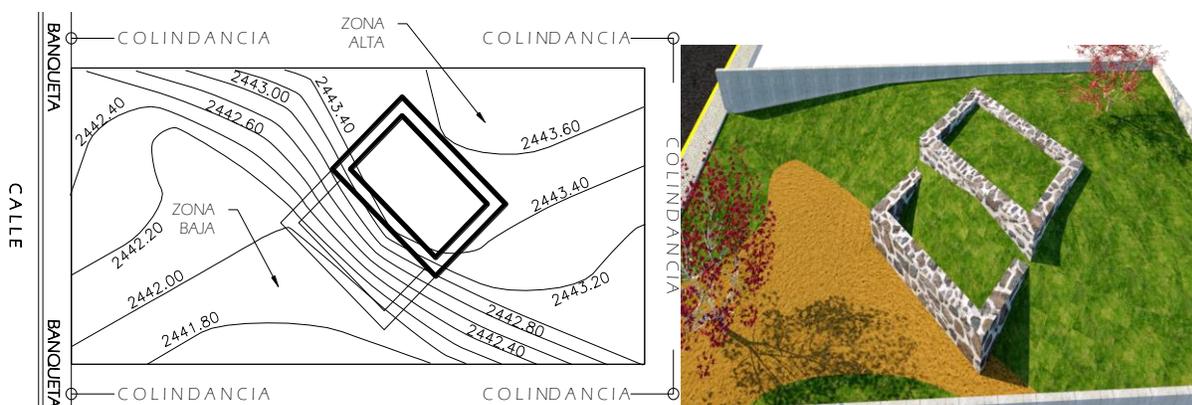


Figura 98. Topografía de predios. (Fuente propia).

**5.1.9 Dimensiones.** “En terrenos muy angostos de (menos de 7 m) es mejor ocupar todo el ancho para la vivienda, dejando el área libre delante o atrás. En terrenos donde hay más espacio la vivienda puede separarse de los límites sin perjudicar las dimensiones de los cuartos de la vivienda” (Arredondo y Reyes, 2013, p. 103).

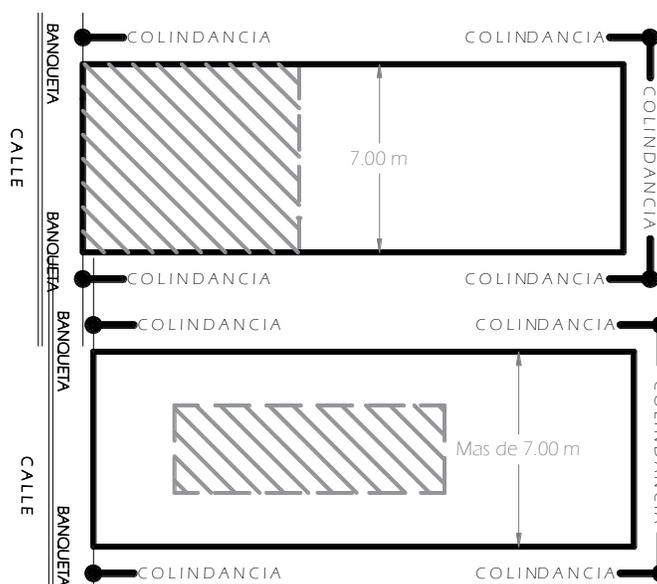


Figura 99. Ubicación de la vivienda. (Fuente propia).

La distancia que hay entre la vivienda y la calle de donde se conectan los servicios de infraestructura básicos, puede reducir o aumentar los gastos de tubería y mano de obra en instalaciones de agua, drenaje y electricidad.

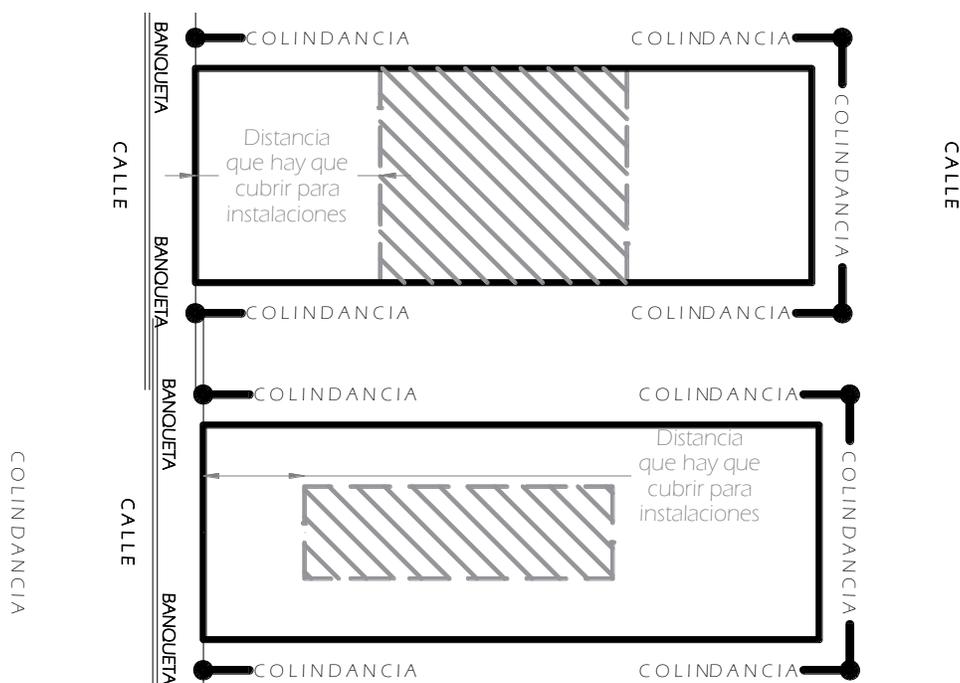


Figura 100. La ubicación de la vivienda puede reducir gastos económicos. (Fuente propia).

## 5.2 Calefacción

La calefacción es un sistema por medio del cual se intenta alcanzar o mantener una temperatura dentro de los locales, apoyándose de medios naturales y aparatos mecánicos. En cambio, la calefacción pasiva son las técnicas que se emplean dentro de los edificios para sacar el máximo provecho de la radiación solar y mantener una temperatura adecuada en el interior de los locales habitables.

Todo espacio habitable requiere medios de calefacción, que permitan alcanzar una temperatura adecuada y constante, para que los habitantes lleguen a un estado de confort; por ello es importante conocer el comportamiento del sol y su trayectoria, pues la orientación adecuada de locales y elementos arquitectónicos puede modificar el clima en las habitaciones.

**5.2.1 El comportamiento de radiación solar en edificios.** Cuando la radiación solar directa incide sobre un edificio, crea zonas de alta radiación térmica; y donde el sol no incide directamente sobre las superficies del edificio crea zonas de baja radiación térmica.

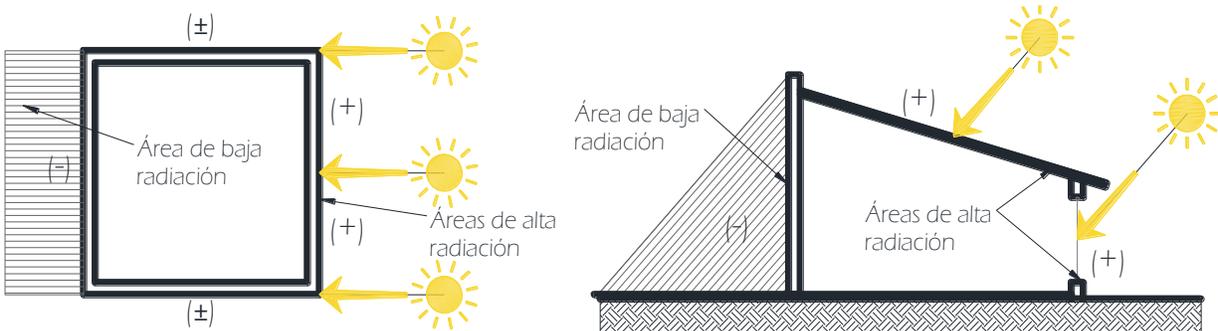


Figura 101. Zonas de alta y baja radiación térmica. (Fuente Propia).

**5.2.2 Alternativas para calentar las habitaciones.** La radiación térmica natural proviene de los rayos solares y puede ser introducida en las habitaciones cuando los rayos solares inciden de manera directa sobre las superficies, o cuando los materiales tienen la capacidad de absorber energía calorífica, almacenarla y transmitirla cuando la temperatura ambiente descienda.

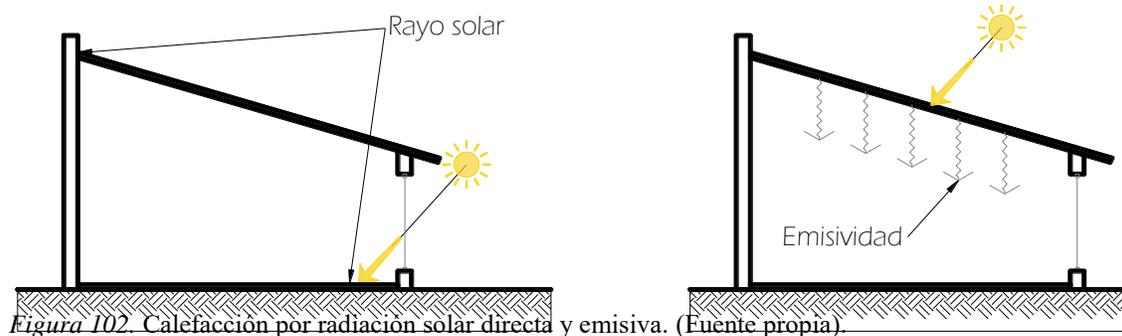


Figura 102. Calefacción por radiación solar directa y emisiva. (Fuente propia).

La orientación de muros y ventanas hacia el sur puede aumentar la temperatura en el interior de los espacios; pues los muros absorben el calor del día y lo irradian al interior, mientras que las ventanas permiten que los rayos solares incidan directamente en las habitaciones. En cambio, los muros y ventanas orientadas hacia el norte disminuyen la temperatura de las habitaciones, debido a que casi siempre están expuestos a la sombra y a los vientos fríos.

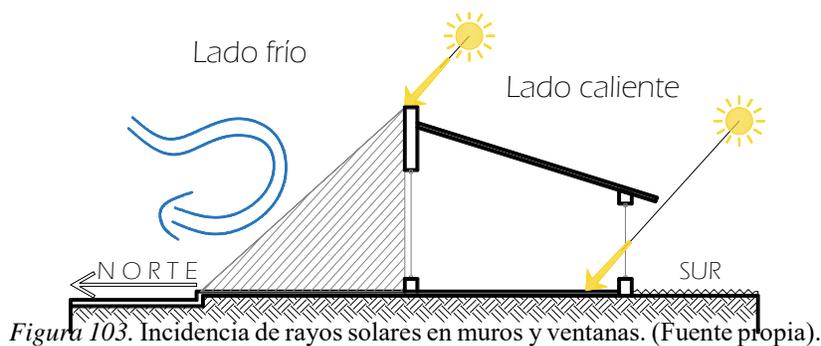


Figura 103. Incidencia de rayos solares en muros y ventanas. (Fuente propia).

Las fachadas y locales orientados hacia el sur, dan mejores resultados térmicos en los periodos invernales.

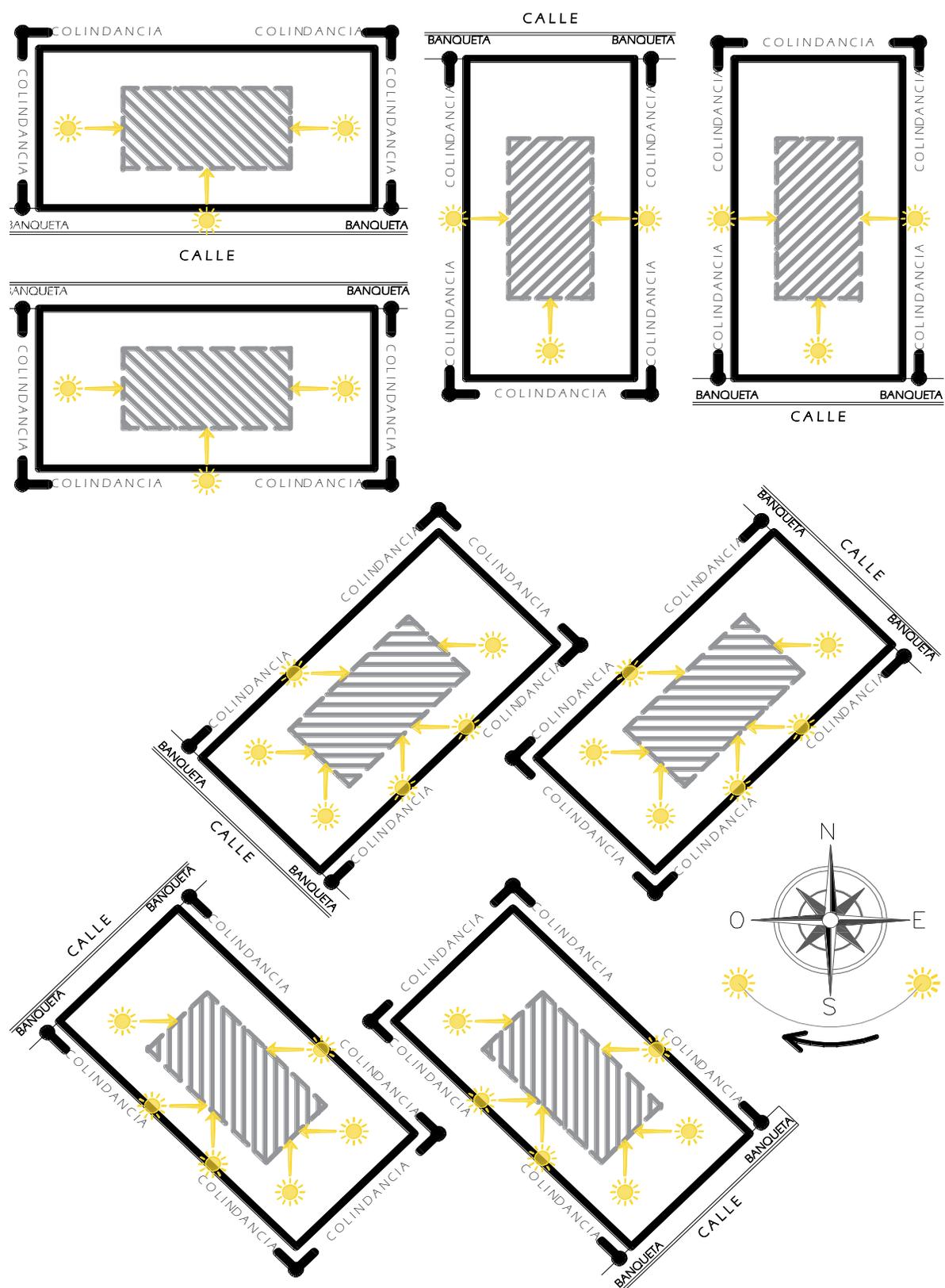


Figura 104. Orientación de fachadas y locales de la vivienda. (Fuente propia).

Las cubiertas inclinadas que están orientadas hacia el sur, absorben mayor cantidad de radiación solar, excepto en los meses de mayo, junio y julio, debido a que en estos meses la incidencia solar proviene del lado norte.

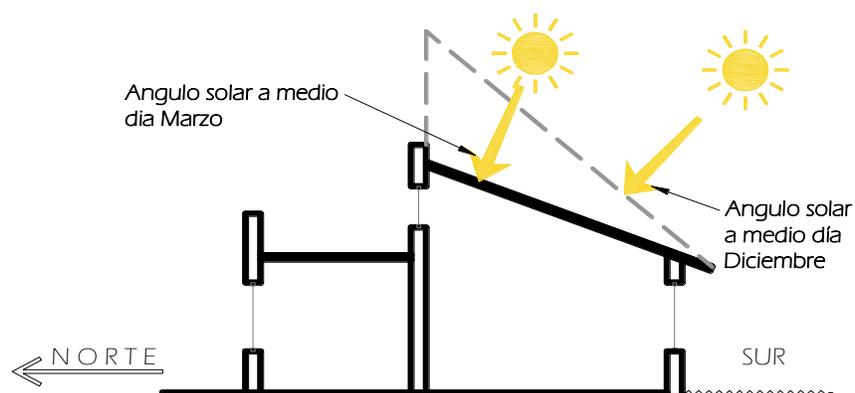


Figura 105. Inclinación de cubiertas para obtener mayor radiación solar en invierno. (Fuente propia).

La altura de los techos también ayuda a calentar los espacios, pues el aire caliente tiende a concentrarse en las partes más altas de los locales, y el aire frío en las partes más bajas, debido a su densidad; por eso en zonas cálidas los techos deben ser más altos para que el ambiente sea más fresco, y en zonas frías los techos deben ser más bajos, para que el ambiente sea más cálido.

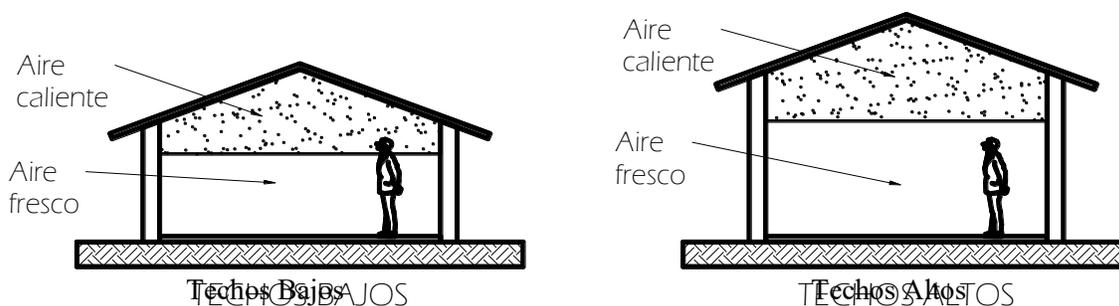
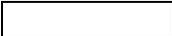
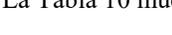


Figura 106. Comportamiento del aire frío y caliente en los locales. (Fuente propia).

Para aumentar la absorción de la radiación solar se pueden emplear pinturas de color oscuro; y materiales como el granito, la madera oscura, ladrillo oscuro, etc., pues son colores y materiales que tienen bajos niveles a la reflexión y altos niveles a la absorción.

Tabla 10  
*Reflectancia de colores y materiales.*

Color	Reflectancia (%)	Materiales	Reflectancia (%)	
	Blanco	70-50	Revoque claro	35-55
	Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
	Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
	Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
	Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
	Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
	Rosa claro	45-70	Mármol blanco	60-70
	Marrón claro	30-50	Granito	15-25
	Negro	4-6	Madera clara	30-50
	Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
	Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
	Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
	Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
	Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

La Tabla 10 muestra los porcentajes de reflectancia en colores y materiales. (Laszlo).

Los pisos también sirven como elementos de intercambio de calor, pues algunos de ellos tienen la característica de recibir, almacenar y proporcionar calor.

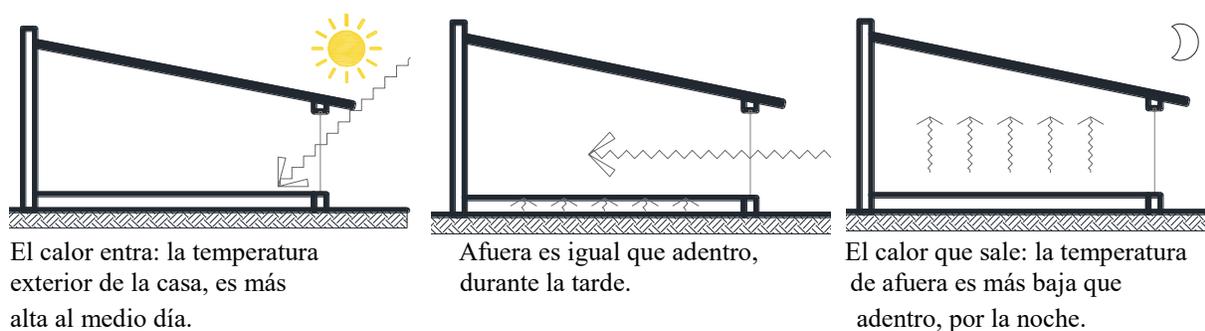


Figura 107. Intercambio de calor por pisos. (Lengen, 2011).

Otra alternativa para calentar habitaciones es utilizando invernaderos adosados a la construcción, lo cual consiste en crear una habitación acristalada colindante a la vivienda, ubicada en el sur para aprovechar al máximo los rayos solares, y calentar el aire interior. Este método permite distribuir el aire caliente hacia las habitaciones de la casa, por medio de ductos u orificios conectados al invernadero.

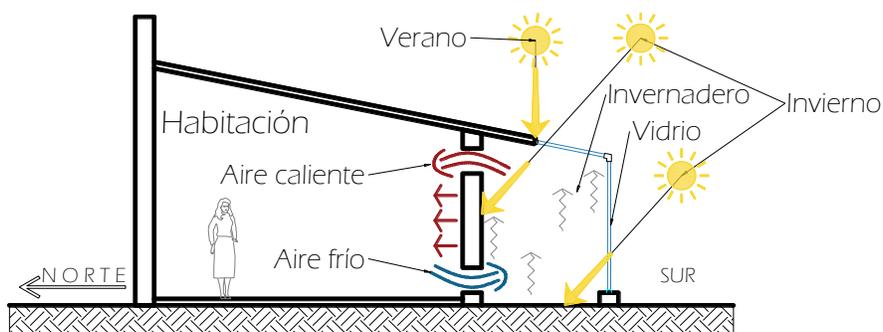


Figura 108. Invernaderos adosados a las habitaciones. (Fuente propia).

El muro trombe también es una opción para ganar calor en las habitaciones, pues su funcionamiento es muy similar al invernadero adosado, pero es de menores proporciones y está compuesto de piedras o colores oscuros, para mejorar la absorción de radiación solar.

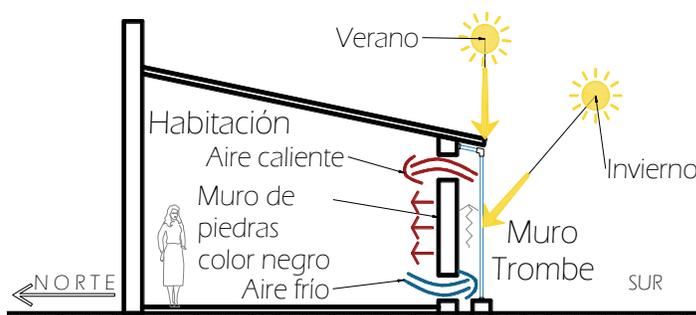


Figura 109. Sistema de calefacción por muro trombe. (Fuente propia).

