

EDIFICIO FOTOREFLECTOR



CENTRO UNIVERSITARIO MÉXICO

CIN2016A20043

AUTORES:

ALAMILLA RODRIGUEZ MAXIMILIANO

MECINA LARA BLANCA ESTHELA

RIVAS RODRIGUEZ RAFAEL

SANTAMARIA MONSALVE CESAR

ASESOR:

JESÙS FLORES TÉLLEZ

**CIENCIAS FISICOMATEMATICAS Y DE LAS
INGENERIAS**

FÍSICA

INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

MÉXICO D.F

18/02/16

Resumen:

Actualmente la necesidad de fuentes de energía alternativas que permitan reducir el consumo de recursos naturales no renovables, como puede ser el petróleo o el gas natural, es una preocupación del hombre. Por esta razón la arquitectura se encuentra en la búsqueda de nuevas edificaciones que sean autosustentables y puedan producir una parte de la energía que consumen. Una de las fuentes de energía renovable más importante, es la Solar, por lo que la búsqueda de mecanismos que transforme este tipo de energía en electricidad, nos motivo para proponer un edificio cuya fachada sea aprovechada como un enorme reflector de luz que puede ser colectada para su transformación en electricidad. La idea central de nuestro proyecto es construir una maqueta a escala de un edificio con fachada en forma cilíndrica, que refleje la luz hacia un tubo metálico colector que absorba la energía calorífica y sea transferida a un líquido (aceite) que eleve su temperatura y permita evaporar agua para mover una turbina que pueda producir electricidad.

Abstract:

Currently the need for alternative energy sources to reduce the consumption of non-renewable natural resources, such as oil or natural gas, is a concern of mankind. For this reason the architecture is searching for new buildings that are self-sustainable and able of producing a part of the energy they consume. One of the most important sources of renewable energy is solar energy, so the search for mechanisms to transform this energy into electricity, motivated us to propose a building whose facade will be exploited as a huge reflector of light that can be collected for it's transformation into electricity. The central idea of our project is to build a model scale of a building facade in a cylindrical shape that reflects the light into a metal tube that absorbs the heat energy and transfers it to a liquid (oil) that raises it's temperature and allows the evaporation of water to drive a turbine that can generate electricity.

Planteamiento del problema:

El ser humano utiliza cantidades estratosféricas de energía proveniente de recursos no renovables que son fuentes contaminantes que dañan al planeta, como el petróleo.

Debido al agotamiento de estos recursos no renovables, en un futuro tendremos que buscar energías renovables para la supervivencia y satisfacción de las necesidades humanas y evitar la sequía energética.

Una de las probables energías renovables podrá ser el uso de paneles solares que absorban los rayos del sol para poder generar energía limpia sin utilizar sustancias dañinas para el medio ambiente.

Actualmente la arquitectura preocupada por esta situación está desarrollando edificios autosustentables, en los que se produce parte de la energía que se consume por las personas que habitan estos edificios.

Por esta razón nuestro proyecto quiere transformar los rayos solares a energía calorífica y de esta a mecánica y finalmente a energía eléctrica.

HIPÓTESIS

Si se expone a los rayos solares una superficie reflectora cóncava de forma cilíndrica vertical, que represente a la fachada de un edificio, entonces los rayos solares serán reflejados y concentrados a lo largo de la línea focal, que se encuentra a la distancia de la mitad del radio de curvatura de la superficie circular del cilindro.

Si los rayos solares se concentran en una línea focal, donde se colocara un tubo colector que contendrá un aceite con una temperatura de evaporación mayor que la del agua, entonces la energía solar concentrada en el tubo elevará la temperatura del aceite por encima de la temperatura de evaporación del agua, lo que permitirá calentar agua hasta el punto de evaporación y producir vapor de agua a alta presión para mover una turbina y producir electricidad.

JUSTIFICACIÓN Y SUSTENTO TEORICO

Algunas propiedades específicas de la luz son la refracción, la absorción y la reflexión; ésta última propiedad puede permitirnos dar dirección y sentido a la luz, de manera que podamos aprovechar la energía que la luz puede proporcionarnos. Un espejo plano refleja la luz de manera regular, sin embargo, podemos deformar el espejo para re direccionar los rayos de la luz solar y enfocarlos hacia un punto específico llamado foco. Al enfocar los rayos solares en un solo punto se producirá energía calorífica que puede ser transformada en energía mecánica.

OBJETIVO GENERAL

Construir una maqueta de un prototipo de edificio cuya fachada tenga una forma cilíndrica capaz de reflejar los rayos solares hacia un punto para ser concentrada la energía calorífica y elevar la temperatura de una sustancia que pueda posteriormente transmitir la energía absorbida al agua, para obtener vapor que pueda mover una turbina que produzca energía eléctrica.

MARCO TEÓRICO

Reflexión de la luz.

La reflexión y refracción de la luz son dos fenómenos que observamos en nuestra vida diaria. La reflexión de la luz por superficies pulidas es responsable de la formación de imágenes en espejos, superficies de agua, superficies limpias y lisas, etc. Igualmente, la refracción, o desviación en la trayectoria de un haz de luz al pasar de un medio transparente a otro, explica la formación de imágenes por lentes.

