

Programa Hábitat



**GOBIERNO
FEDERAL**

SEDESOL

Guía de ecotecnias para Centros de Desarrollo Comunitario



Vivir Mejor



Programa Hábitat

Guía de ecotecnias para
Centros de Desarrollo Comunitario



Vivir Mejor

Heriberto Félix Guerra

Secretario de Desarrollo Social

Sara Topelson Fridman

Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio

Luis Mejía Guzmán

Subsecretario de Desarrollo Social y Humano

Marco Antonio Paz Pellat

Subsecretario de Prospectiva, Planeación y Evaluación

Germán de la Garza Estrada

Oficial Mayor

Miguel Novoa Gómez

Abogado General y Comisionado para la Transparencia

César Ignacio Romero Jacobo

Jefe de la Unidad de Comunicación Social

María Eugenia González Alcocer

Jefa de la Unidad de Programas de Atención de la Pobreza Urbana

2012

Guía de Ecotecnias para Centros de Desarrollo Comunitario

Para mayor información contactar www.ecomaxcomer.com

Impreso en México/Printed in Mexico

Se autoriza la reproducción del material contenido en esta obra citando la fuente.

Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

Índice

1.	Introducción	6
2.	Eficiencia energética	7
3.	Iluminación	8
4.	Energías renovables	10
5.	Energía solar	10
6.	Energía eólica	14
7.	Sistemas híbridos	16
8.	Energía geotérmica	17
9.	Envolvente térmica	19
10.	Sistema de aire acondicionado	23
11.	Agua, uso eficiente	24
12.	Aguas grises	26
13.	Anexos	28

Introducción

El desarrollo sustentable es el tipo de desarrollo que “satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Informe “Nuestro Futuro Común”, Brundtland, Organización de las Naciones Unidas, 1987).

Es inevitable el notar que la crisis energética-económica mundial y la dependencia de hidrocarburos como fuente de energía han llevado a estrategias dañinas al medio ambiente y hasta bélicas por parte de potencias mundiales.

La cantidad de hidrocarburos en nuestro planeta es finita y día a día se reduce más. A esta realidad hay que añadir el aumento de los gases de efecto invernadero. Por ello, resulta prioritario impulsar soluciones más sustentables en los métodos de construcción y rehabilitación de las edificaciones.

Es necesario conseguir el uso racional de la energía en el funcionamiento de los edificios (de cualquier tipo) reduciendo a límites sostenibles su consumo energético y conseguir que una parte de estas necesidades sea satisfecha por fuentes de energías renovables que se integren desde el diseño del proyecto de edificio, su construcción, uso, mantenimiento y renovación.

Para lograr el diseño de un edificio sustentable y eficiente requerimos tomar en cuenta los siguientes puntos básicos:

- Reducción de la energía requerida para habitarlo y su funcionamiento (diseño bioclimático).
- Utilización eficiente de energía.
- Uso de los recursos de energía renovables para satisfacer parte de las necesidades energéticas del edificio.

Nos enfocaremos a los principales puntos de consumo energético de cualquier edificio que son:

- a. Uso eficiente de la energía eléctrica.
- b. Iluminación adecuada. Deberá cumplir con las normas de acuerdo con el uso que tenga cada parte del edificio sin dejar de ser altamente eficiente.
- c. Utilización de energías renovables para satisfacer las demandas del edificio.
- d. Instalaciones térmicas envolventes, que permiten muy baja carga térmica en el verano y muy poca pérdida de energía en el invierno. Los edificios deberán tener una envolvente tal que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad y las temperaturas extremas correspondientes.
- e. Sistemas de aire acondicionado eficiente. Utilizar los sistemas pasivos como medio de acondicionar y asistir al equipo aire acondicionado, sistemas híbridos de geotermia como sistemas de acondicionamiento de aire.
- f. Uso eficiente del agua y recuperación de aguas grises.

Una vez analizados estos puntos y establecidas las estrategias tendremos las herramientas para generar un anteproyecto, el cual deberá ser evaluado y ajustado a los recursos (bioclimáticos, energéticos, tecnológicos, sociales y económicos) disponibles para obtener un proyecto final.

1. Eficiencia energética

La eficiencia energética y el aprovechamiento de los recursos renovables son los pilares del principio de sustentabilidad energética. El principio de uso energético eficiente tiene que ver con todo el tipo de energía y su aplicación, eléctrica, solar, térmica, eólica, iluminación, aire acondicionado, maquinaria y aparatos electrónicos. Es por esto que abarcaremos varios campos en este rubro.

Aparatos eléctricos

El uso de aparatos eléctricos en edificios de oficinas así como en los Centros de Desarrollo Comunitario representa gran parte del consumo energético total del inmueble. Es importante que los equipos de computación, eléctricos y electrónicos que se utilicen en estos edificios sean de eficiencia energética y bajo consumo. Se recomienda realizar una tabla comparativa del consumo por hora de los diferentes modelos de cada tipo de equipo a utilizar para obtener el más adecuado a los fines (funcionalidad, eficiencia, consumo). En el momento de seleccionar los equipos, es indispensable priorizar los que cuentan con el sello de certificación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE); en caso de equipo de importación buscar el sello Star Energy o equivalente de país de origen.

Tipo de aparato	Marca	Modelo	Potencia (watts)	Voltaje de operación (volts)	Corriente operación (amperes)	Consumo energético/hora
Monitor 20"	XXXX	XXXX	165 W	110 V	1.5 V	165 Wh

Los datos de consumo deben estar incluidos en la información del fabricante y modelo. De no ser así, se puede obtener esta información por medio de la fórmula $Potencia = (V \text{ voltaje}) (I \text{ corriente})$. Realizar una tabla como la presente ayuda a comparar el consumo de varios equipos al mismo tiempo.

En caso de que el edificio cuente con maquinaria pesada, es necesario verificar que el tamaño del motor a utilizar sea el adecuado y no estar sobredimensionado. En caso de requerirlo, un variador de frecuencia en el motor eléctrico ayudará a reducir el consumo del mismo en procesos de flujo.

Para poner en perspectiva la importancia del uso de aparatos eficientes tomemos en cuenta los consumos energéticos estimados de un Centro de Desarrollo Comunitario (CDC) con salones de clase de computación y varios talleres. La tabla se divide de esta forma:

Aire acondicionado	50%
Iluminación	25%
Carga en tomacorrientes	25%

Como se puede apreciar el consumo del equipo eléctrico y electrónico representa tres cuartas partes de la energía total requerida para el funcionamiento del edificio, por lo que una elección correcta de equipo eficiente y de bajo consumo puede generar un importante ahorro de requerimiento energético.

La utilización del equipo correcto forma parte de la estrategia de ahorro. La otra parte es la interacción humana. Se debe crear conciencia y costumbres de ahorro de energía en los usuarios del inmueble, algunos detalles sencillos como no dejar equipo y/o lámparas encendidas en salones que no se ocupan, apagar las computadoras al final del día, apagar el monitor al no utilizarlo por largos periodos, impactan positivamente la disminución el consumo energético.

2. Iluminación

Para comprender un diseño eficiente de iluminación es necesario tener algunos de los principios y términos básicos de estos diseños.

Eficacia

Se refiere a la relación entre la luz producida y el consumo de energía de la fuente generadora para emitirla. Usualmente se expresa en términos de lumen/watt (lm/w).

Como elementos de un sistema de iluminación tenemos:

- Fuente de luz. Tipo de lámpara utilizada, que nos permitirá conocer las necesidades eléctricas.
- Luminaria. Sirve para aumentar el flujo luminoso, evitar el deslumbramiento y viene condicionada por el tipo de iluminación y fuente de luz escogida.
- Sistema de control y regulación de la luminaria. Usualmente, quien diseña una iluminación, ya sea ésta interior o exterior, parte como primera aproximación las áreas a iluminar y las actividades para las cuales están determinados estos espacios.

Puntos a considerar en el diseño de iluminación:

Interior

Mayor iluminación o más luz no siempre es la mejor solución. El desempeño y percepción de la visión humana dependen de la calidad y cantidad de luz.

- Utilizar la luz natural en el diseño y aplicar colores claros en los muros.
- Definir la cantidad y calidad de luz necesaria para la tarea que se llevará a cabo.
- Instalar lámparas donde se realizarán actividades de manera regular y disminuir la iluminación en los lugares de poca ocupación.
- Usar lámparas eficientes de tecnología T5, LED y microLED.

El uso de sensores es indispensable. Permiten la automatización del encendido y apagado de lámparas al detectar la presencia de personas en las oficinas, salón de clase o cualquier área donde se desee tener este control.