La utilización de muros de bidones de agua es un sistema parecido al muro trombe, y su funcionamiento es muy similar, sin embargo, el muro macizo es sustituido por bidones o estanques de agua, los cuales proporcionan una rápida absorción de calor.

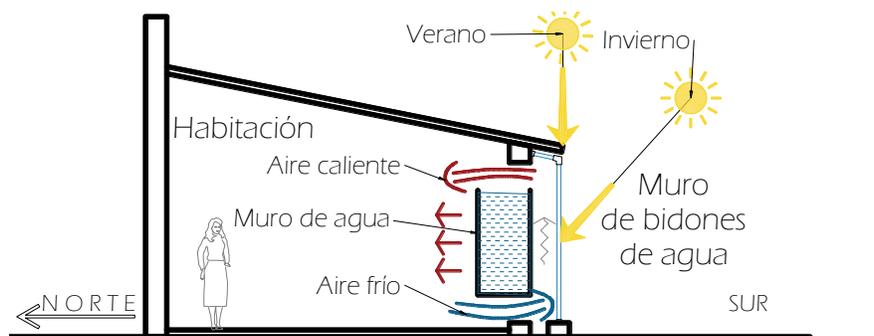


Figura 110. Sistema de calefacción por muro de bidones de agua. (Fuente propia).

Las cajas calentadoras de aire, generalmente se sitúan bajo las ventanas de la fachada sur. El método consiste en llenar una caja de piedras bola oscuras del tamaño de un puño, colocadas de tal manera que el aire pueda circular entre ellas, las cuales deberán estar recubiertas con un panel de vidrio que permita la incidencia de los rayos solares.

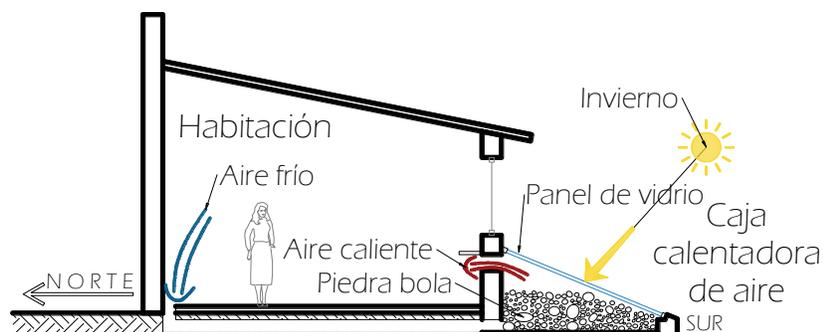


Figura 111. Sistema de calefacción por cajas calentadoras de aire. (Fuente propia).

La colocación de chimeneas o estufas de cocina son una manera común de generar calor en el interior de los edificios, sin embargo, hay que situarlas de manera adecuada para aprovechar eficientemente el calor que generan.

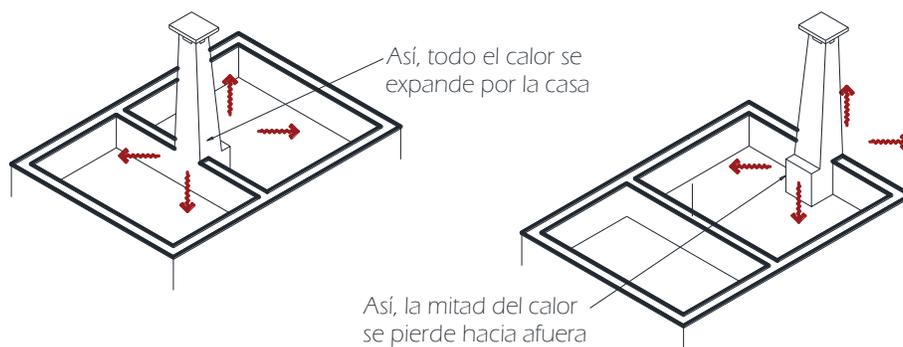


Figura 112. Sistema de calefacción por chimeneas. (Fuente propia).

La gente también genera calor, es por ello que cuando hace frío es recomendable que estén un número mayor de personas en un mismo espacio.



Figura 113. Las personas también generan calor. (Fuente propia).

Otro método que se utiliza para sentir menos frío, es estimular las emociones que provoquen sensaciones de calidez, pintando las habitaciones de colores cálidos como el naranja, el amarillo o el marrón (Lengen, 2011).

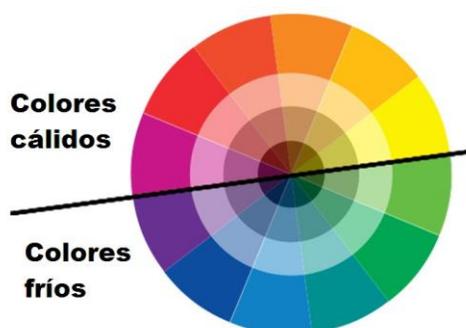


Figura 114. Círculo cromático de colores. (Santa Maria, 2014)

**5.2.3 Alternativas para conservar el calor.** Para conservar el calor, es necesario evitar que el calor ganado por el lado sur se pierda por los muros, techos, pisos o ventanas del lado norte. Por eso se recomienda colocar pocas aberturas o ventanas en el lado norte y colocar techos o plafones aislantes.

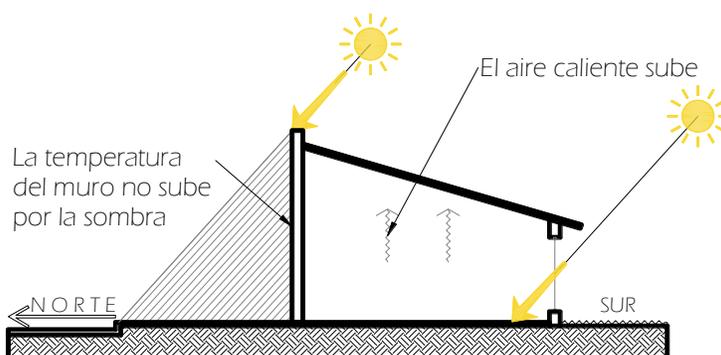


Figura 115. Los muros orientados hacia el norte, aumenta la sombra y disminuye la temperatura. (Fuente propia).

También la humedad en el suelo hace que los pisos estén más fríos, es por ello que se recomienda impermeabilizar las cimentaciones y pisos para evitar que la humedad se introduzca en la vivienda y enfríe los espacios.

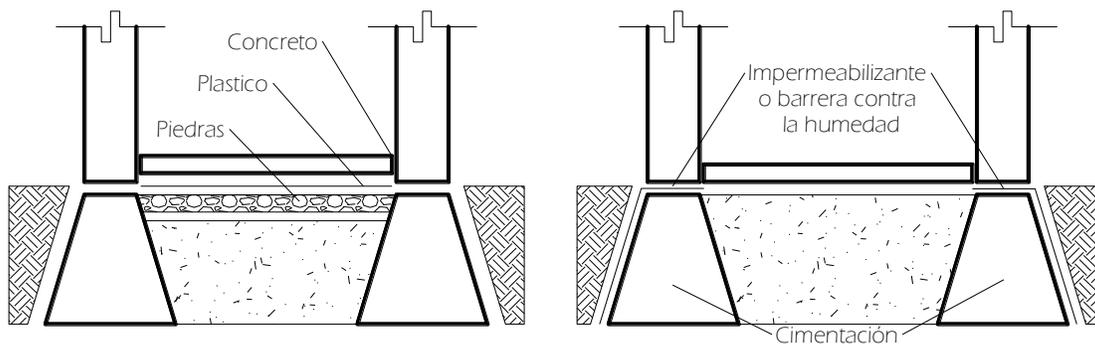


Figura 116. Impermeabilización de cimentaciones y pisos. (Fuente propia).

Es necesario proteger la casa de los vientos fríos del norte, aprovechando la naturaleza del sitio o colocando elementos arquitectónicos que desvíen el aire frío.

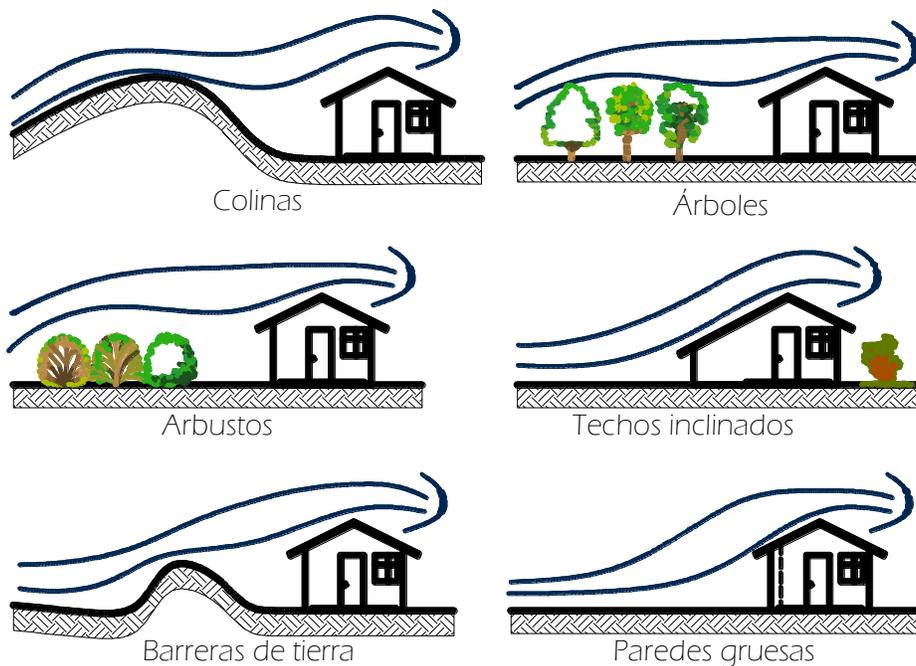


Figura 117. Desviación del viento con elementos naturales. (Lengen 2011).

No es recomendable ventilar por el techo como en las zonas calientes. Por eso es necesario impedir que el aire caliente salga por los techos.

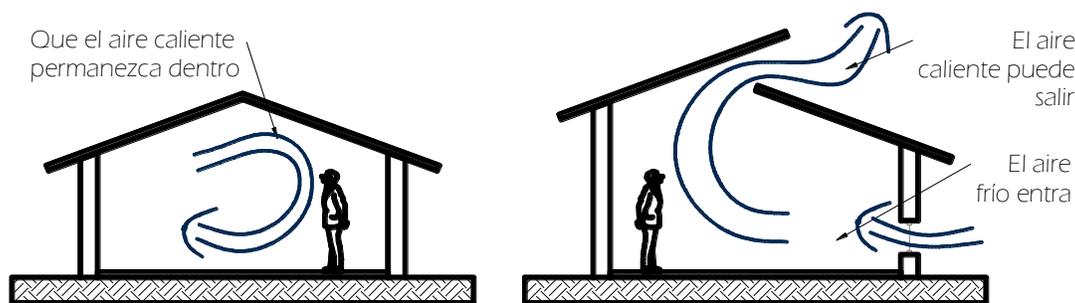


Figura 118. Como impedir que el aire caliente salga. (Lengen 2011).

Es necesario cerrar perfectamente todas las aberturas de los marcos de puertas y ventanas, para que el aire caliente permanezca en el interior de las habitaciones o para que el aire frío no entre con facilidad.

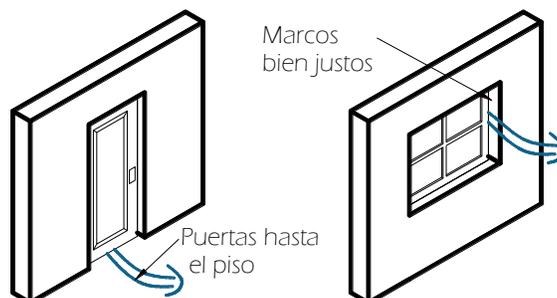


Figura 119. Ajustar bien los marcos de puertas y ventanas. (Fuente propia).

También se pueden colocar mantas o cortinas en las ventanas o puertas que no cierren completamente, para reducir la entrada de aire frío, principalmente al anochecer.

**5.2.3.1 Masa térmica.** Es un elemento muy importante para retardar el paso de calor o frío al interior de los edificios. Por eso se recomiendan los materiales de construcción naturales con elevados niveles de masa térmica; como la tierra, la piedra, el tezontle o el agua. Aunque también existen materiales procesados con buenos niveles de masa térmica; como los bloques de concreto, ladrillos, concreto armado, madera, mortero, yeso, etc. La función de todos ellos es acumular temperatura, almacenarla y emitirla, sin embargo, su eficiencia depende del espesor del elemento, es decir, que entre más ancho sea el elemento mejor será su funcionamiento.

5.2.3.1.1 *Tierra*. Es un material que se ha utilizado desde hace mucho tiempo por todas las culturas, a la vez ha acompañado al hombre desde los tiempos remotos. Este material se puede extraer directamente del sitio o de un lugar muy cercano a él, sin embargo, no todas las tierras son aptas para la construcción.

“Las más adecuadas son las arcillas arenosas, además de que son muy manejables y ofrecen buena estabilidad. Las tierras que son ligeramente malas se pueden mejorar mezclándolas con otras tierras que tengan propiedades adecuadas, pero cuando son francamente malas es necesario emplear estabilizadores como la cal, el cemento o el asfalto (aunque en estos casos el carácter natural empieza a perderse)” (Seiscubos, 2018).

Mediante este elemento se pueden desarrollar diferentes sistemas constructivos, entre los más comunes se puede encontrar el adobe, el tapial y el bahareque.

Adobe. Es un sistema constructivo formado por bloques de arcilla arenosa, paja y agua, los cuales son secados al sol, y generalmente son unidos con una mezcla del mismo material del que están compuestos los bloques.

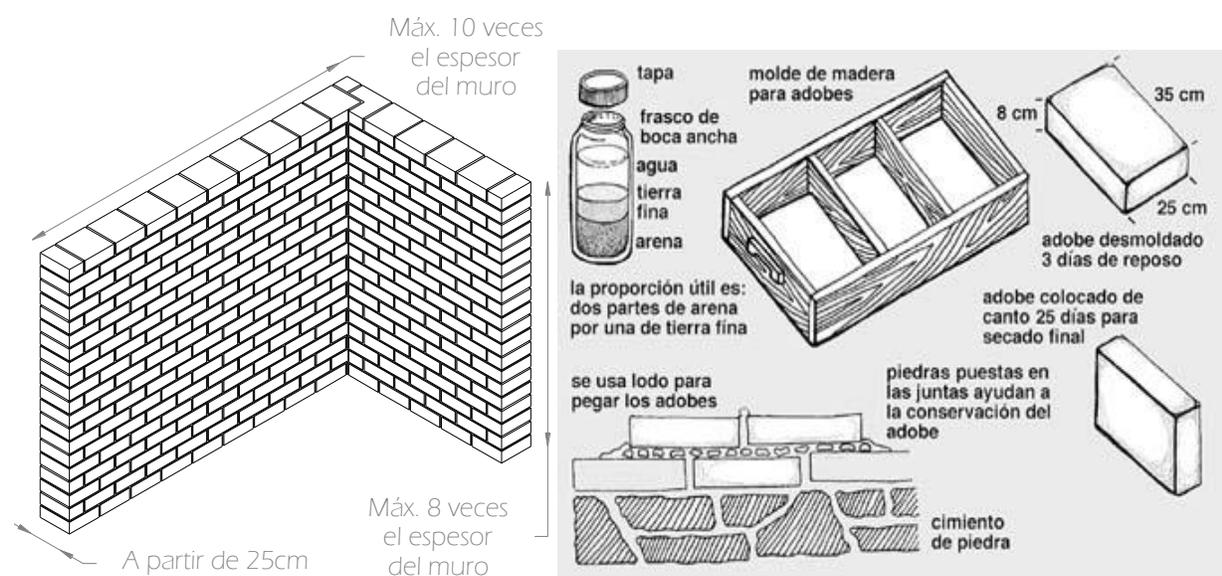


Figura 120. Los muros de adobe. (Buenrostro, 2004).

**Tapial.** Es un sistema constructivo con tierra arcillosa húmeda, la cual es contenida sobre un molde de madera o metálico ubicado en el sitio donde se va a construir el muro, para que la tierra sea compactada en capas con un pisón.

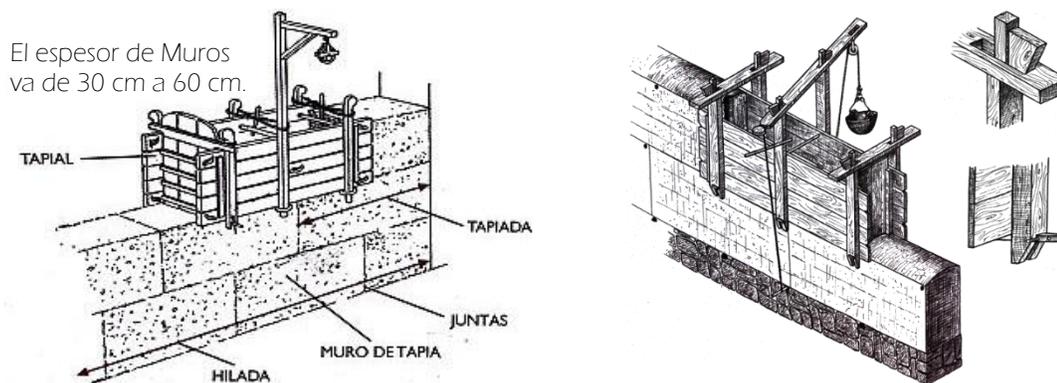


Figura 121. El tapial. (Tierrah, 2014).

**Bahareque.** Es una estructura de palos de madera o cañas de bambú delgadas, las cuales son entretrejidas y cubiertas con una mezcla de arcilla arenosa, paja y agua.

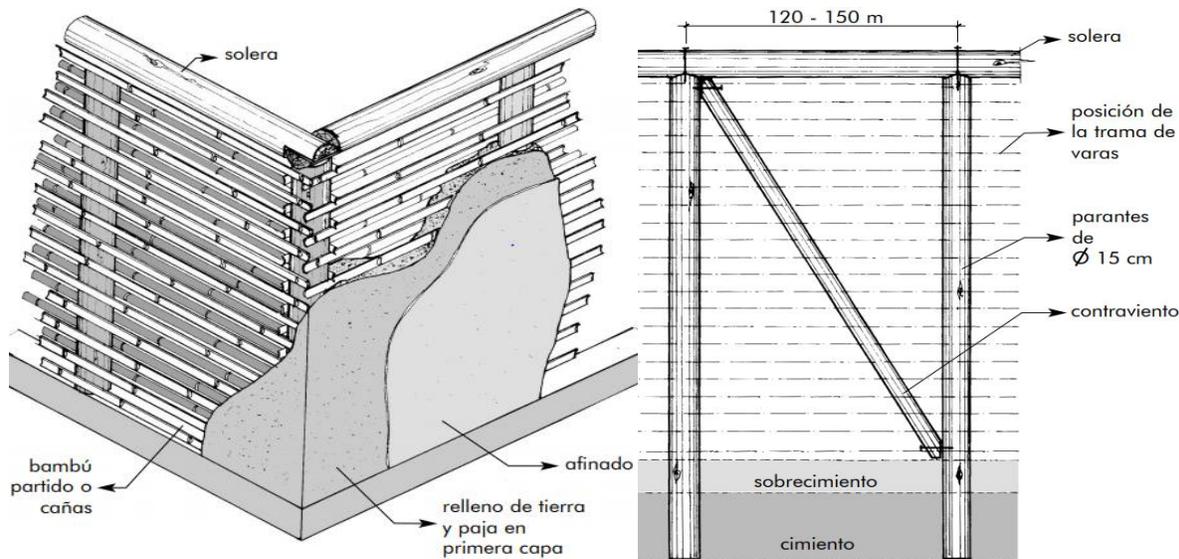


Figura 122. Muro de bahareque. (Carazas & Rivero, 2002).

**5.2.3.1.2 Piedra.** Es un material que se ha utilizado desde hace mucho tiempo, sus características benefician a las edificaciones contra la humedad, tienen gran resistencia estructural, una durabilidad excesiva y son muy útiles para construir muros, pisos y cimientos.

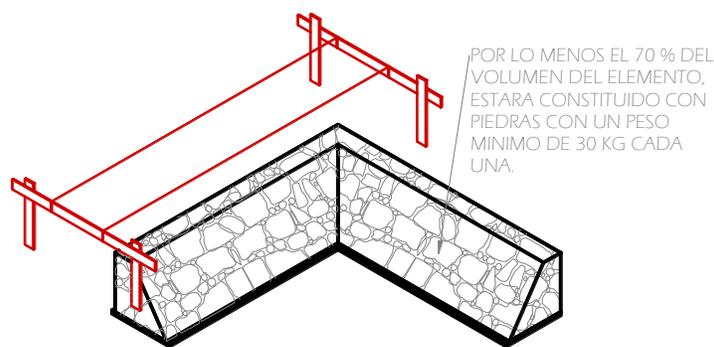


Figura 123. Pisos y cimientos de piedra. (Fuente propia).

Muros de piedra. Son conjuntos de piedras irregulares o labradas colocadas de manera cuatrapeada, unidas con mezclas de arcilla o mortero, aunque también se pueden colocar sin ningún tipo de mezcla, su espesor en muros va de los 30cm en adelante.

Ladrillos y bloques de concreto. Son materiales prefabricados realizados mediante moldes de diferentes tamaños; los ladrillos están formados por mezclas de barro o arcillas arenosas con agua, los cuales son secados y cocidos en un horno especial; mientras que los bloques de concretos son formados por la mezcla de cemento, gravilla, arena y agua, y solo son secados al sol.

Muros de mampostería. Sistema constructivo que consiste en colocar hiladas de bloques de concreto o ladrillos, unidos con morteros a base de cemento de albañilería, arena y agua con un espesor de 1.5cm aprox., y es muy común que sean reforzados con elementos estructurales como dalas o columnas, las cuales trabajan en conjunto para formar estructuras resistentes y duraderas.

