

**CENTRO DE INVESTIGACION EN MATERIALES
AVANZADOS, S.C.
POSGRADO**

**COMPARATIVA DE HUELLA ECOLOGICA DE MOTOR
STIRLING CONTRA CELDA FOTOVOLTAICA**

**Tesis que como Requisito para Obtener el Grado de
Maestría en Energías Renovables presenta:**

M.A. Carlos Fernando Sandoval Camacho

Director de Tesis: Dr. Alberto Duarte Moller.

Chihuahua, Chih., Junio 2013

Contenido

1. Introducción.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Motor Stirling	4
1.2.1 Principios de funcionamiento del Motor Stirling.....	5
1.2.2 Tipos de motores	8
1.2.3 Motores de tipo beta.	9
1.2.4 Motores de tipo alfa.....	9
1.2.6 Motor Ringbom	10
1.2.6 Motor de pistón líquido.....	10
1.2.7 Motor Stirling termo acústico.....	11
1.2.8 Aplicaciones del motor Stirling.....	11
1.3 La Celda Fotovoltaica	14
1.3.1 ¿Como funciona un Panel Solar?.....	15
1.3.2 Historia de los Paneles Fotovoltaicos.....	17
1.3.3 Proceso de Fabricación	17
1.3.4 Celdas solares amorfas.....	18
1.3.5 Celdas solares cristalinas	18
1.3.6 Potenciales usos de la energía solar.....	20
1.4 Procesos de construcción.	24
1.4.1 Componentes de la manufactura de un motor Stirling.....	24
1.4.2 Construcción de las Células Solares	27
2. Motor Stirling vs Panel fotovoltaico.....	33
2.1.1 Dimensionado y aplicación de un sistema fotovoltaico	34
2.1.2 Dimensionado y aplicación de un sistema con motor Stirling.....	46
2.2 Comparativos entre Sistema Fotovoltaico y Sistemas Dish Stirling.	57
2.2.1 Cuadro comparativo entre Celda fotovoltaica Y Dish Stirling.....	57
3. Conclusiones	59
4. Bibliografía	60

1. Introducción

El cálculo de la huella ecológica está basado en el impacto que hace cada modo o forma de vida, es decir, comunidades de humanos, sobre el planeta comparándolo con la capacidad de éste.

Éste cálculo está basado en:

- Para elaborar cualquier producto se necesitan determinados materiales y energía, que como todos los productos existentes, tienen su origen en sistemas ecológicos.
- A su vez, se vuelven a necesitar sistemas ecológicos para reabsorber los residuos se han creado al obtener nuestro producto o al usarlo.
- Más tarde, llenamos todo de infraestructuras que ocupan el espacio necesario para ecosistemas productivos.

El cálculo de la huella ecológica es complejo y sus datos suelen subestimar el impacto real de la actividad humana por la falta de información disponible.

A continuación, se muestran un ejemplo con los datos del cálculo de la huella ecológica que tuvo lugar en un estudio de 2003 a nivel mundial (Semarnat, 2007). En él se podrá ver qué actividades son las que más huella ecológica han generado en la población.

- 47.5% Quema de Combustibles Fósiles
- 22.0% Agricultura
- 7.6% Madera, Pulpa y Papel.
- 6.7% Pesca
- 6.3% Ganadería
- 3.6% Energía Nuclear
- 3.6% Asentamientos Urbanos
- 2.7% Obtención de Leña

La huella ecológica ha permitido comparar dos mundos completamente diferentes bajo un denominador común, su impacto al medio ambiente. Nos permite observar dos realidades estrechamente relacionadas:

La primera observación nos permite ver que la forma de vida de los países ricos del planeta no puede expandirse al resto de sus habitantes.

Mientras que la segunda, si hablamos en términos de economía planetaria sostenible, la minoría acomodada tendría que reducir su consumo y su nivel de vida porque no habría planeta suficiente para que todos vivieran como un ciudadano europeo acomodado dada la explotación de los recursos necesarios basado en la disponibilidad de combustibles fósiles.

Lo que nos deja como conclusión, que la huella ecológica de una gran parte de los países desarrollados supera de manera desorbitada su propia superficie, dada la extracción de recursos y vertidos de residuos en lugares muy alejados de su territorio.

El fenómeno de la aplicación de las nuevas y viejas tecnologías en función del cuidado de nuestro medio ambiente, nos invita a realizar una reflexión del uso de estas tecnologías, sabiendo de antemano que es necesario y obligatorio la búsqueda y la implementación de las mismas, es también nuestra obligación detenernos y ver que huella ecológica estamos dejando en la fabricación de estos equipos, que tan justificable puede ser al momento de realizar la fabricación de una celda fotovoltaica o la fabricación de un motor Stirling, con el único fin de poder implementar la mejor tecnología.

1.1 Objetivo.

El fenómeno de la aplicación de las nuevas y viejas tecnologías en función del cuidado de nuestro medio ambiente, nos invita a realizar una reflexión del uso de estas tecnologías, sabiendo de antemano que es necesario y obligatorio la búsqueda y la implementación de las mismas, es también nuestra obligación detenernos y ver que huella ecológica estamos dejando en la fabricación de estos equipos, que tan justificable puede ser al momento de realizar la fabricación de una celda fotovoltaica o la fabricación de un motor Stirling, con el único fin de poder implementar la mejor tecnología.

Nuestro objetivo es demostrar experimentalmente la relación entre la producción de energía con un panel fotovoltaico, la producción de energía con motor Stirling y las emisiones de gases efecto invernadero que se emiten al medio ambiente, en función de la fabricación de cada uno de estos productos, determinando la huella ecológica que tendremos.

La comparativa va entorno a la misma capacidad de Generación de energía, con la práctica aplicando las mismas variables de captación solar, inclinación, horas efectivas de captación solar, mismas temperaturas.

1.2 Motor Stirling

El fenómeno físico de la expansión del aire caliente fue ya utilizado en tiempos de los egipcios para desarrollar trabajo mecánico, accionando de esta manera trampillas, puertas y pesadas cargas, pero fue en la revolución industrial cuando las máquinas llamadas “térmicas” se estudiaron, desarrollaron y aplicaron de manera general.

El Motor Stirling objeto de nuestro estudio es un tipo de motor térmico y como tal, genera trabajo mecánico a partir de la diferencia de temperaturas entre dos focos.

La actual preocupación medioambiental y la cada vez más grande escasez de recursos energéticos de carácter fósil ha hecho que se haya rescatado del olvido este dispositivo como una de las posibles soluciones a tales problemas y dado su alto rendimiento.

Robert Stirling fue un clérigo Escocés que, heredando el interés de su padre por la ingeniería, diseñó en 1816 un motor térmico que funcionaba sin peligro de las explosiones y quemaduras que tenía la máquina de vapor.

Posteriormente sería el francés Sadi Carnot el que hiciera una interpretación teórica de su funcionamiento para comprender el fenómeno de producir fuerza motriz partiendo del calor que fluye entre dos focos a distinta temperatura.

Si bien en potencia no podía competir con la, famosa por entonces, máquina de vapor, era el motor de Stirling una máquina mucho más sencilla, barata y segura y se aseguró un campo de aplicación allí donde la fuerza no fuera un factor tan decisivo diseñándose así ventiladores y bombas de agua basadas en el principio de la expansión y la compresión del aire.

1.2.1 Principios de funcionamiento del Motor Stirling

El principio básico del funcionamiento del motor ideado por Stirling es calentar y enfriar un medio de trabajo, ya sea aire, helio, hidrógeno o incluso alguna clase de líquido. Al calentar el medio de trabajo, conseguiremos que incremente su volumen, y se aprovechará ese movimiento para desplazar una parte del motor. Posteriormente, enfriaremos de nuevo el medio de trabajo, reduciendo su volumen, y consiguiendo que el motor vuelva a la posición inicial. El motor trabajará siempre con el mismo medio de trabajo, por lo que el motor debe ser hermético.

El ciclo termodinámico del motor de Stirling visto en la gráfica de presión contra volumen (véase fig. 1) se compone de dos procesos isotermos (se mantiene constante la temperatura) y de dos procesos isócoros (se mantiene constante el volumen), veámoslo en detalle:

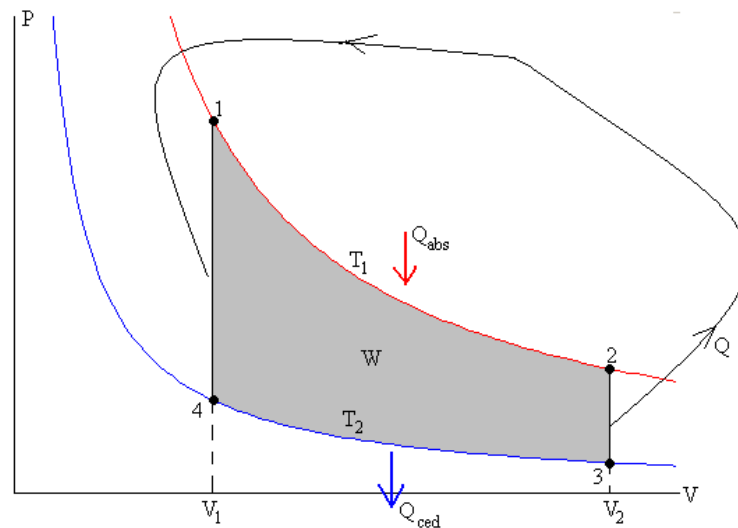


Figura.1 Ciclo termodinámico del motor Stirling

Si partimos por ejemplo de la situación en la que el pistón desplazador se encuentra en la posición más baja, el aire se encontrará por completo en la cámara fría del cilindro, supongamos pues que esas condiciones son de temperatura T_1 , volumen V_1 y presión P_1 .

Ahora el pistón desplazador comienza subir y en consecuencia el aire comienza a ser enviado a la parte caliente del cilindro [trazo A, isócoro], se supone que este proceso se hace a volumen constante y por lo tanto cuando ya está todo el aire en la parte caliente las condiciones son de volumen V_1 , de temperatura T_2 (mayor que T_1) y de presión P_2 (mayor que P_1).

El aire, al estar más caliente y con mayor presión comienza a expansionarse generando trabajo mecánico [trazo B, isoterma], al expandirse su volumen pasa a ser V_2 (mayor que V_1) y su presión desciende a P_3 sin embargo mantiene su temperatura T_2 .

Llegado este punto el pistón desplazador comienza de nuevo su recorrido descendente y envía de nuevo todo el aire a la parte fría del cilindro sin cambiar el volumen V_2 [trazo C, isócoro], la temperatura baja a T_1 y la presión a P_4 . Por último volvemos al punto de partida del ciclo al comprimirse el aire manteniendo su temperatura T_1 y reduciendo su volumen a V_1 y con presión P_1 [trazo D, isoterma]. De esta manera comienza el ciclo de nuevo.

El diagrama Presión-Volumen aporta la ventaja de poder “ver” gráficamente el trabajo externo desarrollado por la máquina pues coincide con el área encerrada en el ciclo (al multiplicar presión por volumen las unidades físicas resultantes son de trabajo). Cuanto mayor sea el área del ciclo mayor es la potencia del motor de lo que se puede deducir que a mayor diferencia de temperaturas entre los focos mayor es la distancia entre las dos isotermas y por lo tanto mayor es la potencia del motor, esto es precisamente lo que queremos demostrar en nuestro experimento que posteriormente describiremos.

El rendimiento de un motor térmico es la porción de energía calorífica que es transformada en energía mecánica. Entendiendo que el calor es la energía que

fluye entre dos focos a distinta temperatura podemos poner pues que: donde W es el trabajo obtenido y Q_c el calor que fluye del foco caliente al frío (en el gráfico Q_f es la parte del calor que llega al foco frío y que no puede ser transformada en trabajo).

Lo ideal, evidentemente sería un motor con rendimiento 1, esto es, del 100%, para este cálculo se emplea la ecuación (1.1) de manera que todo el calor se transformase en trabajo y nada se desperdiciase, sin embargo existe un principio físico que demuestra que esto es no sólo prácticamente sino también teóricamente imposible y a lo máximo que se puede llegar en teoría es a tener un rendimiento de que sigue esta expresión: donde T_f y T_c son las temperatura del foco frío y caliente respectivamente como en la ecuación (1.2). Como es obvio deducir, para que el rendimiento sea lo más próximo a 1 necesitaríamos llevar al infinito la temperatura del foco caliente, lo cual es imposible. Por lo tanto nos tenemos que conformar con rendimientos menores del 100% siempre. El motor Stirling, al menos en teoría, es capaz de alcanzar este rendimiento máximo y es ahí donde radica su verdadero valor de aplicación.

$$W = \eta Q_c \quad (1.1)$$

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} \quad (1.2)$$

1.2.2 Tipos de motores.

Todos los motores Stirling tienen un funcionamiento similar, pero se pueden clasificar en diferentes tipos según la posición del pistón de potencia y el desplazador. Los tres grupos en los que se pueden diferenciar estos motores.

1.2.3 Motores de tipo beta.

Este tipo de motor fue el diseño original que hizo Robert Stirling. Consta de un cilindro con dos zonas, una caliente y otra fría. En el interior del cilindro también se encuentra un desplazador que posibilita el movimiento de aire, y concéntrico con este, se encuentra el pistón de potencia, que está desfasado a 90° respecto al desplazador.

Este tipo de motor es el más eficaz, pero también el más complejo y voluminoso.

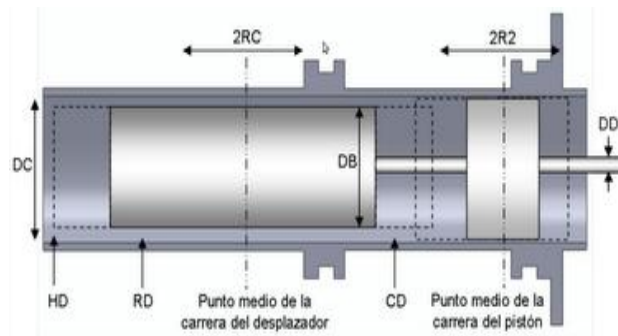


Figura. 3 Motor Stirling tipo beta

1.2.4 Motores de tipo alfa

Este motor fue diseñado por Rider a diferencia del tipo beta, tiene dos cilindros, uno donde se sitúa en la zona fría, y otro en la caliente. En cada cilindro, hay un pistón que está desfasado a 90° del pistón del otro cilindro. Los cilindros están conectados entre sí por un cigüeñal, que hace que la relación potencia/volumen sea bastante alta. El mecanismo de este tipo de motor es bastante sencillo, pero es complicado que no se escape el aire, sobretodo en el cilindro caliente, ya las altas temperaturas deterioran los materiales.

