

**Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO Y DISEÑO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO PARA LA EMPRESA DE CALZADO, UBICADA
EN EL CHARCO, URIANGATO, GUANAJUATO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

PRESENTA

OMAR GARCÍA RODRÍGUEZ

ASESOR DE TESIS

ING. VÍCTOR QUINTERO ROJAS

Morelia Michoacán mes de Octubre del 2011

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Alfredo y Guadalupe quienes me infundieron la ética y el rigor que guían mi transitar por la vida, por su apoyo y su confianza en la realización de mis sueños y metas, a mis hermanos y familiares por su comprensión y apoyo durante los años que estuve estudiando por enseñarme a ser una persona dedicada y trabajadora.

A mi esposa por su apoyo y su estímulo a seguir creciendo profesionalmente por confiar siempre

A mis maestros que compartieron sus conocimientos, y su entusiasmo por la electrónica, en especial a mí asesor de tesis el Ing. Víctor Quintero Rojas por su asesoramiento y estímulo para seguir creciendo intelectualmente.

A mis compañeros por ser parte de mi formación tanto social como profesionalmente por el tiempo que estudiamos juntos y formamos una gran amistad.

DEDICATORIA

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo Papá y Mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aun que hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.

A mis hermanos por su apoyo, a mi esposa y mi hijo que me motivan cada día para superarme más y salir adelante.

Los quiero con todo mi corazón y este trabajo que me llevó tiempo hacerlo es para ustedes, solamente les estoy devolviendo algo de lo que ustedes me dieron.

Resumen

El proyecto ésta basado en una de las fuentes alternas de energía, por lo que se da mención a una de ellas, la energía solar y su utilización para la conversión en energía eléctrica. Para lo cual dedicamos una parte a describir cómo es la conversión de la luz solar en energía eléctrica, una descripción del equipo que se ocupa para dicha conversión, cómo son los paneles solares que se encargan en captar los rayos solares, las baterías que nos sirven para almacenar energía eléctrica, los inversores que nos permiten realizar la conversión de DC en CA, entre otros, estos son algunos de los equipos a utilizar en la conversión de energía y de interés para nuestro estudio.

Se describe la instalación eléctrica con la que cuenta la empresa teniendo en cuenta los circuitos derivados que se van a alimentar para proveer los equipos de energía eléctrica y tener una mayor eficiencia.

Se realizan dos presupuestos, uno será para la carga total de la empresa y el otro se realizará para una carga parcial. Se seleccionarán los equipos con mayor consumo de energía que sería el proyecto que designaremos como carga parcial.

Realizando una vez los dos cálculos y comparado con las tarifas de CFE que se tienen hasta el momento se tomará una decisión de que proyecto nos conviene más y por que la selección de éste, uno de los impedimentos de estos sistemas son los costos puesto que la tecnología de este tipo en este momento su precio es un poco elevado y la inversión inicial muy grande por lo que se plantean dos proyectos.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	II
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	VII
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Objetivo.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Metodología.....	5
1.5 Descripción de los Capítulos Siguientes.....	6
 CAPÍTULO II CÁLCULO DE LA CARGA DE LA FÁBRICA.....	 8
2.1 Introducción.....	9
2.2 Cálculo de la Carga en la Fábrica.....	9
2.3 Circuitos Derivados	10
2.4. Cálculo para, Oficina, Diseño-Computo y Caseta de Control.....	11
2.5 Cálculo para el Departamento de Corte y Costura.....	11
2.6 Cálculos para el Departamento de Detallado y Baños.....	11
2.7. Cálculos para el Departamento de Pintura.....	12
2.8 Cálculos para el Departamento de Control de Calidad y Empacado.....	12
2.9. Cálculos para el Almacén	12
2.10 Carga Parcial	13
 CAPÍTULO III FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	 16
3.1 Introducción.....	17
3.2 Funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico.....	19
3.3 Generación de Portadores de Carga Mediante Foto Generación	23
3.4 Generación de Corriente en una Placa	24
3.5 Separación de los Portadores de Carga	25
3.5.1 La Unión p-n	26
3.6 Generaciones de Células Fotovoltaicas	29
3.7 Formulación para un Sistema Fotovoltaico.	30
3.7.1 Cálculo de la Eficiencia.....	30
3.7.2 Cálculo del Balance de Energía.....	31
3.7.3 Cálculo del Arreglo Solar	32
3.7.4 Cálculo de la Energía Consumida.....	32
3.7.5 Cálculo del Banco de Baterías	33

CAPÍTULO IV DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	34
4.1 Introducción.....	35
4.2 Recopilación de los Datos Locales.	35
4.3 Cálculos del Sistema Solar.	36
4.4 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para la Carga Parcial.	41
4.5 Cálculo para la Energía de Consumo Diario.	45
4.6 Cálculo del Banco de Baterías	47
4.7 Especificación del Inversor cd/ca.	50
4.8 Regulador de Carga.....	51
4.9 Cálculo de Costos de Mantenimiento, Reemplazo y de Instalación.	53
 CAPÍTULO V COTIZACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	 54
5.1 Cotización del Modelo de Generación Fotovoltaico	55
 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	 58
CONCLUSIONES.....	59
ANEXOS.....	61
APÉNDICE A.....	62
APÉNDICE B.....	63
APÉNDICE C.....	67
APÉNDICE D.....	74
APÉNDICE E.....	75
REGULADOR DE CARGA.....	77
APENDICE F.	79
BIBLIOGRAFIA	84

Índice de Figuras

FIGURA 1. 1 PLANO DE LOCALIZACIÓN	2
FIGURA 1. 2 MÁQUINA DE COSER.....	3
FIGURA 1. 3 HORNO PARA SECADO DE SUELA Y PLANTA Y ACTIVADO DE PEGAMENTO. EM-HCSAPS-270	3
FIGURA 1. 4 EMBARRADORA DE PEGAMENTO Y ACTIVADO DE PEGAMENTO	4
FIGURA 1. 5 CLAVADORA DE CLAVOS INVISIBLES	4
FIGURA 1. 6 SISTEMA FOTOVOLTAICO	6
 FIGURA 2. 1 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE FUERZA DE LA FÁBRICA DE CALZADO.	 13
FIGURA 2. 2 PLANO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	15

FIGURA 3. 1 CELDA SOLAR.	18
FIGURA 3. 2 ARREGLO DE VARIAS CELDAS SOLARES.....	18
FIGURA 3. 3 DISPOSICIÓN DE LA CÉLULA FOTOVOLTAICA.....	19
FIGURA 3. 4 ENLACES DE LOS ÁTOMOS EN FOTO CELDA DE SILICIO CON DOPAJE.	20
FIGURA 3. 5 PRINCIPIO DE LA CÉLULA FOTOVOLTAICA. CARGAS DENTRO DE LOS CÍRCULOS FIJAS, LAS OTRAS SE PUEDEN MOVER...	21
FIGURA 3. 6 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CELDA EN POLARIZACIÓN DIRECTA E INVERSA	27