La reflexión Cuando un haz de luz incide sobre una superficie pulida, sufre una reflexión parcial. Mientras más pulida y limpia es la superficie, mayor es la intensidad del haz reflejado. La reflexión producida por un espejo es llamada especular o regular, mientras que la producida por una superficie porosa, o irregular, como la del papel, se llama difusa. La reflexión difusa no produce imágenes. La reflexión especular se describe mediante las leyes de la reflexión:

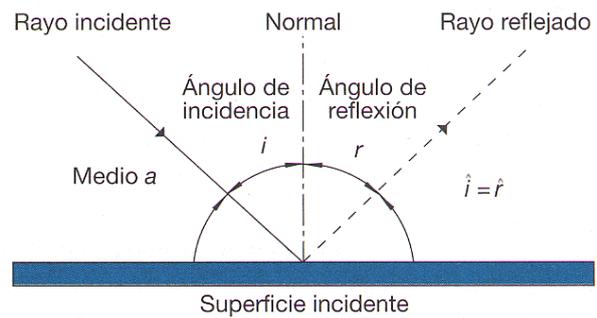
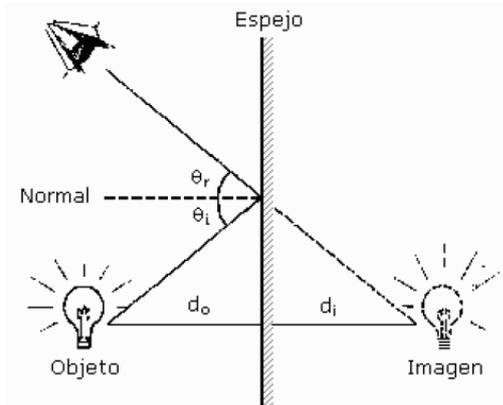


Figura 1.

El haz incidente, la normal a la superficie reflectora en el punto de incidencia, y el haz reflejado están en el mismo plano, y el ángulo del rayo incidente θ_i , es igual al del rayo reflejado θ_r , ambos medidos con respecto a la normal ver la figura 1. En ella notamos un objeto luminoso frente a un espejo. Un haz de luz es emitido por el objeto e incide sobre el espejo para ser reflejado hacia el ojo del observador. Este ve la imagen del objeto como si estuviera detrás del espejo. Los ángulos θ_i y θ_r son iguales. El ángulo θ_i está definido entre el haz incidente y la normal, o perpendicular al espejo, mientras el ángulo θ_r lo está entre la normal y el haz reflejado. Las distancias d_o y d_i son iguales entre sí.

Espejos esféricos.

Los mismos métodos geométricos aplicados a la reflexión de la luz desde un espejo plano se pueden utilizar para un espejo curvo. El ángulo de incidencia sigue siendo igual que el ángulo de reflexión, pero la normal a la superficie cambia en cada punto a lo largo de dicha superficie. De esto resulta una relación complicada entre el objeto y su imagen. La mayoría de los objetos curvos usados en aplicaciones prácticas son esféricos. Un espejo esférico es un espejo que puede considerarse como una porción de una esfera reflejante. Los dos tipos de espejos esféricos se ilustran en la figura 2. Si el interior de la superficie esférica es la superficie reflejante, se dice que el espejo es cóncavo. Si la porción exterior es la superficie reflejante, el espejo es convexo. En cualquier caso, R es el radio de curvatura, y C es el centro de curvatura para los espejos. El segmento AB , que es útil frecuentemente en problemas de óptica, se llama abertura lineal del espejo. La línea punteada CV , que pasa a

través del centro de curvatura y del centro topográfico o vértice del espejo, se conoce como eje del espejo.

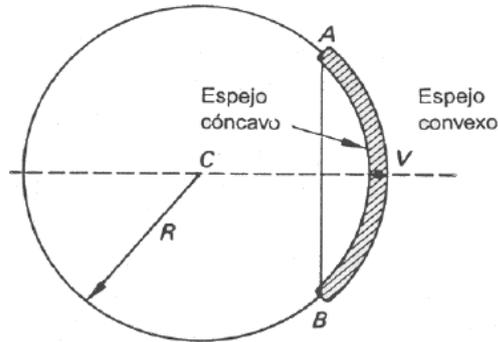


Figura 2. Definición de términos para los espejos esféricos.

Examinemos ahora la reflexión de la luz en una superficie esférica. Como un caso sencillo, suponga un haz de rayos de luz paralelos que inciden sobre una superficie cóncava, tal como se ilustra en la figura 3. En virtud de que el espejo es perpendicular al eje en su vértice V, un rayo de luz CV es reflejado de regreso sobre sí mismo. En realidad, cualquier rayo de luz que avanza a lo largo de un radio del espejo se refleja de regreso sobre sí mismo. El rayo de luz paralelo MN se refleja de modo que el ángulo de incidencia θ_i sea igual al ángulo de reflexión θ_r . Ambos ángulos se miden con respecto al radio CN. La geometría de la reflexión es tal, que el rayo reflejado pasa a través del punto F sobre el eje a la mitad del camino entre el centro de curvatura C y el vértice V. El punto F, en el cual convergen los rayos luminosos paralelos, se conoce como punto focal del espejo. A la distancia de F a V se le llama longitud focal f. Como ejercicio conviene demostrar, a partir de la figura 3(a), que:

$$f = \frac{R}{2}$$

La longitud focal f de un espejo cóncavo es igual a la mitad de su radio de curvatura R.