Tipos existentes de uso común:

Dimmers o atenuadores

Que permiten regular la intensidad de flujo lumínico en ciertos tipos de lámparas, comúnmente las incandescentes.

Sensores de movimiento

Como su nombre lo indica, se encienden al detectar movimiento. Su uso más común es en alumbrado exterior en conjunto con una fotocelda que permita el encendido de la lámpara sólo cuando no hay luz solar y detecta movimiento.

Sensores de ocupación

Este tipo de sensores detectan la actividad en cierta área y encienden la lámpara automáticamente cuando alguien entra en el lugar a iluminar; de la misma manera, automáticamente apagan la lámpara cuando la última persona deja el cuarto. Permiten controlar el circuito de iluminación, lo que significa que tienen la habilidad de controlar varias lámparas que estén conectadas en el mismo circuito eléctrico de un salón de clase, por ejemplo, sin la necesidad de utilizar un sensor por lámpara. Estos deben de instalarse en un lugar donde puedan detectar a todos los ocupantes del cuarto. Existen dos tipos de sensores de ocupación: los ultrasónicos que detectan el sonido y los infrarrojos que detectan el calor y movimiento.

Fotoceldas

Las fotoceldas abren el circuito eléctrico de las lámparas cuando detectan luz solar y lo cierran en la ausencia de ésta. Son útiles en alumbrado exterior y en zonas donde la luz natural es abundante dentro del edificio, ya que permiten evitar que las lámparas se enciendan innecesariamente cuando existe luz solar.

Reloj programador o *Timer*

Son relojes que controlan horarios de encendido y apagado. Usualmente se utilizan en iluminación exterior decorativa.

Lámparas para exterior de microleds tipo calle	
40 W	450 dolares
60 W	550 dolares
90 W	600 dolares
120 W	700 dolares

Exterior

Se valoran las tres siguientes funciones de los sistemas de iluminación:

- Arquitectónico. Iluminar el exterior del edificio en algunos casos resalta detalles arquitectónicos y se utiliza para bañar con luz de algún color específico una o todas las caras de la fachada. Asimismo, también se utiliza para resaltar los entornos del edificio.

- Seguridad. Se trata de las iluminaciones que permiten la visibilidad en las inmediaciones del edificio, áreas de juego, estacionamiento y canchas deportivas.
- Función específica. En algunos casos se requiere una iluminación orientada a las características de uso del edificio, como por ejemplo la iluminación de entrada de automóviles o de peatones.

Al integrar el diseño de iluminación es importante sectorizar los circuitos de alimentación de las lámparas, de tal forma que sólo se tengan que encender por zona de ocupación del edificio.

Todos los diseños de iluminación deben cumplir con los requisitos de la norma oficial mexicana NOM-007-ENER-1995, NOM-025-STPS-1999 y niveles de iluminación recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación.

3. Energías renovables

México tiene una situación geográfica privilegiada a nivel mundial con abundante energía solar. Es una energía limpia, con equipos de fácil instalación y con una vida útil prolongada, que además se integra perfectamente al ambiente urbano. La tecnología actual permite que prácticamente cualquier edificio pueda convertirse en una pequeña central generadora de electricidad y satisfacer sus necesidades de agua caliente.

La radiación solar en México es un recurso abundante el cual no ha sido explotado en los niveles óptimos. En nuestro país contamos con niveles de radiación solar que van desde arriba de los 6.5 KW/m^2 hasta los 4 KW/m^2 , consideremos que en el resto del mundo existen países con niveles de radiación solar entre 2 y 3.5 KW/m^2 donde las instalaciones de generación eléctrica en el orden de los megawatts son abundantes, Alemania es un país con estos rangos de radiación solar con la cual produce la mayor parte del año cerca del 50 por ciento de la producción de energía solar mundial.

Cada edificio es tan único como su posición global y el entorno en el que se localiza, ya sea en una costa, desierto, selva, poblado o ciudad con edificios que obstruyan el aprovechamiento de energías renovables, por eso es necesario tomar cada caso en particular y realizar un estudio adecuado que nos permita lograr la meta presentada.

4. Energía solar

Energía solar térmica

Un calentador solar es un equipo que aprovecha la energía solar para calentar algún fluido (usualmente agua) utilizando el principio básico del termosifón. Una vez elevada la temperatura del agua esta se puede utilizar para uso doméstico, piscinas y procesos industriales, debido a que estos sistemas no utilizan combustible alguno para calentar el agua y su mantenimiento es mínimo (sólo requieren de drenado anual y limpieza del colector). Por todos estos motivos, resultan ser una gran alternativa.



Componentes de un calentador solar

Cuentan con dos principales componentes y mangueras o tubería de conexión.

1. Colector

El colector es un elemento encargado de captar la energía del sol y transformarla en calor. Pueden ser de panel plano o tubos evacuados.

El costo aproximado de un calentador solar es de 11,800 pesos.

2. Tanque de almacenamiento

Es el elemento del sistema en donde se almacena el agua caliente. Una construcción básica y confiable debe ser con acero inoxidable aislado térmicamente con poliuretano inyectado y una cubierta de acero tratada para intemperie, preferentemente de acero inoxidable.

Recomendaciones

Los dos tipos de calentadores, tanto el de colector plano como el de tubos evacuados, son buenos sistemas utilizados por el mundo entero. Aun así, al momento de elegir el equipo, es importante tener en cuenta que el modelo de tubos evacuados tiene un rendimiento un poco mayor al del colector plano, pero los tubos son su punto débil ya que puede llegar a fracturarse con granizo u objetos que lleguen a chocar con ellos implicando posibles fugas en todo el sistema, por lo que se recomienda el uso de calentadores de colector plano que se instalen orientados hacia el sur con un ángulo de instalación del colector respecto al piso igual a la latitud geográfica del punto de instalación. Se deben seguir los pasos de instalación indicados por el fabricante, utilizar tubería de calidad y aplicar aislante a la misma que proteja de fugas de calor, así como de bajas temperaturas para evitar congelamiento en las líneas que puedan crear rupturas en el sistema.

Energía solar fotovoltaica

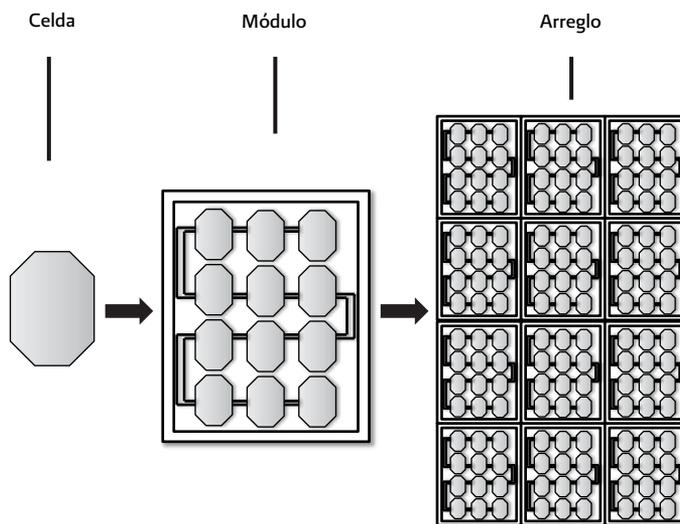
La utilización de sistemas generadores fotovoltaicos tal vez sea la forma más palpable de energía renovable que tengamos en México, ya que la transformación de la energía solar produce energía eléctrica la cual se consume para actividades humanas.

Datos fotovoltaicos

- Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por obleas de silicio (celdas) las cuales unidas forman un módulo fotovoltaico (panel) y los módulos se conectan entre sí para formar arreglos. Ver anexo 1.

Tipos de celdas fotovoltaicas

- Silicio monocristalino: Hecha de un solo gran cristal cortado a partir de lingotes, este tipo de celdas son más eficientes pero también suelen ser más caras.
- Silicio policristalino: construidas con bloques de silicio fundido que puede contener muchos cristales pequeños, estas celdas son las más usadas ya que tienen un buen rendimiento y su costo es menor que el de las celdas de silicio monocristalino.
- Película delgada: en este esquema, el silicio se transmite directamente en placas grandes utilizando materiales como el acero inoxidable. Su costo de producción es menos elevado, aunque su eficiencia también es inferior. Esta película delgada se aplica en materiales flexibles que permite utilizar en un sinnúmero de detalles arquitectónicos, techos, películas para vidrio, etc.



