

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 1 / 5

ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglas de Seguridad del Taller	2
2	Ángulos solares y medición de radiación solar	
3	Ángulo de incidencia e irradiación	
4	Funcionamiento de concentrador de cilindro parabólico (CCP)	
5	Eficiencia de CCP y relación con ángulos solares	
6	Funcionamiento de Calentador solar de placa plana (CPP)	

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 2 / 5

PRÁCTICA 1

1. Objetivo

Dar a conocer el reglamento de seguridad para acceder y trabajar en Taller de energías renovables, a fin de conservar la integridad de los estudiantes y profesores, además del manejo adecuado y seguro de los equipos y herramientas que se emplearan para las diferentes prácticas de laboratorio de Energía Solar.

2. Alcance

Aplica al estudiante y al profesor, incluyendo el reglamento de vestimenta y de protección personal para las prácticas que así requieran este último.

3. Documentación de referencia

“Los accidentes son originados porque en el área de trabajo existen condiciones físicas que ponen en riesgo la seguridad de las personas, estas reciben el nombre de condiciones inseguras; por otro lado, las personas al realizar una práctica efectúan actos que infringen las normas de seguridad, ya sea por ignorancia o por negligencias, pudiendo con ello provocan un accidente, a esto se le llama actos inseguros. La Prevención de actos inseguros y de las condiciones inseguras debe ser el principio fundamental del éxito de la seguridad”

Reglas de seguridad para protección del alumno.

- ✓ No trabajar solo, cuando se maneja el equipo.
- ✓ Verificar el estado de las conexiones de tuberías y mangueras antes de utilizar el equipo.
- ✓ Verificar las conexiones eléctricas del equipo de medición de los módulos de prueba.
- ✓ No utilizar cadenas, anillos, que puedan estorbar y atorarse con las partes del equipo.
- ✓ Utilizar guantes para sujetar las partes calientes del equipo, manejo de herramienta o sujeción de partes con filos o esquinas.
- ✓ Utilizar vestimenta adecuada, evitar el uso de prendas demasiado holgadas.
- ✓ No jugar ni distraerse en el laboratorio, no jugar con los materiales, equipos y herramientas.

Cuando una persona entre en contacto con una superficie caliente atenderla con el botiquín de primeros auxilios.

Capacitarse en primeros auxilios, para proporcionar ayuda a quemaduras.

Contar con un buen botiquín que contenga con elementos propios para tratar los accidentes comunes de un laboratorio.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 3 / 5

Reglas de seguridad para protección equipo, accesorios y componentes.

- ✓ Antes de encender el instrumento asegúrese de saber cómo utilizarlo, de no ser así solicite al profesor o encargado de laboratorio el manual de uso.
- ✓ No mover el equipo innecesariamente, trasladarlo con cuidado uno a la vez y siempre con ayuda de alguien más.
- ✓ Evite exponer demasiado tiempo al sol los tableros de medición del módulo de pruebas del equipo, evite el sobrecalentamiento y el mal funcionamiento de los tableros de medición.
- ✓ Acomodar el equipo de modo de no estirar los cables, mangueras, ni accesorios, debe evitar que golpee otros equipos de laboratorio.
- ✓ Estar siempre atento cuando esté funcionando el equipo ya que contiene fluido caliente que en caso de fuga pudiera salpicar.
- ✓ Identificar y ubicar el extinguidor y salidas de emergencia.
- ✓ En caso de contingencia conocer donde se localizan los interruptores generales.

4. Definiciones

La seguridad es un elemento fundamental en cualquier actividad que se realiza dentro de los espacios de los laboratorios, refiriéndose la seguridad a la integridad tanto de las personas como de los materiales y equipos de laboratorio. Para cada laboratorio las reglas de seguridad básica son las mismas, algunas actividades requieren de medidas de seguridad y procedimientos más particulares.

Para el caso del laboratorio de energías renovables donde se realizan las prácticas relacionadas a la clase de Energía Solar se debe considerar la seguridad de los alumnos. Las practicas involucran el uso de equipo térmico solar, el cual puede lograr temperaturas superiores a los 100°C, componentes como tuberías que elevan su temperatura, entre otros aspectos de riesgo, por lo que en esta práctica se detallan las medidas de seguridad a seguir por alumnos y maestros durante la estancia dentro del laboratorio y del manejo de los equipos o materiales.

5. Responsabilidades

Del profesor de laboratorio, explicar y verificar la comprensión de las reglas de seguridad por parte del estudiante dentro del taller, así como la observancia del cumplimiento de estas.

Del estudiante, acatar las instrucciones de seguridad especificadas tanto en el manejo del equipo como las reglas de protección personal y vestimenta.

6. Procedimiento

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 4 / 5

6.1. Actividades de Pre-laboratorio

No requeridas.

6.2. Competencia

Que el estudiante comprenda e implemente los cuidados y medidas necesarias para su propia protección y del equipo, así como tener el criterio para evitar situaciones de riesgo potencial.

6.3. Material y equipo

Reglamento de laboratorio.

6.4. Procedimiento

Introducción a los estudiantes al taller de Energías Renovables así como la descripción general de las actividades a realizar dentro de las diferentes prácticas con los equipos de energía solar térmica. Presentación del reglamento de seguridad de taller, y explicación de reglas específicas que aplican para las prácticas de energía solar térmica.

6.5. Resultados

No aplica.

6.6. Cálculos y/o gráficas

No aplica.

6.7. Análisis y discusión de resultados

No aplica.

6.8. Observaciones

No aplica.

6.9. Conclusiones

No aplica.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 5 / 5

6.10. Gestión de residuos

No aplica.

7. Bibliografía

Reglamento de taller de energías renovables.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 1 / 7

ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglas de Seguridad del Taller	
2	Ángulos solares	2
3	Ángulo de incidencia, irradiación y medición	
4	Funcionamiento de concentrador de cilindro parabólico (CCP)	
5	Eficiencia de CCP y relación con ángulos solares	
6	Funcionamiento de Calentador solar de placa plana (CPP)	

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 2 / 7

PRÁCTICA 2

1. Objetivo

Identificar y relacionar cada uno de los ángulos respecto a la geometría y trayectoria solar, como altura solar, azimutal solar, ángulo cenital y zenit. Comprender la diferencia entre orientación polar o geográfica y la orientación solar.

2. Alcance

Aplicación de los conocimientos básicos de geometría para determinar en situ y en tiempo real los ángulos de geometría solar.

3. Documentación de referencia

La radiación solar a ras de tierra estará formada por una componente directa, pues llega hasta nosotros sin sufrir desviaciones, y otra difusa, que se difunde por todo el hemisferio celeste, aparentando que es éste quien la irradia. La suma de estas dos componentes en un plano horizontal se denomina "radiación global". La componente difusa puede variar desde un 20% sobre el global en un día claro, a un 100% en un día nublado.