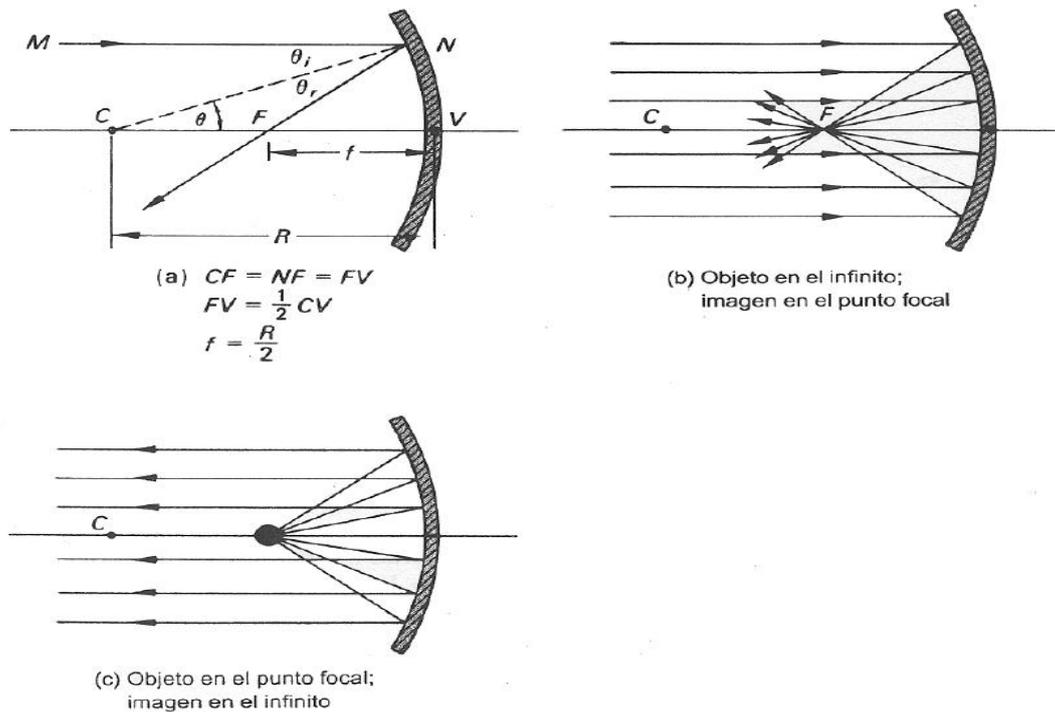


Figura 3. Punto focal de un espejo cóncavo: (a) la longitud focal es la mitad del radio de curvatura; (b) el objeto se encuentra en el infinito y la imagen en el punto focal; (c) el objeto está en el punto focal y la imagen en el infinito.

Todos los rayos de luz de un objeto distante, como por ejemplo el sol, convergen en el punto focal F , como muestra la figura 30(b). Por esta razón, a los espejos cóncavos frecuentemente se les llama espejos convergentes. El punto focal puede encontrarse experimentalmente haciendo que converja la luz del sol en un punto sobre un trozo de papel. El punto a lo largo del eje del espejo donde la imagen formada sobre el papel es más brillante corresponderá al punto focal del espejo. Por el hecho de que los rayos de luz son reversibles, si una fuente de luz está colocada en el punto focal de un espejo convergente, su imagen se formará a una distancia infinita. Es decir, el haz de luz emergente será paralelo al eje del espejo, como se muestra en la figura 3(c).

Unidades de medida de la radiación solar.

Las cantidades de radiación son expresadas generalmente en términos de exposición radiante o irradiancia, siendo esta última una medida del flujo de energía recibida por unidad de área en forma instantánea como energía/área-

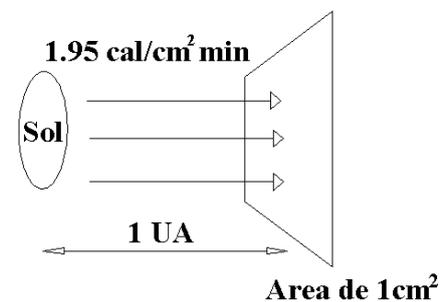
tiempo y cuya unidad es el Watt por metro cuadrado (W/m^2). Un Watt es igual a un Joule por segundo.

La exposición radiante es la medida de la radiación solar, en la cual la radiación es integrada en el tiempo como energía/área y cuya unidad es el kWh/m^2 por día (si es integrada en el día) ó MJ/m^2 por día.

Por ejemplo, 1 minuto de exposición radiante es una medida de la energía recibida por metro cuadrado sobre un periodo de un minuto. Sin embargo, un minuto de exposición radiante = irradiancia media (W/m^2) x 60 (s) y tiene unidades de Joule por metro cuadrado (J/m^2).

Constante solar

La constante solar es la cantidad total de energía solar que atraviesa en un minuto una superficie perpendicular a los rayos incidentes con área de 1 cm^2 , que se encuentra a la distancia media existente entre la Tierra y el Sol.



El valor medio de la constante solar es alrededor de $2\text{ cal/cm}^2\text{ min}$. Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0.2% en un periodo de 30 años.

La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. Expresada en otras unidades la constante solar es igual:

$$C = 1,353\text{ W/m}^2$$

En la superficie de la Tierra el flujo de radiación solar disminuye debido a la absorción y dispersión en la atmósfera terrestre, y es, por término medio de 800 a 900 W/m^2 .

Es muy importante controlar en cada momento el valor de la constante solar, pues se cree que solo una modificación del 1% de la misma podría ocasionar una variación de uno a dos grados en la temperatura de nuestro planeta. Nuestra supervivencia puede depender de la capacidad que tengamos de estar

preparados y de poder prevenir una hipotética variación importante de la constante solar.