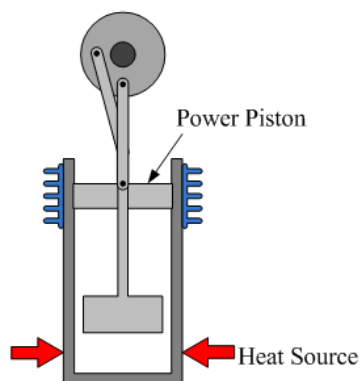


Figura 4. Motor Stirling tipo alfa

1.2.5 Motores de tipo gamma

Este motor es muy parecido al de tipo beta, pero es más sencillo de construir. Lo que diferencia al beta y al gamma es que el gamma tiene el pistón de potencia y el desplazador en diferentes cilindros, que están desfasados a 90°. Los dos cilindros están unidos por un cigüeñal. Este motor es más sencillo, pero su potencia es menor que la de tipo beta.

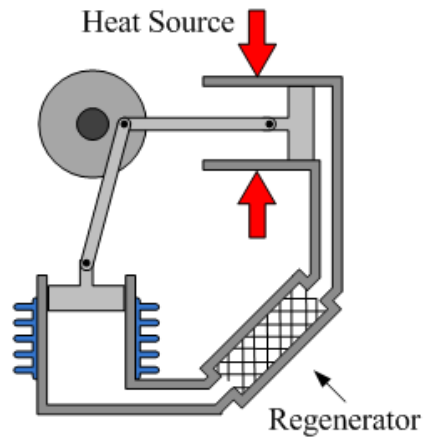


Figura. 5 Motor Stirling tipo gamma

1.2.6 Motor Ringbom

En 1905 Ossian Ringbom inventó un motor derivado del de tipo gamma, con una simplicidad mayor, pues el pistón desplazador no está conectado con el de potencia, sino que oscila libre movido por la diferencia de presiones y la gravedad. Posteriormente se fueron descubriendo pequeñas modificaciones en el motor Ringbom original, que posibilitaba un motor muy simple y tan rápido como cualquiera de los motores clásicos (alfa, beta, gamma).

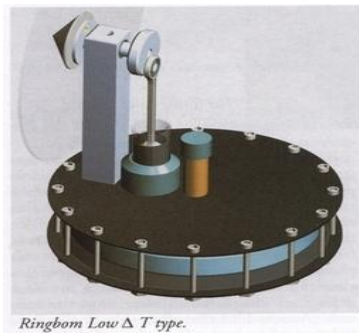


Figura 6. Motor Stirling tipo Ringbom

1.2.6 Motor de pistón líquido

En este tipo de motor se sustituye el pistón y el desplazador por un líquido. Está formado por dos tubos rellenos de un líquido uno de los tubos actúa de desplazador y otro actúa de pistón. Requiere unos cálculos complicados, y en algunos casos es necesario un tercer tubo llamado sintonizador.

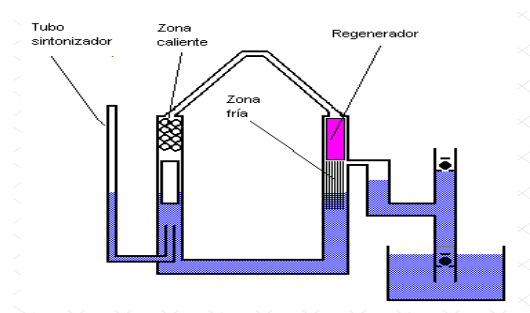


Figura 7. Motor de pistón líquido.

1.2.7 Motor Stirling termo acústico

Probablemente es la evolución última de este motor en el que se simplifica al máximo la mecánica del mismo. No existe el pistón desplazador y por lo tanto carece del sistema de acoplamiento entre los dos pistones del motor original. Funciona gracias a ondas de presión que se generan en el cilindro de gas, de ahí el nombre de “acústico”, merced al calor suministrado en el foco caliente.

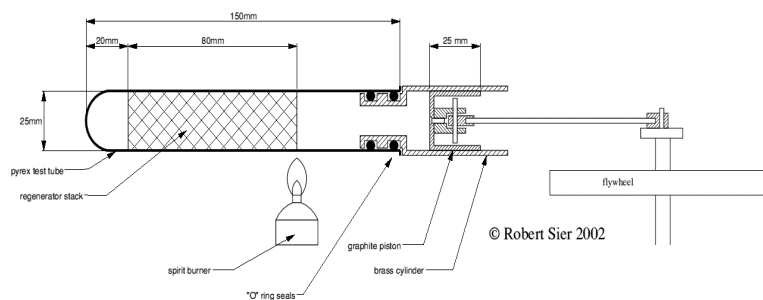


Figura. 6 Motor Stirling tipo termo acústico

1.2.8 Aplicaciones del motor Stirling

Aplicaciones iniciales del motor Stirling nació como competencia a la máquina de vapor, ya que intentaba simplificarla se aplicó en principio a máquinas que requerían poca potencia ventiladores o bombas de agua. Perdió el interés después del desarrollo del motor de combustión interna y se ha retomado el interés estos últimos años debido al gran número de características favorables que presenta, en concreto su elevado rendimiento.

Coches híbridos en el sector del automóvil, se han efectuado muchas investigaciones y se ha invertido mucho dinero. Sin embargo, los resultados obtenidos no son los esperados. Una de las mayores dificultades para utilizar motores Stirling en vehículos es que son muy lentos y que no reaccionan inmediatamente (cuando te montas en el coche, éste no arranca hasta pasados unos segundos). La solución puede pasar por construir coches híbridos que utilicen un motor Stirling, no acoplado directamente a las ruedas, sino acoplados a un generador eléctrico que a su vez cargue las baterías del coche.

Aplicaciones aeronáuticas Se estudia la posibilidad de incorporar motores Stirling aplicados al mundo de la aviación, al menos en teoría sus ventajas serían las siguientes:

-Es un motor silencioso lo cuál permite un viaje más cómodo para los viajeros y menos contaminación acústica para los alrededores.

-Emite muchas menos vibraciones puesto que no hay explosión en los cilindros. Y también debido a eso el combustible del motor podría ser mucho menos inflamable y peligroso en caso de accidente.

-Ya hay estudios que demuestran que a mayor altitud mejora su potencia. A mayor altura la densidad del aire es menor igual que el rozamiento de la nave, pero los motores convencionales pierden potencia por culpa de que no cogen aire suficiente para realizar la combustión, los motores Stirling no tienen ese problema. A esto hay que sumar el hecho de que alturas mayores, menor es la temperatura del aire y por lo tanto, la diferencia de temperatura entre focos del motor se incrementaría, aumentando así su rendimiento y potencia.

Aplicaciones energéticas no obstante el verdadero futuro de aplicación del motor de Stirling está en aprovechar su característica más notable: su rendimiento. Por ello precisamente, este tipo de máquina térmica es un magnífico conversor de unos tipos de energía en otros, en particular resulta muy eficiente para transformar la energía radiante solar en energía eléctrica usando un alternador o dinamo como elemento intermedio: Si disponemos de una superficie que colecte los rayos solares en forma de espejo orientable, será muy fácil hacer llegar el calor a la cámara caliente del motor y éste se pondrá a funcionar. Al no haber combustión no existe índice de contaminación (gran ventaja contra otros motores). Sin ir más lejos, en la *Plataforma Solar de Almería*, se han construido equipos experimentales y demostrativos de gran *rendimiento* conocidos como Distal y EuroDISH formados por grandes discos parabólicos que reflejan y concentran el sol hacia un motor Stirling.

Motores Stirling en el espacio la NASA quiere construir una base en la luna, en

este centro hay una instalación que permite investigar el calor que se produce desde un reactor nuclear a un generador eléctrico, los científicos han experimentado el uso de un motor Stirling que permite que la energía calorífica se transforme en trabajo mecánico. Lo que los científicos quieren con esto es que este motor Stirling acompañado de un reactor nuclear reducido que se basa en la fisión, produzcan unos 40 kilovatios de energía suficiente para alimentar a la base lunar. La idea de la NASA se hará realidad a principios del año 2012. De la misma manera las agencias espaciales trabajan en la aplicación del motor Stirling en satélites que solucionen sus problemas energéticos en órbita incluyéndolos como elemento intermedio de transformación de la energía entre un reactor de fisión nuclear y el alternador eléctrico.

1.3 La Celda Fotovoltaica

La energía solar es la energía renovable con más presencia en el mundo, y una de las posibles soluciones para ayudar a frenar el cambio climático. El proceso de convertir los rayos del sol en electricidad se conoce como energía solar. Existen principalmente dos aproximaciones usadas para generar electricidad a partir del sol: el método directo e indirecto.

El método directo utiliza paneles solares (fotovoltaicos) que convierten los rayos solares en electricidad.

El método indirecto es también conocido como CSP (por sus siglas en ingles) y significa Energía Solar de Concentración, en donde el calor del sol es capturado para hervir agua y con ese vapor mover una turbina que genera la electricidad.

Actualmente los paneles fotovoltaicos son más usados en las casas, y la energía solar de concentración es más usada a gran escala. Claro que existen plantas solares de gran escala que usan paneles fotovoltaicos, pero hasta el momento no existen sistemas de concentración lo suficientemente pequeños y eficientes como para poder usarlos en casa. La energía solar fotovoltaica se plantea como una solución para la reducción de emisiones de CO₂, cada kilovatio de energía solar generada deja de emitir 0,311 Kg de CO₂ en la atmosfera. Por este motivo los gobiernos están haciendo gran énfasis en el uso de energías renovables y la más proliferada es la fotovoltaica.

El siglo XXI nace con una premisa para el desarrollo sostenible medio-ambiental. El creciente desarrollo industrial y de consumo trae como consecuencia un deterioro del medio ambiente a través de las *emisiones de* CO₂ y otros gases que además de destruir la capa de *Ozono* afectan la salud del hombre.

La protección de medio ambiente es compromiso de todos, gobiernos, personas e industrias. Hoy día vemos un gran crecimiento, tanto en la producción de paneles solares cada vez más económicos como en la implementación de grandes plantas solares conectadas a la red eléctrica.

La mayor desventaja de la energía solar es su falta de consistencia. Durante el invierno o días muy nublados, la energía solar no es suficiente para producir la electricidad que se genera.

1.3.1 ¿Cómo funciona un Panel Solar?

Una célula fotoeléctrica, también llamada célula, fotocélula o celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotovoltaico véase fig.8

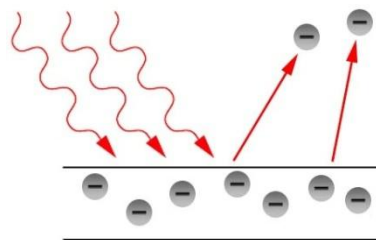


Figura. 8 Funcionamiento de una celda fotovoltaica

Compuestos de un material que presenta efecto fotoeléctrico: absorben fotones de luz y emiten electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad véase fig.9. La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 11-12%, pero según la tecnología utilizada varía desde el 6% de las células de silicio amorfo hasta el 14-19% de las células de silicio

monocristalino. También existen las células multicapa, normalmente de Arseniuro de Galio, que alcanzan eficiencias del 30%. En laboratorio se ha superado el 42% con nuevos paneles experimentales.

La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye. Al grupo de células fotoeléctricas para energía solar se le conoce como panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células solares conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V ó 24V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo.

El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua, por lo que si necesitamos corriente alterna o aumentar su tensión, tendremos que añadir un inversor y/o un convertidor de potencia

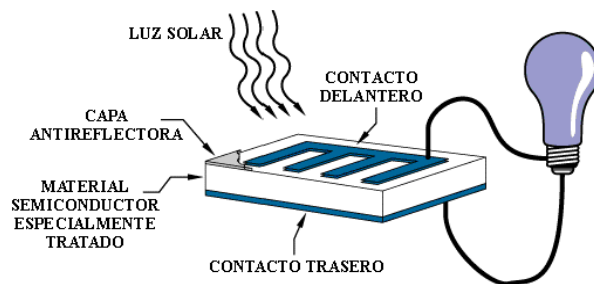


Figura 9. Circuito sencillo que muestra cómo se obtiene la energía con una celda

1.3.2 Historia de los Paneles Fotovoltaicos

El primer reporte sobre el efecto foto voltaico, se debe al científico francés Henry Becquerel el cual, en 1839, observó una fuerza electromotriz (un voltaje) que se originaba al iluminar electrodos de platino u oro inmersos en una solución alcalina o ácida. El primer informe del fenómeno observado en un sólido se debe a W. G. Adams y R.E. Day en 1877, quienes observaron el efecto en una pequeña barra de selenio en cuyos extremos habían fundido electrodos de platino. Por los próximos 30 años la primera aplicación práctica la constituyó el medidor de luz para fotografía y como sensor de luz en instrumentos ópticos. En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. Las aplicaciones de la celda de Selenio fueron para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas. Fue Albert Einstein quien en 1905 escribió el trabajo científico con la teoría que explicaba este fenómeno, trabajo por el cual recibió el Premio Nobel de Física en 1921. Es este un fenómeno cuántico y evidencia el que la energía contenida en la luz, se entrega en paquetes de energía o cuantos. La celda de Silicio que hoy día utilizan proviene de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl. Fue construida en 1940 y patentada en 1946. La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 en los Laboratios Bells.

Accidentalmente experimentando con semiconductores se encontró que el Silicio con algunas impurezas era muy sensitivo a la luz.

1.3.3 Proceso de Fabricación

Las obleas son generalmente adquiridas a fabricantes especializados en la materia y que cuentan con laboratorios y maquinaria con alta tecnología, que solo se dedican a crear dichas estructuras. De allí pasan a la fábrica de los Módulos Fotovoltaicos, para ser soldados entre sí, de acuerdo a las configuraciones básicas en la materia como lo son 12V, promedio de 3,4A, entre otros. Luego pasan al área de ensamblaje para posteriormente hacer el laminado correspondiente a las características en Vatios. De allí pasa al conectorizado, pruebas y control de calidad, para finalmente ser embalado y despachado a su destino final.