Índice de Tablas

TABLA 4. 1 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES (MÓDULO DE 50 W.)	38
TABLA 4. 2 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES. (MÓDULO KYOCERA DE 65 W)	39
TABLA 4. 3 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES. (MÓDULO KYOCERA DE 85 W)	40
TABLA 4. 4 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES. (MÓDULO KYOCERA DE 130 W)	41
TABLA 4. 5 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES. (MÓDULO KYOCERA DE 50 W)	42
TABLA 4. 6 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES. (MÓDULO KYOCERA DE 65 W)	43
TABLA 4. 7 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES. (MÓDULO KYOCERA DE 85 W)	44
TABLA 4. 8 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES. (MÓDULO KYOCERA DE 130 W)	45
TABLA 4. 9 ENERGÍA DE CONSUMO.	46
TABLA 4. 10 ENERGÍA DE CONSUMO CARGA PARCIAL.....	46
TABLA 4. 11 TIPOS DE INVERSORES.....	50
TABLA 5.1 COSTO DE LA INVERSIÓN.	55
TABLA 5.2 COSTO DE LA INVERSIÓN (CARGA PARCIAL).	55
TABLA 5. 3 CONSUMO DE ENERGÍA EN KW-HR	56
TABLA 5. 4 TARIFAS CFE	56

Lista de Símbolos y Abreviaturas

K	kilo
M	mega
G	giga
<i>m</i>	metros
W	watts
Hz	hertz
€	euro
W-h	watt-hora
<i>t</i>	tiempo
Ω	ohms
\$	pesos
V	voltaje
H. P	caballo de fuerza potencia
I	Intensidad de la corriente expresada en amperes.

ω	Potencia eléctrica que alimenta el circuito en estudio expresada en watts.
F.D.	Factor de demanda.
En	Tensión eléctrica de fase a neutro expresada en volts.
$\cos \phi$	Factor de potencia de la instalación.
Å	ångström es una unidad de longitud para expresar longitudes de onda.
η	eficiencia de la celda solar.
$P_o(\text{eléctrica})$	potencia que alimenta la carga de ca.
$P_i(\text{energía luminosa})$	potencia de las celdas solares antes del proceso de conversión de cd a ca.
M	número de módulos solares.
E_{gM}	energía generada diariamente por cada módulo solar.
η_{sist}	eficiencia combinada de cada componente del sistema entre los módulos y los equipos alimentados.
E_c	energía consumida por todas las cargas alimentadas.
M	número de módulos solares requeridos
E_c	energía consumida diariamente por la carga (watts-hora/día)
Fs	factor de sobredimensionamiento del sistema. Típicamente es de 10 a 20%
Im	corriente del módulo solar a máxima insolación (1Kw/m^2) al voltaje de carga de batería incluyendo caídas en el cable
Vm	voltaje promedio de operación de módulo solar una vez conectado el banco de baterías.
Hp	insolación de la localidad en el mes de menor insolación, expresado como el equivalente de horas diarias de máxima insolación (horas-pico).
η_{inv}	eficiencia del inversor CD/CA para los equipos de CA.
η_{bat}	eficiencia de la carga de la batería.
p1	potencia de la carga expresada en watts
t1	tiempo de operación diaria de la carga expresada en horas.
E_c	Energía consumida dada en watts- hora
CB	Capacidad del banco de baterías (Amper- hora).
E_c	Energía consumida diariamente por los equipos alimentados (watts-horas).
Au	Autonomía deseada en el banco de baterías (días). Varía entre 4 días para lugares con buena insolación hasta 6 días para lugares con nublados prolongados.
VB	Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.
η_{inv}	eficiencia del inversor CD/CA para los equipos de CA.
Fu	Fracción de la capacidad total para dar autonomía.
Fi	Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor nominal.
p1	potencia de la carga expresada en watts
t1	tiempo de operación diaria de la carga expresada en horas.
E_c	Energía consumida dada en watts- hora

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades.

La comunidad de “El charco” municipio de Uriangato Gto., tiene una micro-empresa la cual se encarga de la fabricación de calzado escolar, en este proyecto participa, el Gobierno federal, Estatal y Municipal.

Esta micro-empresa tiene como trabajadores y empleados a los propios habitantes de la comunidad, además su objetivo es realizar un producto de calidad (calzado escolar) y abaratar los costos de producción, ya que con esto se generan recursos que mejoran su economía. Las utilidades del producto se distribuyen 50% para la compra de la materia prima y materiales para la elaboración del calzado, así como para el mantenimiento y servicio de las instalaciones y 50% es para el pago de los empleados administrativos y obreros.

Dicha empresa tiene una superficie de 20 x 50 mts², cuya localización se encuentra frente al camino de acceso al poblado de “El Charco”, como se muestra en el plano de localización de la figura 1.1.

Esta empresa cuenta con la siguiente maquinaria: máquina de coser figura 1.2, horno para secado de suela y planta figura 1.3, embarradora de pegamento y activado de pegamento figura 1.4 y clavadora de clavos invisibles figura 1.5.

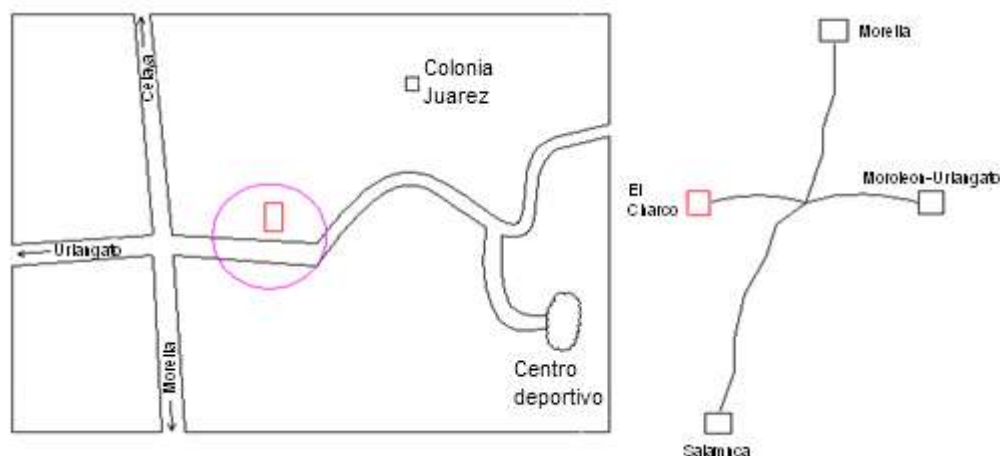


Figura 1. 1 Plano de localización



Figura 1. 2 Máquina de coser



Figura 1. 3 Horno para secado de suela y planta y activado de pegamento. EM-HCSAPS-270



Figura 1. 4 Embarradora de pegamento y activado de pegamento



Figura 1. 5 Clavadora de clavos invisibles

1.2 Objetivo.

Se realizará el estudio para la implementación de un sistema fotovoltaico que realizara el suministro de energía eléctrica en la fábrica así como; verificar si es viable el diseño y la construcción de un Sistema Fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica y ayudar a mejorar el medio ambiente así como la economía de la comunidad y de dicha empresa, abaratar los costos de producción y obtener mejores ganancias.