Irradiancia Solar

La irradiancia es la utilizada para describir el valor de la potencia luminosa (energía/unidad de tiempo) incidente en un determinado instante por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. Sus unidades de medida son:

$$\text{W/m}^2$$

Irradiación Solar

La irradiación también conocida como insolación se refiere a la cantidad de energía solar recibida durante un determinado periodo de tiempo.

Sus unidades de medida son:

$$\text{Wh/m}^2$$

Por su diferente comportamiento, la irradiación la podemos separar en tres componentes: la directa, la difusa y la reflejada.

- Directa: Es la que se recibe directamente desde el sol en línea recta, sin que se desvíe en su paso por la atmósfera. Es la mayor y la más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

Difusa: Es la que se recibe del sol después de ser desviada por dispersión atmosférica. Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul. De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro aún de día, como sucede por ejemplo en la luna.

Reflejada: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Atenuación atmosférica de la radiación solar

La intensidad y frecuencias del espectro luminoso generado por el sol sufren alteraciones cuando la luz atraviesa la atmósfera. Ello se debe a la absorción, reflexión y dispersión de la radiación solar. Los gases presentes en la capa atmosférica actúan como filtros para ciertas frecuencias, las que ven disminuidas su intensidad o son absorbidas totalmente

Dispersión: La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y partículas en la atmósfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. La dispersión ocurre cuando un fotón afecta a un obstáculo sin ser absorbido cambiando solamente la dirección del recorrido de ese fotón.

Reflexión (Albedo): La capacidad de reflexión o fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie se denomina Albedo. El albedo planetario es en promedio de un 30%. Esta energía se pierde y no interviene en el calentamiento de la atmósfera.

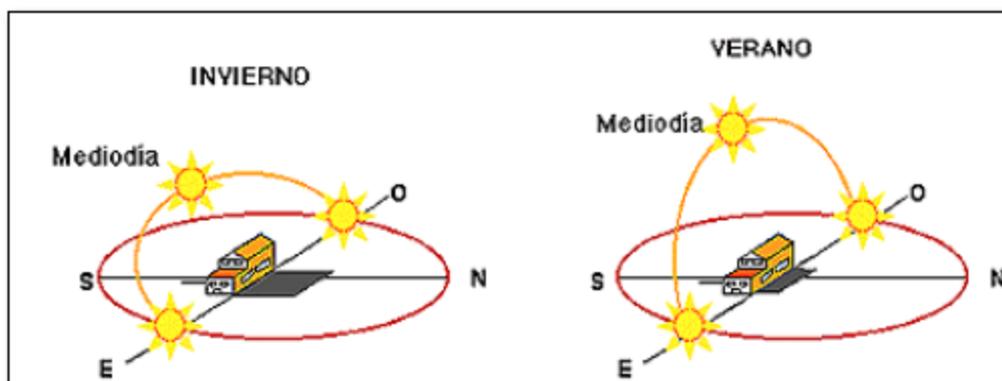
Absorción por moléculas de gases y partículas en suspensión: La absorción de energía por un determinado gas tiene lugar cuando la frecuencia de la radiación electromagnética es similar a la frecuencia vibracional molecular del gas. Cuando un gas absorbe energía, esta se transforma en movimiento molecular interno que produce un aumento de temperatura.

Como conclusión, se puede afirmar que la radiación total incidente sobre la superficie de la Tierra va a estar sujeta a variaciones, algunas previsible (diurnas y estacionales) y otras no previsible (las meteorológicas, particularmente el vapor de agua condensado en las nubes).

Posicionamiento del Sol respecto a la superficie terrestre

Desde el punto de vista de un observador sobre la superficie de la Tierra, el Sol describe un arco desde su salida (orto) hasta su puesta (ocaso). Por definición, a mitad de su recorrido, es decir, en el mediodía solar, el Sol pasa por el meridiano local.

Se denomina cenit a la vertical desde un punto cualquiera de la Tierra al corte con la hipotética trayectoria de la esfera solar.