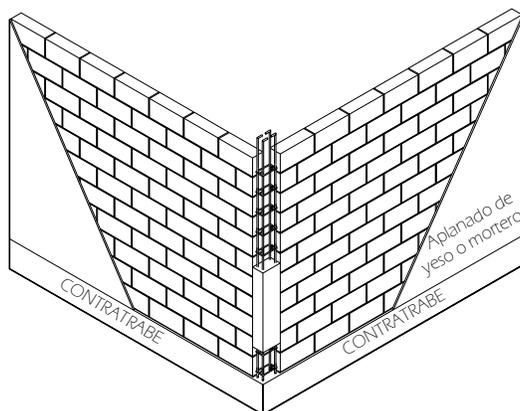


Figura 124. Muros de mampostería de bloques o ladrillos. (Fuente propia).

5.2.3.1.3 *Concreto reforzado*. Este material está formado por concreto y acero que sirve de refuerzo a las estructuras. Tiene la ventaja de ser moldeado a cualquier forma deseada, pues la mezcla es un material muy maleable.



Figura 125. Concreto reforzado. (construccionescmc, 2017).

El concreto “Es la mezcla de cemento, arena, grava y agua en diferentes proporciones de acuerdo a su uso” (Arredondo y Reyes, 2013, p.91). Normalmente esta mezcla se vierte sobre una simbra o molde que dan la forma final al elemento.

El Acero “Es un metal formado de hierro y carbono. Complementa las propiedades del concreto, por eso se dice que es de refuerzo. El acero puede usarse por sí solo para columnas, trabes, vigas, etc.” (Arredondo y Reyes, 2013, p.91).

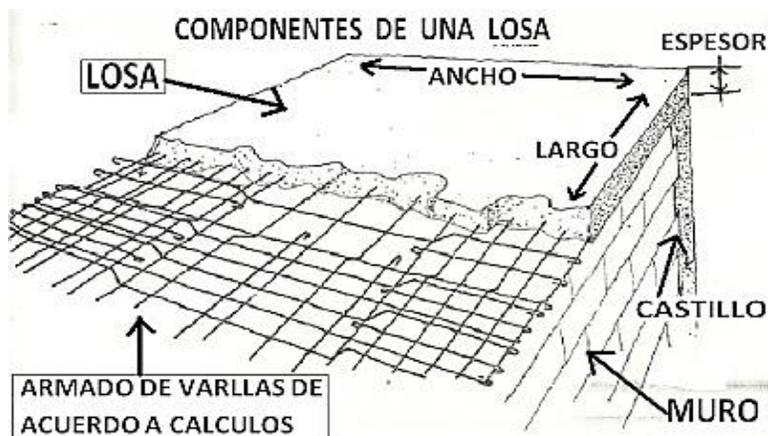


Figura 126. Losas de concreto reforzado. (Blogger, 2010).

5.2.3.1.4 *Madera*. “Es un material natural obtenido del tronco del árbol. Funciona como estructura para la vivienda o algunas veces como muros divisorios. Sus características varían dependiendo el árbol del que proviene” (Arredondo y Reyes, 2013, p. 92).

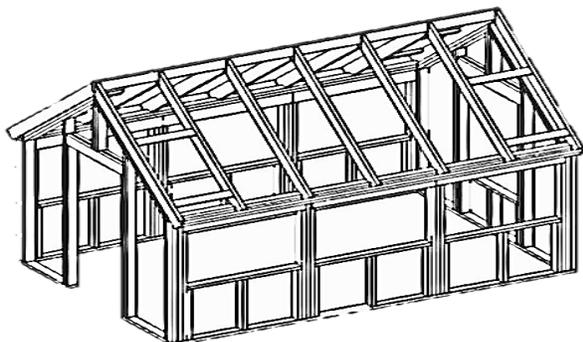


Figura 127. Estructuras de madera. (maderea, 2017).

**5.2.4 Alternativas para el control solar.** Hay varios dispositivos de control solar, los horizontales, verticales y mixtos. Estos dispositivos no solo deben obstruir el paso de la radiación solar, si no que deben controlar su penetración en las habitaciones, “es decir, deben detenerla en periodos calurosos, pero permitirle en periodos fríos” (Rodriguez, 2008, p. 72).

**5.2.4.1 Horizontales.** Son elementos arquitectónicos que sobresalen del plano vertical.

**Alero.** Es la extensión de la cubierta que rebasa los muros. Aunque también se pueden colocar en la parte superior de las ventanas.

**Volado o voladizo.** Es cualquier elemento horizontal que sobresale de los muros.

**Repisas.** Son elementos horizontales ubicados dentro del claro de las ventanas.

**Pórticos.** Es un espacio cubierto sostenido por columnas o arcos ubicado a lo largo de una fachada.

**Persiana horizontal.** Son elementos exteriores o interiores, fija o con movimiento, formadas por tablillas elementos horizontales.

**Faldón.** Es un elemento vertical que cuelga de un alero o volado.

**Pantalla.** Es un elemento vertical que se coloca frente a las ventanas y que no está unido a los aleros.

**Pérgola.** Es el conjunto de elementos horizontales formados por vigas o rejas, las cuales son colocadas a manera de techumbre.

**Toldo.** Es una cubierta de lona o tela colocada en los vanos de puertas o ventanas, la cual puede ser fija o plegable.

**Techo escudo.** Es el desarrollo de doble cubierta con una cámara de aire intermedia, que sirve para ventilar, dar sombra a la primera cubierta y evitar la ganancia de radiación térmica.

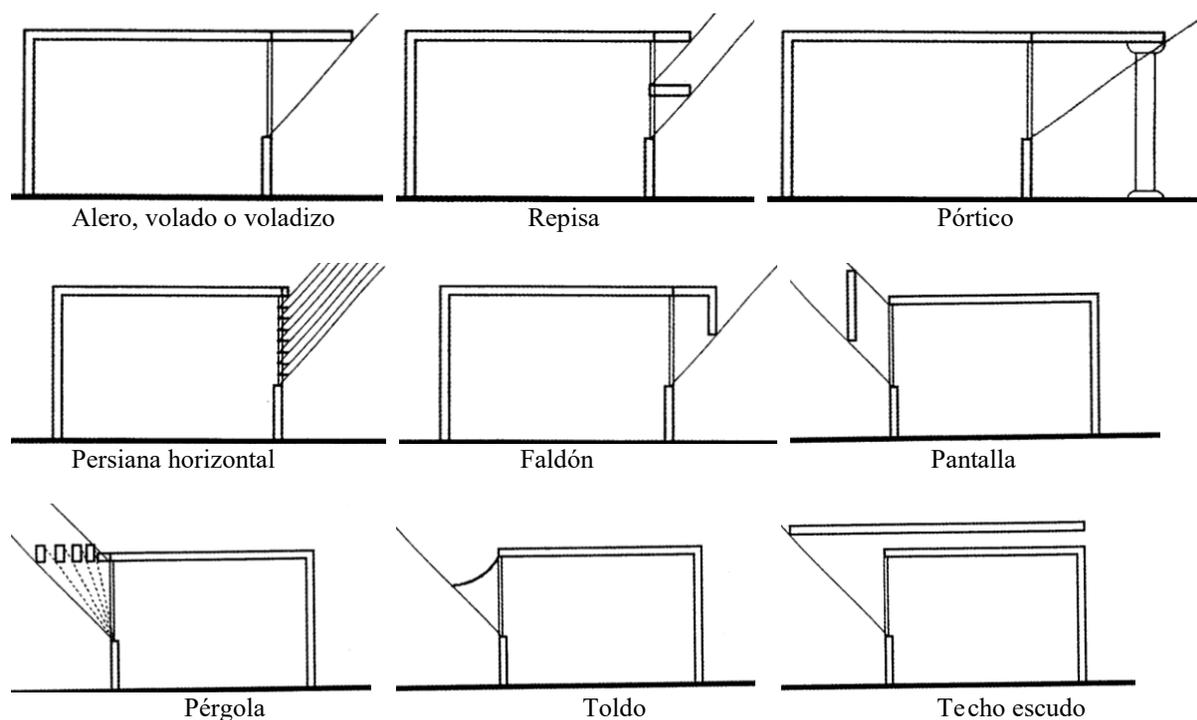


Figura 128. Esquemas de control solar horizontal. (Rodríguez, 2008).

**5.2.4.2 Verticales.** Son elementos arquitectónicos adosados o separado de la fachada, los cuales son perpendiculares al plano horizontal.

**Partesol.** Es un elemento vertical adosado o separado de la fachada, el cual puede ser perpendicular u oblicuo.

Persiana vertical. Son elementos exteriores o interiores, fija o con movimiento, formadas por tablillas elementos verticales.

Muro doble. Es el desarrollo de doble muro con una cámara de aire intermedia, que sirve para ventilar, dar sombra al primer muro y evitar la ganancia de radiación térmica.

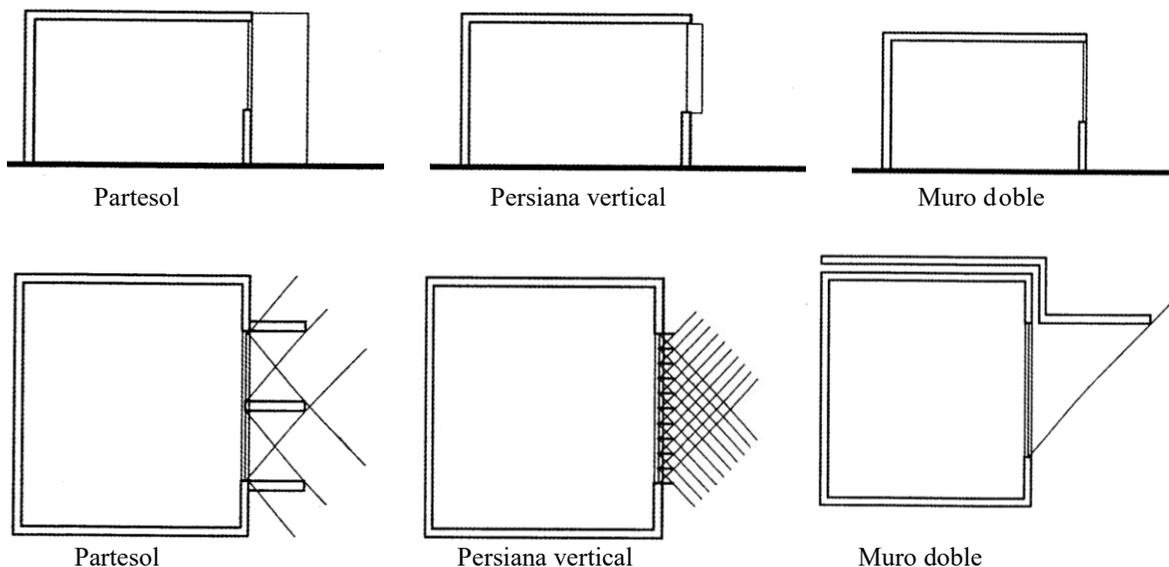


Figura 129. Esquemas de control solar vertical. (Rodríguez, 2008).

**5.2.4.3 Mixtas.** Son la combinación de elementos arquitectónicos horizontales y verticales.

Marco. Está formado por la combinación de repisas, aleros y parte soles, para rodear el contorno del vano de puertas o ventanas.

Celosía. Es la “combinación de persianas horizontales y verticales o cualquier otro entramado usado como protección solar (y visual)” (Rodríguez, 2008, p. 76).

Remetimiento de ventanas. Está formado por la combinación de repisas, aleros y parte soles, de tal manera que sea rodeado el contorno de vano de ventanas hacia el interior de las habitaciones, los cuales pueden ser oblicuos o perpendiculares al paramento.

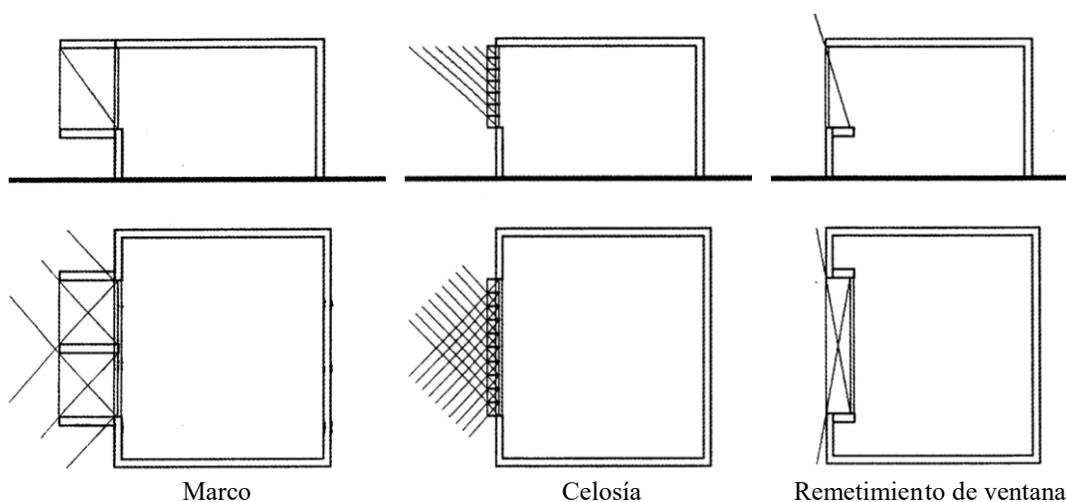


Figura 130. Esquemas de control solar Mixto. (Rodríguez, 2008).

Todos los dispositivos de control solar regulan la penetración del sol. Sin embargo, se debe aclarar que los rayos solares tienen dos componentes; los térmicos y los lumínicos, por ello se tiene que considerar cada aspecto para que un elemento no pueda afectar al otro, o bien, hacer un análisis considerando la importancia y prioridad de cada elemento.

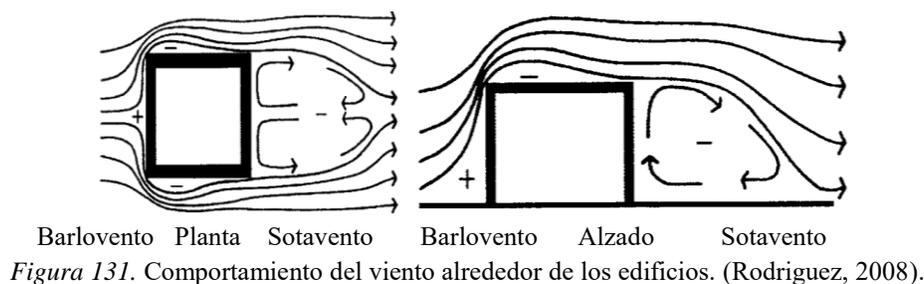
### 5.3 Ventilación

La ventilación es la renovación del aire interior en un edificio, el cual es realizado por medios naturales o mecánicos, y se apoya de sistemas de extracción o inyección. En cambio, la ventilación natural es la técnica para renovar el aire de manera natural, permitiendo que el aire del exterior entre a los espacios.

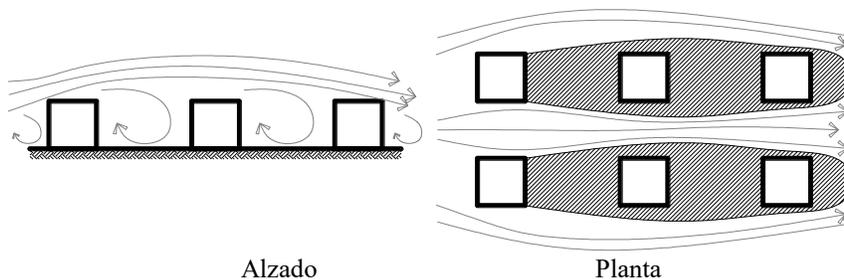
“Todos los locales dentro de una vivienda requieren de una ventilación que permita la renovación total del aire cuando menos de 2 a 4 veces por hora. En la cocina por ser un local que requiere de una mayor ventilación, se recomienda una renovación de 15 veces por hora”. (Fonseca, 2002, p 104)

La ubicación correcta de ventanas es esencial para ventilar las habitaciones, por eso es necesario conocer el comportamiento del viento dentro y fuera de los edificios.

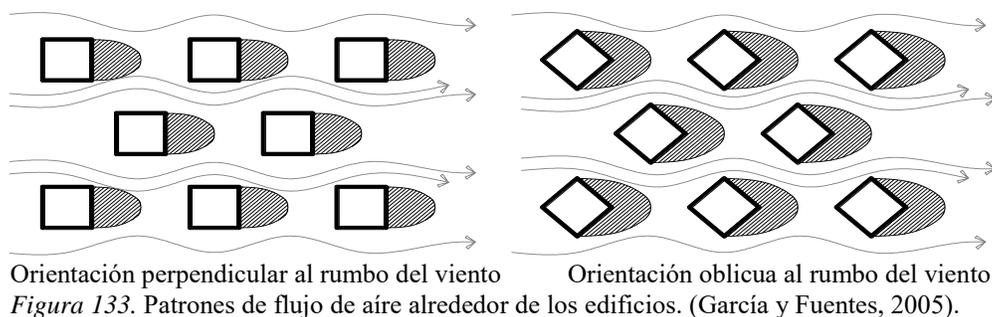
**5.3.1 Comportamiento del viento fuera del edificio.** “Cuando el viento pega contra un edificio se crea una zona de presión alta en la cara frontal; el viento rodea el edificio y origina zonas de baja presión en las caras laterales y en la cara posterior” (Rodríguez, 2008, p. 106).



Los patrones de flujo que genera el viento alrededor del edificio, varían de acuerdo a la composición de unidades. En unidades desarrolladas de forma paralela, el viento tiende a brincar sobre las unidades provocando sombras de viento sobre las unidades subsecuentes, sin que el aire pueda canalizarse por todos los espacios libres.



Los diseños de unidades alternadas son más convenientes que los diseños paralelos o en fila, pues el flujo del viento mejora en las zonas de aire estancado.



Cuando las habitaciones están ubicadas detrás de edificios altos (en sotavento) su ventilación es baja, pero cuando se aumenta la altura del edificio obstructor, puede crear corrientes de aire en sentido contrario a la dirección del viento, las llamadas (turbulencias).

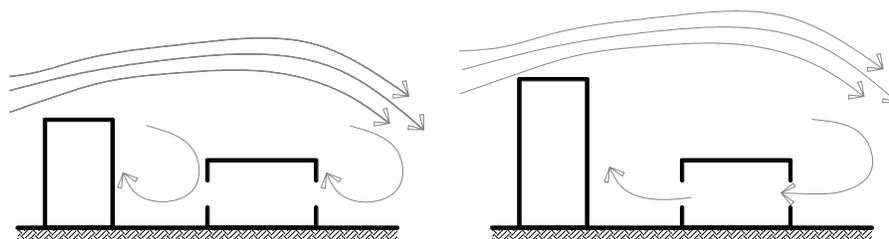


Figura 134. Los patrones en edificios altos provocan deficiencias. (García y Fuentes, 2005).

**5.3.2 Tipos de ventilación.** Hay varias formas para ventilar; la ventilación cruzada o con aberturas en paredes opuestas, la ventilación diagonal o con aberturas en paredes adyacentes y la ventilación unilateral o con aberturas en una sola pared.

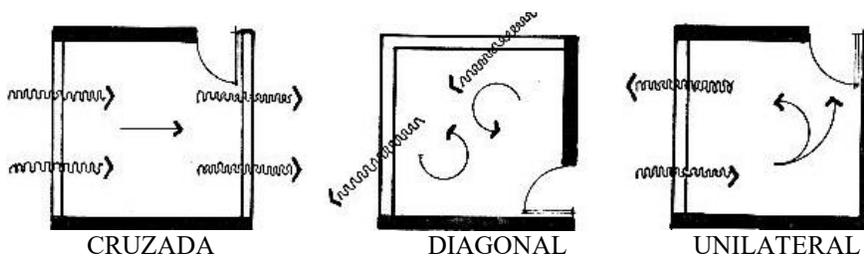


Figura 135. Alternativas para ventilar habitaciones. (Fonseca, 2002).

**5.3.2.1 Ventilación cruzada.** Se origina cuando el flujo de aire entra por aberturas con corrientes de alta presión y sale por aberturas, permitiendo que el aire transite de una zona de mayor presión a una zona de menor presión.

**5.3.2.2 Ventilación diagonal.** Se origina cuando el flujo de aire entra por aberturas con corrientes de alta presión y sale por aberturas en paredes adyacentes con corrientes de baja presión.

**5.3.2.3 Ventilación unilateral.** Se origina cuando el flujo de aire entra y sale por aberturas ubicadas en una misma pared, y normalmente son colocadas en zonas de alta presión.

**5.3.3 Comportamiento del viento dentro de los edificios.** La ubicación y el tipo de aberturas de entrada, determinan el patrón de flujo de aire en las habitaciones. El efecto Jet se presenta, cuando se producen distintos efectos de circulación del viento, es decir, cuando la ubicación de aberturas se encuentra más cerca del rincón del recinto, el aire tiende a circular por la pared más cercana, obteniendo una mejor circulación de aire.

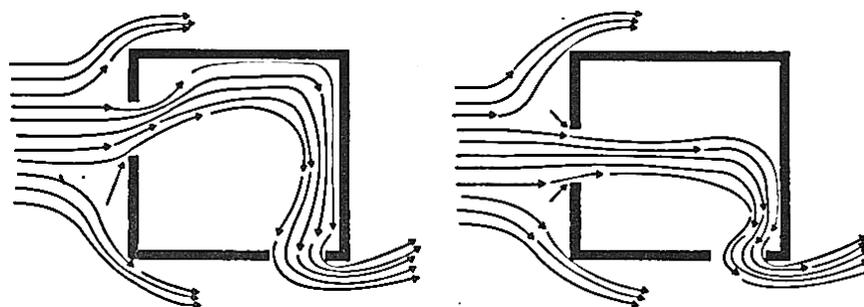


Figura 136. Patrones del flujo del aire. (Yarke, 2005).

Los patrones de flujo en el interior de las habitaciones dependen de la ubicación de las aberturas, la dirección de las corrientes de aire, los obstáculos interiores, los cambios de dirección, elementos arquitectónicos exteriores cercanos a las aberturas de entrada, etc.