1.3 Justificación.

Los apoyos gubernamentales que tiene la comunidad de “El Charco” nos permiten el desarrollo de esta empresa de calzado y la implementación de un Sistema Fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica como fuente alterna para el suministro de energía.

Una vez que tenemos la instalación eléctrica necesaria para poder implementar dicho sistema se realizará el estudio para la implementación del sistema Fotovoltaico. Asegurándonos de que cumple con las normas vigentes tanto de Comisión Federal de

Electricidad, de La Cámara de la Industria y la Construcción, La Secretaría de Energías, así como la NOM-001-SEDE 1999¹, referente a las instalaciones eléctricas. Esto nos garantiza contar con las instalaciones eléctricas apropiadas para la instalación de dicho sistema, proporcionándonos seguridad y eficiencia tanto en el proceso de fabricación como en el ahorro de energía.

1.4 Metodología.

Se propondrán dos proyectos para la inversión uno lo denominaremos carga total y el otro será la carga parcial la cual seleccionaremos el equipo de mayor consumo de energía y el otro proyecto será la implementación en toda la fábrica.

Para poder realizar esta selección primeramente se hará mención del equipo con que cuenta para saber su consumo, posteriormente se calcularán las corrientes de consumo de cada circuito derivado y poder dimensionar el sistema fotovoltaico una vez que se tiene la dimensión, realizar un presupuesto de todos los componentes del sistema, checando características y precios para comparar el costo de la inversión y realizar una comparación entre el pago a CFE y el total de esta y poder saber en cuanto tiempo se recupera, y poder saber que tan viable sería el gasto en esta tecnología por el suministro de energía eléctrica.

A continuación se dará una breve descripción del funcionamiento del sistema en mención.

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica. El sistema consta de los siguientes elementos figura 1.6. La única limitación de este sistema es el costo del equipo y en algunas ocasiones es el tamaño de los paneles. Una de sus principales aplicaciones son: electrificación de viviendas, sistemas de bombeo, repetidores de radio y televisión, etc.

¹ http://www.salud.gob.mx/unidades/cenetec/cd_inter/normas/nom-001-sede-1999.pdf

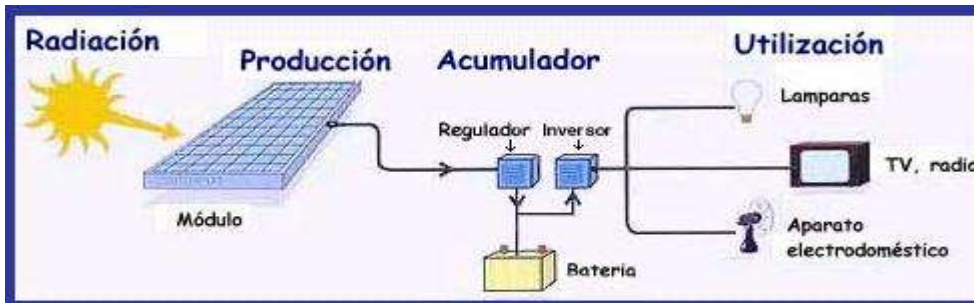


Figura 1. 6 Sistema Fotovoltaico

Los elementos que componen el sistema son:

- Paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente directa a baja tensión (12 ó 24 V).
- Un acumulador o batería, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.
- Un inversor transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 127 V ò 230 V, según sea la necesidad de consumo.

1.5 Descripción de los Capítulos Siguientes.

En el capítulo 1 se describe la introducción del proyecto de tesis, así como una descripción de la fábrica de calzado para la cual se implementará el sistema fotovoltaico y el equipo que tiene está misma.

En el capítulo 2 se describirá a detalle todo el equipo con que cuenta la fábrica de calzado, y que se tendrá que alimentar con el sistema fotovoltaico, como: máquina de coser, horno de secado de suela y planta, embarradora de pegamento, etc., así como su sistema de iluminación.

En el capítulo 3 se muestra y se diseña el cálculo de las dimensiones del sistema fotovoltaico, así como su instalación, control y capacidad de potencia, para la alimentación de la fábrica.

En el capítulo 4 se calcula y proyecta el sistema fotovoltaico a fin de proporcionar los niveles energía necesaria para la iluminación y la operación de la maquinaria encargada de la fabricación de calzado.

En el capítulo 5 se compara costo beneficio del sistema y el tiempo en que se recupera la inversión.

Posteriormente se concluye la tesis con la valoración de los costos y beneficios de este proyecto ya que esta tecnología es un poco cara en este momento, y es necesario ver si la inversión de dicho sistema tendrá los beneficios esperados, siendo el principal objetivo de este proyecto mejorar la economía de la empresa así como de la comunidad.

CAPÍTULO II

CÁLCULO DE LA CARGA DE LA FÁBRICA

2.1 Introducción.

Aunque este trabajo es para la implementación de un sistema fotovoltaico este capítulo lo dedicaremos para describir el consumo de energía del equipo con que cuenta la empresa tales como, máquina de coser, horno de secado de suela y planta, embarradora de pegamento, etc.

Es relativamente poca la utilización de esta tecnología, sobre todo en nuestro país, por este motivo se pretende impulsar la utilización de fuentes alternas de energía, en esta tesis se promueve la utilización de sistemas fotovoltaicos.

La implementación de los paneles fotovoltaico se realizará en la azotea teniendo una mejor ubicación para la captación de energía luminosa (rayos solares), al no tener obstáculos que impidan el paso de los rayos solares. Accesibilidad para su mantenimiento y facilidad para su distribución, las baterías inversor regulador de carga se instalara en la

2.2 Cálculo de la Carga en la Fábrica.

En base a la carga instalada en la fábrica se realizará posteriormente el diseño del sistema fotovoltaico, por lo que este sistema tendrá que alimentar las máquinas tales como:

10 máquinas de coser de $\frac{1}{4}$ de H. P. (1.865 Kw.)

2 hornos para secado de suela, planta y activado de pegamento de 4 Kw.

45 contactos de uso industrial de 250 W cada uno (11.25 Kw.)

50 lámparas fluorescentes de 75 W. cada una (3.75 Kw.)

3 lámparas de 220 V, 200 W (0.6 Kw.)

Lo cual nos da un total de carga de 21.465 Kw. Que es lo que nuestro sistema fotovoltaico alimentará para el funcionamiento de la fábrica.

2.3 Circuitos Derivados

Cuenta con seis circuitos derivados y caseta de control, que se enumeran a continuación.