Sistemas fotovoltaico precios aproximados

El costo por watt instalado en sistemas fotovoltaico tiene un precio actual en el mercado en el rango de 6 a 8 dólares. El costo depende de la posición final de instalación en sitio, estudios requeridos, configuración del equipo y requerimientos de estructura. Si el presupuesto es pequeño se recomienda que el equipo fotovoltaico sea modular y su capacidad sea equivalente a un 25 por ciento de la demanda total del edificio, de tal forma que se pueda anexar capacidad al equipo según el presupuesto disponible. (Considerar las pérdidas mencionadas en Anexo 2)

Ahorros de energía y venta de excedente a la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Los sistemas fotovoltaicos para interconexión a red son los sistemas óptimos para lugares en donde existe una red de distribución eléctrica de CFE. Estos sistemas utilizan paneles solares de cristales de silicio para transformar la energía solar a energía eléctrica en corriente continua, de ahí la energía pasa a través de un inversor, el cual transforma la energía eléctrica de corriente continua a energía eléctrica de corriente alterna, que es la que utilizamos en la mayoría de los hogares y edificios en México. Una vez que obtenemos un voltaje en corriente alterna esta energía se lleva al tablero de distribución principal del edificio donde se consume por el uso del inmueble y en caso de haber excedente de energía este se inyecta a la red de distribución de CFE.

Hoy en día existe un contrato de interconexión ante la Comisión Federal de Electricidad que permite que un usuario físico o moral tener en sus instalaciones eléctricas un sistema generador fotovoltaico menor a 30 Kilowatts en edificios u oficinas y de 10Kw en un hogar, pueda adquirir un medidor de consumo de energía bidireccional, el cual registra tanto la energía que consume el edificio como la inyectada por el sistema generador fotovoltaico a la red de la CFE. Esto significa que el usuario entra al sistema de medición neta en el cual la red de la CFE se convierte en el banco de energía del usuario, evitando así la necesidad de invertir en un banco de baterías para almacenar la energía. De esta manera, si por ejemplo, el sistema fotovoltaico generó en un mes del año 2000 Kwh y el consumo eléctrico del inmueble es de 2500 Kwh, el medidor bidireccional tendrá estos datos registrados en su sistema y CFE solo facturará el diferencial del consumo al cliente que será de 500 Kwh, pero si al siguiente mes la energía producida fue mas que la consumida, el excedente se registra en la memoria del medidor bidireccional lo que significa que el usuario tiene un crédito en energía por el excedente producido en ese periodo que puede ser gastado o consumido dentro del periodo de un año. (Ver www.cfe.gob.mx energía renovable).

Casos prácticos de utilización de paneles fotovoltaicos como elementos arquitectónicos

El uso de paneles como elementos arquitectónicos da la oportunidad de utilizar espacios nuevos para instalaciones, dar un toque único al diseño y aprovechar la sombra de los paneles para bajar la carga térmica del edificio.

Algunas ventajas de aplicar esta técnica son:

1. Producción eléctrica.
2. Ahorro de energía gracias al aislamiento (hasta el 40 por ciento).
3. Mayor capacidad de aislamiento.
4. Eliminación de puentes térmicos.
5. Aumento del confort térmico en interiores.
6. Reducción de la contaminación acústica.
7. Protección de la fachada y de la cubierta del edificio.
8. Mayor producción de energía en condiciones de baja y alta luminosidad.
9. Mayor producción de energía en condiciones de alta temperatura.
10. Diseño atractivo e innovador.
11. Acercamiento de los usuarios a cultura de uso de energías renovables.
12. Reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

Se han desarrollado dos técnicas básicas para la integración de paneles fotovoltaicos en la envolvente de un edificio:

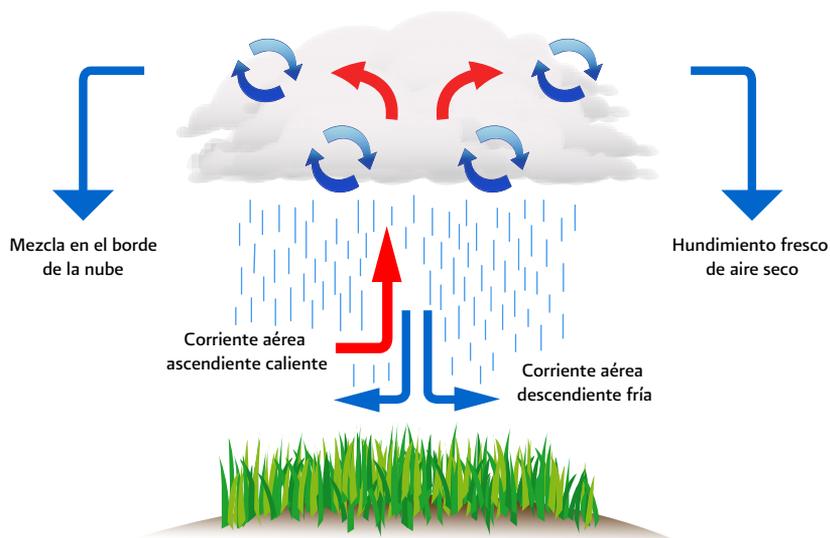
1. Sistemas de ventanas. En este método el material utilizado es el fotovoltaico flexible de película delgada que permite la aplicación de varias formas, reemplazando las partes fijas de una ventana por integración fotovoltaica o empleando módulos semitransparentes de capas finas y cubrir con ellos toda la superficie de la ventana. Este material es similar a la aplicación de una película polarizada.

2. Techos y cubiertas. En esta opción la integración fotovoltaica no afecta la fachada del edificio. Por lo general, los paneles fotovoltaicos son instalados en el techo del inmueble. Es el método más utilizado y permite una orientación más fácil.



5. Energía eólica

La energía eólica se genera con el viento. Es aquella que se obtiene de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire y de las vibraciones que el aire produce. Esta energía se relaciona con el movimiento de las masas de aire en lugares de alta presión atmosférica hacia áreas de baja presión. No hay que olvidar que el movimiento por diferencial de temperatura y presión se debe a los efectos de la energía solar que llega al planeta.

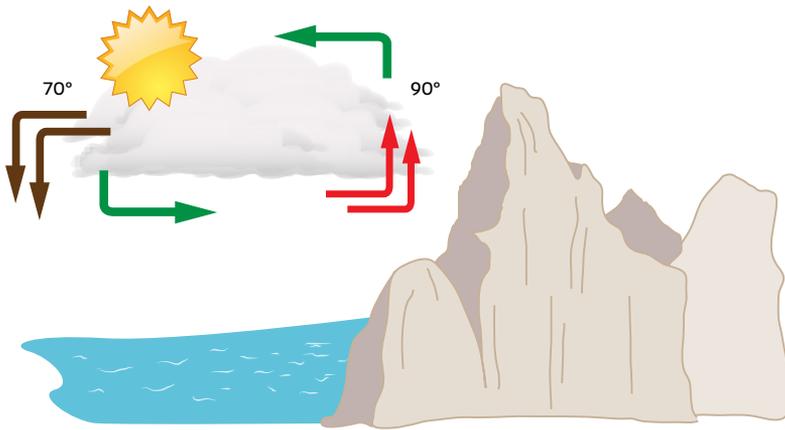


Desde la década de los noventa la utilización de aerogeneradores eléctricos ha crecido exponencialmente y a la fecha sigue en desarrollo la búsqueda de técnicas y equipo más económicos al mercado y de variedad de capacidades desde 1 Kilowatt hasta el orden de los megawatts.

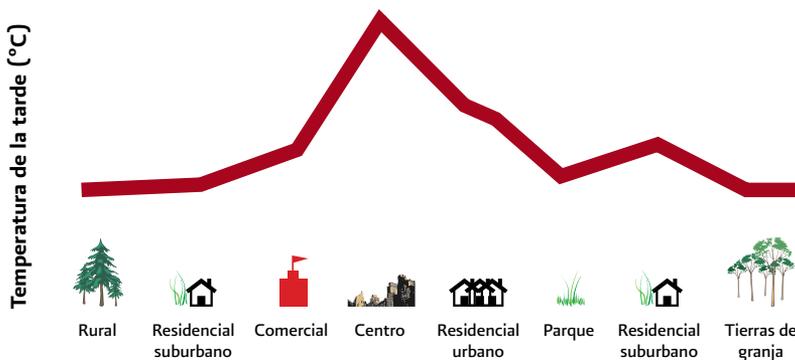
Para finales del 2010 la capacidad mundial instalada de producción eléctrica por aerogeneradores era de 197 gigawatts. Las instalaciones mundiales hoy en día tienen la capacidad de generar 430 terawatts, que es cerca del 2.5 por ciento de la demanda mundial.

Principios:

- Debido a la fricción, la velocidad del viento es más baja cerca de la superficie de la tierra que en la parte superior de la atmósfera. La reducción de la velocidad está en función de la rugosidad del terreno.
- Como resultado de la inercia, el viento tiende a continuar su movimiento en una misma dirección aun cuando encuentra alguna obstrucción.
- El aire fluye de las zonas de alta presión atmosférica hacia las de baja presión.