#### Patrones de comportamiento del viento en planta.

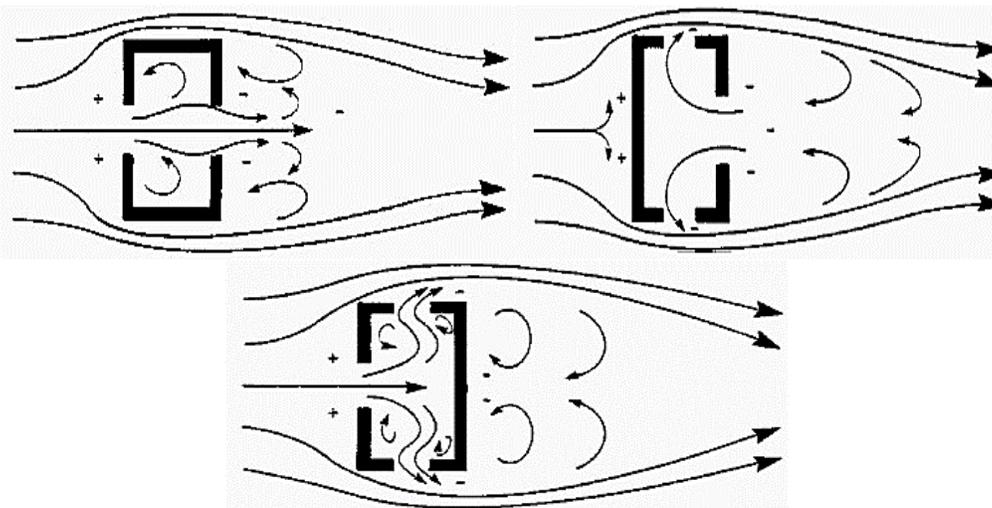


Figura 137. Patrones del flujo y zonas de presión. (Yarke, 2005).

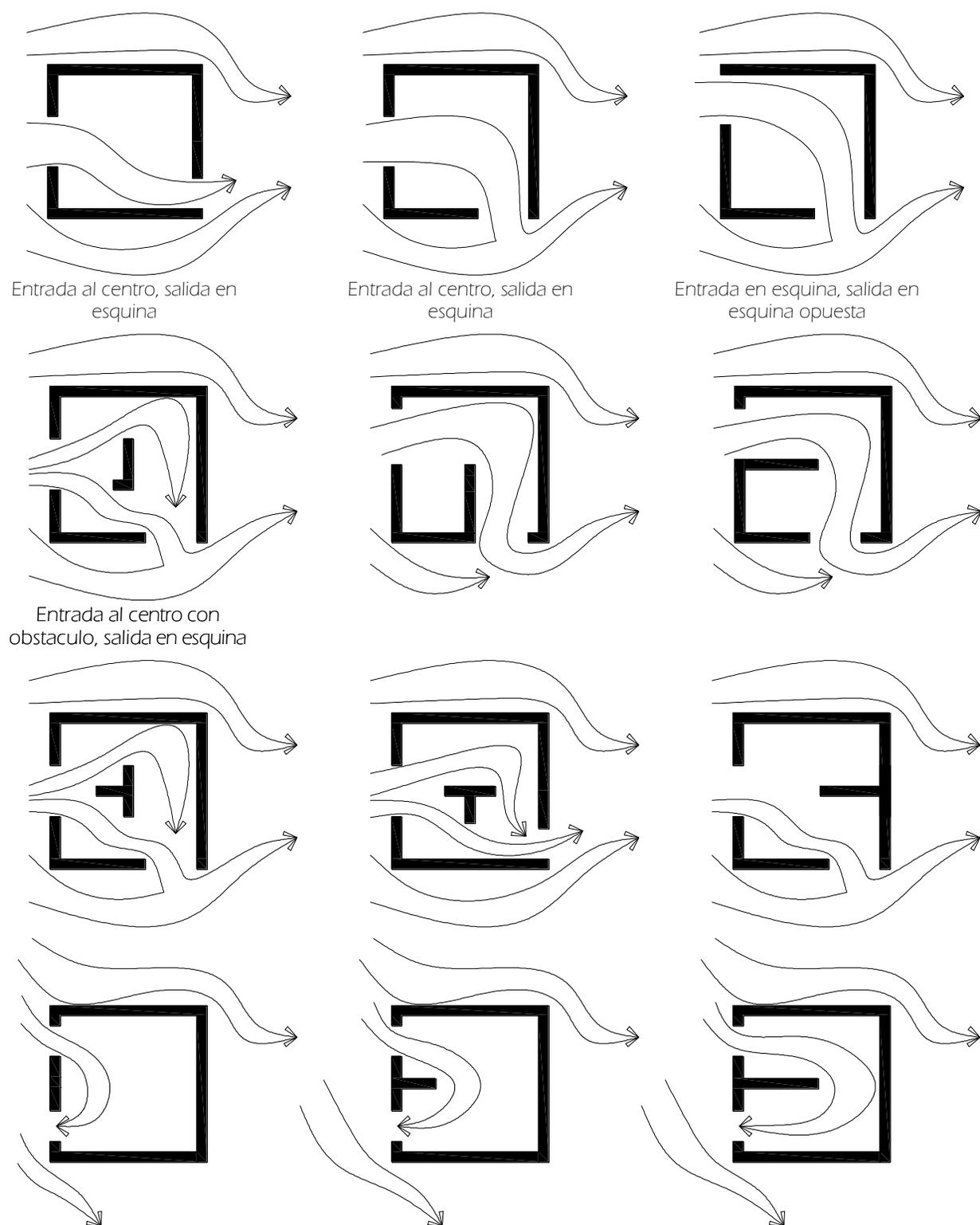


Figura 138. Patrones del flujo de viento en las habitaciones (en planta). (Fuente propia).

### Patrones de comportamiento del viento en alzado.

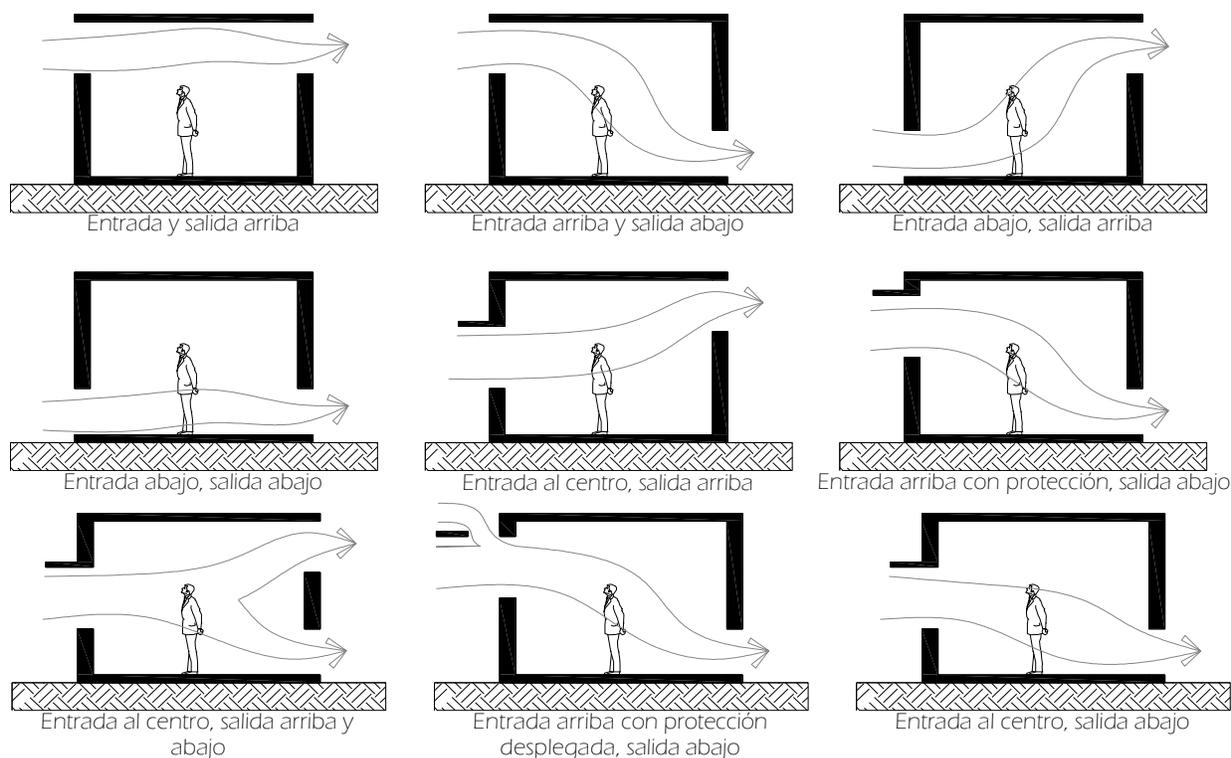


Figura 139. Patrones del flujo de viento en las habitaciones (en alzados). (Fuente propia).

**5.3.4 Ubicación de las aberturas.** La ubicación adecuada de aberturas, ventila eficientemente las habitaciones.

“Para ventanas en paredes adyacentes la mejor distribución de aire (las velocidades promedio aumentan entre el 10% y el 20%) se obtiene cuando el ángulo de incidencia del viento es perpendicular al eje de las aberturas. Mientras que, para aberturas con paredes opuestas, los vientos oblicuos aumentan las velocidades promedio entre un 20% y 30% más que con vientos perpendiculares”. (Yarke, 2005, p. 118)

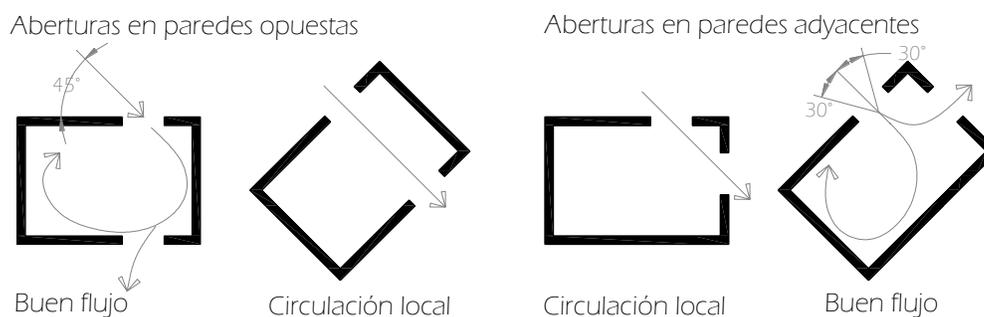


Figura 140. Ubicación de ventanas de ventanas en edificios. (Fuente propia).

Cuando la ventilación es unilateral, suele ser débil y depende en gran medida de la dirección del viento. Aumentando el tamaño de las aberturas no cambia significativamente la velocidad promedio interior, pero se puede mejorar colocando;

- 2 aberturas sobre la misma pared, para obtener un tipo de ventilación cruzada.
- Aberturas a 45° de lado que fluya el viento, para mejorar la velocidad interior.
- Protecciones verticales a lado de las ventanas, para generar zonas de alta presión.

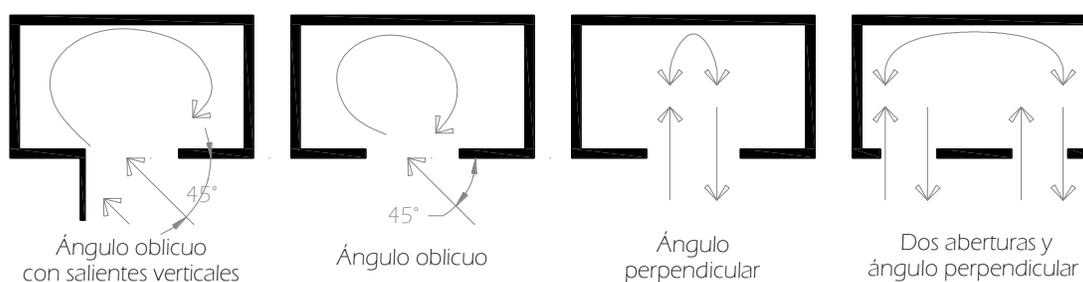


Figura 141. Opciones eficientes para una ventilación unilateral. (Fuente propia).

La ubicación de ventanas depende de la prioridad de la ventilación. Si lo que se pretende es ventilar para confortar a las personas, las aberturas se colocarán a la altura de los ocupantes; pero si lo que se busca es refrescar la estructura del edificio, la posición de las aberturas debe estar situadas cerca de las superficies de paredes, pisos o techos.

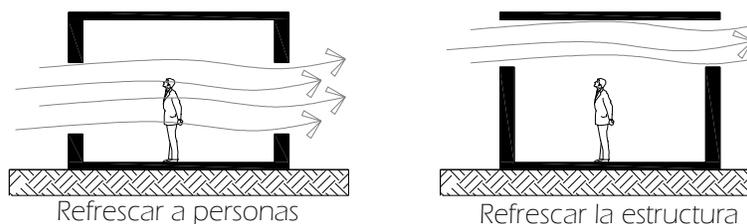


Figura 142. Ubicación de ventanas en alzado. (Fuente propia).

**5.3.5 Forma de ventanas.** Las ventanas horizontales funcionan mejor que las verticales y cuadradas, pues capturan el viento de más ángulos. Además, mejoran la distribución y velocidad del viento en los ángulos de incidencia a 45° (García y Fuentes, 2005).

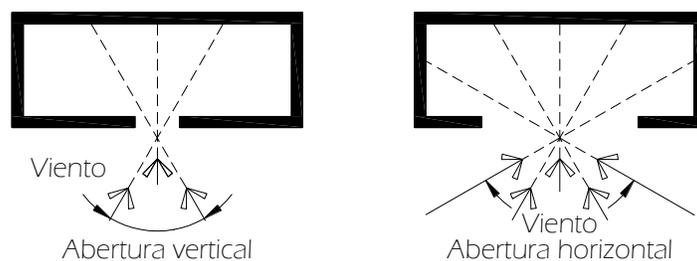
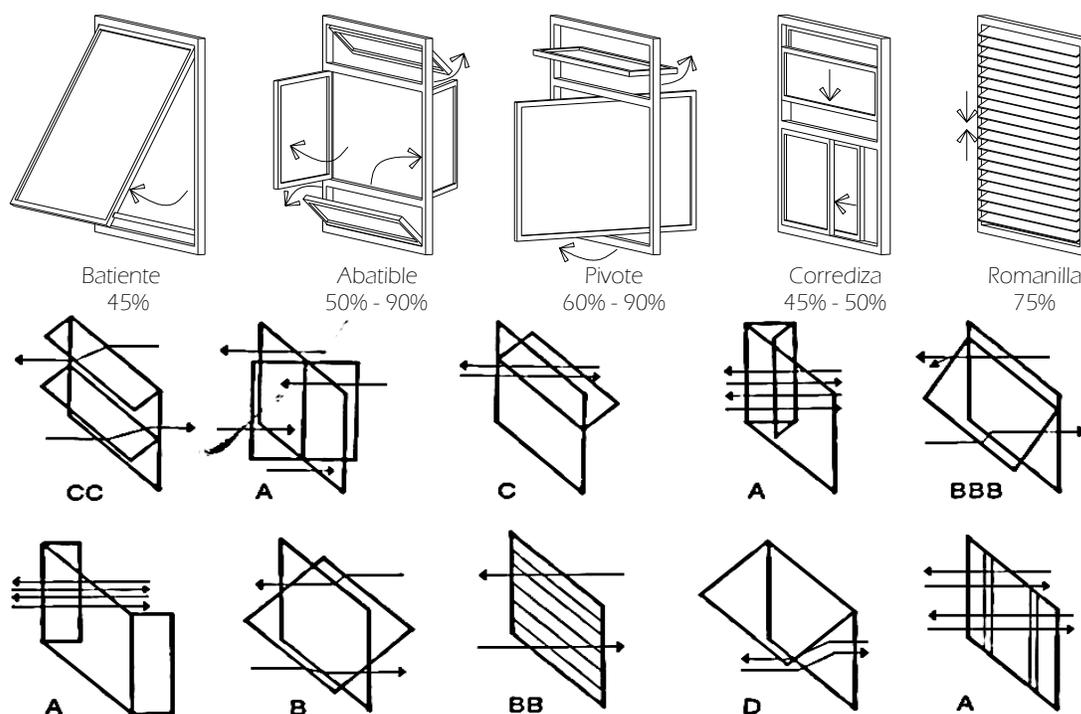


Figura 143. La forma de abertura para ventilar las habitaciones. (Fuente propia).

**5.3.6 Tipos de ventanas.** Existen varios tipos de ventanas en el mercado, las cuales pueden provocar gran variedad de patrones de aire que entra en la habitación. Sin embargo, es necesario conocer las ventajas y limitaciones que ofrece cada una de ellas para poder emplearlas de manera correcta. Además, cada tipo de ventana genera distintos flujos de aire, pues depende de las dimensiones y del porcentaje de abertura.



B = Separación de la corriente caliente y fría, buena

B B = Separación de la corriente caliente y fría, muy buena

B B B = Separación de la corriente caliente y fría, muy buena

Figura 144. Eficiencia de los tipos de ventanas. (Plazola y Plazola, 1992).

A = Ventilación medianamente buena

C-D = Ventilación mala

C-C = Ventilación regular

**5.3.7 Tamaño de aberturas.** Lo más recomendable en las edificaciones es colocar dos aberturas, una de entrada (en zonas de alta presión) y una de salida (en zonas de baja presión) de esa forma “se garantizará un flujo constante de aire dentro de la habitación, con velocidades interiores por lo menos 2.5 veces mayores a las que se darían en una ventilación unilateral” (García y Fuentes, 2005, p. 57). Además, los flujos constantes proporcionan aire puro y renuevan el aire de la habitación.

En recintos con ventilación cruzada, donde la superficie de entrada es menor que la de salida, se obtienen mayores flujos de aire y mayores velocidades de aire interior. En cambio, donde la superficie de entrada es mayor que la de salida, la distribución de velocidad en el recinto es mucho más uniforme.

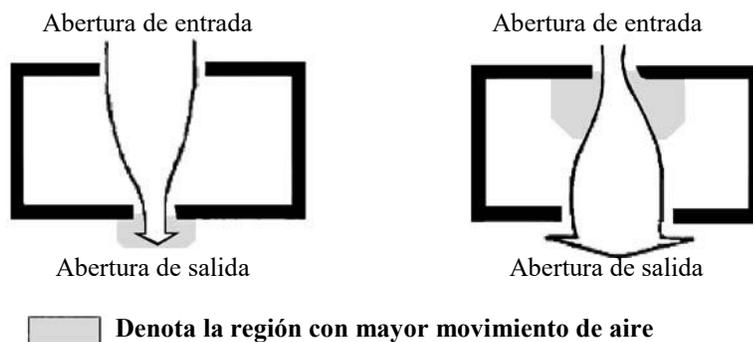


Figura 145. Efecto del tamaño de abertura en el flujo de aire (en planta). (Yarke, 2005).

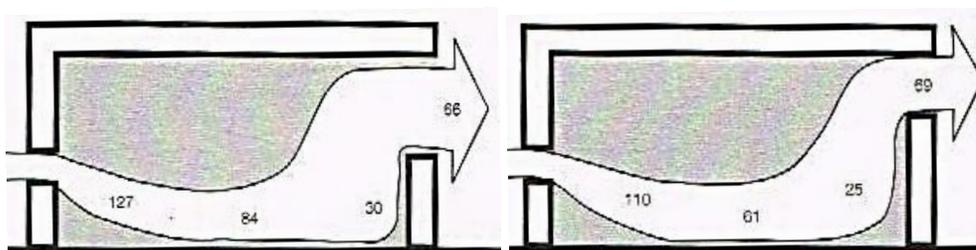


Figura 146. Efecto del tamaño de abertura en el flujo de aire (en alzado). (García y Fuentes, 2005).

Cuando la superficie de la abertura de entrada de aire es igual a la superficie de salida, “la renovación de aire abastece el aire puro necesario para respirar; sin embargo, no ayuda en casi

nada en términos de confort” (García y Fuentes, 2005, p. 57), puesto que lo más importante en la ventilación de recintos, es sentir el flujo del aire sobre el cuerpo.

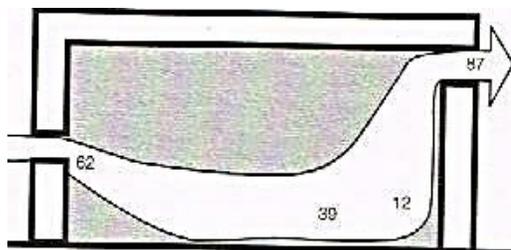


Figura 147. Efecto del tamaño de abertura en el flujo de aire (en alzado). (García y Fuentes, 2005).

La relación óptima entre el área de salida y el área de entrada es de 1.25; cuando la relación es mayor, la velocidad del viento es mayor, la velocidad del viento aumenta sustancialmente cerca de la ventana, pero la velocidad interior promedio disminuye. (García y Fuentes, 2005). Para obtener la relación de entrada y salida óptima, es necesario conocer el área de la abertura de entrada; después, el área de entrada se multiplica por 1.25, y el resultado obtenido es el área de la abertura de salida.

$$\frac{\text{Área de salida}}{\text{Área de entrada}} = 1.25$$

$$\frac{\text{Área de salida}}{0.50} = 1.25$$

$$\text{Área de salida} = 1.25 \times 0.50$$

$$\text{Área de salida} = 0.625$$

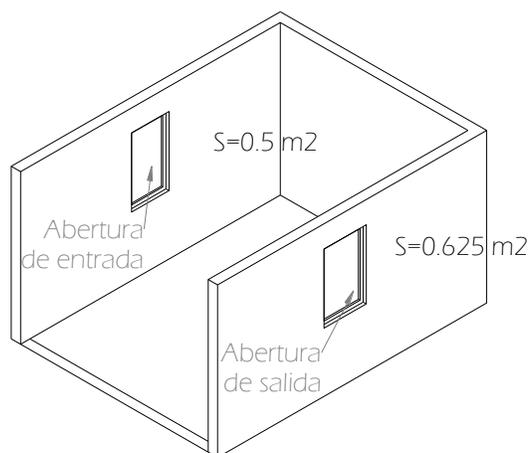


Figura 148. Fórmula para calcular área de aberturas de salida del viento. (Fuente propia).

“En los casos de habitaciones con dimensiones mínimas, la superficie total de vanos debe ser igual o mayor a 1/24 del área del local; si se trata de cocina será de 1/8 del área del local” (Fonseca, 2002, p. 104).