Existen varios factores que determinarán la Vida Útil (VU) de un Panel Solar, como lo son las altas temperaturas y el Coeficiente de temperatura, Humedad, Salinidad del Ambiente, entre otros; sin embargo podemos tomar como media, 25 años de VU. Desde allí disminuye su efectividad aproximadamente en un 10% anual hasta la extinción del mismo. Celda u Oblea, es la unidad mínima solar elaborada generalmente hechas a base de silicio, el mismo material que se utiliza para transistores y circuitos integrados. El silicio es tratado para que cuando le llegue la luz, se liberen los electrones, generando una corriente eléctrica.

1.3.4 Celdas solares amorfas

La tecnología amorfa es comúnmente utilizada en los paneles solares pequeños, como en las calculadoras y lámparas de jardín, aunque cada vez son más usadas para paneles de mayor tamaño. Están conformadas de una película de Silicón depositada sobre otra lámina de materiales como el acero.

El panel se forma de una sola pieza y las celdas individuales no son tan visibles como en otro tipo de paneles. La eficiencia de los paneles solares de celdas amorfas no es tan alta como la de aquellos paneles conformados por celdas solares individuales.

1.3.5 Celdas solares cristalinas

Las celdas solares cristalinas se interconectan unas con otras para formar paneles solares. Cada celda solar produce un voltaje individual de 0.5 a 0.6 volts, se requieren 36 celdas solares o celdas fotovoltaicas para producir un circuito abierto de cerca de 20 volts. El cual es suficiente para cargar una batería de 12 volts.

Las celdas solares monocristalina, se cortan de una sola pieza de cristal de silicio, mientras que las celdas solares policristalinas se hacen a base de múltiples cristales La palabra fotovoltaico(a) está formada por la combinación de dos palabras de origen griego: foto, que significa luz, y voltaico que significa eléctrico.

El nombre resume la acción de estas celdas: transformar, directamente, la energía luminosa en energía eléctrica.

Introduciremos el concepto de material semiconductor y juntura N-P. Comenzaremos estableciendo que un material conductor, como el cobre o el aluminio, permite el fácil paso de una corriente eléctrica porque tiene un gran número de cargas libres dentro del mismo. Un material es un no-conductor (aislador), como el vidrio o el plástico, porque no tiene cargas libres dentro de él.

El silicio es el material más usado en la fabricación de celdas solares. En su forma cristalina pura, es un semiconductor, con muy pocas cargas libres dentro de él. Su resistividad es muy elevada. Usando un proceso llamado de difusión se puede introducir pequeñas cantidades de otros elementos químicos, los que permiten decrecer el valor inicial de la resistividad, creando, al mismo tiempo, zonas con diferentes tipos de carga. La celda FV utiliza dos tipos de materiales semiconductores, el tipo N y el tipo P. La unión de un conjunto de Celdas conforman a un Módulo, la unión de un grupo determinado de Módulos conforman un Panel Solar y el conjunto de Paneles Solares interconectados para un fin común.

1.3.6 Potenciales usos de la energía solar

La energía solar fotovoltaica se usa desde hace mucho tiempo en relojes y calculadoras. A pequeña escala la energía solar puede ser incorporada a prácticamente cualquier aparato que use energía solar. Las investigaciones para tener coches solares ya está en proceso. El transporte representa una gran parte de la contaminación en el medio ambiente actualmente, por lo que el desarrollo en esta tecnología es de gran ayuda. En la industria de la producción de cosas el costo de la energía es muy alto. Paneles solares instalados en el techo de las fábricas puede ahorrar millones de dólares y miles de toneladas gases de efecto invernadero al año. El *auto consumo fotovoltaico* es una alternativa para la reducción del CO₂, sin embargo no hay ninguna (o muy escasa) política de ayuda de cualquier tipo a los productores de auto consumo.

En este caso además de la protección del medio ambiente el directo beneficiario es el consumidor-usuario. Las instalaciones fotovoltaicas se realizan por iniciativa privada y sin ningún tipo de ayuda.

Cuando se aprovecha la energía solar no se genera contaminación directa por sustancias de los colectores o de las células fotovoltaicas, pero los sistemas colectores contienen a menudo sustancias para la transmisión térmica que pueden producir contaminaciones si acceden al medio ambiente.

Los paneles pueden generar molestias óptico-estéticas, esto se resuelve a través de una integración a su ambiente; las reflexiones molestas disminuyen si se elimina el espejado u opacando los elementos.

En el caso de establecimientos grandes con aprovechamiento intensivo de la superficie, no es posible aplicar estas soluciones, excepto la disminución de las reflexiones. Por lo tanto, pueden presentarse conflictos relacionados con exigencias visuales-estéticas así como con otras potencialidades naturales relacionadas con la tierra (suelos para producción agropecuaria, protección de especies, siempre que no se trate de emplazamientos en zonas desérticas).

La sombra y la modificación del albedo generados por las grandes instalaciones pueden, según las condiciones locales, ejercer impactos tanto sobre el microclima (tasas de evaporación, movimiento del viento, temperatura) como sobre la flora y fauna.

Otros impactos ambientales se producen durante la fabricación de los materiales que se utilizan para los colectores y células solares. La fabricación del acero, cobre y aluminio que a menudo se utilizan como materia prima, genera problemas ambientales por emisiones, por ejemplo, de polvos y compuestos fluorados y produce no sólo gran contaminación a raíz de los desechos y efluentes que se originan, sino también una gran demanda energética, especialmente en el caso del aluminio.

Para las celdas solares se utilizan en parte metales raros y tóxicos (cadmio, arsénico, selenio, galio) que ya durante su procesamiento pueden conducir a problemas aunque pequeños (contaminación de las aguas residuales y emisiones de aire contaminado). En estos casos se trata de sustancias químicamente muy estables. El riesgo ambiental se limita a las instalaciones donde se produce. Mediante el control y medidas preventivas de seguridad, es posible minimizar el riesgo.

La fabricación de un panel solar requiere también la utilización de materiales como aluminio (para los marcos), vidrio (como encapsulante), acero (para estructuras) etc., siendo estos componentes comunes con la industria convencional. El progresivo desarrollo de la tecnología de fabricación de estructuras y paneles solares supondrá una reducción del impacto ambiental debido a estos conceptos.

En la producción del panel solar se produce un gasto energético que genera residuos, como partículas de NO_x, SO₂, CO₂ etc. Esto se debe a que la energía utilizada en la fabricación del panel solar tiene su origen en la mezcla de fuentes energéticas convencionales del país de fabricación.

Sin embargo, podemos afirmar que la emisión de estas sustancias debida a la fabricación de paneles solares es reducida, en comparación con la disminución en la emisión de sustancias de este tipo que supone la producción de electricidad por medios fotovoltaicos, en vez de con fuentes convencionales de energía.

Un ejemplo de esto es que la producción de la misma cantidad de potencia hora por año en una moderna y eficiente central térmica de carbón, supone la emisión de más de 20 veces el CO₂ que si la producción de la misma cantidad de energía se realizara mediante módulos de Si mono o poli cristalino fabricados en pequeña escala. La producción de electricidad mediante paneles solares de Si mono o poli cristalino fabricados en gran escala, disminuye aún más la emisión de CO₂, llegándose a reducir hasta cerca de 200 veces la cantidad de CO₂ emitida respecto a una central térmica de carbón.

La proporción de entre 100 y 200 veces menos cantidad de residuos se mantiene favorable a la ESFV cuando se analizan las emisiones de NO_x, SO₂ producidas por una central térmica de carbón.

La obtención de silicio de grado metalúrgico es requerida en grandes cantidades para la industria del acero, siendo una pequeña proporción de este material la dedicada a la fabricación de las obleas de silicio. La emisión de polvo de sílice es uno de los inconvenientes de esta industria. La purificación del silicio implica el uso de materiales tales como xilano, mientras el dopado precisa utilizar pequeñas cantidades de compuestos tóxicos, tales como di borano y fosfina.

También se precisa utilizar agentes agresivos, tales como el ácido sulfúrico. Todos estos compuestos y procesos son utilizados en la industria metalúrgica y electrónica no constituyendo, por tanto, un nuevo factor a considerar. En la producción masiva de células solares, deberá estar contemplado un correcto tratamiento de los residuos, tarea asumible al ser conocidos y estar desarrollados estos métodos para grandes producciones en industrias similares a la de producción de células, como las industrias electrónicas

Para el caso de las células con CdS y CdTe, se estima que se precisan menos de 200 kg de compuestos de Cadmio para producir 2 MW anuales de células solares de esta tecnología. A efectos de comparación, hay que considerar que la producción mundial de Cd se sitúa en 20000 TM, teniendo por tanto la producción de células solares de esta tecnología un impacto ambiental muy reducido.

Como comparación podemos señalar que mientras las pilas de NiCd están constituidas por un 15 % de su peso en Cd, 1 kW de paneles solares (de tecnología Apolo) contendrá 80 g de Cd en forma de CdS y CdTe (nunca de Cd puro), es decir menos de un 0,1 % en peso. Al final de la vida útil de estos módulos, se plantea la posibilidad del vertido en depósitos controlados pues, según normas de los USA y de la CE, estos paneles serían considerados como un residuo no peligroso. Sin embargo resulta aconsejable poner en funcionamiento los procesos de reciclado ya plenamente identificados, aunque no puestos en práctica. Otra tecnología de lámina delgada, denominada de células CIS supone un contenido aún menor de Cd que en las células de CdTe, reduciendo su contenido en dos órdenes de magnitud respecto a estas.

Otros impactos ambientales de esta fuente energética están relacionados con las infraestructuras necesarias para la operación de la ESFV. Quizás el factor más conocido y esgrimido contra la ESFV es la ocupación de espacio por parte de los paneles solares no integrados en la arquitectura. Hay que añadir también la ocupación de terreno debido a carreteras, líneas de transmisión instalaciones de acondicionamiento y almacenamiento de energía, subestaciones etc. Estos factores afectan, esencialmente a las grandes centrales FV. Desde el movimiento ecologista, apostamos por un desarrollo prioritario de la ESFV integrada en la arquitectura y de un modo más simple, aprovechando la superficie de tejados y fachadas ya disponibles.

1.4 Procesos de construcción.

1.4.1 Componentes de la manufactura de un motor Stirling

Construcción

El block del motor y los pistones se fabrican con fundición. El acero fundido o aluminio se vierte en un molde hueco que está forma del producto final deseado y se dejó enfriar. Un ciclo Stirling bloque del motor requiere espacio para dos cilindros de pistón, uno para el pistón de potencia y otro para el desplazado pistón (que se desplaza el fluido de trabajo de nuevo en el cilindro de potencia), una regenerativa intercambiador de calor, un cigüeñal, una combustión cámara y conductos diferentes para el fluido de trabajo para moverse hacia atrás y adelante entre los dos cilindros. Dentro de la construcción del motor Stirling la fundición usualmente se utilizan aluminios al bajo carbono, para tener las piezas más livianas sin perder resistencia en los materiales.

Una vez que la fundición se haya enfriado, cualquier material extraño es molido fuera de ella. Generalmente es necesario dar el acabado al block haciendo en donde se colocarían tornillos, o pernos. Dichas perforaciones representan una mínima pérdida en el material y es prácticamente imposible saber el costo de dicho material que se está maquinando (debido a su tamaño o complejos geometría) y desbastando los cilindros hasta obtener el diámetro deseado. El fresado es necesario debido a la tolerancia final que requiere entre el pistón y el cilindro.

El cigüeñal y las bielas son fabricados por forja o fundición. En forja, una pieza de metal denominado billet se coloca entre dos matrices (matrices son moldes hechos con acero de muy alta resistencia). Un martillo, con un peso de varias toneladas, es luego dejado caer en los troqueles. El Billet es generalmente calentado casi hasta el punto de fusión antes de la forja.

El proceso de forjado puede realizarse en varios pasos usando diferentes troqueles para obtener la forma final. Una fundición consiste en el llenado de un molde hueco con metal fundido. El metal puede ser de hierro dúctil, acero, aluminio, o una aleación.

Los componentes del motor son maquinados para conseguir las tolerancias o durezas necesarias. La conformación final se realiza en un torno. El cigüeñal / biela / pistón se hace girar mientras cuchillas (hechas de un material de mayor resistencia al que estamos maquinando) avanzan sobre la parte giratoria para eliminar el exceso metal. Tornos modernos controlados por computadora pueden alcanzar con facilidad las tolerancias de 0,0001 en (0,0025 mm). Una fresadora, en donde la pieza es estacionario y la herramienta de corte es la que gira, se utiliza para cortar los agujeros, ranuras, o canales necesarios para la pieza final.

El intercambiador de calor regenerativo es manufacturado mediante la inserción de miles de alambres de acero a través de una placa de acero. A medida de que el fluido se desplace desde el cilindro principal al cilindro auxiliar, cede todo su calor a estos alambres (pines). Los pines más cercanos al cilindro principal son los más calientes. Los pines más cercanos al cilindro auxiliar son más fríos.

Cualquier fuente de calor, energía solar o combustión, se puede utilizar para alimentar un motor de ciclo Stirling. Independientemente de la fuente, el calor se concentrara en una cámara directamente adyacente al émbolo de trabajo. El ciclo del motor capta algo de este calor y lo convierte en trabajo. Debido a que el motor de ciclo Stirling es un motor de combustión externa, el calor de entrada puede ser constante (a diferencia del calor generada en un motor de combustión interna que se produce en una serie de explosiones). Sin embargo, debido a que el calor es constante, los componentes del motor en contacto con el calor deben ser diseñados para soportar altas temperaturas durante un largo período de tiempo.

Ensamblaje

El cigüeñal se inserta en el bloque del motor y se mantiene ahí con rodamientos. Los retenes permitirán al cigüeñal a su vez dentro del bloque del motor sin generar excesivo calor de fricción. Los retenes son fijados al block del motor utilizando una prensa (el exterior diámetro del retén es ligeramente más grande que el diámetro interior del agujero en la block del motor). Al forzar el retén entre en el block del motor, el retén se fija firmemente para el bloque.

Los pistones y las bielas son colocados en los cilindros y unido al cigüeñal por abajo con pernos y arandelas de alta presión y resistencia. Los pernos se aprietan con un torque predeterminado.