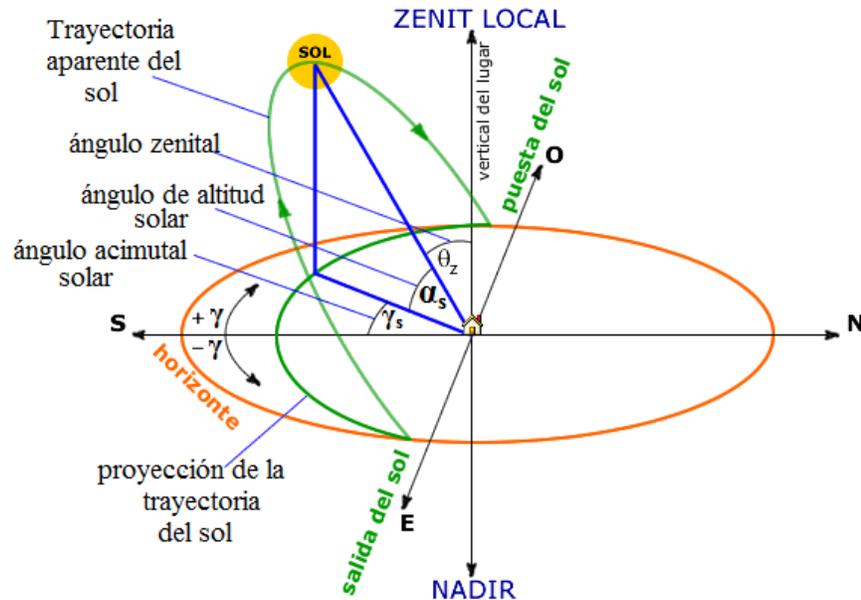
El Angulo de incidencia de la radiación solar varía en función de la posición de la superficie a la que llega. Este Angulo se ve modificado por varios efectos; i) la época del año, ya que al desplazarse el planeta alrededor del sol, la radiación incidente llegara a los diferentes puntos del planeta con diferentes ángulos. También existe el cambio diario ya que cada día presenta características particulares como nubosidades, lluvias, etc.

Por todo ello en esta práctica se realiza el análisis del efecto de estos factores en la cantidad de radiación incidente.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---



Variación de la radiación solar que llega a la superficie



Según el periodo de tiempo podemos hacer esta clasificación:

Variación mensual

La radiación media diaria mensual recibida por una superficie horizontal varía de un mes a otro por dos razones fundamentalmente:

- 1º) La localización geográfica.
- 2º) La posición cambiante que tiene el plano horizontal con respecto a los rayos del sol.

La primera de las razones lleva asociada un cambio mensual más o menos importante de clima (nubosidad, polvo en el ambiente) y la segunda una fluctuación de la cantidad de energía que llega al plano considerado.

La Tierra describe alrededor del Sol una inmensa elipse en uno de cuyos focos está el Sol. El ecuador terrestre tiene una inclinación respecto del plano de la eclíptica (órbita terrestre). Dicha inclinación es de $23^\circ 27'$. Debido a dicha inclinación constante, la dirección de los rayos solares incidentes forman un ángulo, llamado de declinación solar, en el plano del ecuador terrestre que varía entre $-23^\circ 27'$ correspondiente al solsticio de invierno y $23^\circ 27'$ en el solsticio de verano. Dicho ángulo será nulo en el equinoccio de primavera y otoño.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON	Coordinado por	Aprobado por
Función PROFESOR	Función	Función

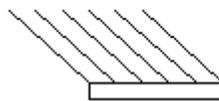
	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 4 / 7

La variación de la declinación es de forma periódica y puede calcularse aproximadamente mediante la expresión:

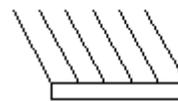
$$\delta = 23,45 \times \text{sen} \left(360 \times \frac{284 + n}{365} \right)$$

donde "n" es el número de días del año que han transcurrido.

La figura siguiente muestra la variación del ángulo de incidencia de la radiación solar sobre un plano horizontal situado en el hemisferio Norte en invierno con respecto al mismo ángulo en verano. Podemos observar como en verano la inclinación de los rayos solares con respecto a la horizontal es mayor que en invierno.



Radiación solar en invierno



Radiación solar en verano

4. Definiciones

Variación diaria

La radiación solar que llega a un plano situado en la superficie terrestre varía de un día a otro, variación que se debe fundamentalmente al cambio de nubosidad. Para dar una cifra orientativa, en días nublados, cuando la radiación solar recibida por la superficie es, en su mayor parte, difusa, el valor de dicha radiación suele ser del orden de 3.000 KJ/m² día, mientras que en un día soleado el valor de la radiación puede ascender hasta 30-35.000 KJ/m² día.

Normalmente la cantidad y tipo de nubosidad se miden subjetivamente de forma regular en el programa de observaciones de la mayoría de los observatorios meteorológicos. La nubosidad es calculada en décimos de cielo cubiertos de nubes. Los tipos de nubes se diferencian por sus alturas (bajas, medias y altas) y por su construcción vertical. Así, a los lechos horizontales se les

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 5 / 7

denominan estratos mientras que a las nubes con extensión vertical se les llaman cúmulos. Las nubes altas, clasificadas como cirros, normalmente producen la mínima atenuación solar.

Variación horaria

La variación horaria de la radiación solar recibida por un plano horizontal situado sobre la superficie terrestre es debida, fundamentalmente, al movimiento de rotación de la Tierra. Para representar el movimiento de rotación empleamos el "ángulo horario". El ángulo horario mide la distancia, expresada en grados, entre el plano meridiano de la Tierra que contiene al Sol y el que tiene un observador cuya hora queremos determinar. En ángulo horario de "w", para una posición del Sol, debe expresarse en función de las horas transcurridas desde el mediodía, "t", teniendo en cuenta la equivalencia de 360° del ángulo horario total con el tiempo correspondiente que son 24 horas. Según esto puede escribirse:

$$w = 15 \cdot t \text{ (grados)}$$

El espesor de la capa atmosférica que debe atravesar la radiación para llegar a la superficie varía a lo largo del día por el movimiento de rotación, de manera que, mientras a primera hora de la mañana esta capa es gruesa, al mediodía (ángulo solar igual a 0°) el espesor es mínimo y, en consecuencia, la radiación solar recibida es máxima.

Medida de la radiación solar: Aparatos para medir la radiación directa

Se denominan pirheliómetros y deben enfocarse al disco solar. El mayor problema que presenta es el de la orientación, lo que precisa una atención muy superior y por lo tanto resultan más escasos que los siguientes aparatos.

Aparatos para medir la radiación global

Se denominan piranómetros. La gran ventaja de estos aparatos es que no precisan seguir el movimiento del sol por los que son mucho más cómodos de manejo que los anteriores y se han generalizado mucho más.

5. Responsabilidades

Del profesor de laboratorio, explicar y verificar la comprensión de las actividades a realizar durante la practica, asi como verificar la comprensión de las instrucciones referidas a la información a obtener y forma de presentar en los resultados. En tanto, el estudiante será responsable de seguir las reglas de

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 6 / 7

seguridad, las instrucciones del profesor, llevar las herramientas y materiales en caso de ser requeridas para realizar la practica, en este caso regla graduada, regla transportador o celular con aplicación de nivel, cuaderno de bitácora para notas y cálculos.