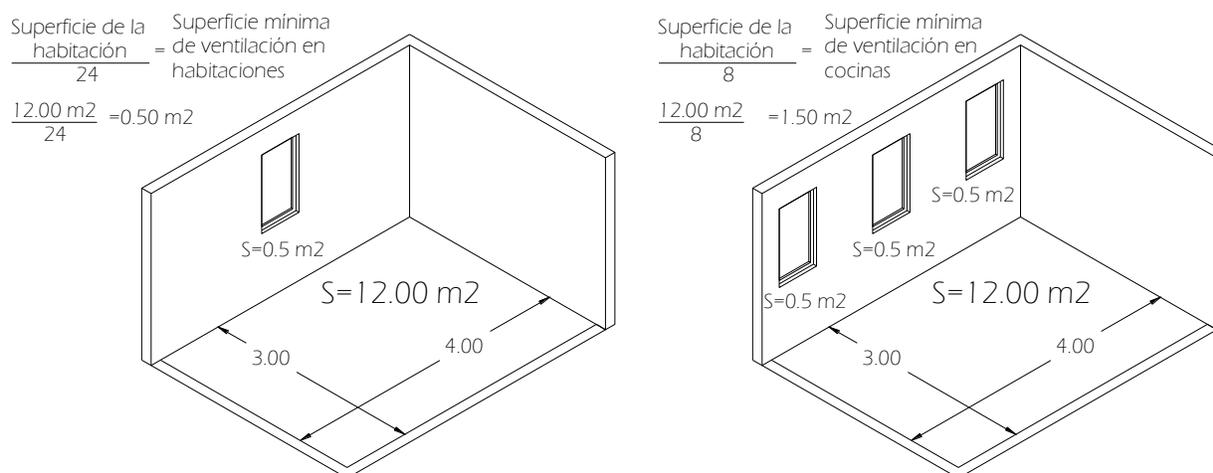


Figura 149. Fórmula para calcular el área de aberturas en habitaciones de la vivienda. (Fuente propia).

Se puede sugerir utilizar áreas de aberturas de entrada menores que la de salida, si se quiere obtener un flujo concentrado en un área restricta, esto es ideal en recintos donde los ocupantes estén cerca de la abertura de entrada, por ejemplo, en un dormitorio donde la cama esté cerca de la ventana. En cambio, se aconseja utilizar áreas de aberturas de entrada mayores que la de salida, en salas de estar donde se necesite una mejor distribución del aire. (Yarke, 2005, p. 121)

**5.3.8 Vegetación y viento.** Los árboles, arbustos o setos, son elementos vegetales que pueden causar distintos efectos en los patrones de flujo de aire, además, pueden reducir o aumentar la velocidad del viento.

Los elementos de vegetación también pueden obstruir, canalizar o hacer que cambie de rumbo el viento en el momento que se requiera. Cuando el follaje de un árbol es masivo y denso, obstruye el paso del aire, pero al mismo tiempo lo desvía por debajo, por encima y por los lados del follaje, haciendo que la velocidad del aire aumente en esos lados.

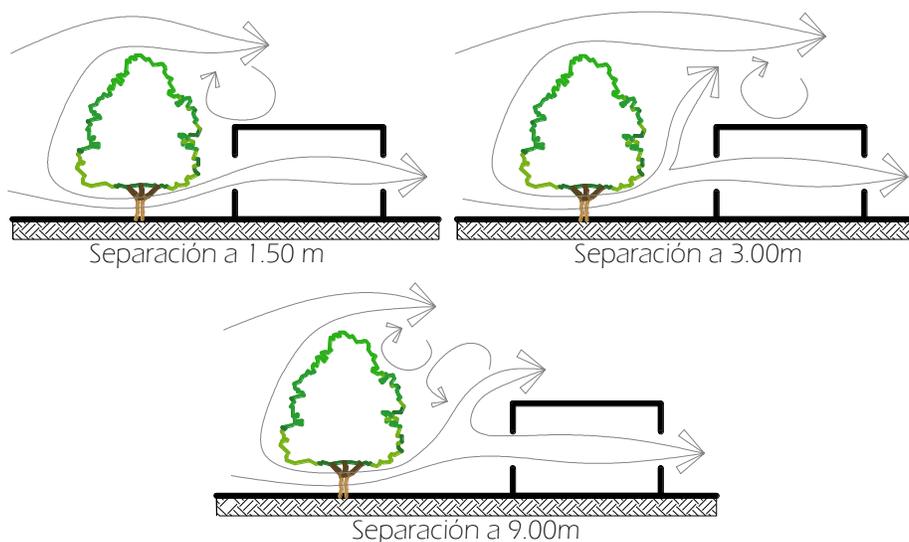


Figura 150. La obstrucción o inducción del viento por medio de la vegetación. (Fuente propia).

Los arbustos también pueden influir en los patrones de flujo del aire, dependiendo la altura del arbusto y la distancia a la que se encuentre del edificio.

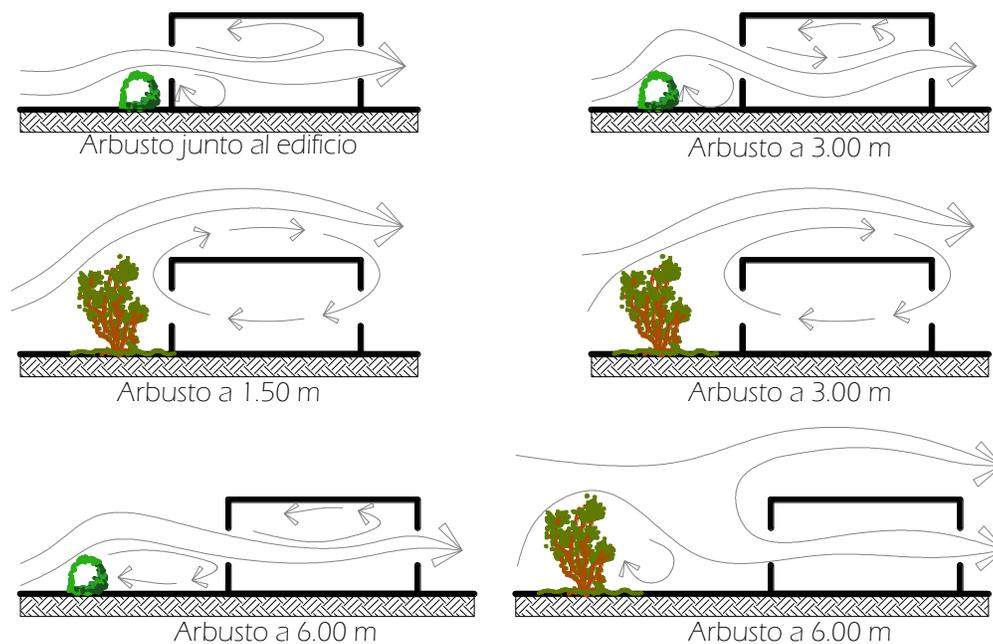


Figura 151. El tamaño y distancia de la vegetación afecta el flujo del viento. (Fuente propia).

La combinación de árboles y arbustos pueden conducir el rumbo del viento, alterando los patrones de flujo de aire.

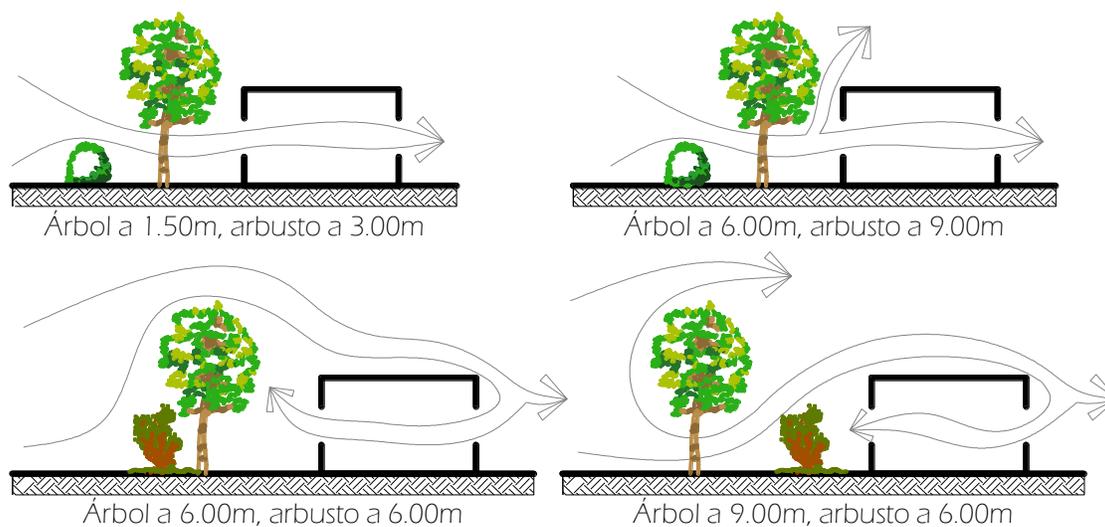


Figura 152. La vegetación altera los patrones de flujo del viento. (Fuente propia).

Cuando un edificio está mal orientado respecto al viento, se puede inducir el flujo de aire para favorecer su interior. La vegetación en estos casos juega un papel muy importante, ya que permite generar zonas de alta presión y zonas de baja presión.

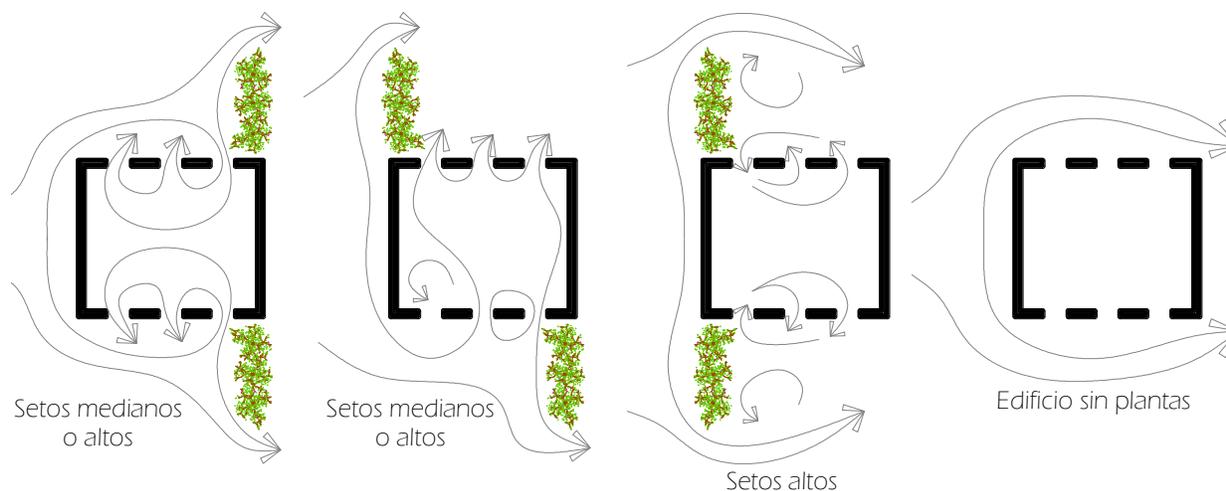


Figura 153. La vegetación induce flujo del viento a las habitaciones. (Fuente propia).

La vegetación también puede enfriar, humidificar, purificar, inducir, canalizar u obstruir el paso del viento.

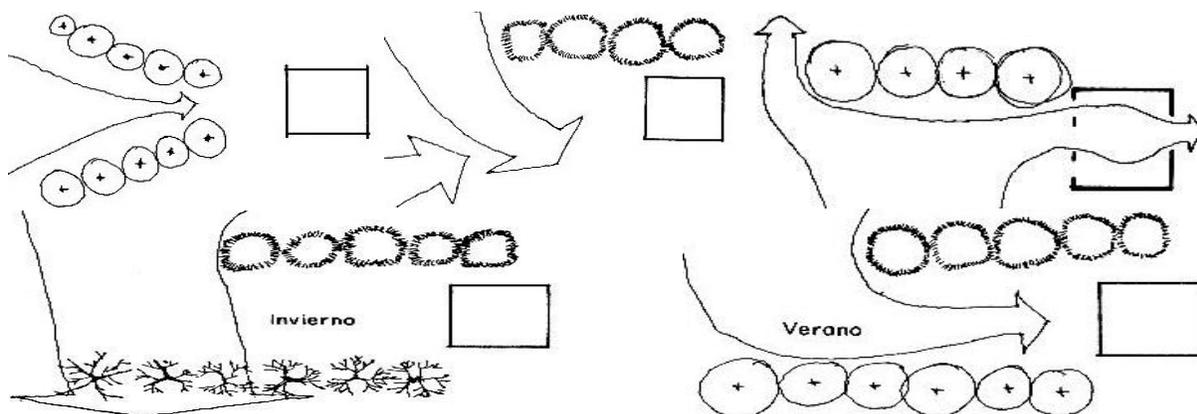


Figura 154. La vegetación dentro de la ventilación. (Fonseca, 2002).

**5.3.9 Vientos indeseables.** El análisis y manejo del viento es de suma importancia, pues en ocasiones puede ser indeseable.

- Cuando el viento es muy frío (la temperatura de aire inferior a la zona de confort).
- Cuando el viento es muy cálido (la temperatura del aire es superior a 35°C).
- Cuando el aire está contaminado (por polvo, smog, olores, CO<sub>2</sub>, etc.).
- Cuando su velocidad del viento es superior a 2.00 m/s (en interiores y en términos funcionales de confort).
- Cuando el viento se presenta bajo condiciones especiales como: tornados, ciclones o huracanes (arriba de 20m/s).

**5.3.10 Reductores de velocidad del viento.** Hay varios métodos que son muy útiles para reducir la velocidad del viento, tal es el caso de los mosquiteros, persianas, barreras de obra, vegetación, elementos horizontales, elementos verticales, entre otros.

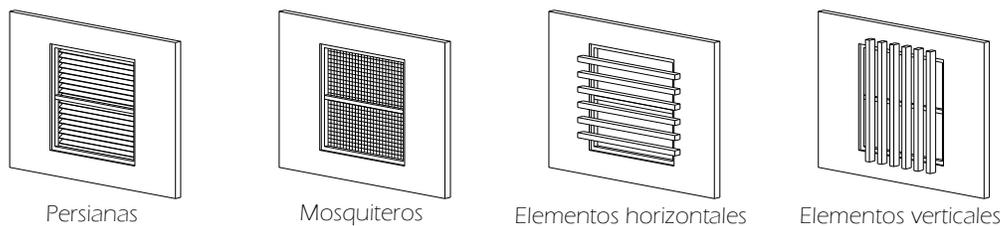


Figura 155. Sistemas para reducir la velocidad del viento. (Fuente propia).

La colocación de telas de mosquitero de nylon en ventanas, puede llegar a disminuir la velocidad del viento hasta un 30% o más.

## 5.4 Iluminación

La iluminación es la técnica que permite dar tratamiento a la luz, con la finalidad de iluminar cualquier espacio que ocupe el ser humano, apoyándose de los sistemas de luz natural, luz artificial o de ambas para satisfacer una necesidad. Y la iluminación natural es el método que se utiliza para dar claridad a los espacios en el transcurso del día, ocupando la luz del sol.

El diseño de iluminación natural en los espacios de la vivienda, se logra por medio de aberturas o ventanas con vidrios traslúcidos, que den directamente a la vía pública, a patios, azoteas, terrazas o superficies descubiertas (Arnal y Betancourt, 2012).

**5.4.1 Fuentes de luz natural.** La luz natural puede entrar a las habitaciones de varias maneras: luz solar directa, luz solar difusa, luz reflejada de obstáculos y luz reflejada del terreno.

La luz directa se presenta cuando un rayo solar incide directamente sobre una superficie. Esta fuente de luz sin duda es la más potente, pero también puede llegar a ser la más incómoda, puesto que puede provocar deslumbramientos en el interior de los locales al generar manchas extremadamente luminosas, por ello que se recomienda prescindir de ella (Monroy, 2006).

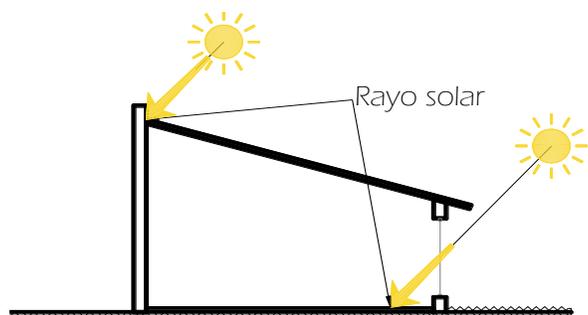


Figura 156. Incidencia de luz directa. (Fuente propia).

La luz difusa tiene menor intensidad que la luz directa, pero es muy estable y proviene de la dispersión de los rayos solares al impactarse en la atmósfera, generando cierta iluminación en la bóveda celeste (cielo azul). Es el tipo de iluminación natural más preferible para iluminar los proyectos arquitectónicos.

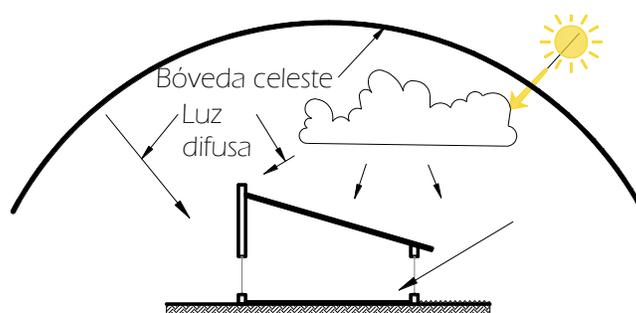


Figura 157. Incidencia de luz difusa. (Fuente propia).

La luz reflejada procede del entorno, tanto de superficies horizontales como verticales, y su intensidad depende del grado de reflexión de los materiales, de su orientación con respecto a la trayectoria solar y de los niveles de nubosidad del sitio. Existen dos tipos; la luz reflejada de obstáculos, que procede de los elementos arquitectónicos verticales o edificios ubicados cerca de la habitación; y la luz reflejada del terreno, que procede de las superficies horizontales, tal es el caso de los pisos o losas ubicadas cerca de la habitación.

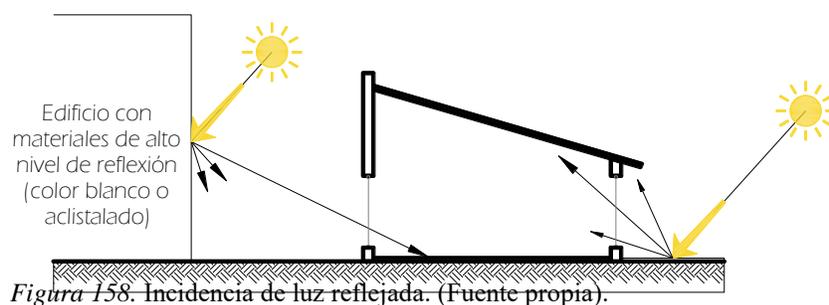


Figura 158. Incidencia de luz reflejada. (Fuente propia).

**5.4.2 Alternativas para iluminar espacios.** Hay varias alternativas para iluminar las habitaciones, algunas pueden resultar más eficientes que otras, sin embargo, se recomienda que las ventanas abran o estén orientadas donde se pueda ver un sector del cielo.

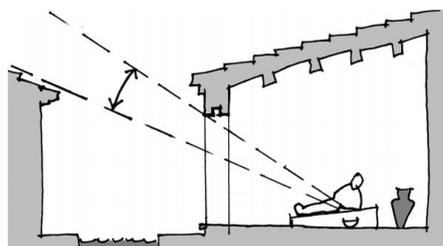


Figura 159. Iluminación en locales habitables. (Monroy, 2006)

La ubicación de ventanas es muy importante, pues en las habitaciones donde los rayos solares no inciden directamente en su interior, se corren el riesgo de que crezcan virus y bacterias, haciendo que sus ocupantes enfermen más fácilmente. Por ello es importante colocar las ventanas donde los rayos solares puedan entrar y sanen su interior (Lengen, 2011).

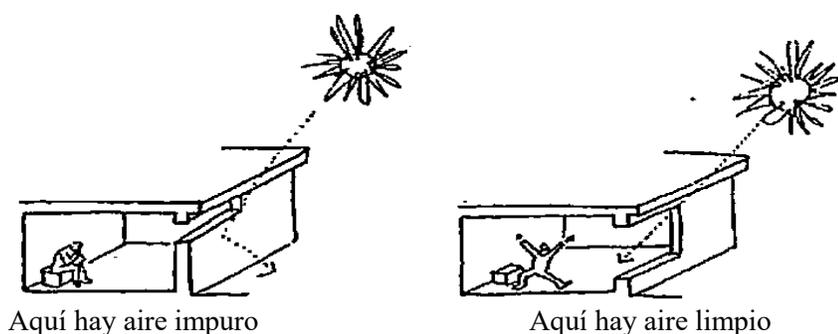


Figura 160. Importancia de la radiación solar dentro de las habitaciones. (Lengen 2011).

Las ventanas que están orientadas hacia el sur pueden recibir mayor cantidad de luz natural que las ventanas orientadas hacia el norte, especialmente en el solsticio de invierno, donde la elevación o ángulo solar a medio día es más inclinado.

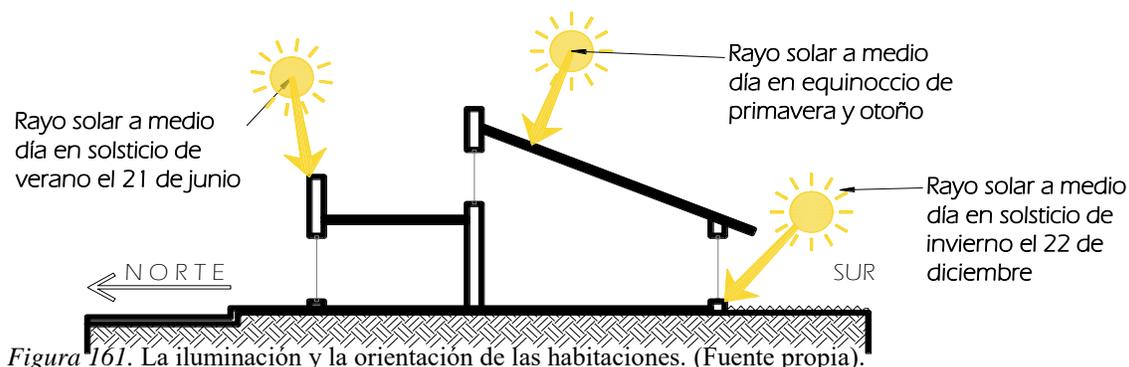


Figura 161. La iluminación y la orientación de las habitaciones. (Fuente propia).

Los materiales y colores utilizados en los pisos, paredes y techos interiores o exteriores, pueden generar distintos ambientes de luz. Los colores claros y materiales pulidos reflejan una mayor cantidad de luz que los colores oscuros y los materiales rugosos (ver tabla 10).