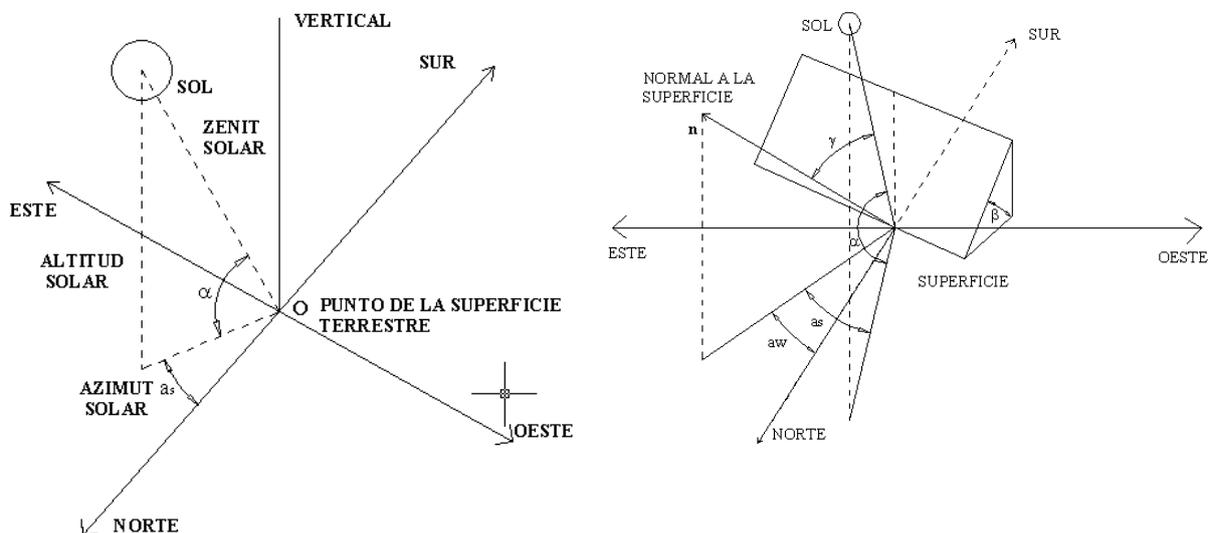


La posición del Sol se puede referir en dos sistemas de coordenadas distintos, ambos centrados en el observador: coordenadas horarias (declinación, N_s , y

ángulo horario, O_s) y coordenadas horizontales (altura solar, h_s , y azimut, a_s). Estas coordenadas determinan el vector solar, entendido éste como el vector con origen en el observador y extremo en el Sol. Del vector solar se volverá a hablar al calcular el ángulo de incidencia en un colector cilindro parabólico.

Relaciones geométricas entre los rayos solares y la superficie terrestre.

Las relaciones geométricas entre los rayos solares, que varían de acuerdo con el movimiento aparente del sol, y la superficie terrestre, se describen a través de varios ángulos que mostramos a continuación:



Ángulo de incidencia (γ): Ángulo formado entre los rayos del sol y la normal a la superficie de captación.

Ángulo azimutal de la superficie (aw): Ángulo entre la proyección de la normal a la superficie en el punto horizontal y la dirección sur-norte (para localizaciones en el hemisferio norte) o norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur). El desplazamiento angular se toma a partir del sur o norte dependiendo de si estamos en el hemisferio sur-norte o norte-sur.

Ángulo azimutal del sol (a_s): Ángulo entre la proyección del rayo solar en el plano horizontal y la dirección sur-norte (para localizaciones en el hemisferio norte) o norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur) obedece a la misma convención mencionada anteriormente.

Altura solar (α): Ángulo comprendido entre el rayo solar y la proyección del mismo sobre un plano horizontal.

Inclinación (β): Ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal. En el intervalo $0 < \beta < 90^\circ$ la superficie ve hacia arriba, mientras que en el intervalo $90 < \beta < 180$ la superficie ve hacia abajo. Una azotea horizontal tendrá $\beta = 0^\circ$, mientras que para una pared vertical $\beta = 90^\circ$.

Ángulo horario del sol u hora angular (W): Desplazamiento angular este-oeste del sol, a partir del meridiano local, y debido al movimiento de rotación de la tierra. Así, cada hora corresponde a un desplazamiento de 15° . Se adapta como convención valores positivos para el período de la mañana con cero a las 12:00 hs.

COLECTORES

Un colector o captor es un instrumento que absorbe el calor proporcionado por el Sol y los transmite a un fluido (aire o agua). Se emplea para producir agua caliente de uso doméstico o para hacer funcionar sistemas de calefacción.

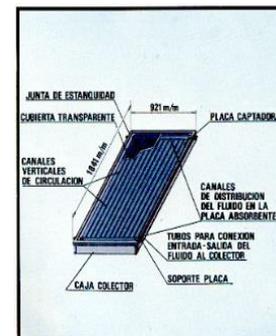
Existen dos tipos de colectores: Planos y Concentración

Colectores Planos:

Se componen con una lámina plana capaz de absorber suficiente radiación solar y dará como resultado el calor con una serie de tubos que estarán en contacto térmico con la lámina y circula un líquido refrigerante.

Este líquido que circula y distribuye servirá para transmitir el calor absorbido por la lámina a un sistema de agua caliente o de calefacción.

La lámina normalmente es metálica y está recubierta de un tratamiento selectivo especial para que la absorción de la radiación solar sea más intensa en el momento de reflejarse en la lámina. Para disminuir las pérdidas de calor del colector, la parte posterior de la lámina posee un aislamiento térmico, y la parte superior una cubierta de láminas transparentes de cristal o -en algunos casos- plástico, que reduce las pérdidas de calor por radiación y convierte al



colector en una especie de invernadero. Por último, una caja metálica es el soporte de todos estos elementos.

Colectores De Concentración:

Se utilizan para instalaciones con media temperatura, se concentran en la radiación solar que recibe la superficie captadora en un elemento receptor de superficie muy reducida.

Al ser el receptor más pequeño que en los colectores planos puede estar fabricado por materiales más sofisticados y caros que permiten una mejor absorción de la energía solar.

Los centrales colectores de concentración se utilizan para generar vapor a alta temperatura como los industriales, para producir energía eléctrica, etc.

Hay colectores de concentración de varios tipos. Pero todos ellos tienen en común que exigen estar dotados, para ser eficientes, de un sistema de seguimiento que les permita permanecer constantemente situados en la mejor posición para recibir los rayos del sol a lo largo del día.

Uno de los inconvenientes de la mayoría de los colectores de concentración (cilindro parabólico) es que sólo aprovechan la radiación directa del Sol, es decir, que sólo aprovechan los rayos solares que realmente inciden sobre su superficie. Sólo resultan realmente eficaces en zonas auténticamente soleadas.