El intercambiador de calor regenerativo es insertado en el conducto que fluye entre el cilindro principal y el auxiliar y atornillado en su lugar. La cabeza del cilindro son atornillados por la parte superior del motor una cubierta de acceso está atornillado a la parte inferior del motor. Empaques son utilizados entre el block y las cubiertas para proporcionar un sellado efectivo. La cámara de calor está integrada en la cubierta del cilindro principal. Después el fluido que va a hacer el trabajo es insertado en el motor. El fluido de trabajo es por lo general helio presurizado.

El motor V161 es la evolución de los anteriores motores de la empresa SOLO utilizados en los prototipos de generaciones previas de sistemas disco Stirling.

Sus características se presentan a continuación.

Longitud	1280 mm
Profundidad	700 mm
Altura	980 mm
Peso	460 kg
Potencia eléctrica	10 kW
Diseño	Dos cilindros en V
Capacidad del cilindro	160 cm ³

Gas de trabajo	Helio
Presión de operación máxima	150 bar.
Velocidad de giro nominal	1500 rpm
Quemador auxiliar	16-40 kW (Gas natural)

1.4.2 Construcción de las Células Solares



Debido a que una célula solar genera corrientes y tensiones pequeñas, éstas no son los elementos que se utilizan en las aplicaciones prácticas, sino que, con objeto de lograr potencias mayores, se acoplan en serie o en paralelo para obtener mayores tensiones y corrientes formando lo que se denomina módulo fotovoltaico, que es el elemento que se comercializa. A la vez, estos módulos se conectan en serie o en paralelo para obtener las tensiones y corrientes que nos den la potencia deseada. Módulos en serie aumentan el voltaje y conservan la misma corriente, mientras que módulos en paralelo aumentan la corriente, conservando el mismo voltaje. Los módulos generalmente se fabrican para tener una salida de 12 VCD.

A que temperatura se funde el silicio

El silicio es un elemento químico metaloide o semimetálico cuyo símbolo es "Si" su número atómico es 14, pertenece al grupo 14 (IVA) de la tabla periódica de los elementos y forma parte de la familia de los carbonos. Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno.

El silicio, a diferencia del carbono, no existe libre en la naturaleza. Como dióxido se encuentra en varias formas de cuarzo: Cristal de roca, Amatista, Cuarzo ahumado, Cuarzo rosa, y cuarzo lechoso. La arena es en gran parte dióxido de silicio (sílice).

El silicio cristalino puede obtenerse en masas aciculares cristalizando el elemento de su disolución en Aluminio fundido. Los cristales son bastante duros para rayar el vidrio. Ambas clases de Silicio funden a unos 1500°C.

<http://celdasfotovoltaicas.blogspot.mx/>

Selección de panel fotovoltaico

Características del Silicio

Sus propiedades son intermedias entre las del carbono y el germanio. En forma cristalina es muy duro y poco soluble y presenta un brillo metálico y color grisáceo. Aunque es un elemento relativamente inerte y resiste la acción de la mayoría de los ácidos, reacciona con los halógenos y álcalis diluidos. El silicio transmite más del 95% de las longitudes de onda de la radiación infrarroja.

Se prepara en forma de polvo amarillo pardo o de cristales negros-grisáceos. Se obtiene calentando sílice, o dióxido de silicio (SiO₂), con un agente reductor, como carbono o magnesio, en un horno eléctrico. El silicio cristalino tiene una dureza de 7, suficiente para rayar el vidrio, de dureza de 5 a 7. El silicio tiene un punto de fusión de 1.411 °C, un punto de ebullición de 2.355 °C y una densidad relativa de 2,33(g/ml). Su masa atómica es 28,086 UMA (unidad de masa atómica).

Se disuelve en ácido fluorhídrico formando el gas tetra fluoruro de silicio, SiF₄ (ver flúor), y es atacado por los ácidos nítrico, clorhídrico y sulfúrico, aunque el

dióxido de silicio formado inhibe la reacción. También se disuelve en hidróxido de sodio, formando silicato de sodio y gas hidrógeno. A temperaturas ordinarias el silicio no es atacado por el aire, pero a temperaturas elevadas reacciona con el oxígeno formando una capa de sílice que impide que continúe la reacción. A altas temperaturas reacciona también con nitrógeno y cloro formando nitruro de silicio y cloruro de silicio, respectivamente.

El silicio constituye un 28% de la corteza terrestre. No existe en estado libre, sino que se encuentra en forma de dióxido de silicio y de silicatos complejos. Los minerales que contienen silicio constituyen cerca del 40% de todos los minerales comunes, incluyendo más del 90% de los minerales que forman rocas volcánicas.

Proceso de producción de silicio

El primer paso en la producción de silicio (Si) es pasar de la arena a lo que se conoce como silicio grado metalúrgico. Lo que se hace es reducir el dióxido de silicio (SiO₂) con carbono en grandes hornos de arco eléctrico a una temperatura superior a 3000 °C. El silicio se produce de acuerdo con la reacción:



El silicio en estado líquido se acumula en el fondo del horno de donde se extrae y se enfría. El silicio producido por este proceso tiene una pureza de un 98 a 99% a un costo de 1-2U\$/kg.

Para la construcción de dispositivos semiconductores es necesario un silicio de mayor pureza, silicio ultra puro, que puede obtenerse por métodos físicos o químicos. Los métodos físicos de purificación del silicio metalúrgico se basan en la mayor solubilidad de las impurezas en el silicio líquido, de forma que éste se concentra en las últimas zonas solidificadas:

1. El primer método usado de forma limitada para construir componentes de radar durante la segunda guerra mundial, consiste en moler el silicio de forma que las impurezas se acumulen en las superficies de los granos; disolviendo estos, parcialmente, se obtenía un polvo más puro.

2. La fusión por zonas, el primer método usado a escala industrial, consiste en fundir un extremo de la barra de silicio y trasladar, lentamente, el foco de calor a lo largo de la misma de modo que el silicio vaya solidificando con una pureza mayor al arrastrar a la zona fundida gran parte de las impurezas. El proceso puede repetirse las veces que sea necesario hasta lograr la pureza deseada y luego cortar el extremo final en el que se han acumulado las impurezas.

De la producción global de silicio, sólo una pequeña fracción (digamos del orden de una milésima parte) se vuelve a purificar para producir el llamado silicio grado semiconductor que es el utilizado en la industria electrónica, donde los requerimientos de pureza del material son mucho mayores.

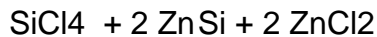
Los métodos químicos, usados actualmente, se aplican a compuestos de silicio que sean más fáciles de purificar. Los compuestos comúnmente usados son el triclorosilano (SiHCl_3), el tetracloruro de silicio (SiCl_4) y el silano (SiH_4). El proceso es el siguiente: se obtiene triclorosilano a partir del silicio grado metalúrgico usando ácido clorhídrico según la reacción:



Lo que se purifica entonces es el SiHCl_3 a través de varios procesos de destilación, recuperándose el Si. Este silicio es ahora silicio grado semiconductor según la reacción inversa. Este proceso, denominado proceso Siemens, requiere mucha energía y no es eficiente, lo cual eleva considerablemente el costo del material a 60 - 70 U\$S/kg.

El silicio producido por éste y otros métodos similares se denomina silicio policristalino y típicamente tiene una fracción de impurezas de 0,001 ppm (partes

por millón) o menor. El método Dupont consiste en hacer reaccionar tetracloruro de silicio a 950°C con vapores de cinc muy puros:



Este método ha sido, prácticamente, abandonado debido a numerosas dificultades técnicas. Finalmente, la descomposición pirolítica del silano. Este proceso produce un silicio de alta pureza pero no es usado comercialmente pues su obtención es muy compleja y además, resulta muy inestable químicamente.

Hasta ahora tenemos un material muy puro, pero no en forma cristalina. Para que un dispositivo electrónico (celdas solares, circuitos electrónicos, etc.) funcione eficientemente, es necesario que el material de partida sea cristalino y lo más libre de defectos posible. La técnica más ampliamente usada para obtener mono cristales de silicio es la conocida como crecimiento Czochralski.

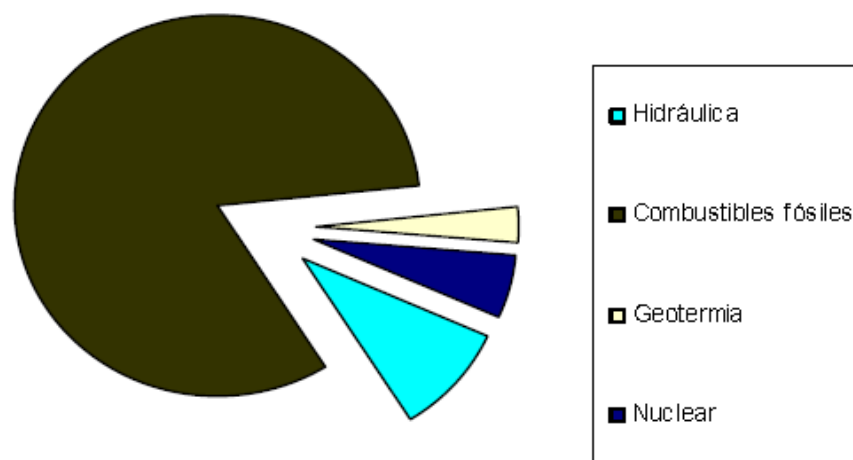
Semilla cristal

Fundición crisol

Fotografía del crecimiento de mono cristales empleando la Técnica Czochralski

Lo que se hace es fundir el silicio en un horno apropiado bajo atmósfera inerte e introducir en la fundición una “semilla”, esto es un mono cristal de silicio con la orientación cristalina con que se desea crecer el lingote. Simultáneamente, se rota la semilla respecto del crisol y se tira hacia arriba. Todo el proceso se hace a velocidades y temperatura controladas. En la fundición del Si se pueden introducir impurezas controladas; dependiendo de qué tipo sean, tendremos un Si de tipo p o de tipo n.

1.5 Emisiones de gases de efecto invernadero producidas por unidad de energía y de gas.



En México, más del 75% de la electricidad se genera a partir de combustibles fósiles

Por cada Kwh generado, se emiten a la atmosfera 900 gr de CO₂.

Por cada litro de gas LP consumido, se emiten a la atmosfera 3 kg de Co₂.

Fuente: Preparación del autor a partir de Balance Nacional de Energía 2005, SENER 2006; e IPCC 2006.

<http://laenergiadelsolymedioambiente.blogspot.mx/2010/12/el-gas-lp-y-las-emisiones-de-co2.html>

2. Motor Stirling vs Panel fotovoltaico

El objetivo del análisis de la huella ecológica es demostrar experimentalmente la relación entre la producción de energía con un panel fotovoltaico, la producción de energía con motor Stirling y las emisiones de gases efecto invernadero que se emiten al medio ambiente, en función de la fabricación de cada uno de estos productos, determinando la huella ecológica que tendremos.

La comparativa va entorno a la misma capacidad de Generación de energía, con la práctica aplicando las mismas variables de captación solar, inclinación, horas efectivas de captación solar, mismas temperaturas.

Todos los datos de consumo de energía se basan en las tarifas donde los sistemas de energías renovables son viables dichas tarifas son : Tarifa DAC y la tarifa 02, en estas tarifas se encuentra el área de oportunidad para la implementación de las fuentes de energía renovables.

Basándonos en la información entregada por CFE se obtiene que las tarifas vigentes son estas:

Tarifa 02

CARGO POR ENERGIA \$/KW/H		
Rango	Dic./2012	Ene.
1 - 50	2.210	2.220
51 - 100	2.671	2.682
KW Adicionales	2.940	2.953
Mensual	52.10	52.42

Tarifa DAC

CARGO POR ENERGIA \$/KW/H		
Rango	Dic./2012	Ene.
Por cada kW/h	3.38	3.39
Mensual	78.81	79.30

2.1.1 Dimensionado y aplicación de un sistema fotovoltaico.

Estudio Técnico – Económico del proyecto de generación de energía eléctrica con sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica de CFE en tarifa 02.



Nombre:

Renca, SA de CV, Proyecto 1

Resumen de Ahorros:

Concepto	Facturación Anual	Ahorros Estimados	
		Unitario	%
Consumo Anual (kW)	14872	13863	93.22
Importe Anual (\$) incluye IVA	\$50,751.00	\$47,551.48	93.16

Antecedentes:

RENCA SA de CV, representada por el Sr. René Canales Ríos, tiene interés en adquirir e instalar un sistema fotovoltaico en su empresa dedicada a la comercialización de prendas de vestir con horario normal de 9:00 a 19:00 horas de Lunes a Sábado, la empresa tiene más de 20 años ubicada en: calle Aldama No. 3004, la finalidad es disminuir su consumo de energía eléctrica, actualmente tiene un consumo anual de **14,168 kWh** y una facturación anual de **\$50,751**, para lograr lo anterior, Ecotécnicas Constructivas, S.A. de C.V., propone instalar un sistema fotovoltaico con una capacidad de **7.59 kWp**, con una inversión de **\$331,954.88**.

Coordenadas del lugar:

Latitud 28.63N

Longitud -106.1 W



Fachada del
local

Facturación Eléctrica Actual:

El Usuario tiene contratado el servicio con CFE, tarifa 02, con el número de servicio: **580 971 001 719**. ANEXO 1.

Período	Consumo Energía kWh	Importe C/IVA \$	Precio Medio \$/kWh
sep-11	1321	4495.50	3.4018
Oct-11	1322	4495.50	3.4018
Nov-11	1164	4050.50	3.4798
Dic-11	1164	4050.50	3.4798
Ene-12	1142	3935.00	3.4457
Feb-12	1142	3935.00	3.4457
Mar-12	1238	4175.00	3.3737
Abr-12	1237	4175.00	3.3737
May-12	1184	3976.50	3.3599
Jun-12	1183	3976.50	3.3599
Jul-12	1388	4743.00	3.4184
Ago-12	1387	4743.00	3.4184
Promedio	1239	4,229.25	3.4125
Total	14,872	50751.00	3.4125

Sistema Propuesto:

Se propone un SFV integrado por **33** módulos **poli cristalino** marca Hyundai, modelo HiS-M230SG, con una potencia de 230 W, un inversor marca Solectria modelo PVI 7500, con rack para panel, incluye la instalación, mano de obra.
ANEXO 2

La garantía de los módulos FV es de 25 años en su capacidad de producción (90% a 10 años y 80% a 25 años) y 5 años contra defectos de fabricación, para el inversor es de 10 años, y La estructura es fabricada en acero galvanizado y otorgamos en la instalación una garantía de 10 años.