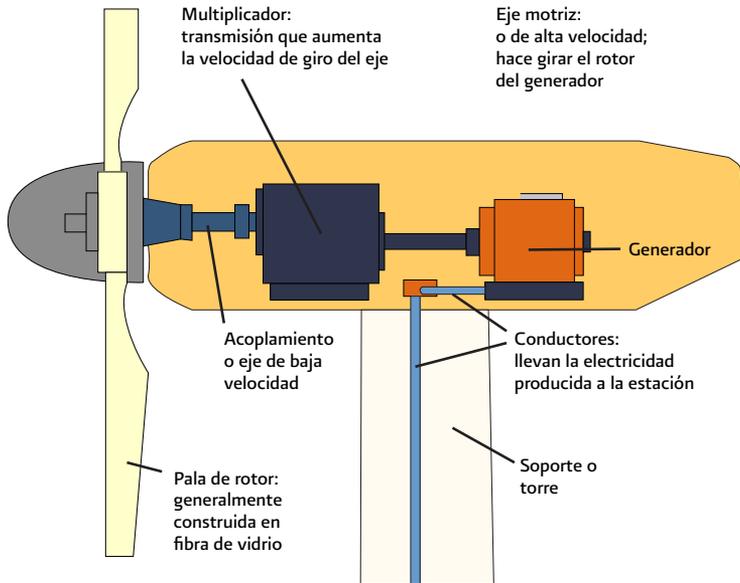


El clima alrededor de áreas construidas o alrededor de un edificio en particular está afectado por orientaciones, diseño arquitectónico, vegetación y agrupamiento de construcciones.



Tipos de turbina de viento

Turbina de eje horizontal. Es el diseño mas utilizado. Sus primeras aplicaciones fueron en molinos de vientos. En la actualidad se fabrican aerogeneradores horizontales con capacidad desde 2kw hasta los megawatts.



Turbinas de eje vertical tipo Savonius. Pueden arrancar con poco viento, de fabricación sencilla y económica con rendimiento relativamente bajo.

Tipo Darrieus. Requiere vientos de 4 a 5 metros/segundo, manteniendo grandes velocidades de giro y buen rendimiento.

La utilización de la energía eólica para generación eléctrica se pone a práctica a nivel mundial por los beneficios económicos y ambientales que traen consigo el uso de energías renovables.

Antes de plantear un proyecto que utilice la generación de energía por medio eólico se deben considerar los siguientes puntos:

- Son necesarios vientos anuales promedio con una velocidad mínima de 4 metros/segundo. Este requerimiento puede aumentar dependiendo del tipo y tamaño de generador que se planea utilizar. Esto significa que es necesario recabar información de registros anuales del viento en el lugar de instalación deseado. Para ello, un periodo de 5 años nos dará una buena imagen del comportamiento del viento.
- Tener en cuenta la velocidad de arranque de generación (*cut off speed*) en la mayoría de los modelos disponibles en el mercado es de 7 m/s.
- A mayor altura mayor velocidad del viento.
- Los lugares de buenos vientos suelen ubicarse en áreas costeras, colinas de gran pendiente, pasajes, terrenos abiertos, valles.
- Típicamente hay mas viento en el día que en la noche y en el invierno que en el verano.

Para más detalles sobre clases de viento por densidad de potencia en México a 10 y 50 metros, ver anexo 2.

Aplicaciones

Debido al tipo de construcción de los aerogeneradores, éstos transforman la energía eólica que hace girar las aspas en energía eléctrica en corriente alterna. Un buen diseño del generador o un fabricante con especificaciones para México debe producir un voltaje en corriente alterna a 60 Hz de frecuencia.

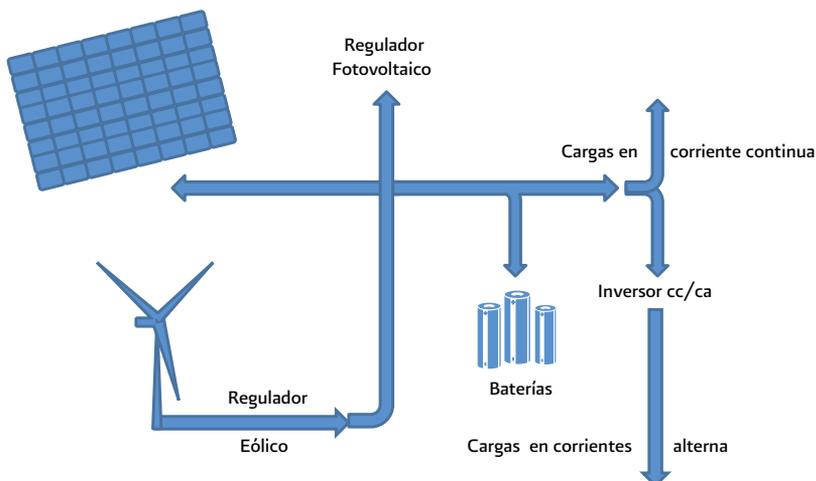
En aplicaciones a baja escala de 2kw-30kw, usualmente los aerogeneradores pueden estar trabajando en sistemas de un solo equipo o varios conectados entre sí. Es difícil tener un punto en donde se tenga un flujo de aire constante noche y día, es por eso que estas aplicaciones por lo general se utilizan en zonas remotas donde no hay acceso a la red de distribución de CFE y almacenan la energía generada en un banco de baterías del cual se obtiene la energía para el consumo del inmueble.

El sistema de medición neta de Comisión Federal de Electricidad permite que un sistema de aerogenerador que cuente con su regulador para sincronizar voltaje, frecuencia de la línea de comisión y protecciones de falla a tierra así como protección anti-isla pueda utilizarse para inyectar energía a la red del proveedor, la cual servirá como nuestro banco de energía.

6. Sistemas híbridos

Un sistema híbrido es aquel que combina diferentes tipos de fuentes de energías. En la actualidad el uso de dos o más fuentes de energía renovables permite satisfacer las necesidades energéticas de inmuebles dentro y fuera de la red de distribución de CFE.

Por ejemplo es posible utilizar un sistema para aportación a la red en el cual se aproveche al máximo el sol en conjunto con un sistema eólico. Las aplicaciones para esta tecnología combinada nos permitirán tomar ventaja de las energías renovables.



Puntos a considerar:

- Integrar un equipo de trabajo para identificar necesidades, bienes conocidos y energías renovables disponibles en el punto de instalación.
- Identificar las combinaciones de energías renovables híbridas potenciales.
- Evaluar opciones (ubicación, incentivos, flujo de ingreso, costos de operación y mantenimiento)
- Elaborar un plan de diseño y construcción.
- Estos sistemas obtienen mejor desempeño en las costas, sierras y valles donde las corrientes de aire por diferencia de temperatura son constantes en las noches y mañanas.

7. Energía geotérmica

Datos generales

La energía geotérmica es considerada como una fuente de energía renovable y se utiliza mundialmente como sistema de acondicionar el aire.

A partir del 2007, se instalaron 28MW de capacidad geotérmica en todo el mundo, satisfaciendo el 0.07 por ciento del consumo mundial de energía primaria, lo que demuestra que es un uso probado y eficiente que va desde sistemas para hogares pequeños hasta sistemas capaces de satisfacer edificios de departamentos y secciones de ciudades.

Las ventajas de esta fuente de energía son que reduce la contaminación, permite un abundante suministro de energía, es rentable y genera bajos costos de producción. Un sistema geotérmico utiliza la energía del sol, que se almacena en la tierra para calentar y enfriar las casas o edificios.

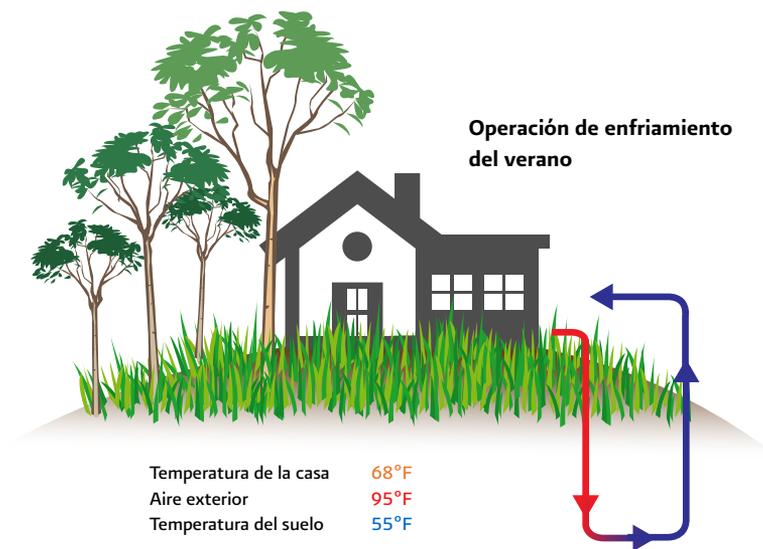
Uso directo, aplicación de tubos enterrados para enfriamiento:

Los tubos de enfriamiento de aire son usualmente largos, de plástico o metal y se colocan en el subsuelo. A medida que el aire viaja a través de las tuberías, este transfiere parte de su calor a la tierra circundante. Este proceso permitirá la entrada de aire más fresco a la casa. Esto ocurrirá sólo si la tierra es por lo menos varios grados más fría que el aire entrante.