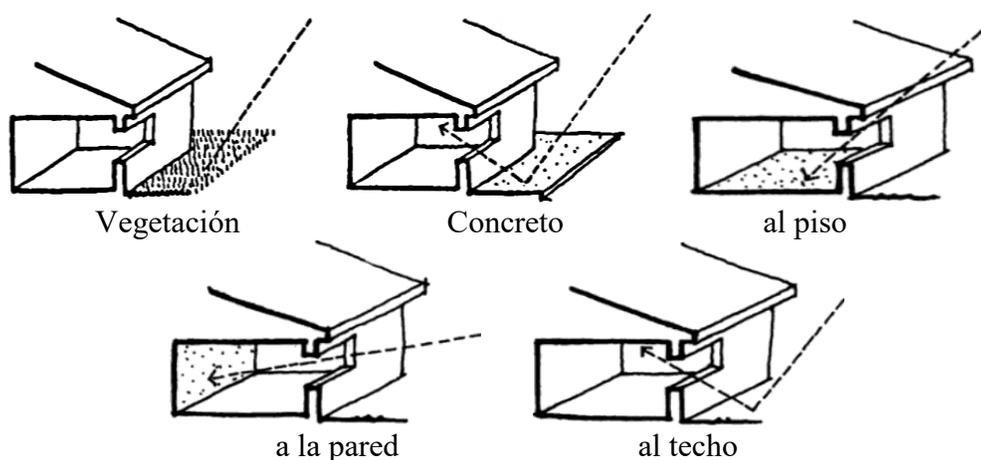


Figura 162. Reflexión de los materiales en distintas superficies. (Lengen, 2011).

El relieve cerca del sitio, puede cambiar la cantidad de luz que entra en las habitaciones.

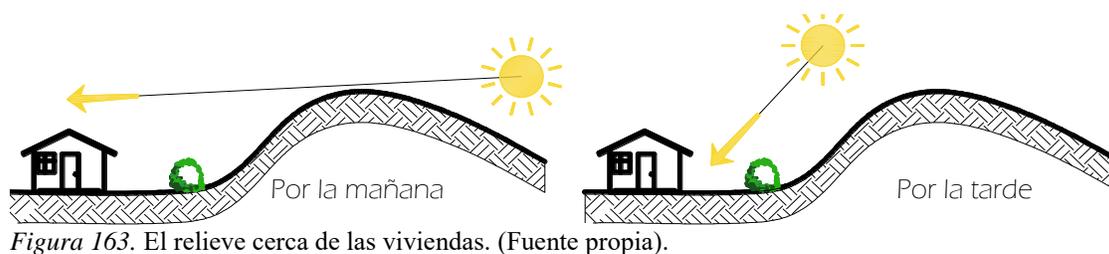


Figura 163. El relieve cerca de las viviendas. (Fuente propia).

Algunos elementos verticales pueden mejorar la iluminación de los locales, aunque también dependerá de la orientación del elemento y de los niveles de reflexión.

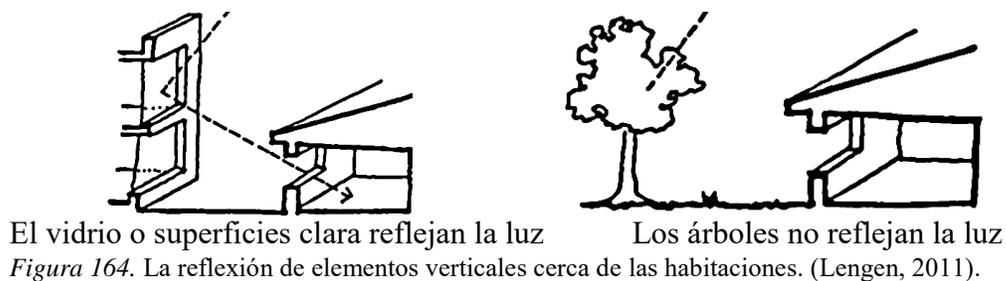


Figura 164. La reflexión de elementos verticales cerca de las habitaciones. (Lengen, 2011).

La ubicación de elementos verticales como edificios o árboles muy cercanos a la vivienda, pueden obstruir el paso de luz o generar sombras, sin embargo, dependerá de la altura del elemento y de la densidad del follaje.

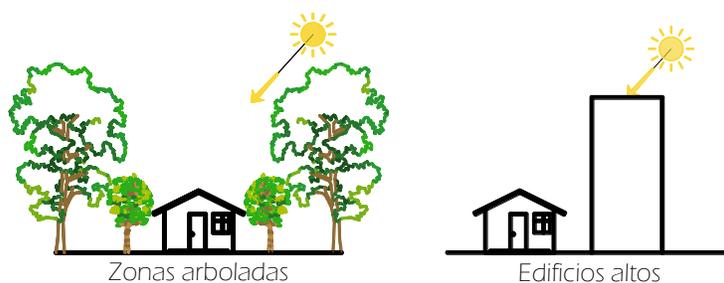


Figura 165. Los elementos verticales pueden obstruir el paso de luz. (Fuente propia).

Cuando la iluminación natural penetra las habitaciones de forma horizontal, se recomienda colocar el mobiliario de manera lateral, para evitar los deslumbramientos directos, como sucede en los espacios donde la posición de los ocupantes es frontal, y evitar las sombras arrojadas en las pantallas de los ordenadores o televisores cuando la posición es de espaldas.

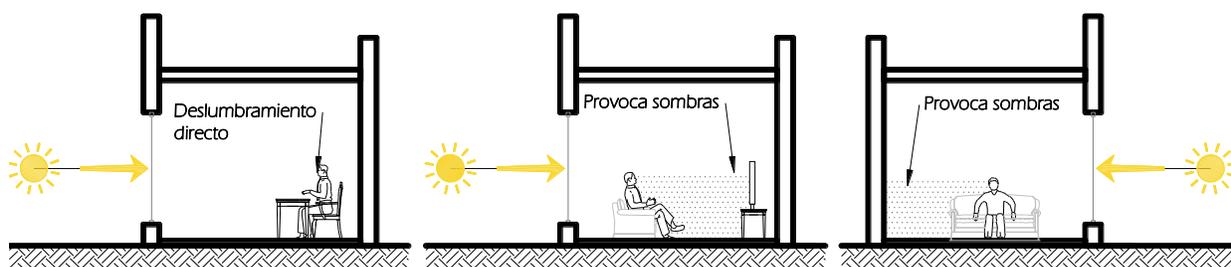


Figura 166. Distribución del mobiliario cuando la incidencia de luz es horizontal. (Fuente propia).

Las habitaciones con menor profundidad reciben mayor cantidad de luz que las habitaciones con mayor profundidad.

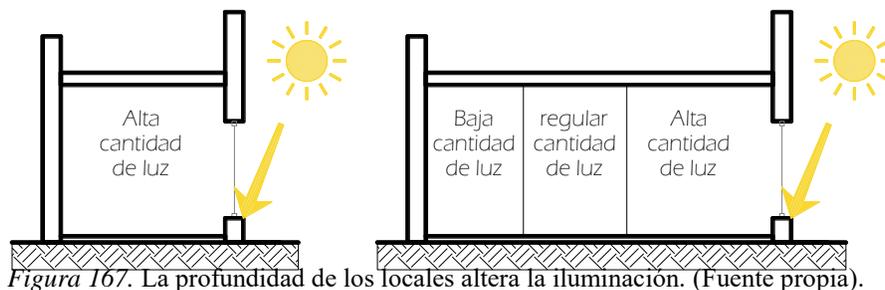


Figura 167. La profundidad de los locales altera la iluminación. (Fuente propia).

“Para resaltar la visión espacial de las personas y objetos tridimensionales conviene que la luz proceda de varias fuentes o una fuente extensa. Ello evitará las sombras duras y permitirá tener una visión aceptable en las zonas en sombra” (Monroy, 2006, p. 28).

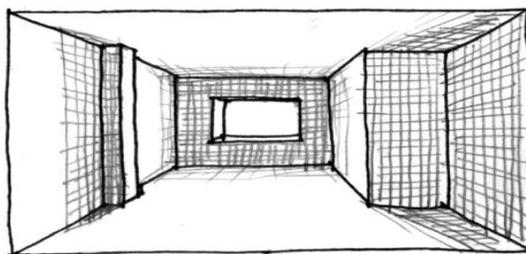


Figura 168. La distribución de la luz en los locales. (Monroy, 2006).

Para obtener mejores resultados de iluminación en las habitaciones, se recomienda que la cantidad de luz que entre, sea distribuida uniformemente por toda la habitación, para que no haya tanta diferencia entre los niveles de luz natural cerca de la ventana y lejos de ella.

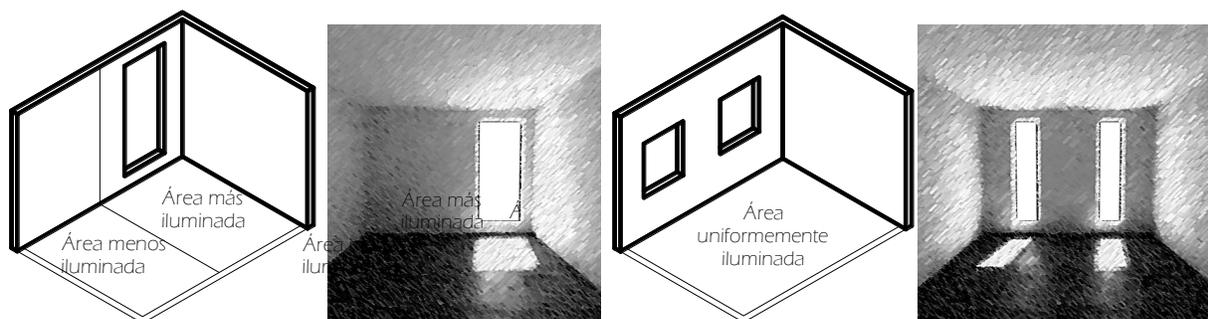


Figura 169. La distribución de luz en los locales. (Fuente propia).

La colocación de ventanas altas y tragaluces, son buenas soluciones cuando entra poca luz por las ventanas.

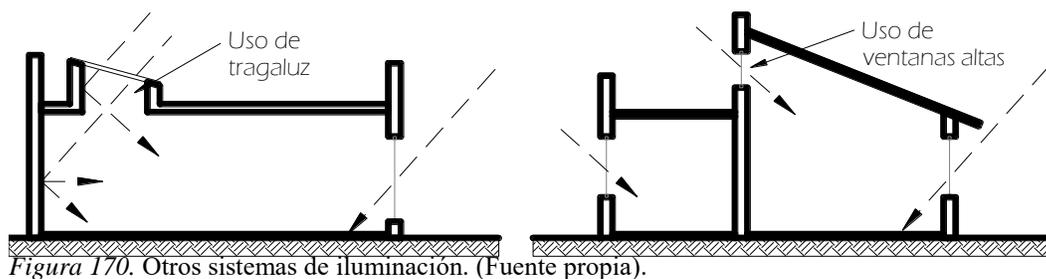


Figura 170. Otros sistemas de iluminación. (Fuente propia).

**5.4.3 Tamaño de las aberturas.** El tamaño de aberturas determinará la cantidad de luz que entra en la habitación, y dependerá de la actividad que se desarrolle en el local. Pero para habitaciones de vivienda se considera que el área mínima para la iluminación, sea  $1/5$  de la superficie del local.

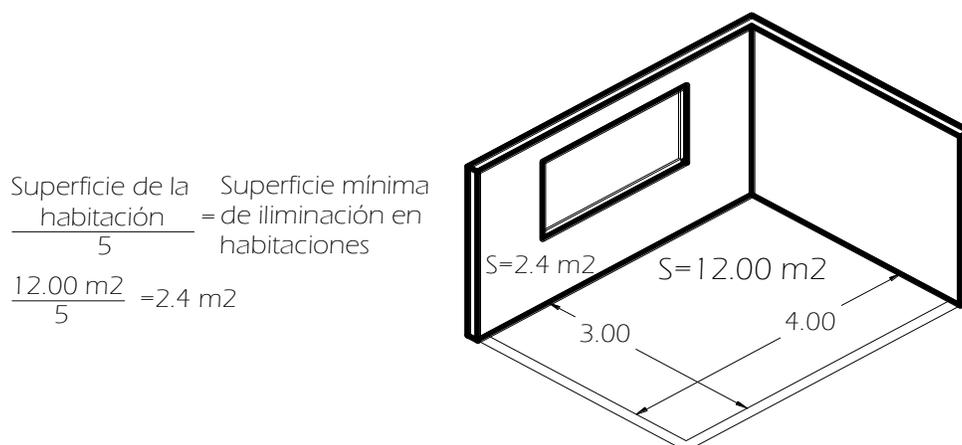


Figura 171. Fórmula para calcular la superficie de aberturas. (Fuente propia).

**5.4.4 Control de cantidad de luz.** El exceso de cantidad de luz en las habitaciones también puede llegar a ser molesto.

El nivel de iluminación natural de los locales suele depender directamente del nivel exterior, que puede oscilar entre 10,000 a 100,000 lux según la hora y nubosidad. Pero un local también puede recibir demasiada luz si no existe una protección contra la radiación solar. Por otro lado, ciertas actividades requieren una regulación precisa del nivel de iluminación, como por ejemplo para ver la televisión o descansar, llegando incluso a necesitar el oscurecimiento total para dormir o ver cine (Monroy, 2006, p. 29).

El deslumbramiento se produce cuando un flujo de luz intensa incide directamente en los ojos de los ocupantes, por ello es conveniente que las fuentes luminosas estén fuera de su campo visual.

Las fuentes de luz situadas a más de  $60^\circ$  sobre el horizonte no suelen ser visibles, produciendo molestias moderadas por debajo de  $45^\circ$  y elevadas por debajo de  $30^\circ$ . También son muy molestos los reflejos brillantes que proceden de debajo del horizonte. (Monroy, 2006, p. 27).

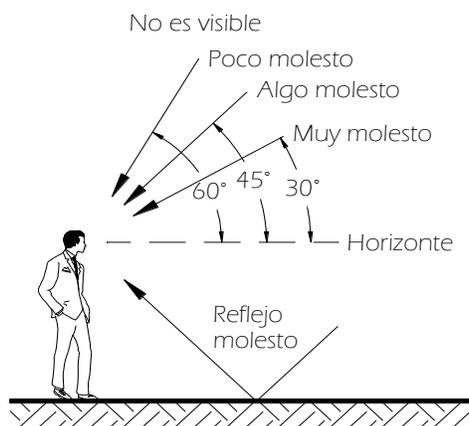


Figura 172. Ángulos de iluminación molesta. (Monroy, 2006)

Como se ha mencionado anteriormente los dispositivos de control solar consideran aspectos térmicos y lumínicos, por ello, se debe lograr un equilibrio entre ambos aspectos, para que no se vea afectado el ambiente interior. (Ver apartado de dispositivos de control solar)

### 5.5 Acústica arquitectónica

“La acústica es la ciencia que estudia los diversos aspectos relativos al sonido, particularmente los fenómenos de generación, propagación y recepción de las ondas sonoras en diversos medios” (Miyara, 2014, p.1).

En cambio, la acústica arquitectónica estudia el control y la propagación del sonido dentro y fuera de los edificios, para obtener un adecuado aislamiento acústico o para mejorar el acondicionamiento acústico (Dearkitectura, 2012).

**5.5.1 Comportamiento del sonido en edificios.** Los sonidos molestos o no deseados, generalmente provienen del exterior, y en su mayoría son generados por (fenómenos naturales, tráfico de vehículos, sonidos aéreos de aviones, áreas recreativas o edificios).

Cuando el sonido choca con un edificio rodea gran parte de su superficie, y crea zonas de alta frecuencia, de mediana frecuencia, de baja frecuencia y sombras acústicas, las cuales son las zonas donde llega la menor cantidad de sonido.

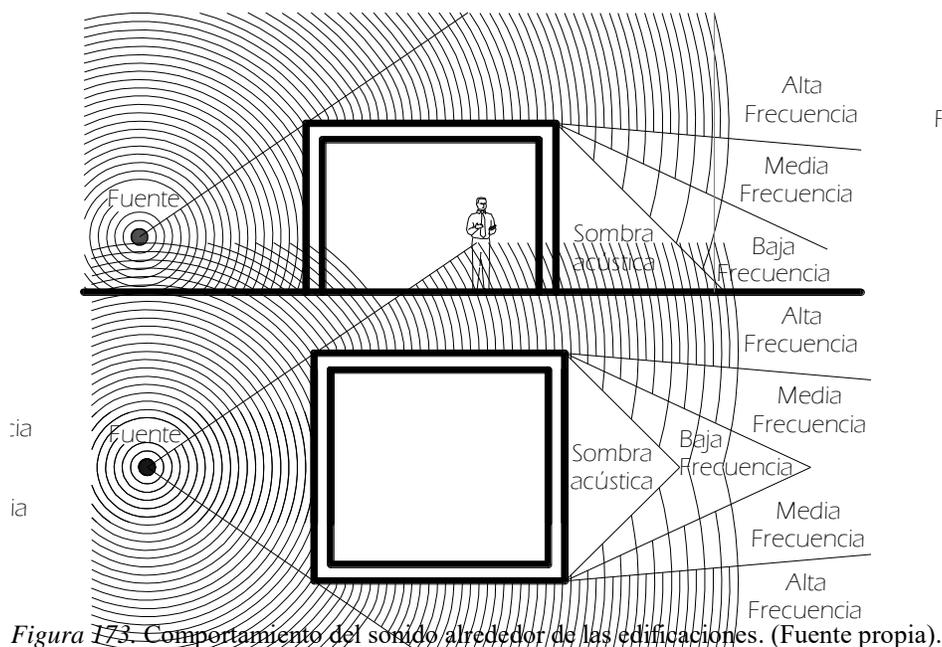


Figura 173. Comportamiento del sonido alrededor de las edificaciones. (Fuente propia).

**5.5.2 Alternativas para controlar el ruido.** Lo más conveniente para evitar los ruidos no deseados, es tratando de construir las viviendas lejos de las zonas con altos niveles de ruido, como aeropuertos, lugares recreativos, carreteras, ferrocarriles, fábricas o paradas de autobús.

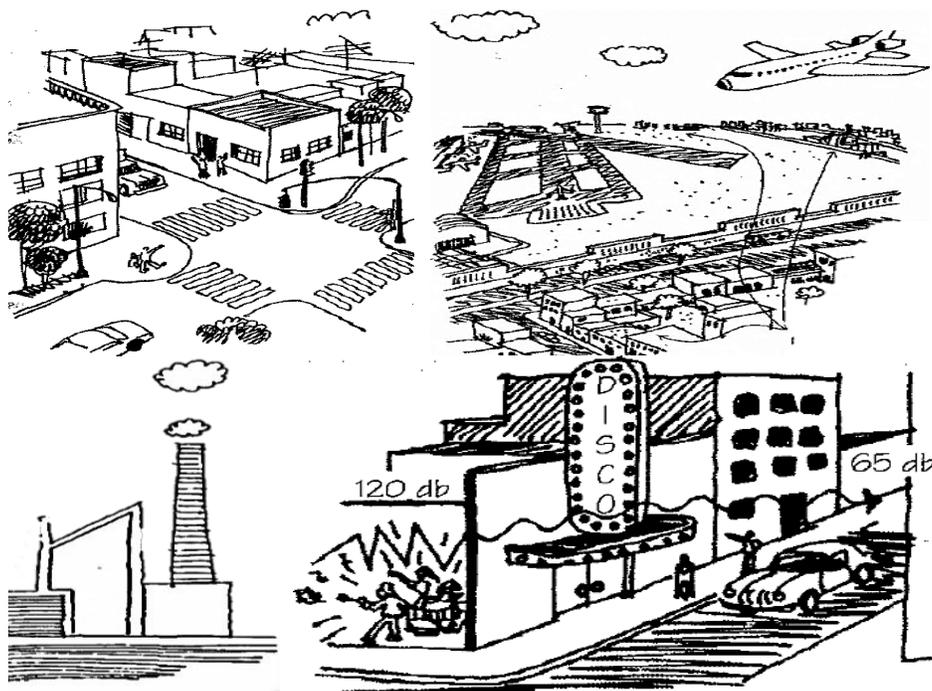


Figura 174. Zonas ruidosas (Arnal y Betancourt, 2012).

Un método útil para reducir la intensidad del sonido, es el uso de pantallas o barreras acústicas. Cuando una onda sonora choca con un obstáculo sólido, una parte de esta energía es reflejada, otra es absorbida y otra es transmitida, aunque también una parte de energía rodea el obstáculo y lo cambia de dirección (llamada onda de difracción).

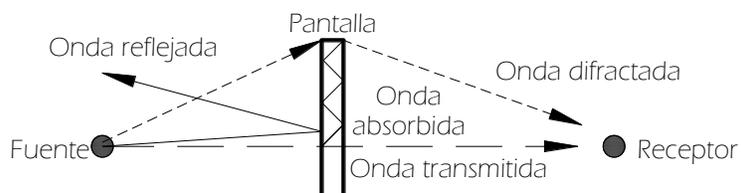


Figura 175. Comportamiento del sonido cuando choca en un obstáculo. (Fuente propia).

Algunas de las barreras más comunes que dan buenos resultados son las vegetales, de tierra, de concreto, de madera, de paneles metálicos y de materiales traslúcidos como el metacrilato (PMMA), policarbonato o vidrios de seguridad.