6. Procedimiento

6.1. Actividades de Pre-laboratorio

No requeridas.

6.2. Competencia

Que el estudiante comprenda e implemente los cuidados y medidas necesarias para su propia protección y del equipo, así como tener el criterio para evitar situaciones de riesgo potencial.

6.3. Material y equipo

MATERIALES Y HERRAMIENTAS:

Regla angular de 90 grados.
 Regla transportador o celular con nivel.
 CCP
 Brújula.
 Regla graduada.
 Guantes de seguridad.

6.4. Procedimiento

Utilizar la base del CCP para orientarla respecto al sur solar y tomar la referencia el este o el sur.
 Emplear el CCP para alinearlos con el sol y mediante el uso de las reglas y niveles determinar los diferentes ángulos como: ángulo azimutal solar, ángulo altura solar, ángulo cenital, además de tomar la lectura de la hora civil.

Repetir el procedimiento anterior a intervalos de cada 10 minutos y 6 veces.

Tabular los datos de los valores obtenidos y graficarlos relacionando el tiempo contra cada uno de los ángulos obtenidos.

6.5. Resultados

Presentar los valores de los ángulos en una tabla.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 7 / 7

6.6. Cálculos y/o gráficas

Presentar los cálculos geométricos realizados para obtener el ángulo azimutal solar para cada medición realizada.

Graficar en Excel con un modelo de 2 ejes (x,y), empleando el eje x como variable de tiempo y la y como variable de valor angular.

Graficar todos los ángulos en la misma gráfica.

6.7. Análisis y discusión de resultados

Discuta y explique el comportamiento de los datos en relación al tiempo y movimiento del sol por la bóveda celeste.

6.8. Observaciones

Agregar cualquier información relevante en cuanto a condiciones que pueden afectar los datos obtenidos, así como método de medición, herramientas, factor humano, factores ambientales, etc.

6.9. Conclusiones

Plantear una conclusión individual acerca de la relevancia de conocer y comprender el movimiento del sol y la dirección de los rayos solares, en específico para el caso de aplicaciones termosolares y su importancia en el desempeño e instalación de los colectores.

6.10. Gestión de residuos

No aplica.

7. Bibliografía

Duffie J., Beckman W. (2013). Solar engineering of thermal processes. Cuarta edición, Editorial WILEY. New Jersey, USA.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 1 / 7

ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglas de Seguridad del Taller	
2	Ángulos solares	
3	Ángulo de incidencia, irradiación y medición	2
4	Funcionamiento de concentrador de cilindro parabólico (CCP)	
5	Eficiencia de CCP y relación con ángulos solares	
6	Funcionamiento de Calentador solar de placa plana (CPP)	

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 2 / 7

PRÁCTICA 3

1. Objetivo

Determinar el ángulo de incidencia de los rayos solares respecto al plano horizontal y medir el valor de la radiación incidente tanto en el plano horizontal como en el plano inclinado, empleando el sistema CCP.

2. Alcance

Aplicar conocimientos previos y sentido común para determinar la dirección de los rayos solares, el ángulo incidente respecto a los ejes de referencia (ángulo azimutal solar, altura solar). Calcular los ángulos de incidencia respecto a un plano inclinado orientado al sur. Emplear el Piranómetro para la medición de radiación solar instantánea en plano horizontal e inclinado.

3. Documentación de referencia

La radiación solar incide sobre la tierra en diferente forma, es decir, el ángulo en el que llega a los diferentes puntos de la tierra varia ya que el planeta es una esfera y por ende tiene una curvatura en la superficie. Esto repercute significativamente en la cantidad de energía que puede ser aprovechada por los sistemas de calentamiento solar. A partir de diferentes ángulos referentes a un punto específico en la tierra y la posición del sol, se puede calcular el ángulo con el que incidirá la radiación que llega a ese punto y la cantidad de radiación.

Las direcciones principales sobre el plano horizontal son la Norte-Sur, intersección con el plano meridiano del lugar, y la perpendicular a ella Este-Oeste, intersección con el plano denominado primer vertical.

Respecto al sistema anteriormente descrito, la posición del Sol se define mediante los siguientes parámetros:

- **LATITUD DEL LUGAR (ϕ):** Es la complementaria del ángulo formado por la recta que une el zenit y el nadir con el eje polar. Es positivo hacia el Norte y negativo hacia el Sur.

- **MERIDIANO DEL LUGAR:** Circulo máximo de la esfera terrestre que pasa por el lugar, por el zenit y por el nadir.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 3 / 7

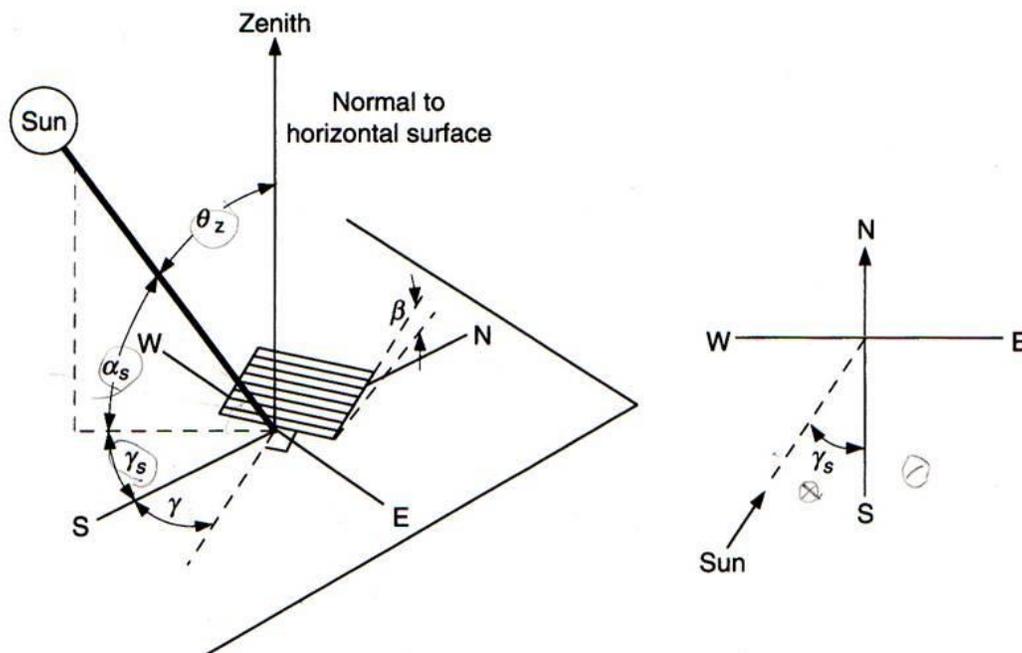
- **DISTANCIA ZENITAL** (θ_z): Es el ángulo formado por el radio vector punto-Tierra y la vertical del lugar. Es positivo a partir del zenit.

- **ALTURA SOLAR** (α_s): Ángulo que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal. Ángulo complementario de la distancia zenital.