Ahora bien, un sistema que utiliza la energía geotérmica para aclimatar el aire de un inmueble puede ser pasivo o asistido.

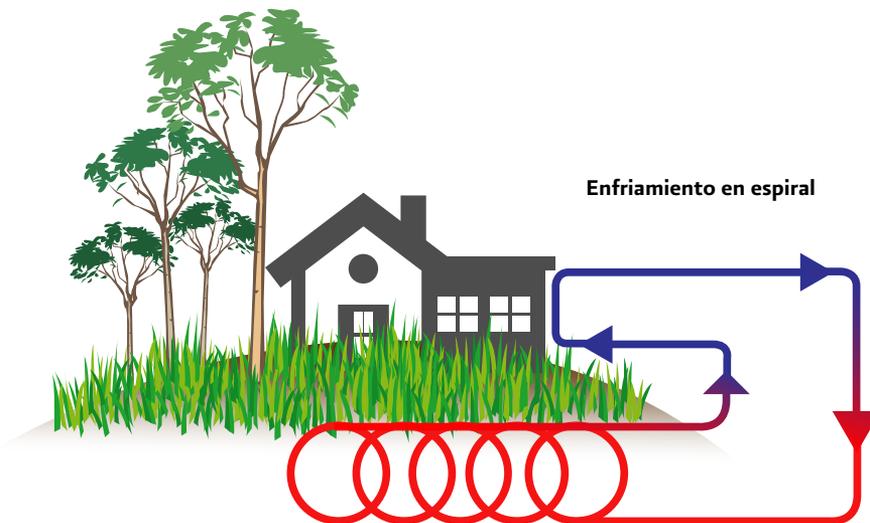
El método pasivo utiliza los conductos enterrados en el suelo ya sea vertical u horizontal, asistido por un diseño bioclimático del edificio con chimenea solar para hacer circular el aire por la tubería y refrescar o calentar el ambiente naturalmente. El sistema asistido, por otro lado, utiliza equipo para forzar el fluido (aire o líquido) por la tubería enterrada. Este aire se inyecta directamente al edificio o se puede utilizar en conjunto con una bomba de calor para un mejor desarrollo. Por lo general, la energía eléctrica se utiliza solamente para hacer funcionar el ventilador de la unidad, el compresor y la bomba.

A diferencia de los sistemas tradicionales, los sistemas geotérmicos no queman combustibles fósiles para generar calor, simplemente transfieren el calor del subsuelo a la casa y de la casa al subsuelo.



Circuito cerrado vertical: el sistema corre perpendicular a la superficie, es el circuito preferido de calor geotérmico por que minimiza las alteraciones al terreno y debido a la profundidad, mantiene una temperatura estable durante todo el año. En este arreglo, se instala un tubo en "U" (raramente se utilizan 2 piezas) en una perforación que puede variar de 30 a 130 metros de profundidad debido a los diferentes tipos de terreno y suelo; las longitudes del circuito pueden variar entre los 40 a 100 metros por tonelada de intercambio de calor. Usualmente se requieren varias perforaciones con conexiones en paralelo o en serie.

Circuito espiral cerrado: en esta técnica se utiliza poliducto de polietileno que se sobrepone entre sí en forma de espiral, de manera que se forma el intercambio de temperatura, que aumenta por m² de instalación. Estos sistemas requieren mas distancia de poliducto debido a los espirales y el largo de la trinchera disminuye en proporción a la cantidad de espirales utilizados.



Estanque de circuito cerrado: un diseño de estanque en circuito cerrado se puede aplicar en lugares donde hay un estanque o arroyo que es lo suficientemente profundo o con flujo suficiente que permita la instalación de mangueras en espiral en el fondo del mismo para el intercambio de calor. Una vez instaladas las mangueras, el fluido se bombea de la misma manera que un sistema convencional de circuito cerrado a tierra, donde las condiciones son adecuadas. Se ha demostrado que la introducción de circuitos cerrados de estanque no ha provocado impactos en los sistemas acuáticos.

Puntos a considerar:

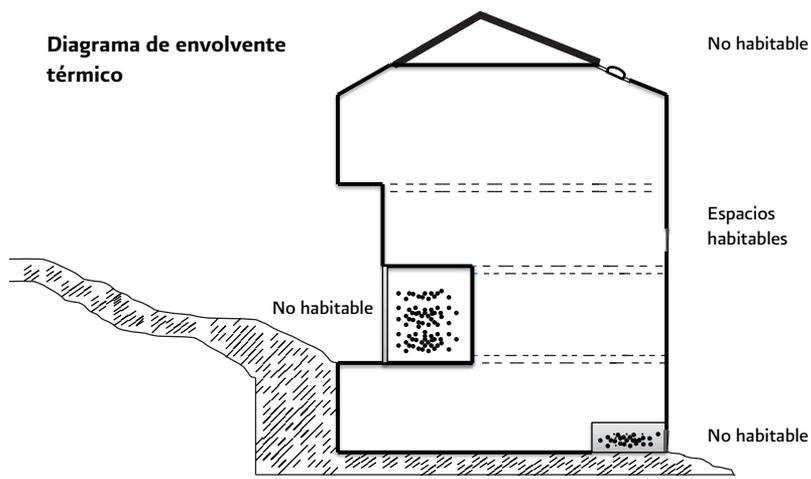
- Se requiere realizar un estudio de las necesidades de acondicionamiento de aire del inmueble a trabajar. Una vez obtenida esta información, se realizará el cálculo para determinar el tamaño del equipo geotérmico requerido.
- Se deben realizar los estudios correspondientes de mecánica de suelo y verificar que no existan tuberías previas en el subsuelo que impidan la realización de las perforaciones.
- Se puede utilizar un sistema abierto para acondicionar el aire del medio ambiente y aligerar la carga térmica para el sistema de aire acondicionado. Se recomienda establecer un sistema de medición que permita muestrear el desempeño del sistema para considerar el aumento o transformación a un sistema de circuito cerrado. Con los datos de muestreo se podrá tomar una decisión adecuada sobre su integración de diseño en próximos edificios de cualquier uso.
- El uso de un sistema de circuito cerrado con una bomba de calor puede acondicionar el aire. Estos sistemas utilizan ductos para circular el aire en el edificio pero también se puede combinar el fluido acondicionado de una bomba de calor con una unidad de enfriamiento (*chiller*), y ventiladores (*fan coils*), en cada habitación del edificio que se desee acondicionar.
- Una vez acondicionado el fluido de la bomba de calor, este puede dirigirse a una unidad *chiller* para acondicionamiento de aire y hacerlo pasar por serpentines instalados en los pisos. Esta solución permite que la temperatura del aire obtenido sea más uniforme en todo el edificio y que aproveche más la energía térmica.

8. Envoltente térmica

Se define la envoltente térmica de un edificio como “todos los cerramientos que limitan espacios habitacionales con el ambiente exterior y por todas las particiones interiores que limitan los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.”