Circuito 1.- Oficinas, diseño-cómputo y caseta de control.

Circuito 2.- Departamento de corte y departamento de costura.

Circuito 3.- Departamento de detallado, baños.

Circuito 4.- Departamento de pintado.

Circuito 5. Departamento de control de calidad.

Circuito 6.- Almacén.

Los cálculos para cada uno de los circuitos se presentan a continuación tomando en consideración las especificaciones que se manejan en la norma de instalaciones eléctricas referente a la selección del calibre tanto en base a la circulación de corriente como a la caída de tensión.

Para el cálculo de la corriente eléctrica utilizamos la fórmula 2.1.

$$I = \frac{\omega(F.D.)}{En \bullet \cos\phi} \quad 2.1$$

Donde;

I = Intensidad de la corriente que circula por el circuito en estudio expresada en amperes.

ω = Potencia eléctrica que alimenta el circuito en estudio expresada en watts.

F.D. = Factor de demanda, para nuestro caso se tomará del 60%.

En = Tensión eléctrica de fase a neutro expresada en volts.

$\cos \phi$ = Factor de potencia de la instalación, para nuestro caso se tomará de 90%.

Los cálculos realizados para obtener la carga de cada circuito se describen a continuación por lo que se calculará la corriente eléctrica utilizando la fórmula 2.1 mencionada anteriormente.

2.4. Cálculo para, Oficina, Diseño-Computo y Caseta de Control.

Este circuito cuenta con 10 contactos de 180 Watts cada uno, por lo que los cálculos son: aplicando la fórmula 2.1, tenemos:

$$I = \frac{\omega(F.D.)}{En \bullet \cos\phi} = \frac{10(180W)(0.6)}{127v(0.9)} = 9.44 \text{ Amp}$$

2.5 Cálculo para el Departamento de Corte y Costura.

Este departamento consta de 5 máquinas de corte y 5 máquinas de costura, así como de 10 contactos de 250 W cada uno, por lo que los cálculos aplicando la fórmula 2.1 son los siguientes:

$$I = \frac{10(0.25hp)(746) + 10(250w)(0.6)}{127v(0.9)} = 29.44 \text{ Amp.}$$

2.6 Cálculos para el Departamento de Detallado y Baños.

La carga de este circuito se compone de dos hornos para secado de suela y planta y activado de pegamento dichos hornos tienen las siguientes características: potencia eléctrica de 4 Kw, 220 volts, 3 ϕ y cuatro contactos para los baños de 180 Watts cada uno, por lo que los cálculos serán los siguientes y aplicando la fórmula 2.1:

Corriente en el departamento de detallado.

$$I = \frac{2(4000w)}{220v(1.73)(0.9)} = 23.32 \text{ Amp.}$$

Analizando la instalación de los baños, que cuenta con un circuito monofásico, aplicamos la fórmula 2.1.

$$I = \frac{4(180w)}{127v(0.9)} = 6.29Amp.$$

El total de la corriente es:

$$I = 23.32Amp + 6.29Amp = 29.61Amp$$

2.7. Cálculos para el Departamento de Pintura.

Este departamento cuenta con 6 contactos de 250 watts, calculando la corriente con la aplicación de la fórmula 2.1 tenemos:

$$I = \frac{(6)(250)}{(127)(0.9)} = 13.12Amp.$$

2.8 Cálculos para el Departamento de Control de Calidad y Empacado.

La carga con la que cuenta este departamento es de 6 contactos de 250 watts cada uno, por lo que el cálculo de la corriente y siguiendo el mismo procedimiento utilizando la fórmula 2.1:

$$I = \frac{(6)(250)}{(127)(0.9)} = 13.12Amp.$$

2.9. Cálculos para el Almacén

La carga con la que cuenta el almacén es de 5 contactos de 250 watts, de esta manera y siguiendo el mismo procedimiento tenemos:

$$I = \frac{(5)(250)}{(127)(0.9)} = 10.93 \text{ Amp}$$

El proyecto de la instalación eléctrica cuenta con el diagrama unifilar cómo se observa en la figura 2.1, el cual solo representa los circuitos de fuerza debido a que en este capítulo es de nuestro interés el cálculo de la carga.

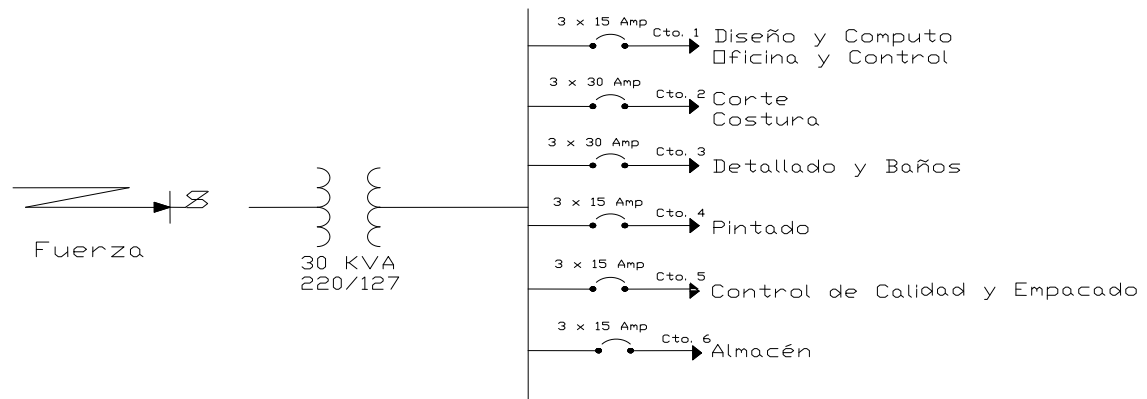


Figura 2. 1 Diagrama unifilar de la instalación eléctrica de fuerza de la fábrica de calzado.

La instalación eléctrica de la fábrica de calzado se presenta en el plano figura 2.2 que se muestra a continuación el cual muestra las áreas en estudio.

2.10 Carga Parcial

El estudio comprenderá un cálculo parcial de la carga más importante y con mayor utilización en la fábrica, además se realizará un estudio para verificar si es viable para la recuperación de la inversión, y si sus beneficios son mayores, puesto que al trabajar con la alimentación parcial de la empresa, se tendrá que continuar con el servicio de CFE, y el sistema fotovoltaico.