- **ÁNGULO ACIMUTAL** (γ_s): Ángulo formado por la proyección del Sol sobre el plano del horizonte con la dirección Sur. Positivo 0° a 180° hacia el Oeste y negativo hacia el Este 0° a -180° .

- **HORIZONTE**: Lugar geométrico de los puntos con altura 0.

Otra forma de verlo respecto a un plano inclinado:



β = ángulo de inclinación de la superficie inclinada.

γ = ángulo acimutal de la superficie

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 4 / 7

γ_s = ángulo acimutal del sol

α_s = ángulo de altitud solar

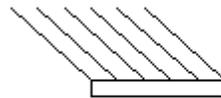
θ_z = ángulo zenit

La variación de la declinación es de forma periódica y puede calcularse aproximadamente mediante la expresión:

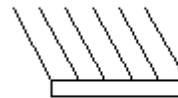
$$\delta = 23,45 \times \sin\left(360 \times \frac{284 + n}{365}\right)$$

donde "n" es el número de días del año que han transcurrido.

La figura siguiente muestra la variación del ángulo de incidencia de la radiación solar sobre un plano horizontal situado en el hemisferio Norte en invierno con respecto al mismo ángulo en verano. Podemos observar como en verano la inclinación de los rayos solares con respecto a la horizontal es mayor que en invierno.



Radiación solar en invierno



Radiación solar en verano

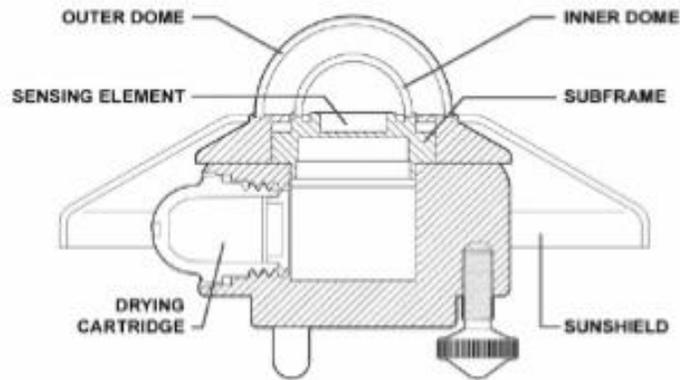
4. Definiciones

Pirómetro: Un pirómetro (también llamado solarímetro y actinómetro) es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra. Se trata de un sensor diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (kilowatts por metro cuadrado) en un campo de 180 grados.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 5 / 7

Partes de un Piranómetro – Solarímetro



Los radiómetros pueden ser de dos tipos: piranómetros y pirheliómetros. La forma principal de actuación de estos sensores es la conversión de la energía proveniente del sol en otro tipo de energía, principalmente eléctrica, de forma que esta última pueda ser medida de una forma mucho más sencilla. Esta energía dependerá, por otra parte, de la inclinación, y en su caso de la orientación, en la que esté situado el sensor, debido a que no sería lo mismo registrar la radiación incidente en una superficie horizontal que en una vertical, por razones obvias.

5. Responsabilidades

Del profesor de laboratorio, explicar y verificar la comprensión de las actividades a realizar durante la práctica, así como verificar la comprensión de las instrucciones referidas a la información a obtener y forma de presentar en los resultados. En tanto, el estudiante será responsable de seguir las reglas de seguridad, las instrucciones del profesor, llevar las herramientas y materiales en caso de ser requeridas para realizar la práctica, en este caso regla graduada, regla transportador o celular con aplicación de nivel, cuaderno de bitácora para notas y cálculos.

6. Procedimiento

6.1. Actividades de Pre-laboratorio

No requeridas.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 6 / 7

6.2. Competencia

Que el estudiante comprenda el fenómeno de la irradiación solar sobre plano horizontal e inclinado, así como aprender a utilizar el instrumento de medición para radiación solar y utilizar los datos medidos para determinar la cantidad de energía incidente.

6.3. Material y equipo

MATERIALES Y HERRAMIENTAS:

Regla angular de 90 grados.
 Regla transportador o celular con nivel.
 CCP
 Regla graduada.
 Guantes de seguridad.
 Módulo de sondas de termopar y Piranómetro TQ.
 Sonda de temperatura ambiente tipo termopar K.

6.4. Procedimiento

Antes de iniciar con las mediciones, se deben conectar los sensores al módulo de medición del CCP donde se muestran las mediciones. Posteriormente se debe conectar el módulo a la corriente para poder encenderlo posteriormente. Una vez conectados los sensores y el módulo, el CCP debe ser orientado y alineado en dirección al sol de manera que el reflejo concentrado de los rayos solares incidan sobre el material absorbente en el foco lineal.

Una vez posicionado el CCP, se debe obtener el ángulo azimutal solar, altura solar, inclinación del CCP, temperatura ambiente, temperatura del absorbedor y radiación solar incidente sobre plano inclinado. Se repiten las mediciones a intervalos de cada 10 minutos ajustando el CCP para alinearlo con el sol. El proceso se deberá realizar de 5 a 6 veces para poder generar una gráfica y observar una tendencia.

6.5. Resultados

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 7 / 7

Presentar valores medidos de manera tabulada y gráfica, relacionando los valores angulares, hora y radiación incidente sobre plano inclinado.

6.6. Cálculos y/o gráficas

Presentar los cálculos geométricos realizados para obtener el ángulo azimutal solar para cada medición realizada.

Graficar en Excel con un modelo de 3 ejes (x,y1, y2), empleando el eje x como variable de tiempo y la y1 como variable de valor angular, en tanto que el eje y2 debe corresponder a los valores de radiación.

Graficar todos los ángulos en la misma gráfica.

6.7. Análisis y discusión de resultados

Discuta y explique el comportamiento de los datos en relación al tiempo y movimiento del sol por la bóveda celeste y el valor de radiación solar respecto a la constante solar y los valores típicos en el plano horizontal.

6.8. Observaciones

Agregar cualquier información relevante en cuanto a condiciones que pueden afectar los datos obtenidos, así como método de medición, herramientas, factor humano, factores ambientales, etc.

6.9. Conclusiones

Plantear una conclusión individual acerca del comportamiento de la radiación solar respecto en relación con el seguimiento solar del CCP, el valor de la constante solar y la variación de las mediciones debidas a condiciones de claridad de cielo.

6.10. Gestión de residuos

No aplica.

7. Bibliografía

Duffie J., Beckman W. (2013). Solar engineering of thermal processes. Cuarta edición, Editorial WILEY. New Jersey, USA.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 1 / 6

ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglas de Seguridad del Taller	
2	Ángulos solares	
3	Ángulo de incidencia, irradiación y medición	
4	Funcionamiento de concentrador de cilindro parabólico (CCP)	2
5	Eficiencia de CCP y relación con ángulos solares	
6	Funcionamiento de Calentador solar de placa plana (CPP)	

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 2 / 6

PRÁCTICA 4

1. Objetivo

Desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis de las diferentes tecnologías de concentración solar, a fin de que comprenda los principios básicos de diseño y operación de estas, empleando el sistema CCP.