La estructura está diseñada para soportar las cargas reglamentarias dictaminada por Ingeniero civil con registro de Director Responsable de Obra en el municipio de Chihuahua y va colocada en el techo del local orientada al sur verdadero e inclinada a la latitud del lugar (28°).

Generación del SFV:

Se obtiene la irradiación solar de la ubicación del usuario, en base a las coordenadas de latitud y longitud.

ANEXO 3

En función a las horas de irradiación y a la capacidad del sistema propuesto se obtiene la generación mensual esperada con el SFV, así como la generación anual.

Mes	año	Hrs Irradiación	Potencia SFV	días mes	Gen SFV	Precio Medio	Ahorro
junio	2012	5.95	7.6	30	1356.6	3.3599	\$4,558.04
julio	2012	5.44	7.6	31	1281.664	3.4184	\$4,381.24
agosto	2012	4.49	7.6	31	1057.844	3.4184	\$3,616.13
septiembre	2011	5.78	7.6	30	1317.84	3.4018	\$4,483.03
octubre	2011	6.23	7.6	31	1467.788	3.4018	\$4,993.12
noviembre	2011	5.86	7.6	30	1336.08	3.4798	\$4,649.29
diciembre	2011	5.36	7.6	31	1262.816	3.4798	\$4,394.35
enero	2012	5.57	7.6	31	1312.292	3.4457	\$4,521.76
febrero	2012	6.32	7.6	28	1344.896	3.4457	\$4,634.11
marzo	2012	7.18	7.6	31	1691.608	3.3737	\$5,706.98
abril	2012	7.07	7.6	30	1611.96	3.3737	\$5,438.27
mayo	2012	6.77	7.6	31	1595.012	3.3599	\$5,359.08
Total					16,636	Subtotal	\$56,735.40
						Total c/IVA	\$56,735.40

En la siguiente grafica se aprecia el consumo mensual actual y la generación esperada con el SFV, siendo la aportación del SFV de más del 100 % de la energía.

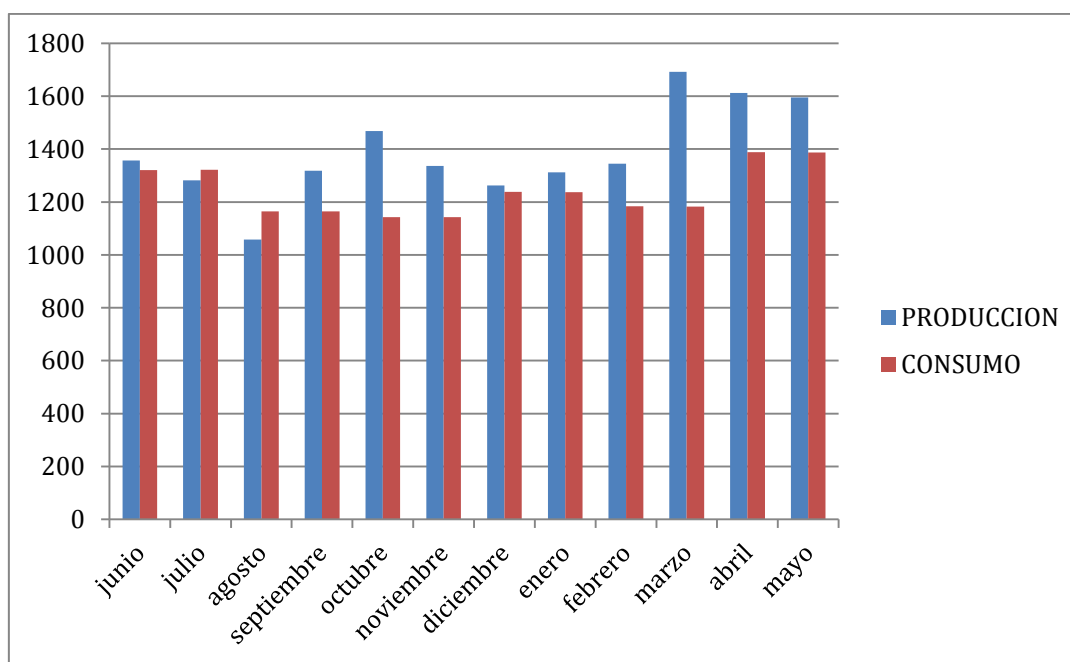
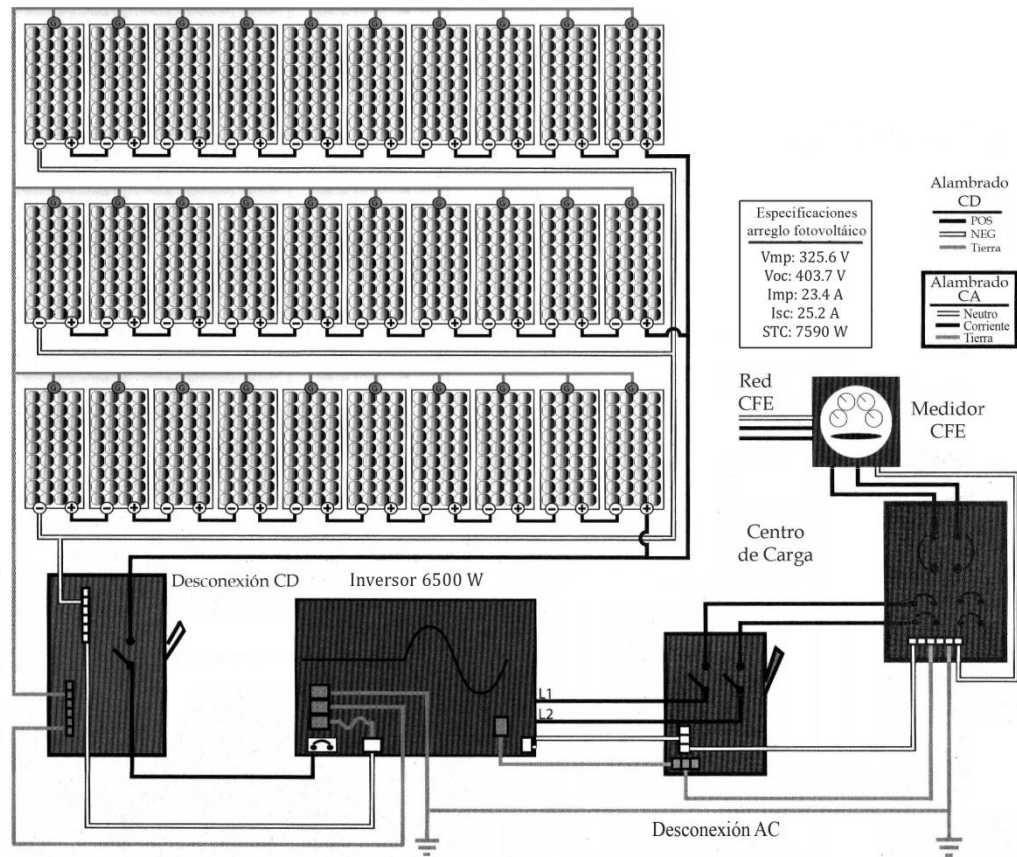


Diagrama de Instalación

Diagrama Interconexión fuente en pequeña escala.



Fotografías del lugar



Vista del techo del local, los paneles se colocarán arriba del techo viendo hacia el sur.



Vista techo del local.

Inversión:

No.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1	Módulo Hyundai SiG-230SG	33	\$ 5,100.00	\$ 168,300.00
2	Inversor Solectria PVI 7500	1	\$ 64,400.00	\$ 64,400.00
3	Estructura de soporte	1	\$ 23,334.00	\$ 23,334.00
4	Instalación y balance de sistema	1	\$ 30,134.00	\$ 30,134.00
			Subtotal	\$ 268,168.00
			IVA	\$ 45,786.88
			Total	\$ 331,954.88

Ahorros:

A continuación se compara el consumo actual contra la generación esperada del SFV, para obtener el consumo y la facturación esperada, obteniéndose los ahorros con el SFV.

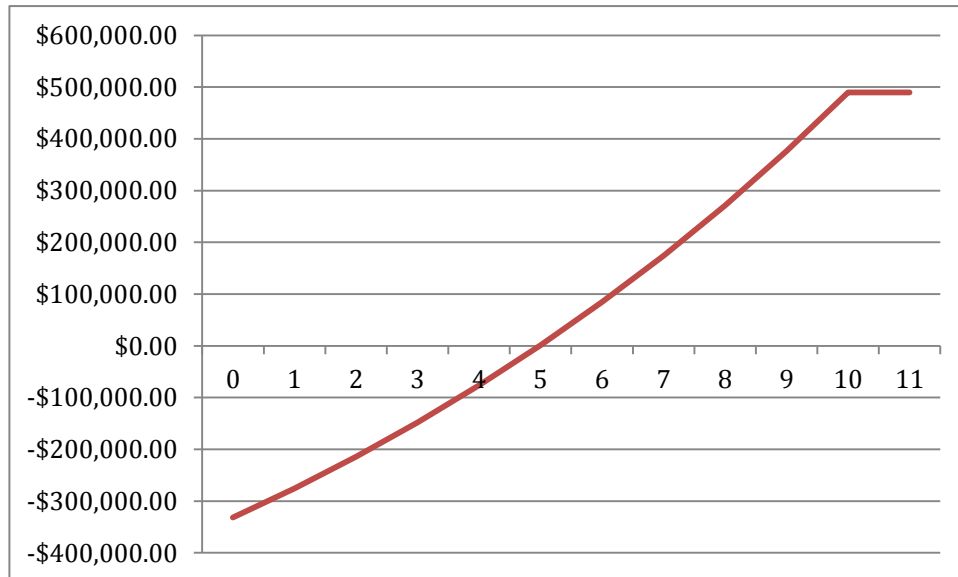
Concepto	Facturación Anual	Ahorros Estimados	
		Unitario	%
Consumo Anual (kWh)	14872	16,636	100
Importe Anual (\$) incluye IVA	\$50,751.00	\$56,735.40	100

Utilizando este criterio de incremento de tarifa, el retorno de inversión para el SFV es de **4.8** años.

A continuación presentamos el precio de la energía de acuerdo a la tarifa 2 que corresponde al consumo adicional a 100 kWh por mes en promedio por año a partir del 2002, estos datos se obtuvieron de la página web de CFE (www.cfe.gob.mx), obteniendo el precio promedio anual de cada año, el comportamiento ha sido variable, sin embargo el precio de los combustibles sigue subiendo y nada indica que vayan a disminuir, por lo que creemos que el incremento considerado es conservador.

	Precio Promedio	Incremento porcentual	Incremento Promedio	Inflación	Índice	Incremento real
2002	1.34				1.34	
2003	1.56	17.08%	17.08%	4.53%	1.40	12.55%
2004	1.83	16.84%	16.96%	4.69%	1.46	12.15%
2005	2.00	9.34%	14.36%	3.99%	1.52	5.35%
2006	2.25	12.66%	13.93%	3.63%	1.58	9.03%
2007	2.33	3.32%	11.73%	3.97%	1.64	-0.65%
2008	2.51	8.04%	11.10%	5.12%	1.72	2.92%
2009	2.33	-7.36%	8.26%	5.30%	1.81	-12.66%
2010	2.55	9.61%	8.43%	4.10%	1.89	5.51%
2011	2.76	7.95%	8.37%	3.41%	1.95	4.54%
Promedio		8.37%		4.30%		4.07%

Año	Ahorro	Acumulado	Inversión	Saldo
0		\$0.00	\$331,954.88	-\$331,954.88
1	\$56,735.40	\$56,735.40		-\$275,219.48
2	\$61,274.23	\$118,009.63		-\$213,945.25
3	\$66,176.17	\$184,185.80		-\$147,769.08
4	\$71,470.26	\$255,656.07		-\$76,298.81
5	\$77,187.89	\$332,843.95		\$889.07
6	\$83,362.92	\$416,206.87		\$84,251.99
7	\$90,031.95	\$506,238.82		\$174,283.94
8	\$97,234.51	\$603,473.32		\$271,518.44
9	\$105,013.27	\$708,486.59		\$376,531.71
10	\$113,414.33	\$821,900.92		\$489,946.04
11		\$821,900.92		\$489,946.04



Recomendaciones:

1. **Se recomienda lavar los módulos cada 2 meses y verificar que las conexiones estén en buen estado.**

Bibliografía:

Horas de irradiación:

http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=074119&lat=28.63&submit=Submit&hgt=100&veg=17&si-telev=&email=rgallegos59@gmail.com&step=2&p=grid_id&p=ret_tlt0&lon=-106.1

ANEXO 1 RECIBO DE ENERGIA ELECTRICA

Medición de consumos					Uso:	Tarifa	Hilos
Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh	General < 25KW	02	2
2A6R9?	10144	07369	00001	2775			
Periodo de consumo				Días	Promedio diario kWh		
01 JUN 12 A 01 AGO 12				61	45.49		
Historial de consumo							Estado de cuenta
Facturación	Feb	Abr	Jun	Ago	Oct	Dic	Energía
2011	1650	1969	2174	2353	2643	2328	8,177.47
2012	2284	2475	2367	2775			IVA 16%
							1,308.39
							Fac. del Periodo
							9,485.86
							DAP
							40.00
							Adeudo Anterior
							7,993.76
							Su Pago
							-7,993.00
							Total
							\$9,526.62

Nombre y Domicilio
RENCA SA DE CV
ALDAMA 3106
OBRERA
CHIHUAHUA, CHIH.

Ruta: 04DC01A012287520

Número de servicio: 580 001 104 051

Total a pagar: \$9,526.00
(NUEVE MIL QUINIENTOS VEINTISEIS PESOS 00/100 M.N.)

Fecha límite de pago: 16 AGO 12

Concepto kWh Precio Subtotal
1er. Escalón 100.0000 2.213 221.30
2do. Escalón 100.0000 2.675 267.50
Excedente 2,575.0000 2.945 7,583.37
Cargo fijo (2) 62.560 105.30
Suma 2,775.0000 8,177.47

Usted puede pagar sin costo en los principales bancos y cadenas comerciales

Factura: CA
Folio: 000005681591
No. aprobación: 64108
Año de aprobación: 2012
No. certificado: 00001000000104150052

Este documento es una representación impresa de un CFD

580001104051
01 580001104051 000000 00000000 2

Total a pagar: \$9,526.00
(NUEVE MIL QUINIENTOS VEINTISEIS PESOS 00/100 M.N.)