Los elementos de la envoltente térmica son:

- Cubiertas. Cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.
- Muros de fachadas. (M) comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal.
- Suelos. Cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, terreno o espacio no habitable.
- Medianerías. Cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común
- Cerramientos en contacto con el terreno. Cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.
- Particiones interiores. Elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

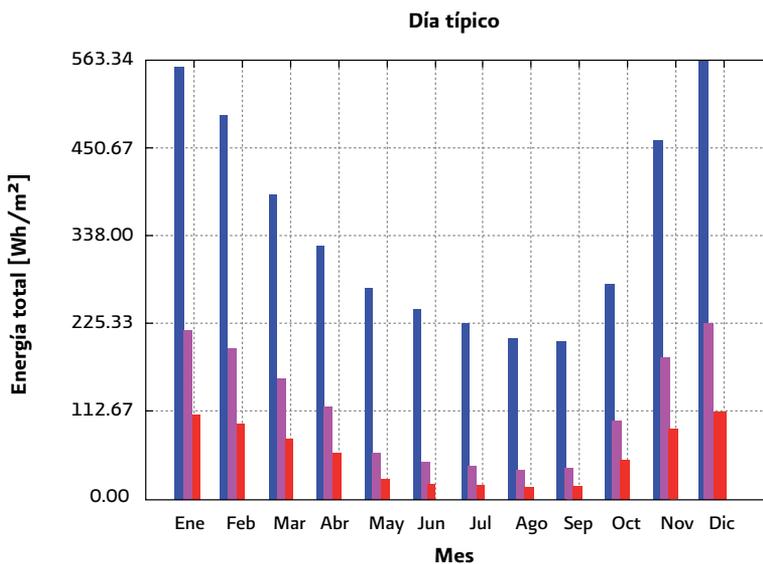


El objetivo de estos sistemas es tener una envolvente que limite la ganancia térmica disminuyendo así la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad y las temperaturas extremas correspondientes; en otras palabras, es necesario evitar que ganen o pierdan calor manteniendo la temperatura estable en el interior del edificio.

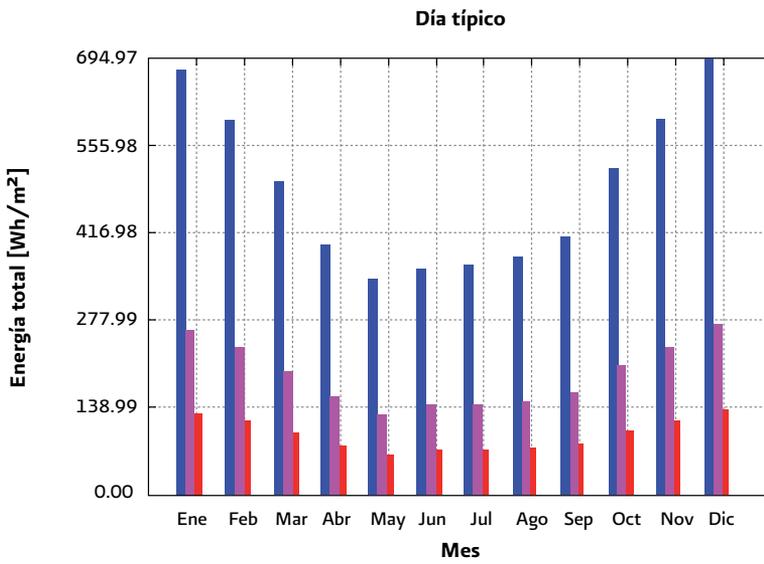
La parte de la envolvente que puede contribuir con la mayor carga térmica es el techo, debido al área total que conforma y su posición de plano horizontal que en la mayoría de las veces no tiene protección de la radiación solar. Los otros componentes que representan carga térmica por radiación solar y contacto con el clima exterior son las caras de la fachada y el suelo.

Se han realizado simulaciones y cálculos para apreciar el comportamiento de diferentes tipos de aislantes y espesores. Estas simulaciones fueron realizadas en 3 zonas diferentes del país, norte, centro y sur. En cada caso de evaluación se compararon 3 escenarios, cada uno representado con una barra de diferente color, que describen los siguientes parámetros:

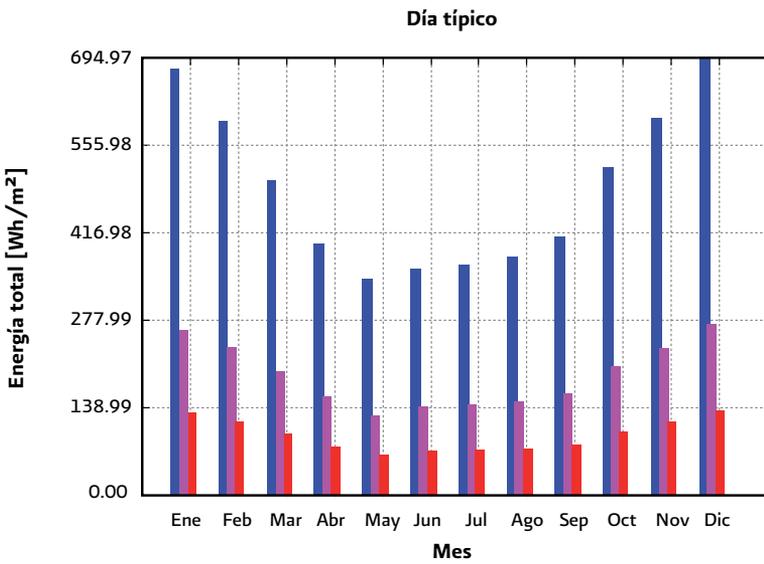
1. Envolvente de *block* de concreto con capa exterior de mortero con 10 cm de espesor. (Barra color azul).
2. Envolvente de *block* de concreto con capa intermedia de aislamiento de poliestireno de 2.5 cm (1") de espesor y 10 cm de enjarre de mortero (barra color magenta).
3. Envolvente de *block* de concreto con capa intermedia de aislamiento de poliestireno de 6.25 cm (2.5") de espesor y 10 cm de enjarre de mortero (barra color rojo).



Grafica de energía requerida para acondicionar el aire de un edificio en Hermosillo, Sonora.



Grafica de Energía requerida para acondicionar el aire de un edificio en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Grafica de energía requerida para acondicionar el aire de un edificio en Hermosillo, Sonora.

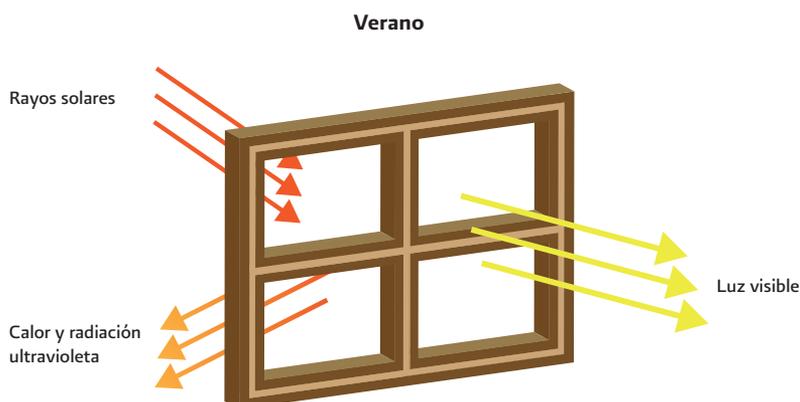
Como se puede notar en las gráficas en los tres tipos de clima, la aplicación de material aislante en la envolvente tiene un gran impacto en el comportamiento de la transferencia de calor.

En todos los casos el ahorro entre utilizar o no material aislante puede llegar a representar hasta alrededor del 90 por ciento de requerimiento energético causado por la transferencia de calor.

En el techo es recomendable aplicar una capa de 2.5" de espesor de poliuretano a presión o algún material regional acorde con la edificación que tenga un factor $R=7.14$ con un recubrimiento acrílico blanco. En las caras de las fachadas se recomienda utilizar placa aislante de poliestireno con espesor de 2.5", con un factor mínimo $R= 4$ por cada pulgada de espesor, instalada al exterior de la capa constructiva del edificio utilizando una malla de poliéster engomada que se adose a la placa y sobre esto aplicar una capa de mortero elástico adecuado a la zona climática de aplicación.

El diseño arquitectónico del edificio juega un gran papel en el desempeño energético del mismo. Por ello, es importante identificar el tipo de clima en el cual se encuentra o construirá el edificio para determinar si la implementación de un sistema de ventilación cruzada es adecuado o no. También se debe valorar que el uso de este sistema, al involucrar muchas ventanas, puede contribuir a mejorar la iluminación interior. Para ello, será conveniente revisar la posición y orientación del edificio en función de la radiación solar.

En el tema de las ventanas en los edificios es de gran utilidad considerar la aplicación de ventanas con doble vidrio que conforman un barrera térmica con el exterior y en conjunto con éstas es recomendable utilizar una película reflejante en las mismas. También es recomendable tener cuidado de no confundir las películas reflejantes con las películas conocidas como polarizado que sólo absorben los rayos solares. Las películas reflejantes tienen como objetivo reducir la ganancia térmica que se obtendría a través de las ventanas. Estas láminas actúan como filtro para rechazar los rayos ultravioletas e infrarrojos provenientes del sol. Se producen en tonos claros y oscuros. La utilización de estas películas puede ayudar a obtener una reflexión de hasta 43 por ciento y una absorción del 38 por ciento.