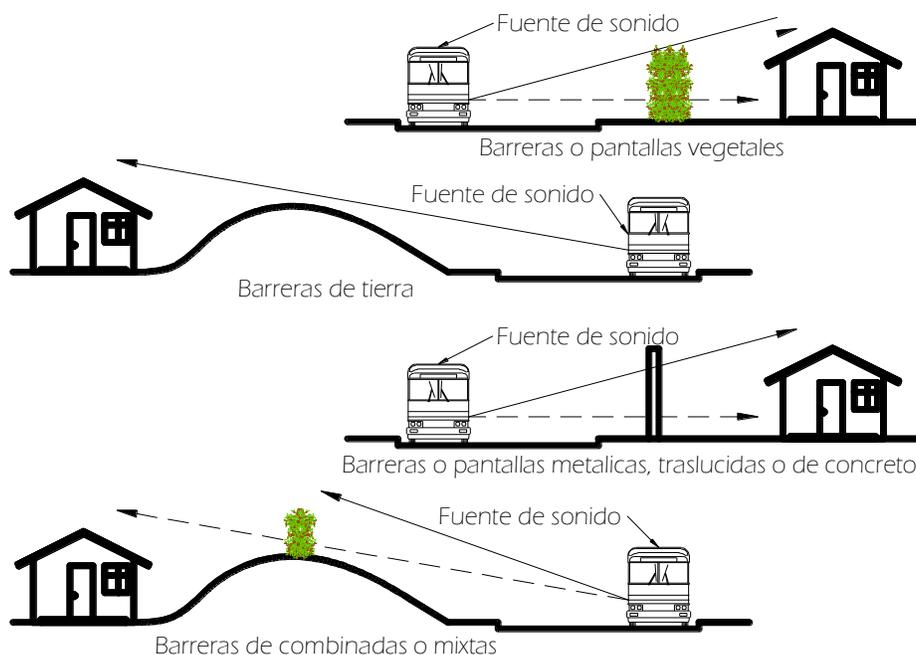


Figura 176. Tipos de barreras acústicas. (Fuente propia).

La distancia y posición de las barreras, es un factor que influye en su eficiencia. Las barreras ubicadas a la misma distancia entre la fuente y el receptor son las más deficientes para

controlar el ruido, mientras que las barreras que están más próximas al oyente y las que están más próximas a la fuente, son las más eficientes.

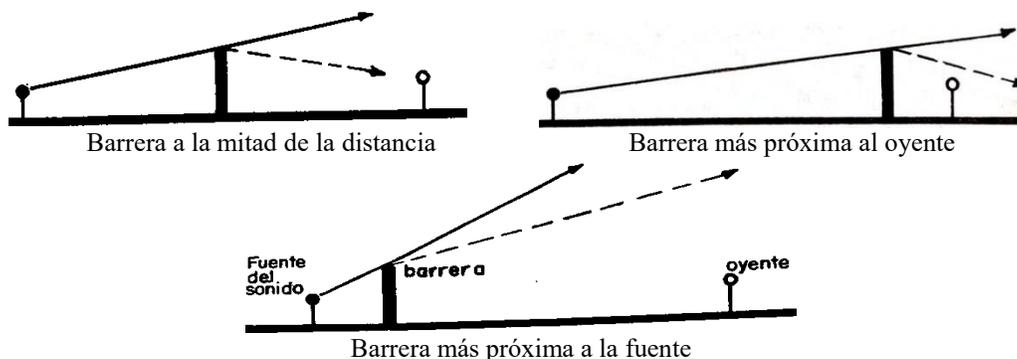


Figura 177. La distancia y el efecto de barreras acústicas. (Fonseca, 2002)

Usar los locales de la vivienda como barreras protectoras donde no importa mucho el ruido, también es una técnica eficiente para controlar los sonidos no deseados. Algunas alternativas son las bodegas, garajes, cuartos de servicio, alacenas, cuartos de blancos y otros espacios que no son habitables.

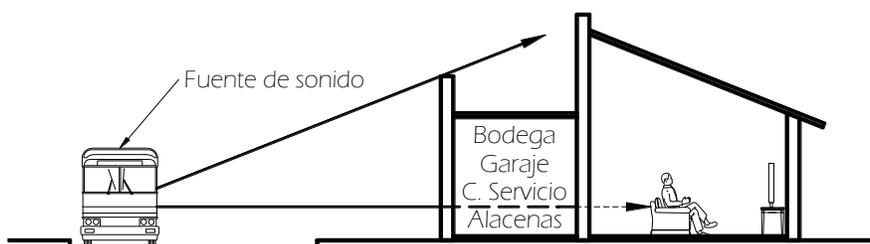


Figura 178. Los locales no habitables, como barreras protectoras de sonido. (Fuente propia).

La orientación de ventanas en direcciones contrarias a las fuentes de ruido, también puede disminuir la intensidad del sonido.

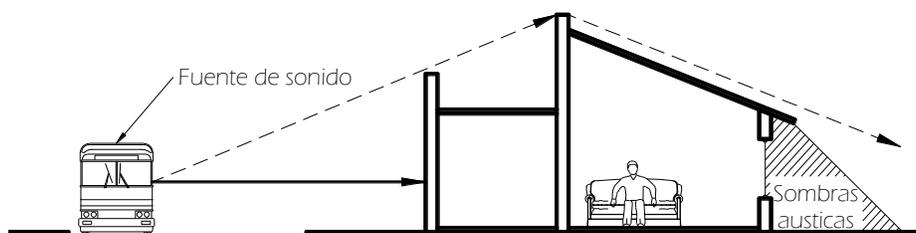


Figura 179. La orientación de las ventanas se coloca dependiendo la fuente de ruido. (Fuente propia).

Los materiales aislantes disminuyen la intensidad de ruido que proviene del exterior. Este tipo de materiales generalmente son densos, compactados, rígidos y no porosos, los cuales hacen que las ondas sonoras se reflejen o reboten; tal es el caso del concreto, el acero, los ladrillos, las piedras, azulejos, mármol, aplanados de yeso, aplanados de cal y arena con acabados lisos, etc.

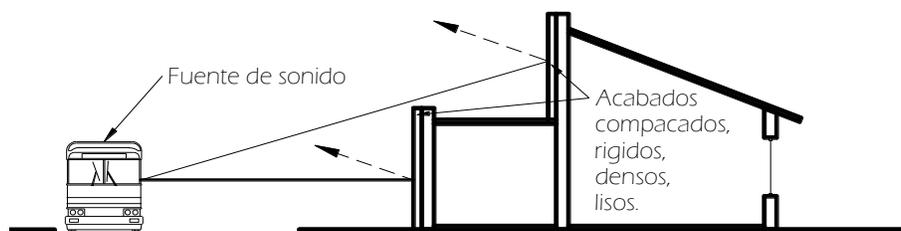


Figura 180. Materiales aislantes de sonido. (Fuente propia).

Los marcos de puertas y ventanas bien sellados disminuyen la intensidad del ruido que entra o sale.

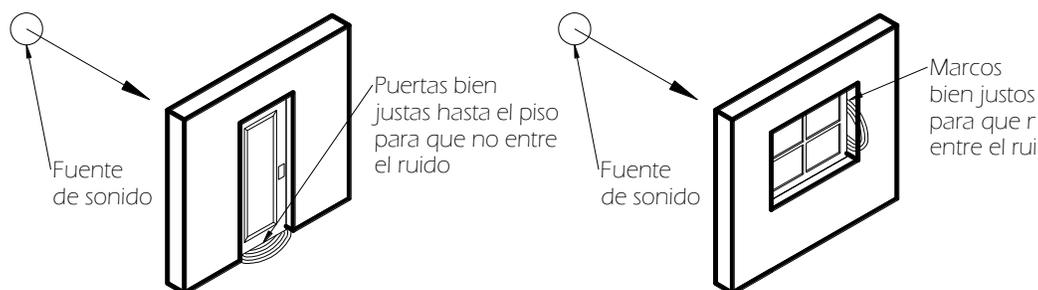


Figura 181. Ajustar bien los marcos de puertas y ventanas. (Fuente propia).

Otro método que puede atenuar la intensidad de ruido, es evitar utilizar artefactos de motor en horarios nocturnos para que el ruido no moleste a otras personas que puedan estar descansando, evitar hablar en alto o gritar, controlar el volumen de la música o televisor, controlar a las mascotas en caso de tenerlas para que no cause molestias a otras personas (OXFAM Intermón, s.f.).

Los ruidos de impacto se originan por pisadas, movimiento de muebles y golpes en muros, pisos o techos, y se transmiten por la estructura del edificio. Un método que reduce este tipo de ruido es colocando materiales elásticos sobre las superficies donde mayormente se generan los impactos, como en lavadoras, secadoras, en zonas de juego, danza o gimnasios.

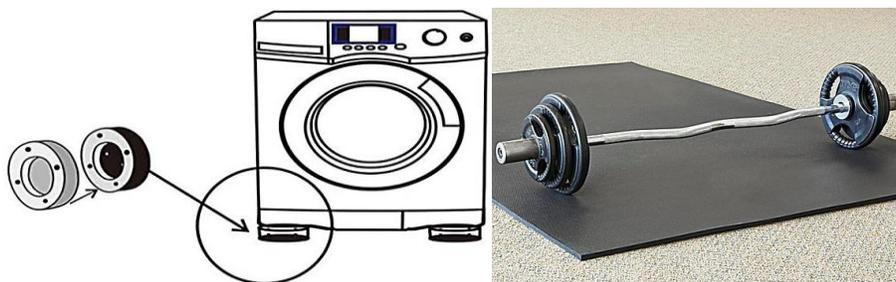


Figura 182. Evitar generar ruidos de impacto.

Separar las áreas ruidosas de las áreas silenciosas, controla los ruidos que se generan en el interior de la vivienda, pero, para dar mejores resultados es recomendable colocar locales intermedios entre ambas, este tipo de locales generalmente no les afecta el ruido, pero tampoco generan ruido.

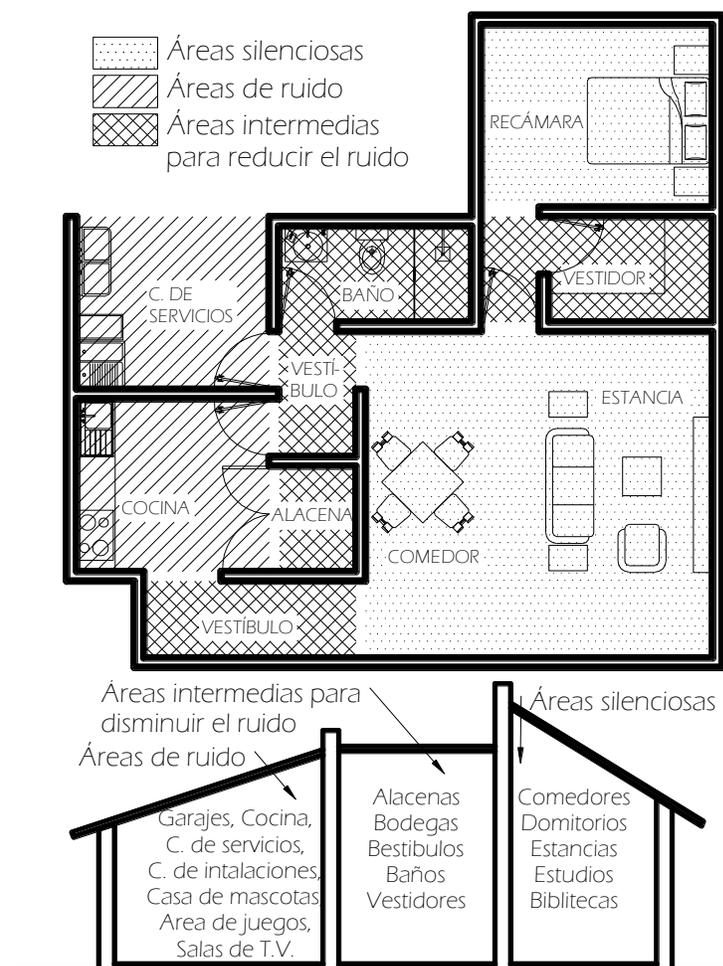


Figura 183. Separar las áreas ruidosas de las áreas silenciosas. (Fuente propia).

Envolver las fuentes de ruido con materiales aislantes, reduce la intensidad del ruido.

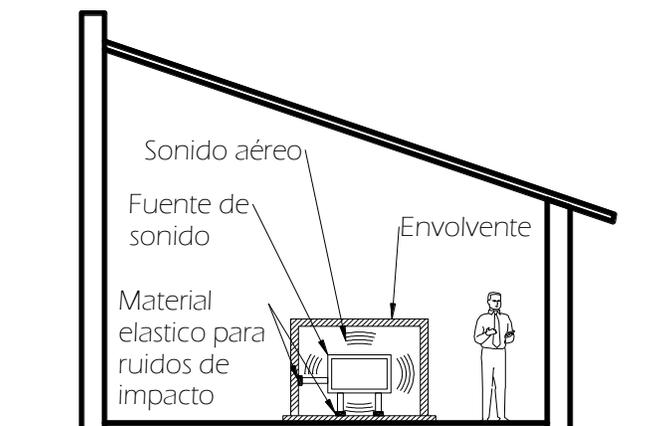


Figura 184. Envolver las fuentes de ruido. (Fuente propia).

Los materiales con altos niveles de absorción también reducen la intensidad del sonido, y generalmente son colocados en muros, pisos y techos de las habitaciones. Estos materiales suelen ser porosos, para que el sonido sea absorbido.

En el mercado hay varios tipos de materiales absorbentes, algunos provienen de los minerales como el vidrio y la roca volcánica; otros provienen del petróleo como el poliuretano y la espuma de poliestireno; y otros de las plantas o animales como el cáñamo, lana de algodón, lana de madera, lana de oveja, paja, plumas o corcho.

En la siguiente tabla se muestran algunos de los valores de absorción, los cuales se pueden interpretar de la siguiente manera, en cuanto el número de coeficiente se acerque más al cero, menor será el grado de absorción y en cuanto el número de coeficiente es más alejado del cero mayor será su grado de absorción.

Tabla 11  
Absorción de los materiales.

Material	Coeficiente de absorción $\alpha$ a la frecuencia					
	125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón sin pintar	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04
Hormigón pintado	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Ladrillo visto sin pintar	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
Ladrillo visto pintado	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Revoque de cal y arena	0.04	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06
Placa de yeso (Durock) 12 mm a 10 cm	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Yeso sobre metal desplegado	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.03
Mármol o azulejo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Madera en panel (a 5 cm de la pared)	0.30	25.00	0.20	0.17	0.15	0.10
Madera aglomerada en panel	0.47	0.52	0.50	0.55	0.58	0.63
Parquet	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Parquet sobre asfalto	0.05	0.03	0.06	0.09	0.10	0.22
Parquet sobre listones	0.20	0.15	0.12	0.10	0.10	0.07
Alfombra de goma 0,5 cm	0.04	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
Alfombra de lana 1,2 kg/m <sup>2</sup>	0.10	0.16	0.11	0.30	0.50	0.47
Alfombra de lana 2,3 kg/m <sup>2</sup>	0.17	0.18	0.21	0.50	0.63	0.83
Cortinas 338 g/m <sup>2</sup>	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
Cortinas 475 g/m <sup>2</sup> fruncida al 50 %	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
Espuma de poliuretano (Fonac) 35 mm	0.11	0.14	0.36	0.82	0.90	0.97
Espuma de poliuretano (Fonac) 50 mm	0.15	0.25	0.50	0.94	0.92	0.99
Espuma de poliuretano (Fonac) 75 mm	0.17	0.44	0.99	1.03	1.00	1.03
Espuma de poliuretano (Sonex) 35 mm	0.06	0.20	0.45	0.71	0.95	0.89
Espuma de poliuretano (Sonex) 50 mm	0.07	0.32	0.72	0.88	0.97	1.01
Espuma de poliuretano (Sonex) 75 mm	0.13	0.53	0.90	1.07	1.07	1.00
Lana de vidrio (fieltro 14 kg/m <sup>3</sup> ) 25 mm	0.15	0.25	0.40	0.50	0.65	0.70
Lana de vidrio (fieltro 14 kg/m <sup>3</sup> ) 50 mm	0.25	0.45	0.70	0.80	0.85	0.85
Lana de vidrio (panel 35 kg/m <sup>3</sup> ) 25 mm	0.20	0.40	0.80	0.90	1.00	1.00
Lana de vidrio (panel 35 kg/m <sup>3</sup> ) 50 mm	0.30	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00
Ventana abierta	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vidrio	0.03	0.20	0.02	0.01	0.07	0.04
Panel cielorraso Spanacustic (Manville) 19 mm		0.80	0.71	0.86	0.68	
Panel cielorraso Acustidom (Manville) 4 mm		0.72	0.61	0.68	0.79	
Panel cielorraso Prismatic (Manville) 4 mm		0.70	0.61	0.68	0.79	
Panel cielorraso Perfil (Manville) 4 mm		0.72	0.62	0.69	0.78	
Panel cielorraso fisurado Auratone (USG) 5/8"	0.34	0.36	0.71	0.85	0.68	0.64
Panel cielorraso fisurado Cortega (AWI) 5/8"	0.31	0.32	0.51	0.72	0.74	0.77
Asiento de madera (0,8m <sup>2</sup> /asiento)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
Asiento tapizado grueso (0,8m <sup>2</sup> /asiento)	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Personas en asiento de madera (0,8m <sup>2</sup> /persona)	0.34	0.39	0.44	0.54	0.56	0.56
Personas en asiento de tapizado (0,8m <sup>2</sup> /persona)	0.53	0.51	0.51	0.56	0.56	0.59
Persona de pie (0,8m <sup>2</sup> /persona)	0.25	0.44	0.59	0.56	0.62	0.50

La Tabla 11 muestra los coeficientes de absorción de los materiales. (Ramón, 2015).

### Recomendaciones

Respecto al factor de calefacción, se pudo observar que la temperatura media mensual en la delegación de San Rafael oscila entre los 11.40°C y 16.10°C; aunque también se pudo notar que la mayoría de las personas encuestadas, respondieron que en el transcurso del día el ambiente suele ser fresco en al menos un espacio de la vivienda y que por las noches el ambiente suele ser frío; lo cual indica, que durante todo el año se requiere de un sistema de calentamiento pasivo complementado con masa térmica, especialmente en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, donde ocasionalmente será complementado con sistemas de calefacción convencional. Por ello se recomienda.

Orientar las ventanas y locales habitables hacia el sur.

Utilizar techos inclinados que estén orientados hacia el sur.

Utilizar techos con alturas bajas.

Emplear pinturas y materiales de colores oscuros en las fachadas y techos.

Utilizar sistemas de calefacción de tipo invernadero.

Colocar chimeneas de leña o carbón para calentar la casa en los días más fríos del año.

Concentrar una mayor cantidad de personas en un mismo espacio.

Pintar el interior de las habitaciones con colores cálidos.

Sin embargo, es importante aclarar que, aunque se obtenga el calor necesario para que el cuerpo humano este confortable en las habitaciones durante el día, es de suma importancia evitar que el calor se pierda por los muros, las ventanas, los techos o los pisos. Por ello se recomienda.

Colocar la menor cantidad de aberturas hacia el norte.

Impermeabilizar los cimientos y los pisos.

Colocar paredes gruesas al lado norte de las edificaciones.

Utilizar la topografía, árboles y arbustos para desviar los vientos fríos del norte.

No ventilar las habitaciones por el techo.

Cerrar perfectamente las aberturas de marcos de puertas y ventanas.

Utilizar contraventanas en las aberturas de las habitaciones.

Colocar cortinas pesadas en el interior de las aberturas.

Usar materiales de construcción con grandes masas térmicas.

En lo que se refiere a los factores de ventilación, se observó que en las viviendas de San Rafael no se requiere de ventilación natural para refrigerar los espacios, pues la temperatura media mensual en todo el año es baja; sin embargo, también se notó mediante la encuesta que la mayoría de las personas que autoproducen viviendas, afirman que la ventilación en al menos un espacio de la vivienda es regular. A pesar de ello, se debe aclarar que todos los espacios habitables de la vivienda, requieren de una buena ventilación que pueda renovar el aire viciado por aire limpio, para que el ambiente interior sea más saludable, y para que el cuerpo humano pueda llegar a un estado de confort, cuando el flujo de aire incida sobre la piel de los usuarios. Por ello se recomienda.

Que la dimensión mínima de aberturas para locales habitacionales sea mayor o igual a  $1/24$  del área del local, y en las cocinas  $1/8$  del área del local.

Una ventilación cruzada de oeste a este, o una ventilación diagonal de oeste a sur.

Orientar las aberturas a  $45^\circ$  con respecto a la dirección del viento, cuando la ventilación sea cruzada, u orientar las aberturas a  $90^\circ$  con respecto a la dirección del viento, cuando la ventilación sea diagonal.

Que la forma de las aberturas sea horizontal.

Que la abertura de entrada de aire se coloque de manera asimétrica a la de la salida, para que el flujo de aire sea inducido por toda la habitación.

Que la abertura de salida se localice en la parte superior del muro, para facilitar la extracción de aire caliente y viciado, el cual se acumula en la parte superior de la habitación.

Que el tamaño de la abertura de salida sea 1.25 veces más grande que el tamaño de la abertura de entrada, para incrementar la velocidad promedio interior del aire.

Evitar que los muros interiores y mobiliario obstaculicen con el flujo interior del viento.

Que las aberturas cuenten con dispositivos que permitan el control del viento.

Utilizar elementos arquitectónicos, árboles o arbustos para desviar o inducir el viento.

En cuanto al factor de iluminación, se detectó que en los locales de las viviendas de San Rafael se requiere una buena iluminación, pues según los datos recolectados en la investigación de campo, muestra que el mayor porcentaje de las personas encuestadas encienden las luces de manera regular en el transcurso del día, en al menos un espacio de la vivienda. Por lo cual se recomienda que, en cualquier espacio habitable de la vivienda se pueda apreciar con claridad cada elemento que se encuentre en su interior. Por ello se recomienda.

Iluminar todos los espacios habitables con luz natural difusa.

Orientar las ventanas al oriente, poniente o sur, para que los rayos solares incidan de manera directa en las habitaciones unas horas al día.

Orientar las ventanas donde se pueda ver un sector del cielo.

Utilizar pinturas de colores claros y materiales pulidos en los espacios oscuros que tengan ventanas pequeñas, para que reflejen una mayor cantidad de luz.

Construir las viviendas lo más lejos de edificios, árboles y cerros muy altos que puedan obstruir el paso de la luz solar.

Colocar el mobiliario de manera lateral cuando la iluminación incida de forma frontal y horizontal, para evitar las sombras o reflejos molestos.

Que tengan poca profundidad las habitaciones donde se requiera alta cantidad de luz.

Que tengan mayor profundidad las habitaciones donde se requiera poca cantidad de luz.

Que la luz natural proceda de varias fuentes o de una fuente extensa, para que la cantidad de iluminación sea uniforme y se distribuya por toda la habitación.

Colocar domos o tragaluces en las habitaciones cuando entre poca luz por las ventanas, o cuando las habitaciones tengan una extensa profundidad.

Que el área mínima de iluminación en las habitaciones de la vivienda, sea igual o mayor a  $1/5$  de la superficie del local.

Colocar pisos de colores mate, oscuros y rugosos cuando la incidencia de luz entre de manera directa a las habitaciones, para evitar las reflexiones molestas.