Ruta: 04DC01A012287520
Clave de envío: 514

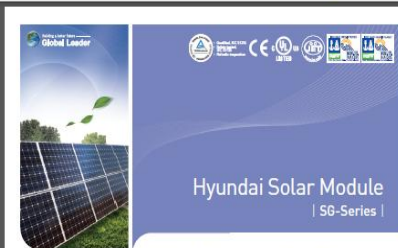
ANEXO 2

Hyundai 230W.pdf - Adobe Reader

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

1 / 2 49.8%

Herramientas Comentario



Hyundai Solar Module | 5G-Series

Multi-crystalline Type
 HS-M2150 HS-M2180 HS-M2190
 HS-M2250 HS-M2270 HS-M2280
 HS-M2300

Mono-crystalline Type
 HS-S2150 HS-S2180 HS-S2190
 HS-S2250 HS-S2270 HS-S2280
 HS-S2300

Mechanical Characteristics

Dimensions	1650mm (F/W) x 975mm (H) x 30mm (D) (L x W x H) (mm)
Weight	Approx. 11.2 kg (24.8 lbs)
Structure	Aluminum extruded frame
Cell layout	4 half (1/2) cells with passivated rear surface, 60 cells
Cell type	60 cells, 156mm (6") square
Appearance	Blue/black, 30-year life span
Power output	30-year life span
Temperature	High temperature low temperature, 25°C (77°F) (max/min)
Installation	Standard, 1/2" Dia. Drill, 4mm (0.157") (min) hole
Warranty	25 years

High Quality

- REC 412 (USA) and IEC 61730 by TUV Rheinland
- UL listed (UL 1709, Class C Fire Rating)
- Output power tolerance >±0.5%
- ISO 9001:2008 and ISO 14001:2004 Certified
- Advanced Mechanical Test (ASTM F1595 IECI Mechanical Load Test 160 (lb/ft) Passed (U.S.))

Limited Warranty

- 5 years for product defect
- 10 years for 90% of warranted max. power
- 25 years for 80% of warranted max. power

Fast and Inexpensive Mounting

- Designed easy for connection
- Pre-connection cables
- IEC (UL) passed and weatherproof connectors
- Integrated bypass diodes

Importation Notice on Warranty
 The warranty will only apply to products with Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.'s logo below and product serial number on it.

Electrical Characteristics

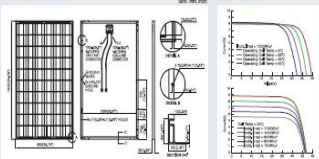
Multi-crystalline Type

		HS-M (1/2) 150						
		215	218	219	225	227	228	230
Normal output (P _{mp})	W	215	218	219	225	227	228	230
Voltage at P _{mp} (V _{mp})	V	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
Current at P _{mp} (I _{mp})	A	5.8	5.9	5.9	6.1	6.1	6.1	6.1
Open-circuit voltage (V _{oc})	V	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9
Short-circuit current (I _{sc})	A	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Output tolerance	%	±0.5						
No. of cells & connections	cells	60 in series						
Cell type	—	P-Multi-crystalline silicon						
Module efficiency	%	13.3	13.3	13.3	13.9	14.0	14.0	14.0
Temperature coefficient of P _{mp}	W/W	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42
Temperature coefficient of V _{oc}	mV/V	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32
Temperature coefficient of I _{sc}	mV/V	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
IEC 61215 (IEC 61646) Test Results	—	See temperature performance						


Mono-crystalline Type

		HS-S (1/2) 150						
		215	218	219	225	227	228	230
Normal output (P _{mp})	W	215	218	219	225	227	228	230
Voltage at P _{mp} (V _{mp})	V	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
Current at P _{mp} (I _{mp})	A	5.8	5.9	5.9	6.1	6.1	6.1	6.1
Open-circuit voltage (V _{oc})	V	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9
Short-circuit current (I _{sc})	A	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Output tolerance	%	±0.5						
No. of cells & connections	cells	60 in series						
Cell type	—	P-Mono-crystalline silicon						
Module efficiency	%	13.6	13.6	13.6	14.2	14.2	14.2	14.2
Temperature coefficient of P _{mp}	W/W	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42
Temperature coefficient of V _{oc}	mV/V	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32
Temperature coefficient of I _{sc}	mV/V	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
IEC 61215 (IEC 61646) Test Results	—	See temperature performance						

Module Diagram



I-V Curves



Installation Safety Guide

Only qualified personnel should install or perform maintenance.
 Be aware of dangerous high voltage.
 Do not damage or scratch the rear surface of the module.
 Do not handle or install modules when they are wet.

HYUNDAI Solar & Marketing
 1642-1 Gyeongseong-ro, Seongbuk-gu, Seoul, Korea
 Tel: 82-2-760-7551, 8465, 8466 Fax: 82-2-760-7575

PVI3000-7500_datasheet (1).pdf - Adobe Reader

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

1 / 2 52.9%

Herramientas Comentario

SOLETRIA RENEWABLES

STRING INVERTERS

PVI 3000
PVI 4000
PVI 5000
PVI 5300
PVI 6500
PVI 7500

FEATURES

- 96% CEC efficiency
- Wide input operating voltage window
- 208 VAC, 240 VAC or 277 VAC
- Fully integrated design
- Detachable wiring box
- Standard 10-year warranty
- RS232/RS485 communications
- Clear intuitive LCD display

OPTIONS

- Integrated panel assembly
- Web-based monitoring

STRING INVERTERS

At 96% CEC efficiency, the Soletria Renewable string inverter series, ranging from 3.0 kW to 7.5 kW, is the most efficient transformer-isolated string inverter on the market. The PVI 3000-PVI 7500 series of inverters consist of six power ratings to optimally match your grid-tied PV system, and boasts fully integrated DC and AC disconnects, an LCD display, and a 3, 4, or 5 phase string combiner all contained within a detachable wiring box. This feature allows for a clean, simple, and safe installation with easy serviceability. The integrated panel assembly option allows for this inverter series to be pre-wired and mounted on an industrial grade aluminum panel with 100 meters and optional AC visible blade disconnect or circuit breakers on a two-inverter panel assembly.

Built for the real world

SPECIFICATIONS	PVI 3000	PVI 4000	PVI 5000	PVI 5300	PVI 6500	PVI 7500
DC Input						
Maximum Maximum Input Voltage	200-500 VDC			600 VDC		
MPP/No. Voltage Ranges	200-500 VDC			200-500 VDC		
Maximum Operating Input Current	16 A	20 A	25 A	25 A	35 A	35 A
DC Output						
Rated Output Voltage	208 or 240 VAC			208, 240 or 277 VAC		
AC Voltage Range (Overload)	-17% to +10%					
Continuous Output Power	208 VAC: 2700W 240 VAC: 277 WAC	3400W 3300W	4300W 4900W	4600W 5500W	6500 W 6500 W	7500 W 7500 W
Continuous Output Current	208 VAC: 12 A 240 VAC: 11.5 A	16.3 A 15.5 A	20.7 A 22.8 A	23.8 A 22.8 A	31.2 A 31.2 A	34.3 A 31.2 A
Maximum Available Current	6 A					
Rated Output Frequency	60 Hz					
Output Frequency Range	58, 59.5, 60.5					
Power Factor	0.95 to 0.99					
Total Harmonic Distortion (THD)	0%					
Efficiency						
Peak Efficiency	208 VAC: 96.4% 240 VAC: 96.7%	96.5% 96.7%	96.4% 96.7%	96.7% 96.4%	96.5% 96.7%	96.7% 96.7%
CEC Efficiency	208 VAC: 96.3% 240 VAC: 96.6%	96.3% 96.6%	96.6% 96.6%	96.6% 96.6%	96.6% 96.6%	96.6% 96.6%
No. Lines	3/3 or 4/4					
Integrated String Combiner						
Rated String Output	3	4	4	4	5	5
Temperature						
Ambient Temperature Range (Full power)	-32°F to +131°F (-0°C to +55°C)					
Storage Temperature Range	-47°F to +131°F (-25°C to +55°C)					
Relative Humidity Range (continuous)	5-95%					
Electronics						
Web-based Monitoring/Power Quality	Soletria™					
Reverse Grid Monitoring	Optional					
Non-Polarity Compatibility	Standard (to REC212/2445)					
Testing & Certification						
Safety Listing & Certifications	UL 1741/IEEE 1547 IEEE 1547-1, CSA C22.2 249.01, FCC part 15 B					
Tested Agency	EPC					
Standard	None					
Dimensions						
AC/DC Disconnect	Standard (48" integrated Standard)			Standard (48" integrated Standard)		
Dimensions (H x W x D)	26.8 in x 17.3 in x 6.3 in (677 mm x 438 mm x 158 mm)			26.8 in x 17.3 in x 6.3 in (677 mm x 438 mm x 158 mm)		
Weight	47.6 lbs (21.6 kg)			48.0 lbs (21.8 kg)		
Enclosure Rating	NEMA 3P			NEMA 3P		
Enclosure Finish	Powder Coated			Powder Coated		

ANEXO 3

[SSE
Homepage](#)

[Find A Different Location](#)

[Accuracy](#)

[Methodology](#)

[Parameters
\(Units & Definition\)](#)



NASA Surface meteorology and Solar Energy: [RETScreen](#) Data



Latitude **28.63** / Longitude **-106.1** was chosen.

	Unit	Climate data location	
Latitude	°N	28.63	
Longitude	°E	-106.1	
Elevation	m	1728	
Heating design temperature	°C	-0.65	
Cooling design temperature	°C	27.78	
Earth temperature amplitude	°C	21.01	
Frost days at site	day	31	

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
			horizontal					
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	6.6	52.2%	4.03	82.9	4.1	7.3	334	8
February	8.7	44.6%	4.94	82.8	4.1	10.2	248	27
March	12.0	32.6%	6.35	82.7	4.2	14.7	181	82
April	16.1	28.5%	7.14	82.7	4.2	19.7	70	182
May	20.4	28.9%	7.44	82.8	4.0	24.5	8	315
June	22.9	41.7%	6.73	82.8	3.5	26.9	0	385
July	21.2	63.3%	6.02	83.0	3.2	23.7	0	353
August	20.1	69.1%	5.74	83.1	2.9	22.0	0	326
September	18.4	69.3%	5.50	83.0	3.2	20.1	13	267
October	15.1	62.7%	5.12	83.0	3.5	16.4	79	174
November	10.5	54.0%	4.36	83.0	4.1	11.4	206	61
December	6.8	54.8%	3.74	83.0	4.0	7.3	325	13
Annual	14.9	50.2%	5.59	82.9	3.8	17.0	1464	2193
Measured at (m)					10.0	0.0		

[Back to SSE Data Set
Home Page](#)

Responsible NASA Official: John M. Kusterer
Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC User
Services](#) (law-andr-ude@lsc.nasa.gov)
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)



NASA Surface meteorology and Solar Energy
- Available Tables



Latitude 28.63 / Longitude -106.1 was chosen.

Geometry Information

Elevation: **1728** meters
taken from the
NASA GEOS-4
model elevation

Northern boundary
29

Western boundary
-107

Center
Latitude **28.5**
Longitude **-106.5**

Eastern boundary
-106

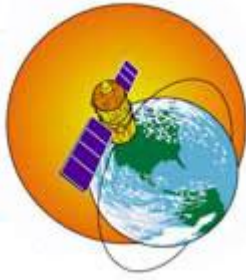
Southern boundary
28

Parameters for Tilted Solar Panels:

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat 28.63 Lon - 106.1	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4.03	4.94	6.35	7.14	7.44	6.73	6.02	5.74	5.50	5.12	4.36	3.74	5.59
K	0.65	0.66	0.70	0.69	0.66	0.59	0.53	0.54	0.58	0.64	0.66	0.64	0.63
Diffuse	0.86	1.05	1.17	1.51	1.83	2.25	2.35	2.14	1.74	1.20	0.85	0.80	1.48
Direct	6.79	7.27	8.53	8.48	8.18	6.51	5.33	5.32	5.94	7.00	7.23	6.57	6.92
Tilt 0	3.94	4.90	6.28	6.99	7.41	6.70	5.99	5.71	5.42	5.08	4.24	3.67	5.53
Tilt 13	4.81	5.70	6.87	7.20	7.28	6.49	5.86	5.73	5.72	5.75	5.12	4.57	5.92
Tilt 28	5.57	6.32	7.18	7.07	6.77	5.95	5.44	5.49	5.78	6.23	5.86	5.36	6.08
Tilt 43	6.00	6.58	7.09	6.56	5.92	5.13	4.78	4.99	5.55	6.36	6.26	5.84	5.92
Tilt 90	5.06	5.00	4.40	3.02	2.22	1.98	2.01	2.35	3.17	4.55	5.14	5.09	3.66
OPT	6.09	6.58	7.20	7.20	7.41	6.70	5.99	5.75	5.79	6.36	6.33	5.97	6.45
OPT ANG	54.0	46.0	32.0	16.0	1.00	0.00	0.00	8.00	24.0	41.0	52.0	56.0	27.3

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above

[Parameter Definition](#)



[Back to
SSE Data
Set
Home
Page](#)

Responsible NASA Official: John M. Kusterer
Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC User
Services \(larc-asdc-uds@lists.nasa.gov\)](#)
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)
Document generated on Tue Jul 10 19:29:18 EDT 2012

2.1.2 Dimensionado y aplicación de un sistema con motor Stirling.

Estudio Técnico – Económico del proyecto de generación de energía eléctrica con sistema Motor Stirling interconectado a la red eléctrica de CFE en tarifa 02.

México, D.F. a 23 de Octubre de 2012



Nombre:

Renca, SA de CV, Proyecto 1

Resumen de Ahorros:

Concepto	Facturación Anual	Ahorros Estimados	
		Unitario	%
Consumo Anual (kWh)	14872	20,796	100
Importe Anual (\$) incluye IVA	\$50,751.00	\$82,266.33	100

Antecedentes:

RENCA SA de CV, representada por el Sr. René Canales Ríos, tiene interés en adquirir e instalar un sistema fotovoltaico en su empresa dedicada a la comercialización de prendas de vestir con horario normal de 9:00 a 19:00 horas de Lunes a Sábado, la empresa tiene más de 20 años ubicada en: calle Aldama No. 3004, la finalidad es disminuir su consumo de energía eléctrica, actualmente tiene un consumo anual de **14,168 kWh** y una facturación anual de **\$50,751.00** para lograr lo anterior, Ecotécnicas Constructivas, S.A. de C.V., propone instalar un sistema dish stirling con una capacidad de **10 kWp**, con una inversión de **\$468,060.00**.