La carga parcial que se considerará en estudio se describe a continuación:

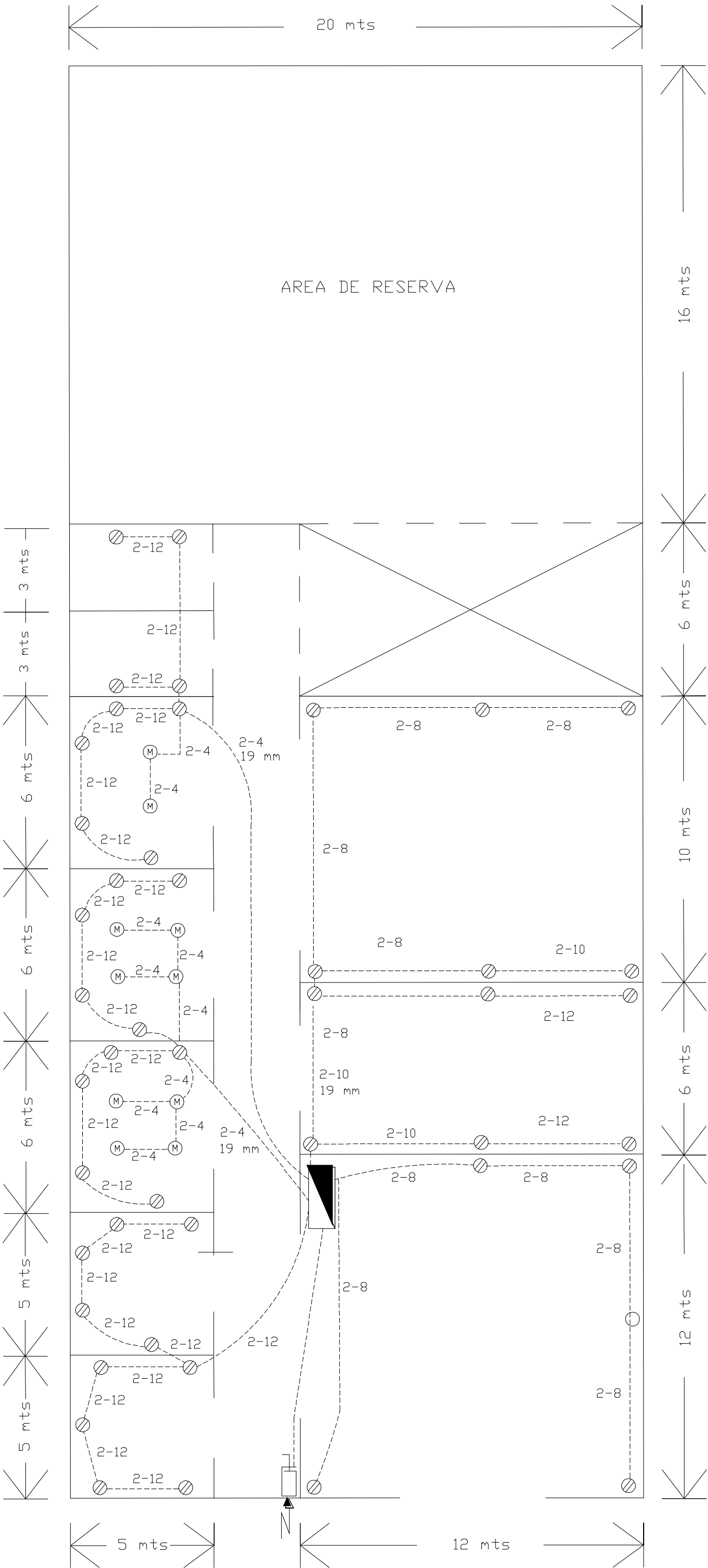
10 máquinas de coser de ¼ de H. P. (1.865 Kw.)

2 hornos para secado de suela, planta y activado de pegamento de 4 Kw.

La suma de estas dos cargas es de 9.865 Kw lo que se tendrá que alimentar con el sistema fotovoltaico si el estudio correspondiente demuestra que es más rentable la alimentación parcial de la fábrica y la inversión se recupera en menor tiempo se implementará para esta parte teniendo como proyecto a futuro la alimentación total de la fábrica y tener el ahorro de energía y una mayor ganancia, y poder abaratar los costos de producción.

Carga total	21.465Kw
Carga parcial	9.865 Kw

Tabla 2. 1 Valores de las cargas en estudio.



Nota: La tubería no especificada es de 13 mm

FIGURA 22 PLANO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

CAPÍTULO III

FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

3.1 Introducción

La energía solar tiene muchos usos, uno de los cuales es que puede convertirse en energía eléctrica de manera directa mediante la utilización de celdas fotovoltaicas (palabra compuesta por foto que significa luz y voltaico que significa producir una corriente eléctrica). Esta manera de aprovechar la energía solar tiene una atención superior a sus otras aplicaciones debido a que la celda fotovoltaica puede difundir la luz del sol sin necesidad de concentrarla en un espacio específico y, por lo tanto, puede utilizarse en zonas donde reciben niveles moderados de luz solar, esto hace que las aplicaciones no estén geográficamente limitadas.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887, pero su explicación teórica no fue realizada sino hasta 1905 por Albert Einstein, quien basó su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos realizado por Max Planck, más tarde Robert Andrews Millikan pasó diez años experimentando para demostrar que la teoría de Einstein no era correcta... y, sin embargo, concluyó: que sí lo era. Eso permitió que Einstein y Millikan compartiesen el premio Nobel en 1921 y 1923 respectivamente

Los Sistemas fotovoltaicos convierten directamente parte de la energía de la luz solar en electricidad. Las celdas fotovoltaicas se fabrican principalmente con silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, el mismo material semiconductor usado en las computadoras. Cuando el silicio se contamina con otros materiales de ciertas características, obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar. Los electrones son excitados por la luz y se mueven a través del silicio; éste es conocido como el efecto fotovoltaico y produce una corriente eléctrica directa. Las celdas fotovoltaicas no tienen partes móviles, son virtualmente libres de mantenimiento y tienen una vida útil de entre 20 y 30 años.

El componente básico de un sistema fotovoltaico es la celda solar o celda fotovoltaica, suele tener forma de una placa rectangular o circular figura. 3.1.

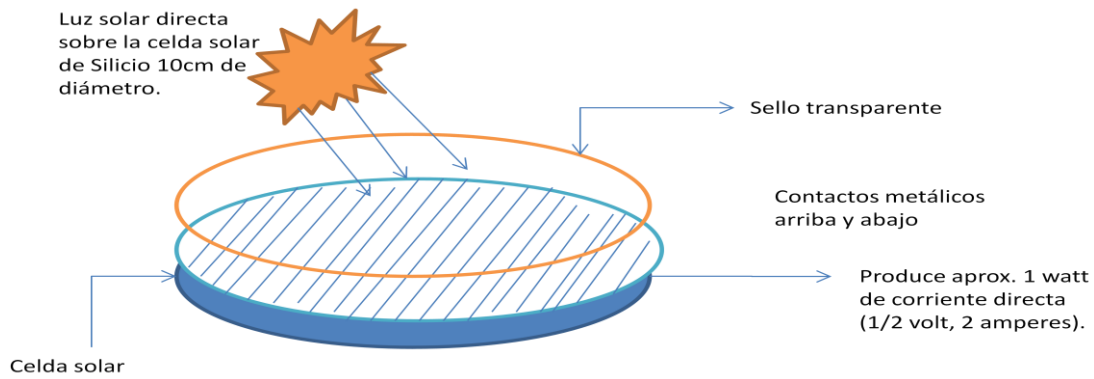


Figura 3. 1 Celda solar.