En relación con el factor de sonido, se consideró que en los locales de descanso o estudio de todas las viviendas se necesita evitar y generar sonidos molestos, que perjudiquen la salud física y mental de los ocupantes como de los vecinos. Por ello se recomienda.

Evitar construir viviendas cerca de zonas con altos niveles de ruido.

Colocar barreras acústicas de concreto, tierra, árboles, arbustos, entre otros.

Colocar las barreras acústicas más cerca del oyente o más cerca de la fuente de sonido.

Utilizar los locales no habitables como barreras de sonido o cámaras de aire, para disminuir la cantidad de ruido en los locales habitables.

Orientar las ventanas en dirección contraria a las fuentes de ruido.

Utilizar materiales aislantes en el exterior de la vivienda.

Sellar perfectamente los marcos de puertas y ventanas.

Evitar gritar y controlar el volumen de la música o televisor, especialmente en horarios nocturnos.

Separar las habitaciones ruidosas de las habitaciones de descanso o relajación.

Evitar generar ruidos de impacto.

Aislar las fuentes donde se generen sonidos no deseados.

Utilizar en el interior de las habitaciones materiales de construcción, con alto coeficiente de absorción al sonido.

Respecto a los sistemas de control solar, se observó que es necesario controlar la incidencia de la radiación solar directa en las habitaciones, para que pueda ser inducida en los periodos fríos y obstruida en los periodos calurosos. Por ello se recomienda utilizar los elementos de control solar horizontales, verticales o mixtos, en caso de que las habitaciones se calienten demasiado o cuando la incidencia de luz deslumbre fuertemente las habitaciones.

## Conclusiones

En este trabajo de investigación se generó una metodología que pueda orientar a las personas que autoconstruyen viviendas en la delegación de San Rafael, Municipio de Tlalmanalco, Estado de México, por lo que se recolectó la información necesaria sobre el diseño bioclimático pasivo, para desarrollar proyectos eficientes y mejorar la confortabilidad y la calidad de vida de sus ocupantes.

De acuerdo con los datos obtenidos de la encuesta, la cual se realizó a personas que autoconstruyen sus viviendas en la delegación de San Rafael, en el Municipio de Tlalmanalco, Estado de México, se comprobó que un alto porcentaje de personas afirman que sus viviendas no son del todo cómodas, aunque también afirman que autoconstruyen sus viviendas debido a factor económico.

Así mismo, se pudo comprobar mediante los aspectos teórico-conceptuales que las viviendas con carácter bioclimático pasivo, no tienen por qué ser más costosas que las viviendas convencionales, pues el procedimiento solo depende de la utilización y del uso correcto de las energías renovables, dicho de otra manera, el diseño de viviendas tiene que ser más apropiado, adecuado y adaptado a cada sitio, para no depender tanto de los equipos de climatización o iluminación artificial.

A través de la investigación se pudo deducir que, con el empleo adecuado de las herramientas y las técnicas de diseño bioclimático pasivo, se puede ayudar a reducir la utilización de equipos convencionales de climatización e iluminación y con ello también disminuir el consumo de energías no renovables, de modo que también podrían reducirse los costos de operación y mantenimiento con el simple hecho de utilizar eficientemente las energías limpias.

Hay que decir también que, aunque este documento aborda la información más esencial de la arquitectura bioclimática pasiva, en el transcurso de la investigación, se descubrió que se puede llegar a mejorar el ambiente térmico, lumínico y acústico de las habitaciones, mediante la implementación de cálculos matemáticos y la integración de dispositivos de bioclimática activa, pues cada elemento está relacionado con la arquitectura bioclimática, por lo que ayudaría a complementar este documento y abrir puertas a nuevos temas de investigación.

Dicho lo anterior y de acuerdo con la investigación documental realizada, se permite comprobar la hipótesis planteada en la parte inicial de este documento, pues el uso adecuado de las energías renovables ayuda a mejorar el confort ambiental de las habitaciones, aunque también ayuda a mejorar el bienestar de los ocupantes.

También es necesario decir que, al desarrollar este documento lo más relevante fue dar a conocer a las personas, que dentro de las habitaciones de cualquier vivienda se pueden mejorar las condiciones ambientales térmicas, lumínicas o acústicas; siempre y cuando se empleen de manera correcta las técnicas y herramientas de la bioclimática pasiva. Aunque también es importante aclarar que, si las técnicas o herramientas de diseño no se utilizan de manera correcta pueden perjudicar el ambiente de las habitaciones.

Por otro lado, lo que más favoreció al generar este trabajo, fue recabar la información climatológica del sitio y aplicarla en las distintas herramientas de diseño bioclimático pasivo, pues gracias a los instrumentos desarrollados y adecuados al lugar de estudio, se pudieron determinar las recomendaciones y sugerencias bioclimáticas pasivas para las viviendas de la delegación de San Rafael, Municipio de Tlalmanalco, Estado de México.

Mientras que, lo que más dificultó la investigación fue encontrar las bases de datos estandarizadas del clima en la delegación de San Rafael, Municipio de Tlalmanalco, Estado de

México, pues la información de las Normales Climatológicas de Tlalmanalco expedidas por el Servicio Meteorológico Nacional, no cuenta con la información esencial del clima, como en otros municipios, debido a ello, se optó por emplear otras herramientas como la base de datos (Global Weather Data for SWAT) y el mapa digital de México en línea, expedido por el (INEGI).

Por último, se puede afirmar que, con el apoyo y el uso apropiado del contenido de este documento, siguiendo al pie de la letra las recomendaciones y sugerencias aquí descritas, se puede ayudar a mejorar el funcionamiento de las habitaciones y mejorar las condiciones ambientales de las viviendas que se autoconstruyen en la delegación de San Rafael, Municipio de Tlalmanalco, Estado de México. Así mismo ayudaría a todas las personas que autoconstruyen viviendas a mejorar el confort y la calidad de vida de los habitantes.

## Glosario

**Acústica.** “Es la rama de la física que estudia todos los fenómenos físicos que están vinculados a la generación, propagación y detección de ondas mecánicas que se escuchan en una banda de frecuencias, que se hacen llamar las ondas sonoras” (González, 2011).

**Aire.** Por su parte es la mezcla de gases que rodean la atmosfera, estos gases son una combinación de nitrógeno y oxígeno principalmente y otras sustancias, estas tienen peso, ocupan espacio, generalmente están atraídas hacia el planeta por la gravedad pudiendo trasladarse de un lado a otro.

**Bioclima.** “Es la asociación de los elementos meteorológicos que influyen en la sensación de bienestar fisiológico” (Morillón, 1993, p. 139).

**Calefacción.** Es un sistema pasivo que implica el aprovechamiento de una fuente de energía que pueda proveer calor necesario. Un caso muy común proviene de la energía que irradia el sol.

**Calor.** Es la energía en tránsito entre uno o dos sistemas y el entorno, por la diferencia de temperaturas que hay entre ellos (Azqueta, 2014).

**Climatización.** “Es el conjunto de operaciones que crean y mantienen determinadas condiciones de temperatura, humedad, ventilación y calidad de aire” (Morillón, 1993, p. 140).

**Flujo luminoso.** “Es la cantidad de energía radiante visible (luz), determinada por la proporción de tiempo del flujo” (Rodríguez, 2008, p. 131). Su unidad de medida es por medio de lumens (lm).

**Iluminancia (I).** Es la cantidad de flujo luminoso (lm) que incide sobre una unidad de área (m<sup>2</sup>) es decir  $1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ lux}$  en el Sistema Internacional. Se podría decir que la iluminancia es la cantidad de luz que está llegando desde una fuente luminosa a la superficie.

**Locales complementarios.** “Se consideran locales complementarios: los sanitarios, cocinas, cuartos de lavado y planchado doméstico, las circulaciones, los servicios y los estacionamientos” (Arnal y Betancourt, 2012, p. 255).

**Locales habitables.** “Se consideran locales habitables: las recámaras, alcobas, salas, comedores, estancias o espacios únicos, salas de televisión y costura, locales de alojamiento, cuartos para encamados de hospitales, clínicas y similares, aulas de educación básica y media, vestíbulos, locales de trabajo y de reunión” (Arnal y Betancourt, 2012, p.254).

**Locales no habitables.** “Se consideran espacios no habitables: los destinados al almacenamiento como bodegas, closets, despensas, roperías” (Arnal y Betancourt, 2012, p.255).

**Lumen.** Es la cantidad flujo luminoso (luz) emitido por una fuente puntual de intensidad unitaria.

**Luminancia.** “Indica la cantidad de luz procedente de un objeto iluminado que el ojo humano percibe desde un punto de vista en particular, es decir cuanta luz refleja un objeto iluminado hasta muestra vista” (Molinari Pixel, 2015). Su unidad de medida en el sistema internacional es en candelas sobre metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>).

**Lux.** “Es la unidad del sistema internacional que mide la iluminancia producida en una superficie de un metro cuadrado por un flujo luminoso de un lumen distribuido uniformemente por esa superficie” (Hernández, 2007, p. 40).

**Macro clima.** Son los fenómenos que integran las características climáticas, donde quizá se encuentren regiones, estados, países o continentes, y generalmente son identificados por abarcar grandes extensiones de la superficie terrestre.

**Masa térmica.** Son materiales que ayudan a almacenar la energía térmica con menores modificaciones en su temperatura, suelen ser materiales pesados y se utilizan principalmente como

envolvente en los edificios para que los espacios no se sobren calienten durante el día y no se enfríen tanto durante la noche, podría decirse que funcionan como un sistema de calefacción o refrigeración. “Requieren menor masa y menor volumen para acumular la misma cantidad de energía térmica que materias acumuladoras de calor más convencionales, como el hormigón, ladrillos y similares” (Wachberger, 1984, p. 20).

**Meso clima.** Son las características que están constituidas por un conjunto de condiciones climáticas, generalmente se manifiestan en extensiones regionales de entre 10 y 100 km de diámetro.

**Micro clima.** Son el conjunto de condiciones atmosféricas localizadas de manera puntual, abarcando pocos metros menores a 1 kilómetro de diámetro de la superficie terrestre. “Originalmente definido como el clima del “espacio mínimo” se ha aplicado como sinónimo del clima local, clima peculiar, mini clima, etc.” (Morillón, 1993, p. 140). Entre estas extensiones se pueden encontrar parques, barrios o pequeñas partes suburbanas las cuales constituyen un medio relacionado con el hombre y sus actividades, así como de otra especie biológica.

**Psicoclima.** Se refiere a menor escala que el microclima, incluso se considera que se presenta a unos cuantos milímetros del cuerpo humano producto de la vestimenta.

## Referencias Bibliográficas

- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica (6ta Edición). Venezuela: Recuperado de [http://www.formaciondocente.com.mx/06\\_RinconInvestigacion/01\\_Documentos/El%20Proyecto%20de%20Investigacion.pdf](http://www.formaciondocente.com.mx/06_RinconInvestigacion/01_Documentos/El%20Proyecto%20de%20Investigacion.pdf)
- Arnal, L. y Betancourt, M. (2012). Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. México: Trillas.
- Arredondo, C., y Reyes, E. (2013). Manual de vivienda sustentable: principios básicos de diseño. México: Trillas.
- Atlas Cibernético. (septiembre de 2018). Regionalización 2017-2023. Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México. Recuperado de [http://atlasibertico.edomex.gob.mx/sites/atlasibertico.edomex.gob.mx/files/files/Regionalizacion\\_2017\\_2023.pdf](http://atlasibertico.edomex.gob.mx/sites/atlasibertico.edomex.gob.mx/files/files/Regionalizacion_2017_2023.pdf)
- Ayuntamiento de Tlalmanalco. (2019). Plan de Desarrollo Municipal Tlalmanalco. Recuperado de [https://www.tlalmanalco.gob.mx/pdf\\_aredessociales/1.pdf](https://www.tlalmanalco.gob.mx/pdf_aredessociales/1.pdf)
- Blender, M. (18 de diciembre de 2015). ¿Quién inventó la arquitectura bioclimática? Recuperado de <https://mariablender.com/quien-invento-la-arquitectura-bioclimatica/>
- Carrión, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Barcelona: Edicions UPC.
- Dearkitectura. (enero de 2012). ¿Qué es la acústica arquitectónica? - Acústica y Sistemas de Sonido. Recuperado de <http://dearkitectura.blogspot.com/2012/01/que-es-la-acustica-arquitectonica.html>
- Definiciona. (18 de mayo de 2019). Vivienda. Recuperado de Definiciona: <https://definiciona.com/vivienda/>
- Definiciones-de. (25 de septiembre de 2015). Historia: Viviendas del Renacimiento. Recuperado de [https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/historia:\\_viviendas\\_del\\_renacimiento.php](https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/historia:_viviendas_del_renacimiento.php)

Eiroa, J. J. (1994). Historia de la ciencia y de la técnica, 1 La prehistoria (paleolítico y neolítico). Madrid, España: recuperado de

[https://books.google.com.mx/books?id=dI5NL8SOSbQC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=caba%C3%B1a+de+alemania+mas+antigua&source=bl&ots=mpYgaXtnzM&sig=ACfU3U1896zXEgb-c8f4t1Sj1si\\_fCA\\_YA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiKzs69qproAhUGXa0KHWbECKsQ6AEwEXoECAoQAQ#v=onepage&q=caba%C3%B1a](https://books.google.com.mx/books?id=dI5NL8SOSbQC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=caba%C3%B1a+de+alemania+mas+antigua&source=bl&ots=mpYgaXtnzM&sig=ACfU3U1896zXEgb-c8f4t1Sj1si_fCA_YA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiKzs69qproAhUGXa0KHWbECKsQ6AEwEXoECAoQAQ#v=onepage&q=caba%C3%B1a)

Fonseca, X. (2002). Las medidas de una casa antropometría de la vivienda. México: Pax México.

García J. R. Y Fuentes, Víctor (2005). Viento y Arquitectura, el viento como factor de diseño arquitectónico. México: Trillas.

García, B. P. (2010). La vivienda enterrada: estudio de su evolución tipológica y adaptación geográfica. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/268183488\\_La\\_vivienda\\_enterrada\\_estudio\\_de\\_su\\_evolucion\\_tipologica\\_y\\_adaptacion\\_geografica](https://www.researchgate.net/publication/268183488_La_vivienda_enterrada_estudio_de_su_evolucion_tipologica_y_adaptacion_geografica)

Garzón, B. (2007). Arquitectura Bioclimática. Buenos Aires: Nobuko.

Glancey, J. y Foster, N. (2009). Historia de la Arquitectura. Barcelona: Blume.

Gonzalo, G. E. (2004). Manual de Arquitectura Bioclimática. Buenos Aires: Nobuko.

Google Earth Pro. (2019). Latitud de Tlalmanalco de Velázquez. Recuperado de Programa informático.

Grupo Novelec. (18 de abril de 2018). Fuentes de energía no renovables, tipos y características. Recuperado de <https://blog.gruponovelec.com/energias-renovables/fuentes-de-energia-no-renovables-tipos-y-caracteristicas/>

Hernandez, C. (2007). Un Vitruvio ecológico principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Gustavo Gili.

Hernández, P. (1 de marzo de 2014). Antecedentes históricos de la Arquitectura bioclimática. Recuperado de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/01/antecedentes-historicos-de-la-arquitectura-bioclimatica/>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación 6ta edición. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>  
<https://edomex.gob.mx/sites/edomex.gob.mx/files/files/PDEM20172023.pdf>

INEGI. (2020). Mapa Digital de México V 6.3.0. Recuperado de Recurso energético Solar: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjIwNDczLGxvbjotOTguNzY1NjgsejoxMSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>

Infoclima. (17 de octubre de 2017). La presión atmosférica. Recuperado de [Archivo de Video]: <https://www.youtube.com/watch?v=hVBLseIXMnY&list=PLOrxogJZZn06Xe1O7afcCMHp6k246CywC&index=5>

Infoclima. (24 de Julio de 2017). La temperatura. Recuperado de [Archivo de Video]: <https://www.youtube.com/watch?v=Gsk4x5w1XnM&list=PLOrxogJZZn06Xe1O7afcCMHp6k246CywC&index=2>

Infoclima. (26 de Julio de 2018). La humedad. Recuperado de [Archivo de Video]: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_IvkpmbVhQ&t=199s](https://www.youtube.com/watch?v=_IvkpmbVhQ&t=199s)

Infoclima. (8 de noviembre de 2017). El viento. Recuperado de [Archivo de Video]: <https://www.youtube.com/watch?v=B1nhLnzeTns&list=PLOrxogJZZn06Xe1O7afcCMHp6k246CywC&index=6>

INFONAVIT Y ONUHABITAT. (2018). índice básico de las ciudades prósperas tlalmanalco estado de mexico. Recuperado de [http://70.35.196.242/onuhabitatmexico/cpi/2018/15103\\_Tlalmanalco.pdf](http://70.35.196.242/onuhabitatmexico/cpi/2018/15103_Tlalmanalco.pdf)

Lacomba, R. (1991). Manual de Arquitectura Solar. México: Trillas.

Lacomba, R. (2012). Arquitectura Solar y Sustentabilidad. México: Trillas.

Lengen, J. v. (2011). Manual del arquitecto descalzo. México: Pax México.

León, F. J. (1998). Construcción del hábitat en la Edad de Piedra. Bores, F.; Fernández, J.; Huerta, S. y Rabasa, E. Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la construcción. España: Recuperado de [http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC2\\_036.pdf](http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC2_036.pdf)

López, J. (2001). Arquitectura, Ciudad, Medioambiente. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=Pq6-tjVJzYoC&pg=PA92&lpg=PA92&dq=en+las+casas+orientadas+al+Sur,+el+sol+penetra+por+el+p%C3%B3rtico+en+invierno,+mientras+que+en+verano+el+arco+solar+descrito+se+eleva+sobre+nuestras+casas+y+por+encima+>.

Meléndez, S. J. (2011). Arquitectura sustentable. México: Trillas.

Miyara, F. (28 de junio de 2014). Introducción a la acústica. Recuperado de [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-28\\_11-21-58106009.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-28_11-21-58106009.pdf)

Monclús, J.; de la Cal, P.; Tobías, B. y Fernández, A. (2012). Materiales de urbanismo. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=PMeNDAAQBAJ&pg=PA90&lpg=PA90&dq=el+sol,+la+vegetaci%C3%B3n+y+el+espacio+son+las+tres+materias+primas+del+urbanismo&source=bl&ots=mtcdKIpqAa&sig=ACfU3U1whF0lohQYWwsUSDCv7bGHEodILGQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiS>.

Monroy, M. M. (2006). Manual de iluminación. España: Recuperado de <https://m2db.files.wordpress.com/2014/09/manual-1-iluminacion.pdf>

Morillón, D. (1993). Bioclimática, Sistemas pasivos de climatización. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.

Mundo Maravilla. (26 de abril de 2018). ¿Como era vivir en la edad media? Recuperado de [archivo de video]: <https://www.youtube.com/watch?v=NIENdM2vyLU&t=69s>

Murillo, C.E. (10 de septiembre de 2014). Historia de la vivienda. Recuperado de [archivo de video]: <https://www.youtube.com/watch?v=MXYSzwal-Ow>

Nuxak. (12 de noviembre de 2019). La Termorregulación. Recuperado de <https://nuxak.es/blog/LA%20TERMORREGULACION%20C3%93N/>

Olgyay, V. (2010). Arquitectura y clima - manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Naucalpan: Gustavo Gili.

Olvera, R. (2013). Efecto de la inercia térmica de la envolvente sobre la climatización de edificios comerciales (Tesis de Maestría). Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/3628/1/1080256621.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (abril de 2019). Onuhabitat. Recuperado de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

OXFAM Intermón. (s.f.). Cómo reducir la contaminación acústica y cuáles son sus consecuencias. Recuperado de <https://blog.oxfamintermon.org/como-reducir-la-contaminacion-acustica-y-cuales-son-sus-consecuencias/>

Plan de desarrollo del Estado de México. (2017- 2023). Diagnóstico: Pobreza y Hambre en el Estado de México. Recuperado de:

Plan municipal de desarrollo urbano de Tlalmanalco. (09 de enero de 2019). Clasificación de usos de suelo y ocupación. Recuperado de SEDUV:

[http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/tlalmanalco/tustlal.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/tlalmanalco/tustlal.pdf)

Recuperado de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>

Rodríguez, M. (2008). Introducción a la Arquitectura Bioclimática. México: LIMUSA.

Santiago, V. y Barreneche, R. O. (2005). Acondicionamiento Térmico de Edificios. Buenos Aires: Nobuko.

Schoenauer, N. (1984). 6.000 años de hábitat, De los pobladores primitivos a la vivienda urbana en las culturas del oriente y occidente. Barcelona: Gustavo Gili.

Seiscubos. (05 de diciembre de 2018). Materiales con masa térmica. Recuperado de [https://www.seiscubos.com/conocimiento/materiales-con-masa-termica#\\_Materiales\\_intermedios](https://www.seiscubos.com/conocimiento/materiales-con-masa-termica#_Materiales_intermedios)

Servicio Meteorológico Nacional. (2010). Normales Climatológicas por Estado. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex>

Simancas, K. C. (2003). Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña, recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93425>

SWAT, Global Weather Data for. (2014). Base de datos delegación de san Rafael. Recuperado de <https://globalweather.tamu.edu/>

Universidad de Chile. (septiembre de 2008). Nociones básicas de estadísticas utilizadas en la educación. Recuperado de [https://www.academia.edu/7521016/Nociones\\_B%C3%A1sicas\\_de\\_Estad%C3%ADstica\\_utilizadas\\_en\\_Educaci%C3%B3n\\_Chile\\_Universidad\\_de\\_Chile](https://www.academia.edu/7521016/Nociones_B%C3%A1sicas_de_Estad%C3%ADstica_utilizadas_en_Educaci%C3%B3n_Chile_Universidad_de_Chile)

Universidad Politécnica de Madrid. (enero de 2019). Adecuación a las condiciones climáticas. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/gi/entreolivos-c1.pdf>

Valenzuela, J. F. y Yocupicio, F. (s.f.). Análisis de detección de fallas constructivas en vivienda de tipo de interés social y de construcción en serie en la ciudad de Hermosillo, Sonora. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/6218/Capitulo2.pdf>

Wigodski, J. (14 de Julio de 2010). Población y muestra. Metodología de la Investigación:

Yarke, E. (2005). Ventilación natural de edificios Fundamentos y Métodos de Cálculo para aplicación de Ingenieros y Arquitectos. Buenos Aires: Nobuko.