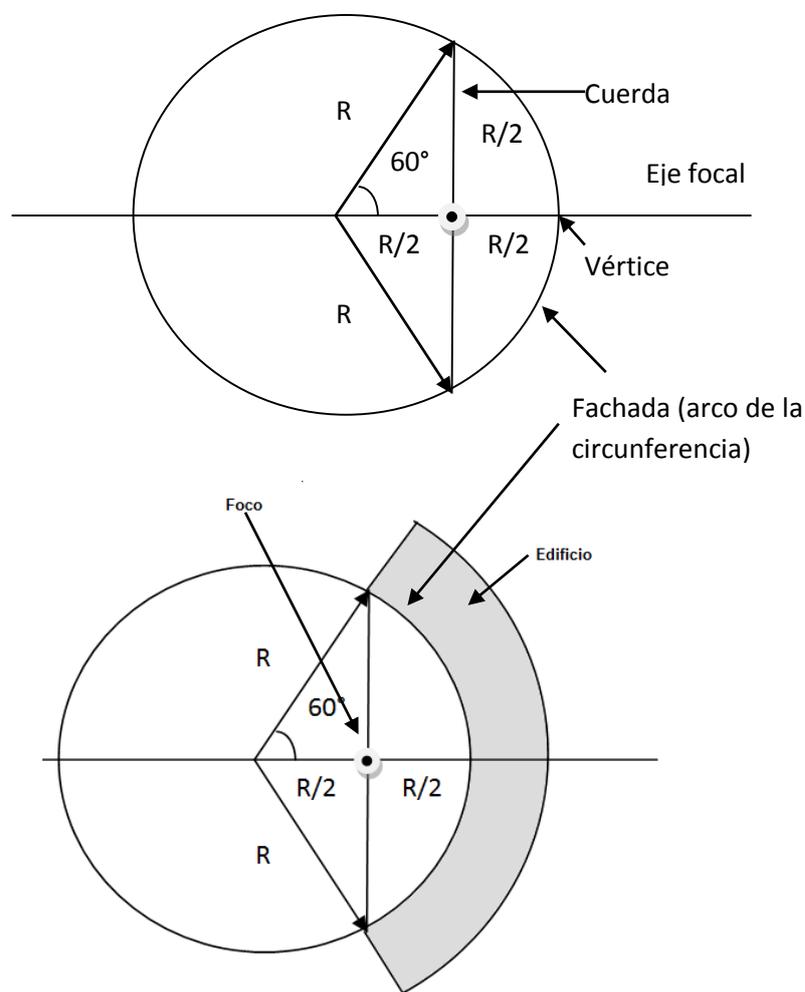


METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1° Parte: Se construyó una maqueta con la fachada en forma semicilíndrica capaz de reflejar los rayos solares y dirigirlos hacia el foco donde una serie de tubos que contendrán un aceite de automóvil, hagan uso de la energía calorífica concentrada. Los pasos que se siguieron para la elaboración de la maqueta del edificio fueron los siguientes:

1. Primero se determinó el tipo de forma que tendría la fachada del edificio, para que tuviera la forma de un espejo circular que reflejara los rayos

solares hacia el punto llamado foco. En la investigación que se realizó en el marco teórico, se encontró que los espejos esféricos tienen un foco que se encuentra a una distancia del vértice sobre el eje focal, de la mitad del radio de curvatura de la esfera. ($R/2$). Para determinar las dimensiones de la maqueta y del edificio propuesto, determinamos que usaríamos como propuesta una fachada de forma cilíndrica, cuyo corte transversal tendría un círculo cuyo arco de circunferencia tendría como cuerda, aquella que contenga el foco. Esto se muestra en la siguiente figura:

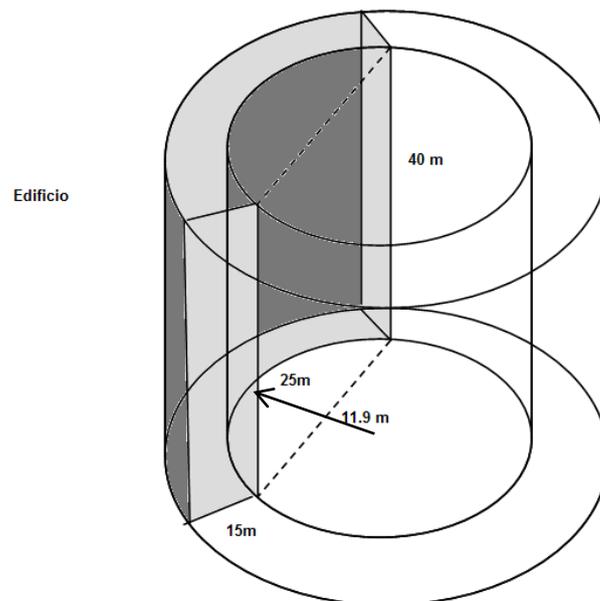
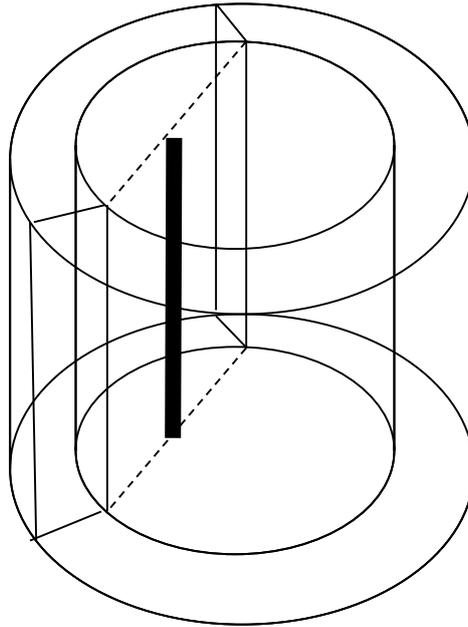