Factores a considerar sobre las ventanas:

1. Factores arquitectónicos. Identificar las opciones de diseño y conservación de la energía, logrando que la luz natural contribuya a la iluminación interior. Considerar el uso de sistemas de control que permitan el encendido de iluminación artificial solo cuando no exista la luz solar.
2. Propiedades térmicas. Se sugiere buscar materiales que no permitan la ganancia o pérdida de calor que provoquen un ahorro de consumo de energía y ayuden a lograr el confort de los usuarios.
3. Evaluar los factores de costos durabilidad y mantenimiento.
4. Considerar el factor psicológico del usuario para lograr el sentimiento de bienestar con los niveles de iluminación y vista al exterior.

Las consideraciones arquitectónicas bioclimáticas son de suma importancia para el diseño del edificio. Tienen que adecuarse al lugar de construcción, al proceso constructivo del edificio, las normas nacionales y locales de construcción y de cálculo de la envolvente, así como los requerimientos mínimos de la Norma Oficial Mexicana (NOM-008-ENER-2001). Existen herramientas que pueden ser útiles para el cálculo de la ganancia térmica en la envolvente tal como la metodología que ofrece la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (link http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/metodologias_nom)

A continuación, se describe la resistencia a la conductividad térmica (factor R) de los materiales aislantes más comunes.

Poliuretano	R=7.14
Poliestireno	R= 3.85
Fibra de vidrio	R=3.7
Lámina mineral	R=2.5
Madera celular	R=5
Adobe	R=2 y 3
Sillar	R=4 y 5
Block de concreto de 12 pulgadas	R=2 y 3
Block de concreto de 8 pulgadas	R=1.28
Block de concreto de 4 pulgadas	R=1.11
Ladrillo de 4 pulgadas	R=0.8
Concreto	R=0.06

9. Sistema de aire acondicionado

El diseño y equipo de aire acondicionado de un edificio es de suma importancia por estar ligado fuertemente con el sentir de bienestar del usuario (confort). Su función es acondicionar el aire interior del edificio a la zona de confort del usuario. Cabe señalar que estos sistemas pueden llegar a ser los de mayor consumo energético de los inmueble y su costo puede representar hasta el 20 por ciento del total del proyecto de construcción.

Un sistema de aire acondicionado debe proporcionar confort tomando en cuenta la temperatura, humedad, limpieza y ventilación sin olores ni partículas.

Es importante buscar el tipo de equipo adecuado a la zona, que proporcione la eficacia y rendimiento deseados. Para ello, se puede usar el indicador REE (kW/TR) que es la relación de eficiencia energética del equipo, nos indica la potencia eléctrica que el equipo debe absorber para producir una tonelada de refrigeración. Mientras menor sea el indicador más eficiente es el equipo.

Otro indicador útil es el de Relación de Eficiencia Energética Estacional (REEE). Calcula la relación del enfriamiento total de un equipo de aire acondicionado tipo central en watts térmicos (Wt), transferido del interior al exterior, durante un año de uso, dividido entre la potencia eléctrica total suministrada al equipo en watts eléctricos (We) durante el mismo lapso. (NOM-021-ENER/SCFI-2008)

Puntos a considerar al seleccionar un equipo de refrigeración:

- Las principales causas que elevan la temperatura en el interior de un edificio son la temperatura exterior, radiación solar, equipo de iluminación artificial, la operación de maquinaria y equipos y las personas en el interior del mismo.
- El tipo de clima donde se ubica el edificio, datos atmosféricos, el porcentaje de humedad promedio y temperaturas máximas y mínimas indicarán el nivel de aclimatación y tratamiento del aire necesarios.

- Características del edificio: dimensiones.
- Orientación del edificio: indicara las zonas que puedan tener mas carga de calor por transferencia térmica.
- El momento del día que la carga llega a su pico y en que zona del inmueble se ubica.
- Espesor y características de los aislamientos.
- Cantidad de ventanas, orientación, características físicas y sombreado que influye en ésta.
- Concentración de personal en el local.
- Fuentes de calor internas.
- Cantidad de ventilación requerida.
- La necesidad de dividir un sistema en zonas origina mayor capacidad de carga de enfriamiento que un sistema total, pero permite manejar la carga para cada zona en su hora pico.

Se recomienda valorar las siguientes opciones:

Sistema de acondicionamiento de aire que utilizando geotermia.

Hemiciclo solar.

Sistema combinado de ventilación pasiva e intercambiadores tierra-aire asistido con equipo tratador de aire. Este es un conjunto en el cual el diseño arquitectónico y la ingeniería muestran las bondades del medio ambiente y cómo aprovecharlas. Se usa un sistema de recolección de aire, chimeneas solares, diseño de entorno bioclimático y del diseño de un sistema que utiliza la geotermia; se extrae aire del exterior del edificio para hacerlo pasar por un serpentín enterrado a 7 metros de profundidad el cual pasa por una unidad tratadora de aire para de ahí distribuirlo al resto del edificio por medio de ductería. En verano absorbe el aire exterior a 32° y lo distribuye a las viviendas a una temperatura de 18°.

Este sistema se puso a prueba en Móstoles, España (2009), en donde se le da abasto de acondicionamiento de aire a un edificio habitacional de 92 departamentos. A la fecha sigue operando cumpliendo con los resultados esperados. Móstoles cuenta con un clima muy similar al de San Luis Potosí, su temperatura máxima oscila en los 32 °C, es un lugar óptimo para desarrollar un sistema como el hemiciclo solar de Móstoles.

La aplicación de este sistema requiere de diseño de proyecto en el cual se deben considerar los volúmenes deseados de aire acondicionado, entradas de captación de aire con su respectivo filtro, serpentines en el subsuelo por donde circula el aire exterior y unidades tratadores de aire (controlan filtros y niveles de humedad) que enviarán el aire por los canales de ductos.

Esta opción permitirá un ahorro de más del 60 por ciento de la energía requerida para acondicionar un edificio, reduce las emisiones de CO₂ hasta en un 87 por ciento lo que ayuda a lograr un edificio bioclimático.

Mini Split. Los sistemas de mini split logran tener muy buena eficiencia consumiendo en promedio 1.2 kilowatts por tonelada de refrigeración, esto varía dependiendo del fabricante y modelo. Esta tecnología nos permite tener de un 40 a 50 por ciento de ahorro en consumo eléctrico comparado con sistemas tradicionales de unidad. Por otra parte, el paquete ofrece la flexibilidad de encender los equipos por zonas conforme se vaya requiriendo. Por ser un equipo de uso común, es relativamente fácil encontrar técnicos para su mantenimiento. Es recomendable elegir entre los fabricantes un modelo con alta eficiencia, índice bajo de REEE y que ofrezca plan de garantía.

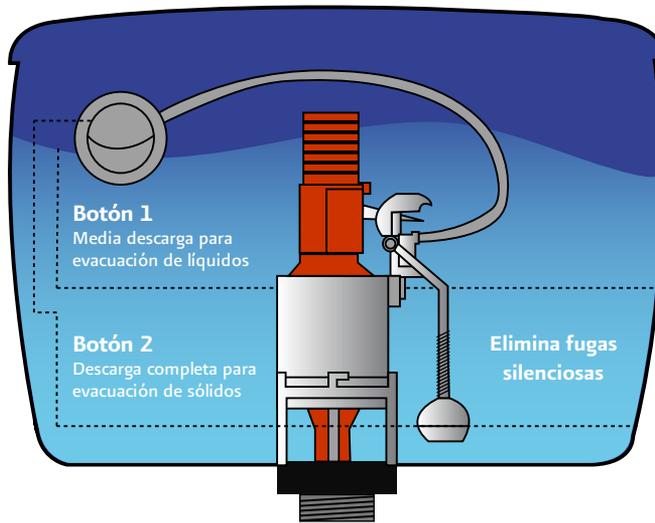
10. Agua, uso eficiente

Se recomienda el uso de sistemas ahorradores en sanitarios, mingitorios que no utilicen agua, perli- zadores en los grifos de la instalación y regaderas economizadoras de agua, todos estos instrumentos permiten un ahorro del más del 52 por ciento de uso de agua en comparación con una instalación tradicional.

Especificaciones de equipo sugerido:

Economizador de agua para sanitario

Ahorro de agua 52 por ciento. El economizador de agua es un mecanismo de alta tecnología para tanque de sanitario.



1. Válvula de doble acción aprox. 250.00 pesos.
2. Válvula de llenado Ecomax mod. Jolly Fill aprox. 125.00 pesos.

Este mecanismo de doble descarga es adaptable en cualquier tanque de cerámica o de plástico. El botón pulsador de doble mando totalmente ergonómico, permite accionar una descarga plena o una media.