Coordenadas del lugar:

Latitud 28.63N

Longitud -106.1 W



Fachada del local

Facturación Eléctrica Actual:

El Usuario tiene contratado el servicio con CFE, tarifa 02, con el número de servicio: 580 971 001 719. ANEXO 1.

Período	Consumo Energía kW	Importe C/IVA \$	Precio Medio \$/kWh
sep-11	1321	4495.50	3.4018
Oct-11	1322	4495.50	3.4018
Nov-11	1164	4050.50	3.4798
Dic-11	1164	4050.50	3.4798
Ene-12	1142	3935.00	3.4457
Feb-12	1142	3935.00	3.4457
Mar-12	1238	4175.00	3.3737
Abr-12	1237	4175.00	3.3737
May-12	1184	3976.50	3.3599
Jun-12	1183	3976.50	3.3599
Jul-12	1388	4743.00	3.4184
Ago-12	1387	4743.00	3.4184
Promedio	1239	4,229.25	3.4125
Total	14,872	50751.00	3.4125

Sistema Propuesto:

Se propone un sistema de motor Stirling (SDS) integrado por un concentrador Eurodish con dimensiones de 56.7m², un motor Stirling SOLO V161 de 10 KW/h, un inversor para interconexión integrado en el motor Stirling. ANEXO 2

La garantía del motor SOLO V161 es de 40,000 horas de trabajo al igual que la del concentrador, la estructura esta diseñada para durar hasta 25 años con mantenimiento mínimo, el sistema de tracking se garantiza por 10 años (con cambios de aceite cada 5,000 horas).

Generación del SDS:

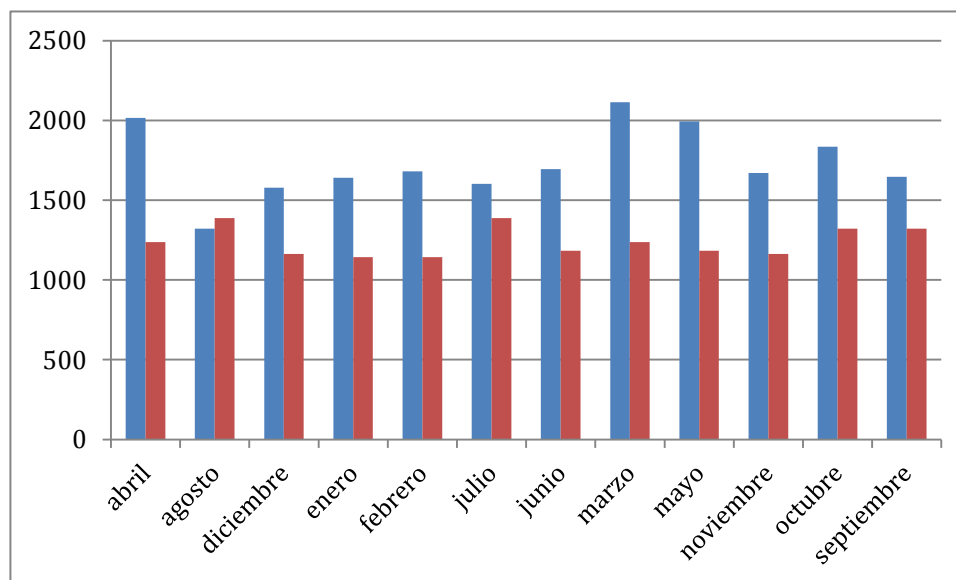
Se obtiene la irradiación solar de la ubicación del usuario, en base a las coordenadas de latitud y longitud.

ANEXO 3

En función a las horas de irradiación y a la capacidad del sistema propuesto se obtiene la generación mensual esperada con el SDS, así como la generación anual.

Mes	año	Hrs Irradiación	Potencia SDS	días mes	Gen SDS	Precio Medio	Ahorro	
junio	2012	5.95	9.5	30	1695.75	3.3599	\$5,697.55	
julio	2012	5.44	9.5	31	1602.08	3.4184	\$5,476.55	
agosto	2012	4.49	9.5	31	1322.31	3.4184	\$4,520.17	
septiembre	2011	5.78	9.5	30	1647.3	3.4018	\$5,603.79	
octubre	2011	6.23	9.5	31	1834.74	3.4018	\$6,241.40	
noviembre	2011	5.86	9.5	30	1670.1	3.4798	\$5,811.61	
diciembre	2011	5.36	9.5	31	1578.52	3.4798	\$5,492.93	
enero	2012	5.57	9.5	31	1640.37	3.4457	\$5,652.21	
febrero	2012	6.32	9.5	28	1681.12	3.4457	\$5,792.64	
marzo	2012	7.18	9.5	31	2114.51	3.3737	\$7,133.72	
abril	2012	7.07	9.5	30	2014.95	3.3737	\$6,797.84	
mayo	2012	6.77	9.5	31	1993.77	3.3599	\$6,698.85	
					Total	20,796	Subtotal	\$70,919.25
							Total c/IVA	\$82,266.33

En la siguiente grafica se aprecia el consumo mensual actual y la generación esperada con el SDS, siendo la aportación del SDS de aproximadamente un **134.47%** de la energía.



Fotografías del lugar



Vista del techo del local, los paneles se colocarán arriba del techo viendo hacia el sur.



Vista techo del local.

Inversión:

No.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1	Motor Stirling V161	1	\$ 349,193.00	\$ 349,193.00
2	Tracker SOLO	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
3	Estructura de soporte	1	\$ 28,500.00	\$ 28,500.00
			Subtotal	\$ 427,693.00
			IVA	\$ 68,430.92
			Total	\$ 496,124.20

Ahorros:

A continuación se compara el consumo actual contra la generación esperada del SDS, para obtener el consumo y la facturación esperada, obteniéndose los ahorros con el SDS.

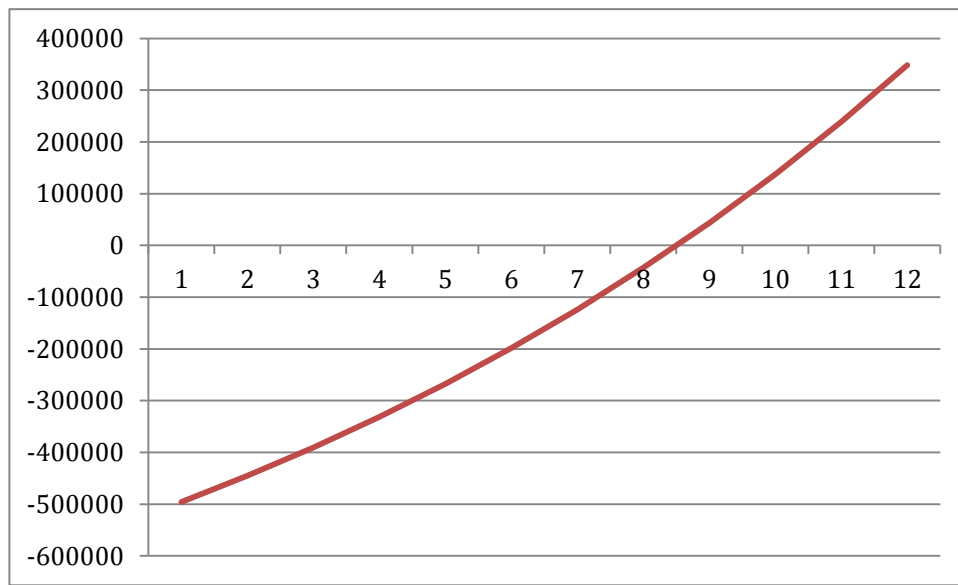
Concepto	Facturación Anual	Ahorros Estimados	
		Unitario	%
Consumo Anual (kWh)	14872	20,796	134.47
Importe Anual (\$) incluye IVA	\$50,751.00	\$82,266.33	134.47

Utilizando este criterio de incremento de tarifa, el retorno de inversión para el SDS es de 7 años.

A continuación presentamos el precio de la energía de acuerdo a la tarifa 02 que corresponde al consumo adicional a 100 kWh por mes en promedio por año a partir del 2002, estos datos se obtuvieron de la página web de CFE (www.cfe.gob.mx), obteniendo el precio promedio anual de cada año, el comportamiento ha sido variable, sin embargo el precio de los combustibles sigue subiendo y nada indica que vayan a disminuir, por lo que creemos que el incremento considerado es conservador.

	Precio Promedio	Incremento porcento	Incremento Promedio	Inflación	Índice	Incremento real
2002	1.34				1.34	
2003	1.56	17.08%	17.08%	4.53%	1.40	12.55%
2004	1.83	16.84%	16.96%	4.69%	1.46	12.15%
2005	2.00	9.34%	14.36%	3.99%	1.52	5.35%
2006	2.25	12.66%	13.93%	3.63%	1.58	9.03%
2007	2.33	3.32%	11.73%	3.97%	1.64	-0.65%
2008	2.51	8.04%	11.10%	5.12%	1.72	2.92%
2009	2.33	-7.36%	8.26%	5.30%	1.81	-12.66%
2010	2.55	9.61%	8.43%	4.10%	1.89	5.51%
2011	2.76	7.95%	8.37%	3.41%	1.95	4.54%
Promedio		8.37%		4.30%		4.07%

Año	Ahorro	Acumulado	Inversión	Saldo
0		\$0.00	\$496,124.20	(\$496,124.20)
1	\$50,751.00	\$50,751.00		(\$445,373.20)
2	\$54,811.08	\$105,562.08		(\$390,562.12)
3	\$59,195.97	\$164,758.05		(\$331,366.15)
4	\$63,931.64	\$228,689.69		(\$267,434.51)
5	\$69,046.18	\$297,735.87		(\$198,388.33)
6	\$74,569.87	\$372,305.73		(\$123,818.47)
7	\$80,535.46	\$452,841.19		(\$43,283.01)
8	\$86,978.30	\$539,819.49		\$43,695.29
9	\$93,936.56	\$633,756.05		\$137,631.85
10	\$101,451.48	\$735,207.53		\$239,083.33
11	\$109,567.60	\$844,775.13		\$348,650.93



Recomendaciones:



1. **Se recomienda lavar los espejos cada 2 meses y verificar que las conexiones estén en buen estado.**

Bibliografía:

Horas de irradiación:

http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=074119&lat=28.63&submit=Submit&hgt=100&veg=17&si telev=&email=rgallegos59@gmail.com&step=2&p=grid_id&p=ret_tlt0&lon=-106.1

ANEXO 1 RECIBO DE ENERGIA ELECTRICA

AVISO RECIBO									
 <small>Comisión Federal de Electricidad</small>			<small>Av. Paseo de la Reforma Num. 164 Col. Juárez, México, D.F. 06600 RFC: CFE370814-Q10</small>			Número de servicio: 580 001 104 051			
			Nombre y Domicilio RENCA SA DE CV ALDAMA 3106 OBRERA CHIHHUAHUA, CHIH.			Total a pagar: \$9,526.00 <small>(NUEVE MIL QUINIENTOS VEINTISEIS PESOS 00/100 M.N.)</small>			
			Ruta: 04DC01A012287520			Fecha límite de pago: 16 AGO 12			
Medición de consumos						Uso:	Tarifa	Hilos	
Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh	General < 25kW	02	2		
2A6R92	10144	07369	00001	2775	Facturación				
Periodo de consumo				Días	Promedio diario kWh	Concepto			
01 JUN 12 A 01 AGO 12				61	45.49	1er. Escalón	100.0000	2.213	221.30
						2do. Escalón	100.0000	2.675	267.50
						Excedente	2.575.0000	2.945	7.583.37
						Cargo fijo (2)	52.650	105.30	
						Suma	2.775.0000		8.177.47
Historial de consumo							Estado de cuenta		
Facturación	Feb	Abr	Jun	Ago	Oct	Dic	Energía		
2011	1650	1969	2174	2353	2643	2328	IVA 16%	1,308.39	
2012	2284	2475	2367	2775			Fac. del Periodo	9,485.86	
							DAP	40.00	
							Adeudo Anterior	7,993.76	
							Su Pago	-7,993.00	
							Total	\$9,526.62	
Avisos importantes							Usted puede pagar sin costo en los principales bancos y cadenas comerciales		
- De acuerdo a sus instrucciones, el importe de este aviso-recibo será cargado a tu cuenta bancaria. - Nos transformamos para servirte mejor. - Quejas por falta de Servicio y/o aclaraciones de su recibo llama al 071. - Aprovecha al máximo la luz del sol... ¡Y ahórrate una luz!									
Factura: CA				Folio: 000005681591				El Gobierno Federal trabaja contra la impunidad, con tu ayuda fortalecemos la lucha. Secretaría de la Función Pública quejas y denuncias al Teléfono: 018007119647	
No. aprobación: 64108				Año de aprobación: 2012					
No. certificado: 00001000000104150052									
Este documento es una representación impresa de un CFD									
<small>Cadena original [2;2]CA000006681591[2012-08-02T14:48:59.6410810]Ingreso[Pago en una sola exhibición]8177.47[9526]No Identificado[Calle Ojмага y 39. Colonia Obrera, Chihuahua, Chihuahua, México, CP. 31350]CFE370814Q10[Comisión Federal de Electricidad]Av. Paseo de la Reforma 164, Juárez, México, D.F. 06600 CFE, S. de C. V. México, S. de C. V. (S. de C. V.) DEL REGIMEN DE LAS PERSONAS MORALES, CON FINES NO LUCRATIVOS Y SIN OBJETO DE COMERCIALIZAR Y 39 Colonia Obrera, Chihuahua, Chihuahua, México, C.P. 31350 RLzgvGovAx8a1Oca1t8k8q5Q8ff3CF3pyM02xk8h0QpK6ZgKaMTHkLdyFA1RbU1NHJbmr9TDxmV9j3zvbIQxPgXMcFlaF88mPgERmCESPp5OPgarKnmHYuzC7JA enptGV0XyKxM1rYelTHt23v9RgOTJWcbwMpQX0=</small>									
580001104051 01 580001104051 000000 00000000 2						Total a pagar: \$9,526.00 <small>(NUEVE MIL QUINIENTOS VEINTISEIS PESOS 00/100 M.N.)</small>			
 Ruta: 04DC01A012287520						Clave de envío: 514 <small>Cobranza Electricidad</small>			

TALÓN DE CAJA

Promotion of Eco-building Technologies, small Polygeneration and Renewable Heating & Cooling Technologies for Buildings



ProEcoPolyNet Fact Sheet

"SOLO Stirling 161"

Promotion of Eco-building Technologies, small Polygeneration and Renewable Heating & Cooling Technologies for Buildings

RTD Project Identification

RTD Project Name: grant programme

Programme: German Federal Environmental foundation (grant for field test 1996/98)

Description of technology

Stirling engine with a 2 V-cylinder motor and helium as operating gas

Operating principle

The 90° V-2-cylinder engine is built of a compression- and an expansion-cylinder in which the working gas is moved in a closed thermodynamic cycle. Inside the compression-cylinder the gas is isothermally compressed at a low temperature level by cooling with water, then it is moved through the regenerator, where it is heated up to 650 °C, to the expansion-cylinder. During the isothermal expansion the gas is heated by the heater, afterwards the gas is moved back through the regenerator, where it is cooled down, to the compression cylinder. The heater consists of small tubes which are heated up to approx. 700 °C from the outside by a burner. The working gas cooler is a small heat exchanger cooled by water. The regenerator is a compressed metal fabric screen being a thermal storage during the cycle. Usually Helium is used as working gas due to the good thermal and aerodynamic properties. Due to the closed cycle with the heat transfer from the outside through the heater, the Stirling engine is independent from the heat source. If a burner is used, the flue gases are leaving the combustion chamber with a temperature of approx. 800 °C. To reach a good efficiency, the thermal energy has to be transferred to the combustion air by an air preheater, where the air is heated up to 600 °C. For this reason, burners for efficient Stirling engines differ by the pre-heating of air from normal heating combustors and are working on a much higher temperature level of 1200-2000 °C.