2. Alcance

Que el alumno aplique su criterio y conocimientos previos para definir áreas potenciales de aplicación de la tecnología de concentración solar-térmica. Además, aplicar conocimientos previos y sentido común para determinar la dirección de los rayos solares, el ángulo incidente respecto a los ejes de referencia (ángulo azimutal solar, altura solar). Calcular los ángulos de incidencia respecto a un plano inclinado orientado al sur. Emplear el Piranómetro para la medición de radiación solar instantánea en plano horizontal e inclinado.

3. Documentación de referencia

Un captador solar de cilindro parabólico se conforma por diferentes partes que son:

- Reflector
- Base o soporte
- Tubo absorbedor
- Sistema de seguimiento

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 3 / 6

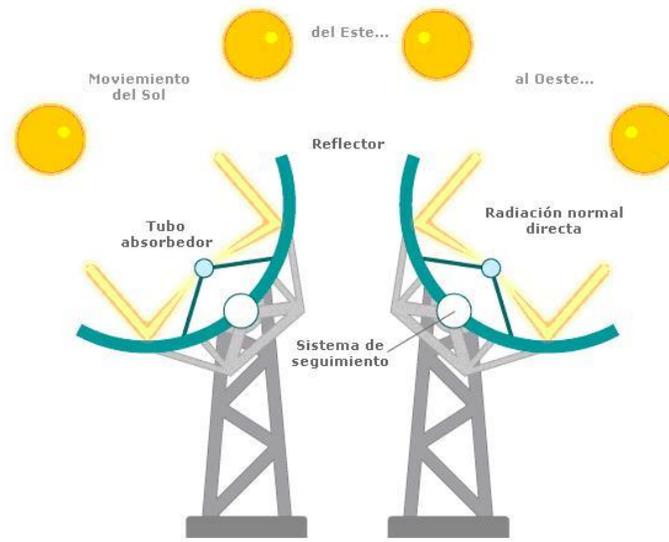


Fig. 1 Concentrador Cilindro Parabólico.

El principio del CCP se basa en el reflejo de los rayos solares redireccionados en un punto específico, de manera que en el punto donde inciden se presenta un incremento considerable de la temperatura. La forma curva del reflector permite redirigir los rayos solares gracias al acabado espejo del elemento reflector. En el tubo absorbedor se hace circular un fluido, el cual se encarga de transportar la energía absorbida. Un CCP es un concentrador de reflexión con foco lineal, ya que el reflejo concentrado de los rayos solares forman una línea la cual incrementa significativamente la temperatura del material absorbente y por ende del fluido de trabajo.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 4 / 6

4. Definiciones

CCP: concentrador de cilindro parabólico.

Absorbente: material parte del CCP cuya función es absorber la radiación solar y conducir el calor hasta el fluido de trabajo (placa, tubo).

Fluido de trabajo: sustancia en estado líquido al cual se transfiere el calor por parte del absorbedor a fin de llevar esta energía para su aprovechamiento.

5. Responsabilidades

Del profesor de laboratorio, explicar y verificar la comprensión de las actividades a realizar durante la práctica, así como verificar la comprensión de las instrucciones referidas a la información a obtener y forma de presentar en los resultados. En tanto, el estudiante será responsable de seguir las reglas de seguridad, las instrucciones del profesor, llevar las herramientas y materiales en caso de ser requeridas para realizar la práctica, en este caso regla graduada, regla transportador o celular con aplicación de nivel, cuaderno de bitácora para notas y cálculos.

6. Procedimiento

6.1. Actividades de Pre-laboratorio

No requeridas.

6.2. Competencia

El estudiante aprenderá el principio de funcionamiento y operación de los sistemas CCP y de concentración en general, así como su relación con los ángulos de geometría solar para identificar el factor de mayor relevancia para la mejor ganancia de energía.

6.3. Material y equipo

MATERIALES Y HERRAMIENTAS:

Cable para piranómetro (radiómetro)
 Cable de alimentación 120V de tres puntas
 Tubos absorbedores
 Manual de equipo
 Sonda de temperatura
 Regla angular de 90 grados.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 5 / 6

Regla transportador o celular con nivel.
 CCP
 Regla graduada.
 Guantes de seguridad.
 Módulo de sondas de termopar y Piranómetro TQ.
 Sonda de temperatura ambiente tipo termopar K.

6.4. Procedimiento

Antes de iniciar con las mediciones, se deben conectar los sensores del módulo de medición del CCP donde se muestran las lecturas de los sensores. Posteriormente se debe colocar el absorbedor en la base del CCP con la cubierta de vidrio.

Coloque el equipo de CCP en el exterior del laboratorio para analizar sus características de operación. Asegure el freno de la mesa móvil y asegure el freno de la base giratoria del CCP.

Identifique los accesorios e instale cada uno en el equipo según lo indica el manual de uso del CCP. Iniciando por el elemento absorbedor, seguido del módulo para mediciones, y posteriormente colocando la sonda y conectando los sensores al módulo.

Mover y orientar el CCP en dirección al sol y perpendicular a este mismo y observar las lecturas de temperaturas y radiación. Volver a orientar e inclinar el CCP a una posición diferente y volver a observar las lecturas del módulo después de 5 minutos.

6.5. Resultados

Presentar valores medidos de manera tabulada y gráfica, relacionando los valores angulares, temperaturas del absorbedor y radiación incidente sobre plano inclinado.

6.6. Cálculos y/o gráficas

Presentar los cálculos geométricos realizados para obtener el ángulo azimutal solar para cada medición realizada.

Graficar en Excel con un modelo de 3 ejes (x,y1, y2), empleando el eje x como variable de tiempo y la y1 como variable de valor angular, en tanto que el eje y2 debe corresponder a los valores de radiación.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 6 / 6

Graficar en Excel en eje x,y para la variable de temperatura ambiente y del absorbedor contra tiempo. Graficar todos los ángulos en la misma gráfica.

6.7. Análisis y discusión de resultados

Discuta y explique el comportamiento de los datos de temperatura respecto a la radiación incidente y tiempo de exposición.

6.8. Observaciones

Agregar cualquier información relevante en cuanto a condiciones que pueden afectar los datos obtenidos, así como método de medición, herramientas, factor humano, factores ambientales, etc.

6.9. Conclusiones

Plantear una conclusión individual acerca del comportamiento de la radiación solar en relación con el seguimiento solar del CCP, el incremento de temperatura del absorbedor y la variación de las mediciones debidas a condiciones de claridad de cielo.

Genere sus conclusiones respondiendo a lo siguiente:

- 1.- Cuales son las ventajas de utilizar un CCP respecto al colector de placa plana (CPP)?
- 2.- Explique dos casos donde el uso del CCP resulta una mejor opción en lugar de usar CPP?
- 3.- Explique cuál de los tipos de movimiento de seguimiento para CCP es más relevante?
- 4.- Que variables mediría para determinar la eficiencia del CCP?

6.10. Gestión de residuos

No aplica.