Esta celda puede formar parte de un arreglo para formar un módulo y éste a su vez forma parte de un conjunto figura. 3.2, para obtener la energía requerida por cada aplicación. Debe fabricarse de un material semiconductor, el más común es una clase de silicio (Si) que es muy abundante en la corteza terrestre (forma parte de más de un cuarto de la corteza terrestre).

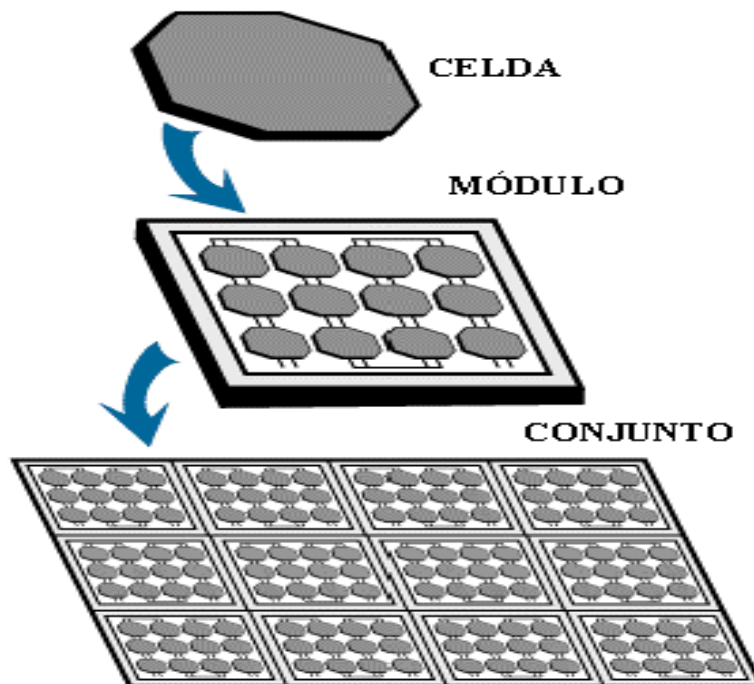


Figura 3. 2 Arreglo de varias celdas solares

3.2 Funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico

El funcionamiento de una celda fotovoltaica es muy simple. Cuando la luz del sol calienta la superficie de la celda, los electrones se separan de los átomos y generan un flujo de corriente eléctrica, es esta la razón por la cual se le deben poner los contactos en la parte superior e inferior permitiendo que la corriente fluya a través de un circuito externo para producir la energía eléctrica ver figura.3.3.

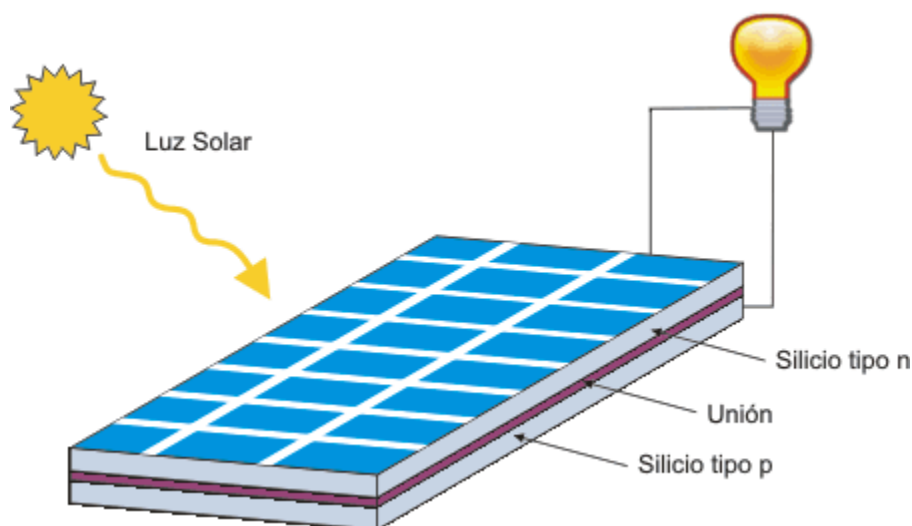


Figura 3. 3 Disposición de la célula fotovoltaica

Visto de manera más detallada las celdas fotovoltaicas o células de capa-barrera están compuestas de una unión “P-N” en un semiconductor entre una capa positiva (P) la cual contiene cargas positivas móviles también conocidas como “huecos” y una capa negativa (N) que contiene electrones móviles. Cuando el cristal recibe luz de suficiente energía, es decir, la longitud de onda del rayo solar es la adecuada por lo cual los fotones que chocan con el cristal semiconductor de la celda tienen suficiente energía, los electrones se liberan y fluyen a través de un conductor a otro donde se combinan con los huecos positivos. La capa-barrera en la unión P-N impide que los electrones y los huecos se combinen instantáneamente y obliga a que los electrones recorran el conductor, lo que produce energía eléctrica utilizable. Hay que señalar que el material no se consume y el proceso en la célula puede funcionar indefinidamente.

Este proceso lo podemos explicar tomando como ejemplo una celda de silicio (Si) que como ya mencionamos es el material típico utilizado.

El silicio tiene una valencia de 4; en un cristal puro, los átomos están dispuestos en una red cristalina rectangular y completamente uniforme. Su conductividad eléctrica es muy baja. Si se le introduce como impureza un elemento de valencia 5, como el arsénico, en el silicio fundido y se le deja enfriar lentamente, se formará un cristal uniforme, pero algunos de los átomos de silicio serán sustituidos en la red por átomos de arsénico.

Cuatro de los cinco electrones del arsénico se utilizan en la unión cristalina de la misma forma que sucede con los átomos de silicio, pero el quinto electrón quedará libre para moverse y actuar transportando energía eléctrica. De la misma forma cuando se introduce en la red cristalina un elemento de valencia 3, como el boro, éste toma un electrón extra, y el electrón deja un “hueco” positivo en los átomos del silicio que puede moverse libremente. Esto puede observarse en la figura 3.4. Nótese que aunque el silicio puro es un aislante eléctrico, una vez que se le añaden estas impurezas se convierte en un buen conductor eléctrico, llamado semiconductor.