The piston rods are connected to the crankshaft by connecting rods, the dry-running pistons in

Technical characteristics of installation

External dimensions

- ▶ Length: 1280 mm
- ▶ Depth: 700 mm
- ▶ Height: 980 mm
- ▶ Weight: 460 kg

General performance data

- ▶ Maximum exit temp. outer circuit: 65 °C
- ▶ Performance temperature at heating inlet: 50 °C
- ▶ Electrical output capacity: 2-9,5 kW
- ▶ Thermal output capacity: 8-26 kW
- ▶ Electrical efficiency: 22-24,5 %
- ▶ Thermal efficiency: 65-75 %
- ▶ Total efficiency: 92- 96 %

Engine data

- ▶ Type: V 2- stirling engine
- ▶ Cylinder capacity: 100 ccm
- ▶ Operating gas: helium
- ▶ Max. medium operating pressure: 150 bar
- ▶ Nominal engine speed: 1500 rpm

Burner and combustion chamber

- ▶ Burner performance, min-max: 16-40 kW
- ▶ Fuel: natural gas, liquid gas (pellets in near future)

Fuel consumption and emissions

Fuel consumption: 1,2-3,8 Nm³/h (net calorific value)

NOx emissions: 80-120 mg/m³ (at 5% O₂)

CO emissions: 50 mg/m³ (at 5% O₂)

Capital investment and maintenance costs

- ▶ Capital investment Cost of unit: approx. 25.000 €
- ▶ Specific cost of unit (€/kWh): 12.500 - 2.632
- ▶ Maintenance

Service intervals: 4-6.000 operating hours

Location and use

- ▶ Private Buildings: yes
- ▶ Residential Buildings: yes
- ▶ Commercial Buildings
- ▶ Public Buildings: yes
- ▶ Others: suitable application for medium to large living areas, factories or semi-government facilities

State of Development/Market implementation

- ▶ Field tested: yes, CE certification
- ▶ Serial production: since 2004 (about 120 gas fired SOLO Stirling 161 were sold)
- ▶ Full market implementation: in next future (several demonstration projects are in operation, field tests are ongoing)
- ▶ Main problems: material problems/ precision of main components of the engine like con-rod

Operational data

- ▶ Average hours of operation (h/a): example Berlin-Kreuzberg, fire station 5.800 h (full load)- 7.800 h (partial load).

Benefits and obstacles


Fossil fuels such as oil or gas can be used as well as re-generative solar energy and biomass. Combustion residue cannot penetrate the interior of the engine with the clear advantages of low wear and long maintenance intervals. Operating costs are considerably lower than for gas driven Otto engines. The emission of harmful substances from Stirling burners compare with the latest data in modern gas burner technology and may be as low as 1/10th of the emission from gas driven Otto engines with catalysis.

Photo / function diagram




ANEXO 3

[SSE Homepage](#) [Find A Different Location](#) [Accuracy](#) [Methodology](#) [Parameters \(Units & Definition\)](#)



NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data



Latitude **28.63** / Longitude **-106.1** was chosen.

	Unit	Climate data location	
Latitude	°N	28.63	
Longitude	°E	-106.1	
Elevation	m	1728	
Heating design temperature	°C	-0.65	
Cooling design temperature	°C	27.78	
Earth temperature amplitude	°C	21.01	
Frost days at site	day	31	

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Daily solar radiation horizontal kWh/m ² /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days °C-d	Cooling degree-days °C-d
January	6.6	52.2%	4.03	82.9	4.1	7.3	334	8
February	8.7	44.6%	4.94	82.8	4.1	10.2	248	27
March	12.0	32.6%	6.35	82.7	4.2	14.7	181	82
April	16.1	28.5%	7.14	82.7	4.2	19.7	70	182
May	20.4	28.9%	7.44	82.8	4.0	24.5	8	315
June	22.9	41.7%	6.73	82.8	3.5	26.9	0	385
July	21.2	63.3%	6.02	83.0	3.2	23.7	0	353
August	20.1	69.1%	5.74	83.1	2.9	22.0	0	326
September	18.4	69.3%	5.50	83.0	3.2	20.1	13	267
October	15.1	62.7%	5.12	83.0	3.5	16.4	79	174
November	10.5	54.0%	4.36	83.0	4.1	11.4	206	61
December	6.8	54.8%	3.74	83.0	4.0	7.3	325	13
Annual	14.9	50.2%	5.59	82.9	3.8	17.0	1464	2193
Measured at (m)					10.0	0.0		

[Back to SSE Data Set Home Page](#)

*Responsible NASA Official: John M. Kusterer
 Site Administration/Help: NASA Langley ASDC User Services (lang-asdc-uds@lists.nasa.gov)
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)*

[SSE Homepage](#) [Find A Different Location](#) [Accuracy](#) [Methodology](#) [Parameters \(Units & Definition\)](#)

Latitude 28.63 / Longitude -106.1 was chosen.

Geometry Information

Elevation: **1728** meters
taken from the
NASA GEOS-4
model elevation

Northern boundary
29

Western boundary **-107** Center
Latitude **28.5** Eastern boundary
Longitude **-106.5** **-106**

Southern boundary
28

Parameters for Tilted Solar Panels:

**Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface
(kWh/m²/day)**

Lat 28.63 Lon - 106.1	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4.03	4.94	6.35	7.14	7.44	6.73	6.02	5.74	5.50	5.12	4.36	3.74	5.59
K	0.65	0.66	0.70	0.69	0.66	0.59	0.53	0.54	0.58	0.64	0.66	0.64	0.63
Diffuse	0.86	1.05	1.17	1.51	1.83	2.25	2.35	2.14	1.74	1.20	0.85	0.80	1.48
Direct	6.79	7.27	8.53	8.48	8.18	6.51	5.33	5.32	5.94	7.00	7.23	6.57	6.92
Tilt 0	3.94	4.90	6.28	6.99	7.41	6.70	5.99	5.71	5.42	5.08	4.24	3.67	5.53
Tilt 13	4.81	5.70	6.87	7.20	7.28	6.49	5.86	5.73	5.72	5.75	5.12	4.57	5.92
Tilt 28	5.57	6.32	7.18	7.07	6.77	5.95	5.44	5.49	5.78	6.23	5.86	5.36	6.08
Tilt 43	6.00	6.58	7.09	6.56	5.92	5.13	4.78	4.99	5.55	6.36	6.26	5.84	5.92
Tilt 90	5.06	5.00	4.40	3.02	2.22	1.98	2.01	2.35	3.17	4.55	5.14	5.09	3.66
OPT	6.09	6.58	7.20	7.20	7.41	6.70	5.99	5.75	5.79	6.36	6.33	5.97	6.45
OPT ANG	54.0	46.0	32.0	16.0	1.00	0.00	0.00	8.00	24.0	41.0	52.0	56.0	27.3

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.

Parameter Definition

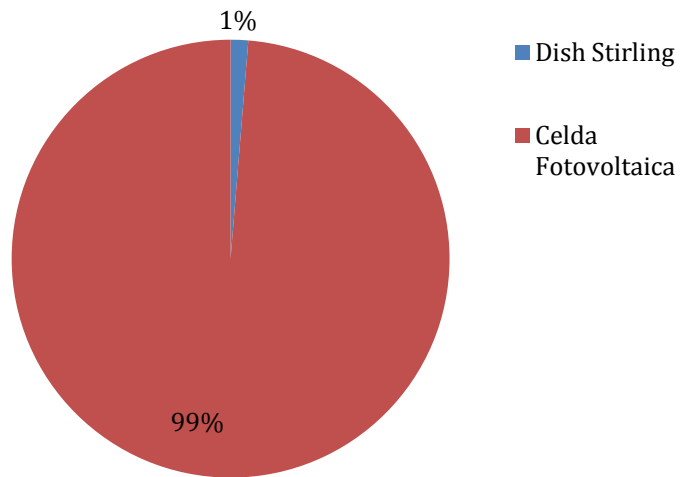
2.2 Comparativos entre Sistema Fotovoltaico y Sistemas Dish Stirling.

En esta sección se pretende efectuar la comparativa de los equipos, en función de la fabricación de cada uno de estos, dentro de la fabricación y los procesos de producción, esta implícita la quema de combustibles fósiles, por lo que es necesario determinar que porcentajes de contaminación generamos en la implementación de estas nuevas tecnologías con el fin de promover la tecnología idónea, buscando la emigración asía la tecnología mas adecuada y con menos emisiones de gases efectos invernadero.

2.2.1 Cuadro comparativo entre Celda fotovoltaica Y Dish Stirling.

Conceptos	SDS	SFV
Número de piezas para cumplir la Demanda	1	33
Área necesaria para el Proyecto (m ²)	56.7 m ²	52.8 m ²
KWp	10	7.59
Porcentaje de Ahorro	100%	100 %
Horas de Funcionamiento	6	6
Inversión Necesaria	\$496,124.20	\$331,954.88
Materia Prima	Aluminio	Silicio
Eficiencia del Equipo	21%	12%
Energía Utilizada para su Fabricación	Gas	Electricidad
Cantidad de Energía Utilizada	120 kg	65,732 KW/h
Gases de Efecto Invernadero Emitidos Durante su Fabricación (Kg)	340	65,534
Ahorro de CO ² por producción de los sistemas anual	14,782	14,782
Ahorro de Kw/h por producción de los sistemas anual	14,872	14,872
Años para eliminar huella ecológica de los sistemas	1	4.4*

Kg de CO²



3. Conclusiones

La instalación de módulos disco Stirling aislados tiene un impacto ambiental bastante reducido. Si lo comparamos con una instalación fotovoltaica, el sistema disco Stirling tiene la ventaja de estar compuesto por materiales mayoritariamente fáciles de reciclar, y poco contaminantes en situaciones de abandono. No ocurre lo mismo con las placas de silicio que componen los módulos fotovoltaicos, ya que son costosas de reciclar y altamente contaminantes en caso de abandono. En el caso de las grandes centrales compuestas por numerosos módulos disco Stirling, el impacto producido es pequeño si lo comparamos con las centrales térmicas de la actualidad, pero es considerable cuando se introduce en un medio virgen. Desde el punto de vista de las emisiones, una unidad de 10 kW es capaz de evitar la emisión anual de seis toneladas de CO₂ a la atmósfera. Esto supone la ventaja de disponer de los ingresos por venta de derechos de emisiones establecidas en el Protocolo de Kioto, a la vez que se evita la emisión de contaminantes como el ya mencionado dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, el monóxido de carbono, etc. Altamente contaminantes y perjudiciales para la salud. Con todo ello se concluye que los sistemas disco Stirling son una buena opción de futuro, especialmente en México debido a sus características climatológicas, ya que aseguran una manera limpia y eficaz de producción de energía eléctrica, a la vez que aseguran ser económicamente competitivos frente a otros tipos de producción.

4. Bibliografía

Fuentes:

- Thermal Model of the EuroDish Solar Stirling Engine -. Francisco J. García Granados, Manuel A. Silva Pérez y V. Ruiz-Hernández, Grupo de Termodinámica y Energías Renovables, Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla. 2008.
 - Solar dish engine -. Department of Energy of the U.S.A. Energía Solar Termoeléctrica -. Manuel Romero Álvarez, PSA-CIEMAT, 2002.
 - EuroDish – The next milestone to decrease the costs of Dish Stirling systems towards competitiveness -. Peter Heller, Plataforma Solar de Almería, Andreas Baumüller,
 - SOLO, and Wolfgang Schiel, SBP. 1999.
 - How Products Are Made, Deirdre S. Blanchfield, Volume 7, Gale Group, 2002
 - Van Wylen, Sonntag, R.E., Borgnakke, C. Fundamentals of Classical Thermodynamics. John Wiley & Sons Inc., New York, 1994.
 - Estudio Técnico-Económico de la Implementación de una Planta de Reciclaje de Aluminio en la Ciudad de Coatzacoalcos, VER, Universidad Veracruzana, Xochitl Lucia Hernandez Silva, 2009
 - Solar Engineering of thermal processes, Duffie J. A. and Beckman, Willie, N.Y. 1980
 - Solar thermal Power Now, Rainer Aringhoff, George Brakman, Dr. Michael Geyer, Sven Teske, Hamburg, 2005
-
- www.eere.energy.gov
 - www.anes.org
 - www.ecotec2000.com
 - www.sbp.de
 - www.reducetuhueall.org
 - www.solarpace.org
 - www.stirlingengin.de
 - <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/945/1/Xochitl%20Hernandez%20Silva.pdf>
 - <http://laenergiadelsolymedioambiente.blogspot.mx/2010/12/el-gas-lp-y-las-emisiones-de-co2.html>