7. Bibliografía

Duffie J., Beckman W. (2013). Solar engineering of thermal processes. Cuarta edición, Editorial WILEY. New Jersey, USA.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 1 / 6

ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglas de Seguridad del Taller	
2	Ángulos solares	
3	Ángulo de incidencia, irradiación y medición	
4	Funcionamiento de concentrador de cilindro parabólico (CCP)	
5	Eficiencia de CCP y relación con ángulos solares	2
6	Funcionamiento de Calentador solar de placa plana (CPP)	

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 2 / 6

PRÁCTICA 5

1. Objetivo

Desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis para determinar las variables necesarias en el cálculo de la eficiencia de un sistema de concentración solar.

2. Alcance

que el estudiante comprenda el proceso y metodología para estimar la eficiencia de un sistema a partir de las variables de mayor relevancia a partir de la observación y operación del sistema.

3. Documentación de referencia

Para poder definir el movimiento del CCP se debe conocer el ángulo en el cual los rayos del sol incidentes sobre el espejo curvo son perpendiculares sobre el eje inclinado del espejo, es decir se busca reflejar la mayor cantidad de rayos sobre el elemento absorbedor. Como se observa en la sig. Figura el movimiento del elemento reflejante se realiza sobre la pendiente o plano aparente de captación.

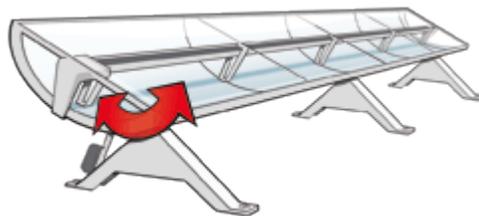


Fig. 1 Concentrador Cilindro Parabólico.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 3 / 6

El movimiento sobre el plano inclinado, permite ajustar el cilindro reflejante con respecto a la altura solar, la cual varía con las horas del día y la época del año. En la figura 2 se observa el ajuste que se da al CCP para captar los rayos solares.

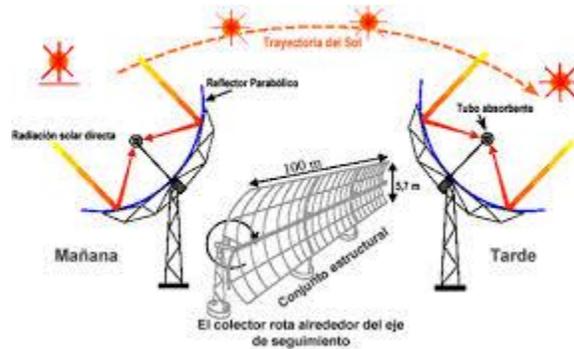


Fig. 2 Movimiento de un CCP con seguimiento solar.

En la figura 3 se puede ver el movimiento del sol durante las diferentes épocas del año, denotando las trayectorias durante los días y los meses.

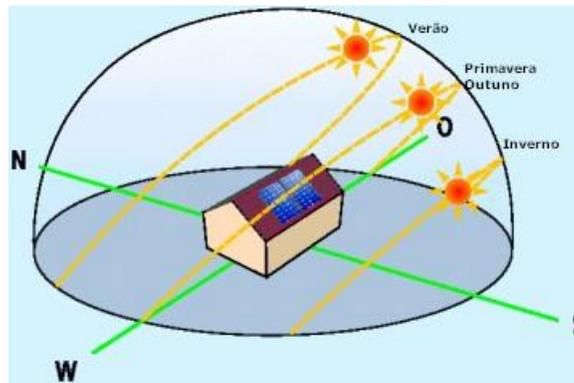


Fig. 3 Trayectoria solar diaria y estacional.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 4 / 6

4. Definiciones

Eficiencia: es la relación de transformación de la radiación incidente en energía útil o aprovechada por el sistema, en función de sus características constructivas, materiales e instalación. Es decir, es el factor de aprovechamiento de respecto a la energía disponible.

CCP: concentrador de cilindro parabólico.

Absorbente: material parte del CCP cuya función es absorber la radiación solar y conducir el calor hasta el fluido de trabajo (placa, tubo).

Fluido de trabajo: sustancia en estado líquido al cual se transfiere el calor por parte del absorbedor a fin de llevar esta energía para su aprovechamiento.

5. Responsabilidades

Del profesor de laboratorio, explicar y verificar la comprensión de las actividades a realizar durante la práctica, así como verificar la comprensión de las instrucciones referidas a la información a obtener y forma de presentar en los resultados. En tanto, el estudiante será responsable de seguir las reglas de seguridad, las instrucciones del profesor, llevar las herramientas y materiales en caso de ser requeridas para realizar la práctica, en este caso regla graduada, regla transportador o celular con aplicación de nivel, cuaderno de bitácora para notas y cálculos.

6. Procedimiento

6.1. Actividades de Pre-laboratorio

No requeridas.

6.2. Competencia

El estudiante aprenderá a estimar la eficiencia de un sistema termosolar a partir de la identificación de variables y medición de estas en el desempeño del equipo, es decir estimar la energía incidente mediante medición y calcular la aprovechada en función del incremento de temperatura del absorbedor.

6.3. Material y equipo

MATERIALES Y HERRAMIENTAS:

Cable para piranómetro (radiómetro)

Cable de alimentación 120V de tres puntas

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 5 / 6

Tubos absorbedores
 Manual de equipo
 Sonda de temperatura
 Regla angular de 90 grados.
 Regla transportador o celular con nivel.
 CCP
 Regla graduada.
 Guantes de seguridad.
 Módulo de sondas de termopar y Piranómetro TQ.
 Sonda de temperatura ambiente tipo termopar K.

6.4. Procedimiento

Con mucho cuidado mueva el CCP a un espacio abierto donde se tenga incidencia solar sin obstáculos. Coloque un obstáculo sobre el reflejante para poder realizar las conexiones de forma segura. Conecte el piranómetro cuidando de no pasar el cable por enfrente del reflector ni por los filos del marco. Conecte los sensores del material absorbente y de la sonda. Conecte el módulo de lectura sin encenderlo aún.

Identifique los accesorios e instale cada uno en el equipo según lo indica el manual de uso del CCP. Iniciando por el elemento absorbedor, seguido del módulo para mediciones, y posteriormente colocando la sonda y conectando los sensores al módulo.

Mover y orientar el CCP en dirección al sol y perpendicular a este mismo y observar las lecturas de temperaturas y radiación. Volver a orientar e inclinar el CCP a una posición diferente y volver a observar las lecturas del módulo después de 5 minutos.

Una vez terminado lo anterior (5min después), posicione el CCP como se le pide en la siguiente tabla, encienda el módulo de lectura y espere 5 min para anotar las mediciones que se le piden. Nota: la sonda de temperatura debe colocarse en posición vertical, a una altura mayor de 1m sobre nivel de piso, sin producir movimientos bruscos y sin que el sol incida directamente sobre el sensor interior.

6.5. Resultados

Presentar valores medidos de manera tabulada y gráfica, relacionando los valores angulares, temperaturas del absorbedor y radiación incidente sobre plano inclinado. Estimar a partir de los datos medidos la energía aprovechada y la eficiencia del CCP.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 6 / 6

6.6. Cálculos y/o gráficas

Presentar los cálculos geométricos realizados para obtener el ángulo azimutal solar para cada medición realizada.