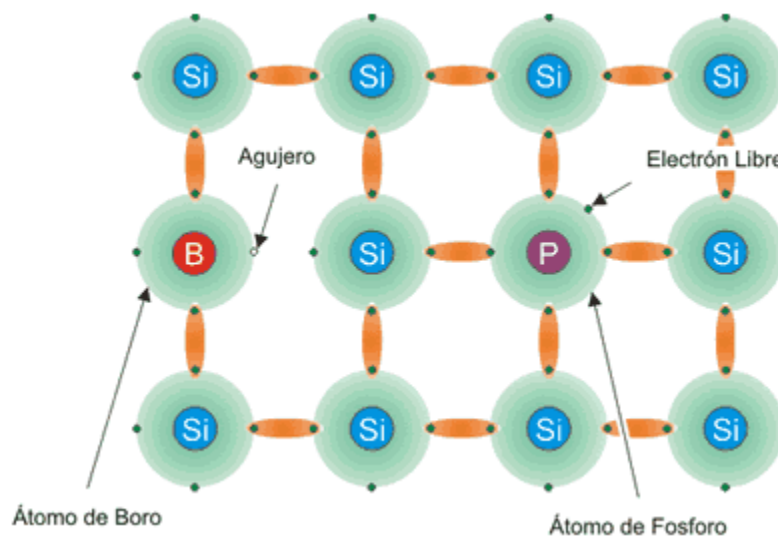


Figura 3. 4 Enlaces de los átomos en foto celda de Silicio con dopaje.

En la figura 3.5 se muestra la estructura eléctrica de la célula fotovoltaica donde una capa(N) negativa con cargas positivas fijas y electrones libres se encuentra en contacto con

una capa (P) positiva con electrones (cargas negativas) fijos y los huecos (cargas positivas) están libres. En el plano de contacto los electrones de la capa (N) encuentran a los huecos de la capa (P) y se combinan entre sí. Las cargas se neutralizan en la superficie de contacto manteniéndose junto a ella iones de arsénico con carga positiva en la capa (N) e iones de boro con carga negativa en el lado (P). Obsérvese que las dos capas originalmente eran eléctricamente neutras, pero ahora han formado una carga positiva en el lado (P) de la barrera y que impide la difusión de más huecos y una carga negativa en el lado (N) que impide la difusión de más electrones. Por esta razón se colocan en las partes (P) y (N) del cristal electrodos metálicos.

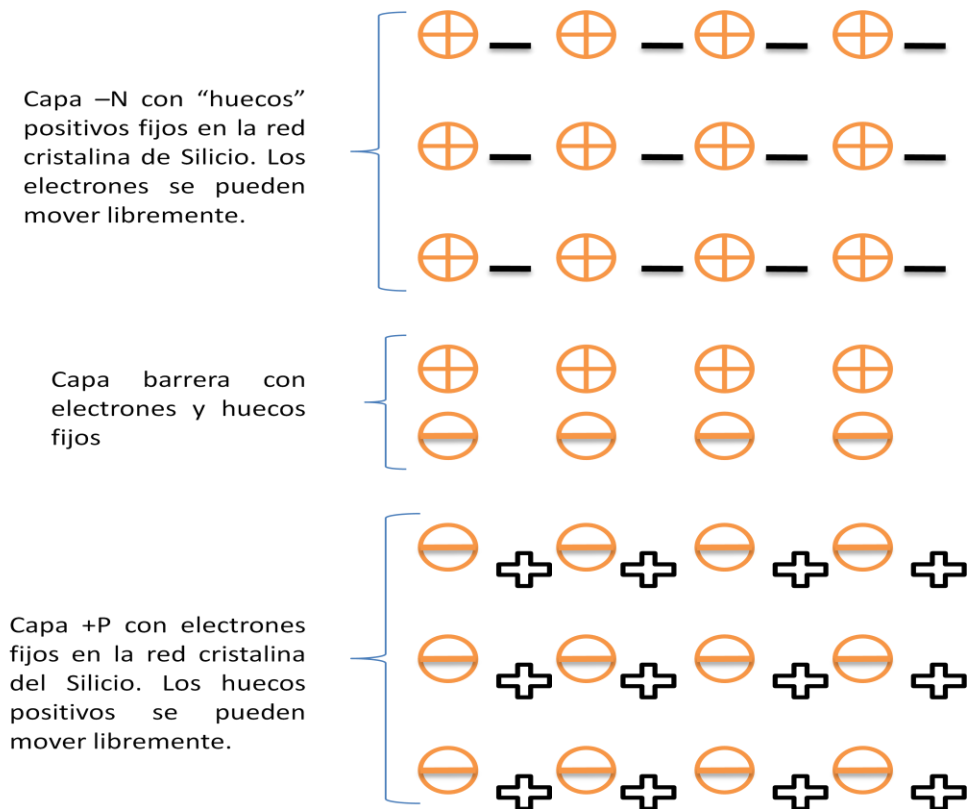


Figura 3. 5 Principio de la célula fotovoltaica. Cargas dentro de los círculos fijas, las otras se pueden mover

Los fotones tienen una energía característica determinada por la longitud de onda de la luz. Si un electrón absorbe energía de un fotón (en el caso del silicio luz visible e infrarroja corta) y tiene la energía necesaria para salir del material y su velocidad esté bien dirigida hacia la superficie, entonces el electrón puede ser extraído del material. Si la energía del

fotón es demasiado pequeña, el electrón es incapaz de escapar de la superficie del material. Los cambios en la intensidad de la luz no cambian la energía de sus fotones, tan sólo el número de electrones que pueden escapar de dicha superficie y por lo tanto la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la luz incidente, sino de la frecuencia de la radiación que le llega. Si el fotón es absorbido, parte de la energía se utiliza para liberarlo del átomo y el resto contribuye a dotar de energía cinética a la partícula libre.

En principio, todos los electrones son susceptibles de ser emitidos por efecto fotoeléctrico. Por ejemplo en un aislante (dieléctrico), los electrones más energéticos se encuentran en la banda de valencia. En un metal, los electrones más energéticos están en la banda de conducción. En un semiconductor de tipo “N”, son los electrones de la banda de conducción los más energéticos. En un semiconductor de tipo “P” también, pero hay muy pocos en la banda de conducción.

A temperatura ambiente, los electrones más energéticos se encuentran cerca del nivel de Fermi² (salvo en los semiconductores intrínsecos en los cuales no hay electrones cerca del nivel de Fermi). La energía que hay que dar a un electrón para llevarlo desde el nivel de Fermi hasta el exterior del material se llama función de trabajo, y la frecuencia mínima necesaria para que un electrón escape del metal recibe el nombre de frecuencia umbral. El valor de esa energía es muy variable y depende del material, estado cristalino y, sobre todo de las últimas capas atómicas que recubren la superficie del material. Los metales alcalinos (sodio, calcio, cesio, etc.) presentan las más bajas funciones de trabajo. Aún es necesario que las superficies estén limpias al nivel atómico.

² La Energía de Fermi es la energía del nivel más alto ocupado por un sistema cuántico a temperatura cero. Se denota por E_F .