Consideramos proponer un edificio de 25 m de longitud de su fachada, esto implica que usando la expresión:

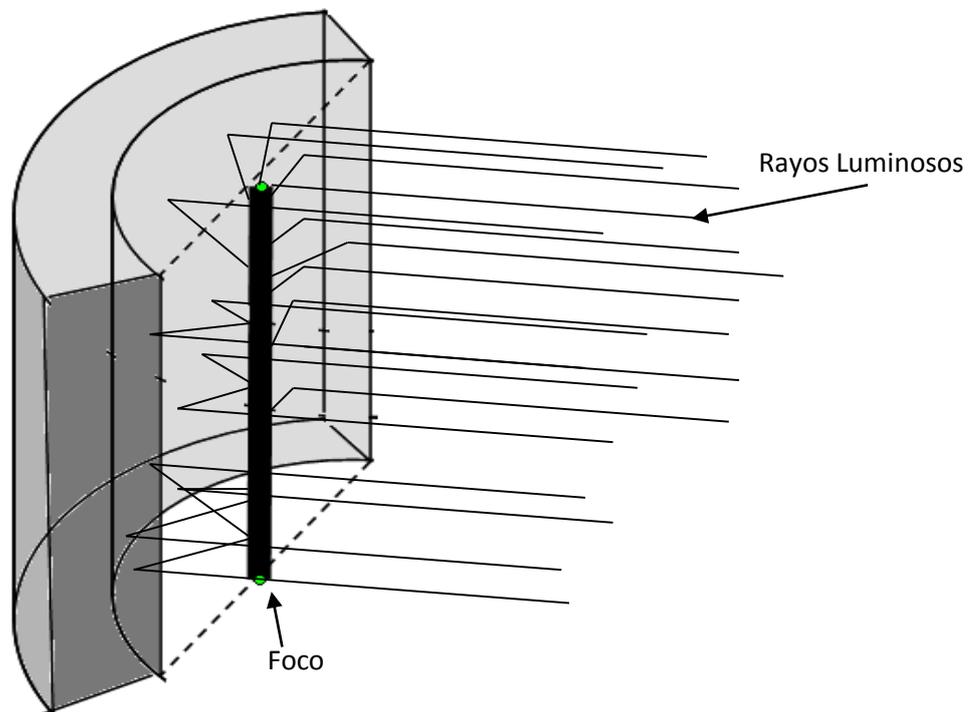
$$\text{Arco de circunferencia}(S) = \text{Radio} \times \text{Ángulo}(\text{radianes});$$

$$\text{Despejando} \quad R = S/\theta$$

2. Por lo tanto, para $S = 25 \text{ m}$ y $\theta = 120^\circ = 2\pi/3 \text{ (rad)}$, tenemos un radio de curvatura de 11.9 m , por lo que a partir de esta medida podemos trazar el arco de circunferencia de la fachada del edificio. Además, consideramos usar una profundidad o ancho para el edificio de 15 m y una altura de 40 m , para un número de 10 pisos. La maqueta estará diseñada a una escala $1:25$