Solo utiliza 3 litros de agua para eliminar líquidos. Ahorra entre 30 y 55 mil litros de agua al año por sanitario. El sello hidráulico elimina las fugas silenciosas. Sus empaques son resistentes a los ataques de las altas concentraciones de cloro y otros agentes que deforman empaquetaduras y que propician desperdicios de agua.

Mingitorios libres de agua

Son mingitorios que no requieren de un flujo de agua para su funcionamiento, se conectan directamente al drenaje y su tapa utiliza un líquido menos denso que la orina, lo que le permite flotar por encima y mantener los olores del drenaje fuera del medio ambiente del lugar de instalación.

1. Precio aproximado mingitorio ecológico libre de agua 2,800 pesos.

Estos no utilizan agua y son similares a un mingitorio convencional, pero no tienen válvulas de flujo, ni redes de agua, son conectados a redes de drenaje Standard de 50.8 mm (2"). Estos mingitorios son fácilmente instalados en cualquier área de baños existente.

Ventajas de mantenimiento: eliminan los costos de mantenimiento, así como reparación de sensores y válvulas, elimina las incrustaciones, previene desbordes y vandalismo. No hay partes en movimiento. El mantenimiento de limpieza equivale al de un mingitorio convencional. Los costos de instalación son menores que los de los mingitorios convencionales.

Los ahorros usualmente logran que los mingitorios se paguen por sí solos de 1 a 2 años.

Ventajas

- No utiliza agua.
- No despide olores.
- Higiénico.
- Libre de tacto.
- No se forman incrustaciones a la red del drenaje.
- No utiliza fluxómetro
- Se eliminan reparaciones de válvulas.
- No existen desbordes de agua.
- No utiliza desodorantes.
- Reduce el vandalismo.
- Minimiza el volumen de desperdicio.
- Mejora las áreas con modernos diseños.

Perlizadores de agua

Se utilizan en lavabos y fregaderos, inyecta pequeñas burbujas de aire lo que produce un chorro constante de agua pero ahorro en el flujo del vital líquido.

Resistencia a los depósitos de cal: el perlizador es resistente a los depósitos de cal que se acumulen en el colador exterior. Los depósitos de cal son causados por la evaporación de agua residual sobre el colador externo. La característica principal del perlizador es el triple colador exterior cóncavo de malla robusta. Con este sistema se consigue que la mayor parte del agua residual gotee al cerrar el grifo, impidiendo la acumulación de cal, Incluso, si bajo condiciones extremas apareciesen incrustaciones de cal en el colador exterior, fácilmente se podrían eliminar con un cepillo metálico sin causar ningún daño al firme robusto colador

Características:

- No requiere mantenimiento.
- Sistema antical.
- Fácil montaje.
- Sistema de montaje antirrobo.
- Fabricado en Alemania.
- Garantía de tres años.

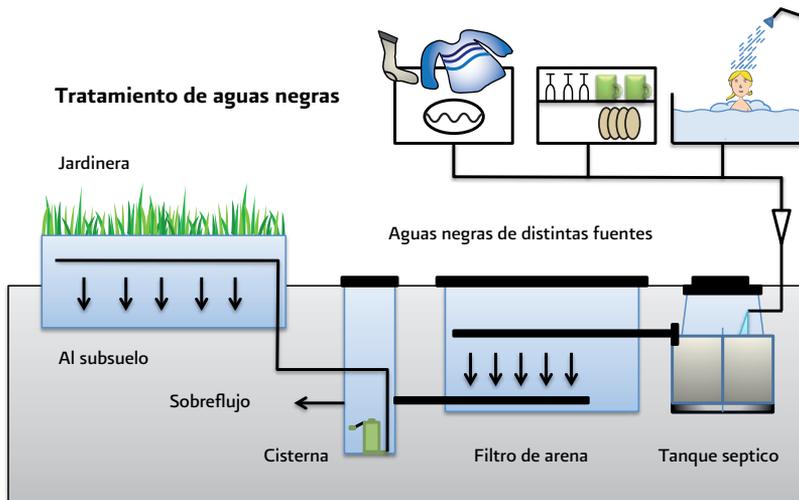
- Beneficios:
 - Ahorra más del 50 por ciento del agua en la ducha.
 - Ahorra energía.
 - Proporciona un chorro abundante y suave.

Regadera ahorradora: operan bajo un principio técnico similar a los perlizadores. El agua se convierte en miles de gotas, con lo que se logra hasta un 72 por ciento del ahorro de agua y en energía. Esta regadera tiene un consumo de 7.8 litros/minuto comparado con una regadera tradicional que es de 20 litros/minutos.

La regadera cuenta con una tobera patentada de 3 etapas que evita la acumulación de cal y de otros minerales que producen incrustaciones y bloqueos, El uso de la regadera Profilence permite un ahorro del 72%

11. Aguas grises

Son catalogadas como aguas grises las utilizadas en un edificio para efectos de lavado, agua jabonosa que no contenga desechos humanos, orgánicos o grasas. Se considera el agua utilizada en lavabos, lavadora de ropa, regaderas, tinas de baño y tarjas que solamente se utilicen para lavado y que no manejen residuos de comida.



Existen métodos de recuperación de aguas grises con equipo especializado y sistema sencillos de aplicación a pequeña escala.

Para lograr la recuperación de aguas grises es necesario un diseño de la instalación de desagüe de lavabos y tarjas de lavado, que conduzcan el agua gris a un tanque de almacenamiento, de ahí hacerla pasar por un filtro de grava gruesa, grava fina y arena para después pasar a un cárcamo, de donde se puede bombear para utilizarse como agua para riego de cama de plantas.

Esta agua es recomendable verterla directamente a la tierra en donde se encuentran las plantas que se desean regar, un uso sería en un sistema de riego por goteo para las plantas que no sean para consumo humano.

Se recomienda la instalación de un sistema de filtrado de aguas grises que cuente con bomba de agua filtrada para su utilización en sistema de irrigación de plantas que no sean de consumo humano, descarga de sobreflujo a línea del drenaje, sistema de filtrado por etapas que eliminen impurezas y partículas, filtros lavables de fácil mantenimiento, con unidad de almacenamiento que pueda ser instalada bajo tierra o a nivel de piso, conexión a línea de descarga de aguas grises del edificio, conexión de salida a sistema de irrigación, toma de vacío y limpieza.

Puntos a considerar:

- El diseño de colección de aguas grises debe incorporarse al sistema hidráulico, ubicar su punto de descarga en el lugar en donde se requiera instalar el equipo de filtrado.
- El lugar de instalación del sistema de filtro deberá contar con punto de conexión a la línea de drenaje.
- Incorporar al diseño de jardines y plantas el sistema de riego por goteo con aguas grises.
- La tubería y equipo de agua gris debe estar plenamente identificada.
- No utilizar el agua gris con sistemas de aspersores para evitar la aspiración humana de microorganismos.

Anexo 1

1. La instalación del panel fotovoltaico la realiza personal calificado.

Sugerencia de especificaciones mínimas del equipo fotovoltaico:

Panel Fotovoltaico Policristalino: hoy en día existen varias opciones de fabricantes de paneles solares, las capacidades de producción de los mismos ha mejorado en los últimos años, se recomienda que la potencia máxima en punto pico del panel sea mínimo de 235Wp, que tenga una eficiencia mínima de módulo del 14 por ciento con certificaciones mexicanas y/o certificaciones UL, CE y IEC; también que el fabricante ofrezca una garantía mínima de 25 años con una producción al 80 por ciento de su capacidad. La instalación la realiza personal calificado.

Anexo 2

Clases de viento por densidad de potencia en México a 10 y 50 metros				
Clases de viento, densidad de potencia	10 m (33 ft)	50 m (164 ft)		
	Densidad de potencia (W/m ²)	Velocidad m/s (mph)	Densidad de potencia (W/m ²)	Velocidad m/s (mph)
1. Potencial de recurso eólico: pobre	0	0	0	0
	100	4.4 (9.8)	200	5.6 (12.5)
2. Potencial de recurso eólico: utilizable	150	5.1 (11.5)	300	6.4 (14.3)
	200	5.6 (12.5)	400	7.0 (15.7)
3. Potencial de recurso eólico: bueno	250	6.0 (13.4)	500	7.5 (16.8)
	300	6.4 (14.3)	600	8.0 (17.9)
4. Potencial de recurso eólico: excelente	400	7.0 (15.7)	800	8.8 (19.7)
	1000	9.4 (21.1)	2000	11.9 (26.6)
5. Excelente				
6. Excelente				
7. Excelente				

- a) Extrapolación de velocidad vertical del viento basada en el principio de ley de potencia 1/7.
 b) Velocidad media del viento basada en el principio de distribución Rayleigh.



Hábitat

Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

www.gobiernofederal.gob.mx

www.sedesol.gob.mx