Graficar en Excel con un modelo de 3 ejes (x,y1, y2), empleando el eje x como variable de tiempo y la y1 como variable de valor angular, en tanto que el eje y2 debe corresponder a los valores de radiación.

Graficar en Excel en eje x,y para la variable de temperatura ambiente y del absorbedor contra tiempo.

Graficar la eficiencia del CCP para cada intervalo de tiempo de medición en función del incremento de temperatura del absorbente.

6.7. Análisis y discusión de resultados

Discuta y explique el comportamiento de los datos de temperatura respecto a la radiación incidente y tiempo de exposición, así como el efecto de estos en la eficiencia del CCP.

6.8. Observaciones

Agregar cualquier información relevante en cuanto a condiciones que pueden afectar los datos obtenidos, así como método de medición, herramientas, factor humano, factores ambientales, etc.

6.9. Conclusiones

Plantear una conclusión individual acerca del comportamiento de la radiación solar en relación con el seguimiento solar del CCP, el incremento de temperatura del absorbedor y el efecto de estas en la eficiencia del CCP.

6.10. Gestión de residuos

No aplica.

7. Bibliografía

Duffie J., Beckman W. (2013). Solar engineering of thermal processes. Cuarta edición, Editorial WILEY. New Jersey, USA.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 1 / 8

ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglas de Seguridad del Taller	
2	Ángulos solares	
3	Ángulo de incidencia, irradiación y medición	
4	Funcionamiento de concentrador de cilindro parabólico (CCP)	
5	Eficiencia de CCP y relación con ángulos solares	
6	Funcionamiento de Calentador solar de placa plana (CSPP)	2

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 2 / 8

PRÁCTICA 5

1. Objetivo

Desarrollar en el estudiante la capacidad de: Identificar las partes del colector, sus materiales y objetivo de cada elemento.

Conocer los componentes adicionales de la instalación, base, tubería, termotanque, válvulas, vaso de expansión, llaves de paso, bomba.

Comprender la operación del sistema en su conjunto y medidas de seguridad que debe de tener un sistema de calentamiento solar.

2. Alcance

Que el estudiante comprenda el diseño de los sistemas de CSA en específico los de placa plana, comprender el proceso de calentamiento dentro del sistema y su operación adecuada, a fin de que se obtengan buenos resultados del uso de la tecnología.

3. Documentación de referencia

CALENTADORES SOLARES: Un calentador solar de agua es un sistema que calienta agua sólo con la energía proveniente del sol y sin consumir gas o electricidad.

Existen diferentes tipos de calentadores solares que conforman distintos tipos de sistemas, como son los que utilizan tubos de vacío y los más comunes que utilizan los llamados colectores de placa plana (c.p.p).

Estos últimos sistemas constan de tres elementos principalmente:

- Un colector, que en este caso es de placa plana.
- Un termotanque u acumulador.
- Tubería

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

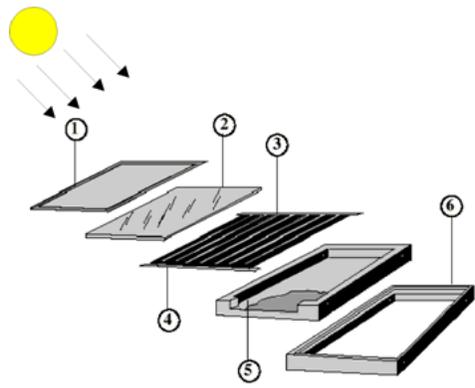
	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 3 / 8

Este componente es el encargo de captar la energética solar y transferirla al agua para así elevar su temperatura. Dicho elemento llamado colector de placa plana funciona mediante una tubería interna por la cual circula el un líquido llamado fluido portador, el cual en este caso es agua. El fluido es calentado debido al efecto invernadero que se produce gracias al diseño del colector el cual permite entrar la radiación solar pero impide su salida.

Por otro lado la circulación del fluido del calentador solar portador se da gracias a un efecto llamado “termosifonico”. Dicho efecto se da gracias a la diferencia de temperaturas que existe dentro del fluido portador existente en el sistema.

En el esquema vemos cómo está constituido el componente colector de energía solar:

- 1.- Marco de aluminio.
- 2.- Cubierta de vidrio templado.
- 3.- Placa absorbedora, (enrejado con aletas de cobre).
- 4.- Cabezales de alimentación y descarga de agua.
- 5.- Aislante.
- 6.- Caja del colector.



Dado que el sol solo puede ser aprovechado en parte del día y el uso doméstico de agua caliente se da durante diferentes momentos del día, es necesario almacenar el agua que se calienta durante el

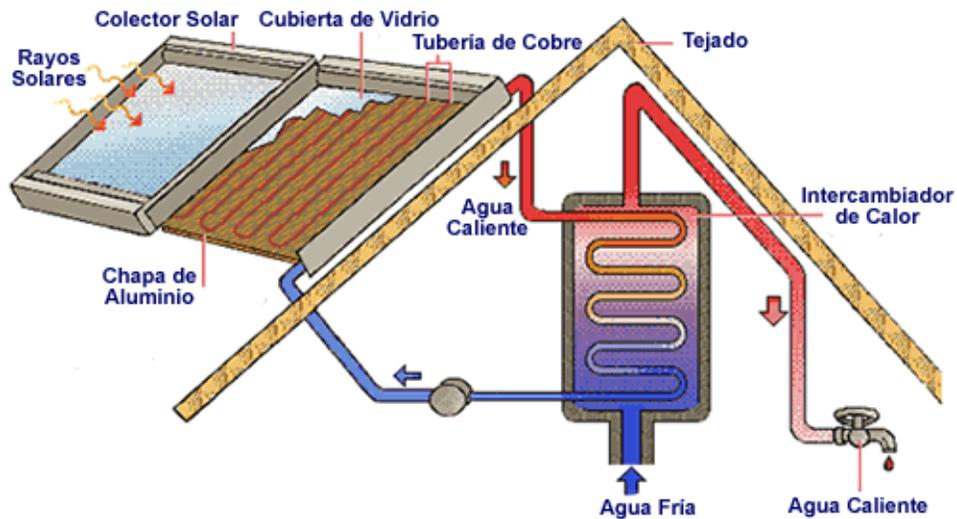
Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 4 / 8

tiempo que exista suficiente radiación solar. Razón por la cual se utiliza un termotanque para acumular el agua caliente para ser utilizada en cualquier momento ya sea del día o de la noche.

La red de tubería utilizada para estos sistemas es exactamente igual a la utilizada convencionalmente.

Ejemplo del funcionamiento del sistema completo:



El agua caliente proveniente de este tipo de sistema se puede utilizar para todo tipo de usos domésticos y en ciertos lugares donde las condiciones son propicias pueden llegar a remplazar a los sistemas que utilizan gas. En la mayoría de los casos en los cuales los sistemas solares son insuficientes, estos se pueden conectar en serie con los sistemas de gas para calentar parcialmente el agua en cuyo caso se obtienen cuantiosos ahorros en el consumo de gas o electricidad según sea el caso.