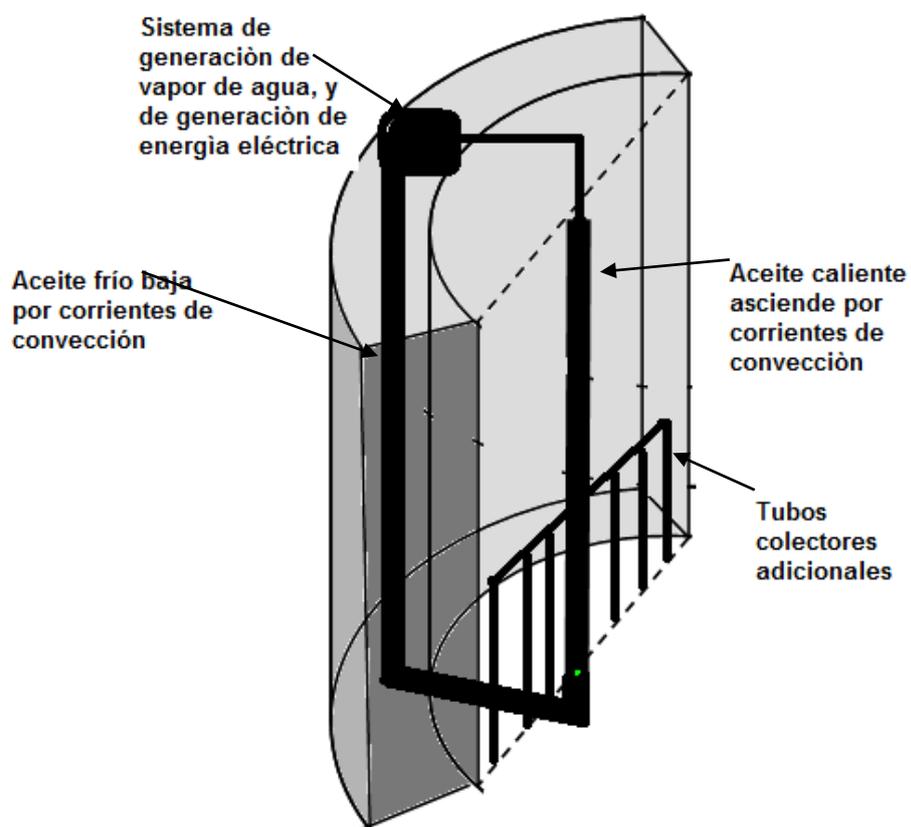


3. La maqueta se construyo de madera y las tapas de la fachada y de las caras laterales y trasera, se usa una lámina de polietileno y de plástico transparente. A la fachada se le pego una película de espejo, para simular las ventanas del edificio, que deberán estar polarizadas con película de espejo, para reflejar los rayos solares. Lo que esperamos, es que los rayos de luz que provengan de una fuente en el infinito, serán paralelos y si además fueran paralelos al eje focal, entonces serán reflejados hacia al foco, que en nuestro caso es toda una línea ya que el espejo es cilíndrico.



4. Esta imagen muestra rayos de luz que llegan paralelos al suelo, pero en la práctica, el Sol estará a cierta inclinación acimutal dependiendo de la hora del día y la época del año, lo cual cambia totalmente nuestra propuesta. Ya que el foco se va desplazando al pasar el día, pero al parecer la altura acimutal que depende de la época del año, no nos afectará, porque comprobamos con un laser que si cambiamos la altura de un rayo, siempre se reflejaba hacia la línea focal, aunque a una altura diferente.

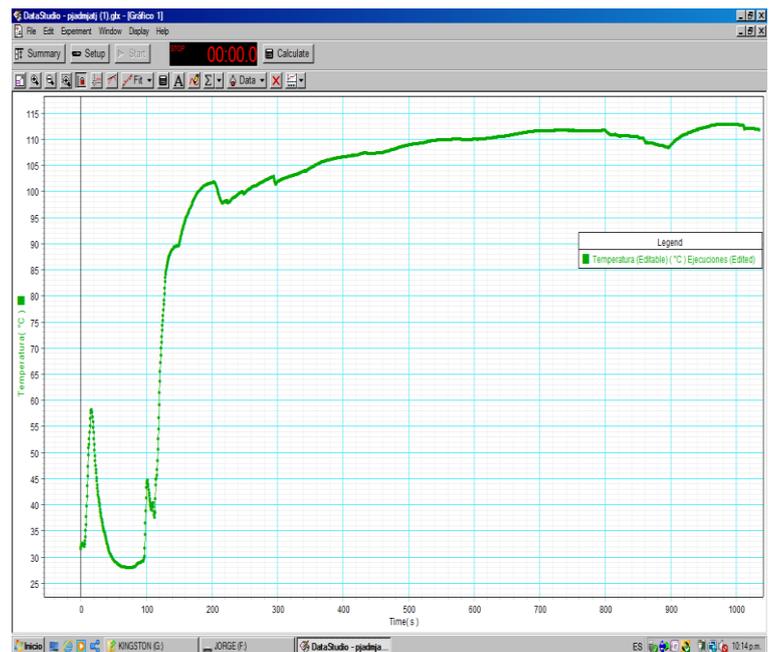
5. En la línea focal, la propuesta es colocar un tubo de cobre pintado de negro, como colector de la energía solar que estará dentro de un tubo de acrílico, que permita producir un efecto invernadero que permita incrementar la temperatura del tubo sin pérdidas de energía al exterior. Dentro del tubo se pretende colocar un aceite que eleve su temperatura más allá de los 100°C y por corrientes de convección comience a ascender, para posteriormente se utilice para evaporar agua. El vapor de agua que tendrá una alta presión podrá usarse por mover una turbina que produzca electricidad.
6. Para poder considerar el movimiento del foco debido al movimiento del Sol durante el día, se colocarán una serie de tubos de menor altura como colectores adicionales conectados al tubo central que moverá el aceite al techo del edificio, donde se utilizará la energía calorífica colectada en el aceite, para producir electricidad, para que posteriormente baje el aceite frío por la parte trasera y comenzar de nuevo el ciclo.





RESULTADOS:

Hasta el momento no se ha terminado de construir la maqueta del edificio, pero se ha medido la temperatura del aceite usado para el tubo colector. La temperatura se ha medido con un sensor de temperatura de la marca Pasco y con graficador Xplorer de la marca Pasco y se obtuvo la siguiente grafica, en la que después de 500 seg se alcanzó una temperatura de 110°C suficiente para poder calentar agua y llevarla al punto de ebullición.



CONCLUSIONES:

Se cumplió el objetivo de diseñar una maqueta de un edificio con fachada reflectora que concentre los rayos solares en un foco, y se pudo elevar la temperatura del aceite que contenía el tubo colector. Pero aún falta terminar la estructura de tubos que transportarán el aceite caliente hacia donde se elevará la temperatura de un volumen de agua, para que alcance su punto de ebullición y se genere una alta presión que mueva a un motor que simule una turbina, para producir energía eléctrica.

FUENTES BIBLIOHEMEROGRÁFICAS O DE INTERNET

<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Termodinamica/node22.html>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/heatra.html>

<http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/>

http://www.ecured.cu/index.php/Radiaci%C3%B3n_solar

http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=132&lang=es

<http://definicion.de/efecto-invernadero/>

<http://acacia.pntic.mec.es/jruiz27/lentespejoss/espejos.htm>