Instalación y Uso Calentador

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 5 / 8

La instalación de este tipo de sistemas es considerablemente sencilla, solo se requiere calcular la inclinación necesaria de los colectores solares para poder aprovechar al máximo la radiación solar, inclinación que varía según la latitud del lugar donde se piensa realizar dicha instalación.

Otro factor a considerar es la dimensión de la instalación la cual depende de la capacidad que se determine necesaria.

El uso es muy práctico ya que no se requiere casi de ningún tipo de mantenimiento más que de una limpieza periódica de los colectores para mantener su eficiencia.

Actualmente existen varios países donde se utilizan estos tipos de sistemas. Alemania es un de los países donde más auge han tenido este tipo de tecnologías y si consideramos que las condiciones solares en nuestro país son considerablemente mejores encontramos un gran potencial para la adopción de estos sistemas.

4. Definiciones

CSA: calentador solar de agua, abreviación empleada para referirse a las tecnologías que emplean la energía solar como mecanismo de calentamiento de agua específicamente.

CSPP: calentador solar de placa plana, para referirse a la tecnología que aprovecha la energía solar para calentamiento a partir de un diseño de placa plana que funciona como captador y absorbente.

Absorbente: material parte del CSA cuya función es absorber la radiación solar y conducir el calor hasta el fluido de trabajo (placa, tubo).

5. Responsabilidades

Del profesor de laboratorio, explicar y verificar la comprensión de las actividades a realizar durante la práctica, así como verificar la comprensión de las instrucciones referidas a la información a obtener y forma de presentar en los resultados. En tanto, el estudiante será responsable de seguir las reglas de seguridad, las instrucciones del profesor, llevar las herramientas y materiales en caso de ser requeridas para realizar la práctica, en este caso regla graduada, regla transportador o celular con aplicación de nivel, cuaderno de bitácora para notas y cálculos, etc.

6. Procedimiento

6.1. Actividades de Pre-laboratorio

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 6 / 8

No requeridas.

6.2. Competencia

El estudiante aprenderá a determinar las condiciones adecuadas de operación de un sistema de calentamiento solar a fin de que el desempeño del equipo sea el adecuado, considerando tanto aspectos técnicos como de operación.

6.3. Material y equipo

MATERIALES Y HERRAMIENTAS:

Manual de CSA.

Colector solar de placa plana.

Módulo de control hidráulico con termostato.

Fuente de alimentación de equipo con transformador de voltaje.

Manguera y suministro de agua de red.

6.4. Procedimiento

El profesor debe Mostrar el colector de placa plana, sus componentes, accesorios y módulo de control, con la participación de los alumnos en la identificación de los componentes y sus funciones. Los alumnos, deben identificar el tipo de colector y señalar las aplicaciones de uso para este tipo de tecnología. Los alumnos deben Mencionar dos tipos adicionales de calentadores solares y sus características particulares que diferencien al CSPP.

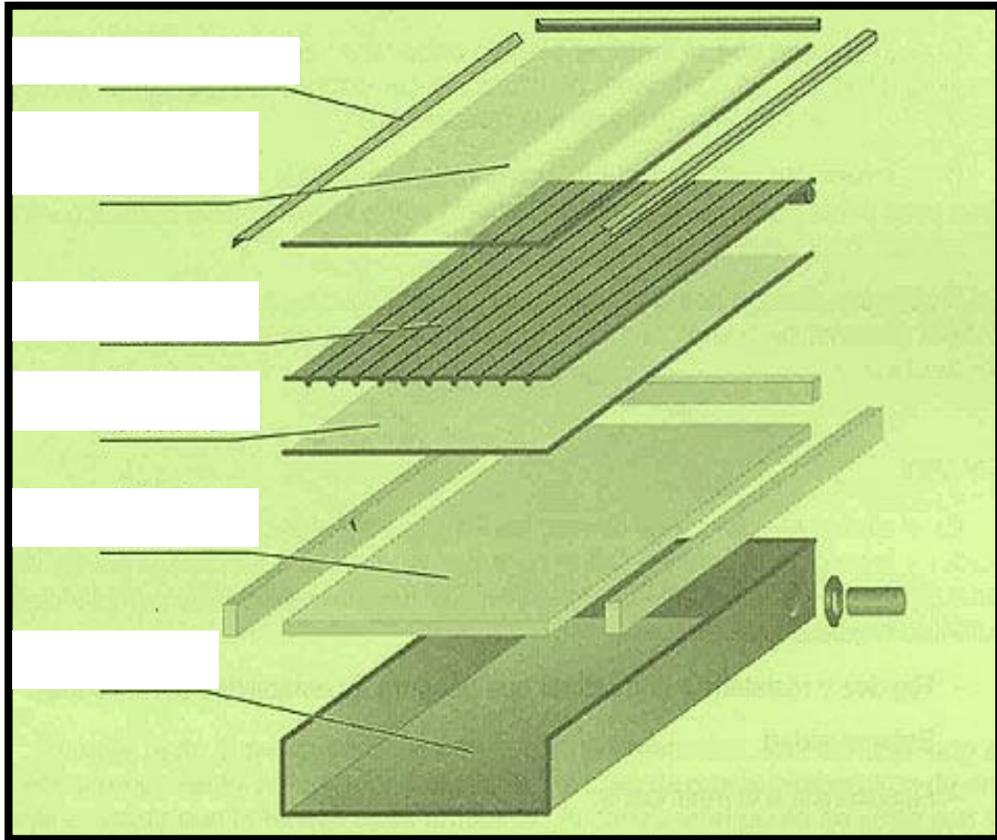
Identificar los demás accesorios y equipos del módulo de pruebas. Realizar el listado de estos y describir su función.

Dibujar un esquema del conexionado entre los accesorios del colector, es decir, la conexión del colector con los equipos del módulo.

Identifique las partes que componen un CSPP:

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 7 / 8



6.5. Resultados

Describe el procedimiento para conectar el colector solar, las herramientas que se requieren para llevarlo a cabo, medidas de seguridad requeridas para operarlo, advertencias de uso.

6.6. Cálculos y/o gráficas

No aplica.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TALLER	PAGINA 8 / 8

6.7. Análisis y discusión de resultados

Concluya en la relevancia del proceso de instalación de un colector y consideraciones a tomar en cuenta en una instalación real.

6.8. Observaciones

Agregar cualquier información relevante en cuanto a los accesorios que se emplean para asegurar y limitar el riesgo en una instalación hidráulica de calentamiento solar de agua.

6.9. Conclusiones

Plantear una conclusión individual acerca de la configuración en el conexionado de calentadores solares de placa plana.

6.10. Gestión de residuos

No aplica.

7. Bibliografía

Duffie J., Beckman W. (2013). Solar engineering of thermal processes. Cuarta edición, Editorial WILEY. New Jersey, USA.

Realizado por DR. RENE DELGADO RENDON Función PROFESOR	Coordinado por Función	Aprobado por Función
---	---	---