3.3 Generación de Portadores de Carga Mediante Foto Generación

Cuando un fotón llega a una pieza de silicio, pueden ocurrir tres acontecimientos:

1. El fotón puede pasar a través del material de silicio sin producir ningún efecto, esto ocurre, generalmente para fotones de baja energía.
2. Los fotones pueden ser reflejados al llegar a la superficie del panel, y son expulsados del panel.
3. El fotón es absorbido por el silicio, en cuyo caso puede ocurrir:
 - Generar calor
 - Producir pares de electrones-huecos, si la energía del fotón incidente es más alta que la mínima necesaria para que los electrones liberados lleguen a la banda de conducción.

Cuando se absorbe un fotón, la energía de éste se comunica a un electrón de la red cristalina. Usualmente, este electrón está en la banda de valencia, y está fuertemente vinculado en enlaces covalentes que se forman entre los átomos colindantes. El conjunto total de los enlaces covalentes que forman la red cristalina da lugar a lo que se llama la banda de valencia. Los electrones pertenecientes a esa banda son incapaces de moverse más allá de los confines de la banda, a no ser que se les proporcione energía. La energía que el fotón le proporciona es capaz de excitarlo y promocionarlo a la banda de conducción, que está vacía y donde puede moverse con relativa libertad, es usando esa banda, que puede desplazarse a través del semiconductor.

El enlace covalente del cual formaba parte el electrón, tiene ahora un electrón menos. Esto se conoce como hueco. La presencia de un enlace covalente perdido permite a los electrones vecinos moverse hacia el interior de ese hueco, que producirá un nuevo hueco al desplazarse el electrón de al lado, y de esta manera, y por un efecto de traslaciones sucesivas, un hueco puede desplazarse a través de la red cristalina. Así pues, se puede

afirmar que los fotones absorbidos por el semiconductor crean pares móviles de electrones-huecos.

Cálculos realizados demuestran que sólo puede utilizarse un 45 por ciento de la luz solar para liberar electrones, teniendo en cuenta que las longitudes de onda más largas (arriba de los 11500 Å del infrarrojo) no pueden liberarlos pues su energía es demasiado pequeña y las longitudes de onda más cortas y energía superior liberan electrones pero con un rendimiento más pequeño debido a que tienen más energía por fotón de la que hace falta (un fotón libera únicamente un electrón independientemente del exceso de energía que tenga). Quizás solo la mitad de esta energía es recuperable como energía eléctrica; y existen pérdidas por reflexión en la superficie y por la recombinación de electrones y huecos, particularmente si se liberan muy por encima o por debajo de la unión “P-N”. Existe así mismo una cierta pérdida de corriente a lo largo de la barrera. Teniendo en cuenta esto, no es de extrañarse que a lo sumo se espere un rendimiento de alrededor del 14 por ciento.

3.4 Generación de Corriente en una Placa

Los módulos fotovoltaicos funcionan, por el efecto fotoeléctrico. Cada célula fotovoltaica está compuesta de, al menos, dos delgadas láminas de silicio. Como mencionamos en la sección 3.1 una de estas dos capas está dopada de elementos con menor cantidad de electrones de valencia que el silicio, la cual es denominada “P” y otra con elementos con mayor número de electrones que los átomos de silicio, denominada “N”. Ambas están separadas por un semiconductor.

Los fotones procedentes de la fuente luminosa, que presentan energía adecuada (dentro del rango de los 11500 Å), inciden sobre la superficie de la capa (P), estos interactúan con el material liberando electrones de los átomos de silicio los cuales, atraviesan la capa de semiconductor, por el movimiento electrón-hueco, pero no pueden volver debido a la capa-barrera que los obliga a recorrer el material. La capa (N) adquiere una diferencia de potencial respecto a la (P), se conectan unos conductores eléctricos (electrodos) a ambas

capas los cuales, a su vez, se unen a un dispositivo o elemento eléctrico consumidor de energía que usualmente y de forma genérica se denomina carga y se iniciará una corriente eléctrica continua.

Los paneles producen electricidad en corriente continua y aunque su efectividad depende tanto de su orientación hacia el sol como de su inclinación con respecto a la horizontal, se suelen montar las instalaciones de paneles con orientación e inclinación fija, por ahorros en mantenimiento, pues el sistema de seguimiento para obtener siempre la mejor orientación e inclinación al tener componentes electrónicos y partes mecánicas presentan desgastes y/o averías las cuales normalmente los usuarios no pueden resolver comprometiendo el funcionamiento de la instalación.

Tanto la inclinación como la orientación, al sur, se fija dependiendo de la latitud y tratando de optimizarla al máximo usando las recomendaciones de la norma ISO 50001 correspondiente. (Morelia).

3.5 Separación de los Portadores de Carga

Hay dos tipos principales para la separación de portadores de carga en una célula solar:

1. Movimiento de los portadores, impulsados por un campo electrostático establecido a través del dispositivo.
2. Difusión de los portadores de carga de zonas de alta concentración de portadores a zonas de baja concentración de portadores (siguiendo un gradiente de potencial eléctrico).

En las células de unión p-n, ampliamente usadas en la actualidad, el modo que predomina en la separación de portadores es por la presencia de un campo electrostático. No obstante, en células solares en las que no hay uniones p-n, el campo electrostático parece estar ausente. En este caso, el modo dominante de separación es mediante la vía de la difusión de los portadores de carga.

3.5.1 La Unión p-n

La célula solar más usual está fabricada en silicio y configurada como una gran área de unión p-n. Una simplificación de este tipo de placas puede considerarse como una capa de silicio de tipo (N) directamente en contacto con una capa de silicio de tipo (P). En la práctica, las uniones “P-N” de las células solares, no están hechas de la manera anterior, más bien, se elaboran por difusión de un tipo de dopante en una de las caras de una oblea de tipo (P), o viceversa.

Si la pieza de silicio de tipo (P) es ubicada en íntimo contacto con una pieza de silicio de tipo (N), tiene lugar la difusión de electrones de la región con altas concentraciones de electrones (la cara de tipo (N) de la unión) hacia la región de bajas concentraciones de electrones (cara tipo (P) de la unión).

Cuando los electrones se difunden a través de la unión “P-N”, se recombinan con los huecos de la cara de tipo (P), sin embargo, la difusión de los portadores no continúa indefinidamente. Esta separación de cargas, que la propia difusión crea, genera un campo eléctrico provocado por el desequilibrio de las cargas, parando inmediatamente el flujo posterior de más cargas a través de la unión.

El campo eléctrico establecido a través de la creación de la unión “P-N” crea un diodo que permite el flujo de corriente en un solo sentido a través de dicha unión. Los electrones pueden pasar del lado de tipo (N) hacia el interior del lado (P), y los huecos pueden pasar del lado de tipo (P) hacia el lado de tipo (N). Esta región donde los electrones se han difundido en la unión se llama región de agotamiento porque no contiene nada más que algunos portadores de carga móviles. Es también conocida como la región de espacio de cargas.

Desde el punto de vista eléctrico, las celdas fotovoltaicas pueden compararse con los diodos de silicio normales figura 3.6.

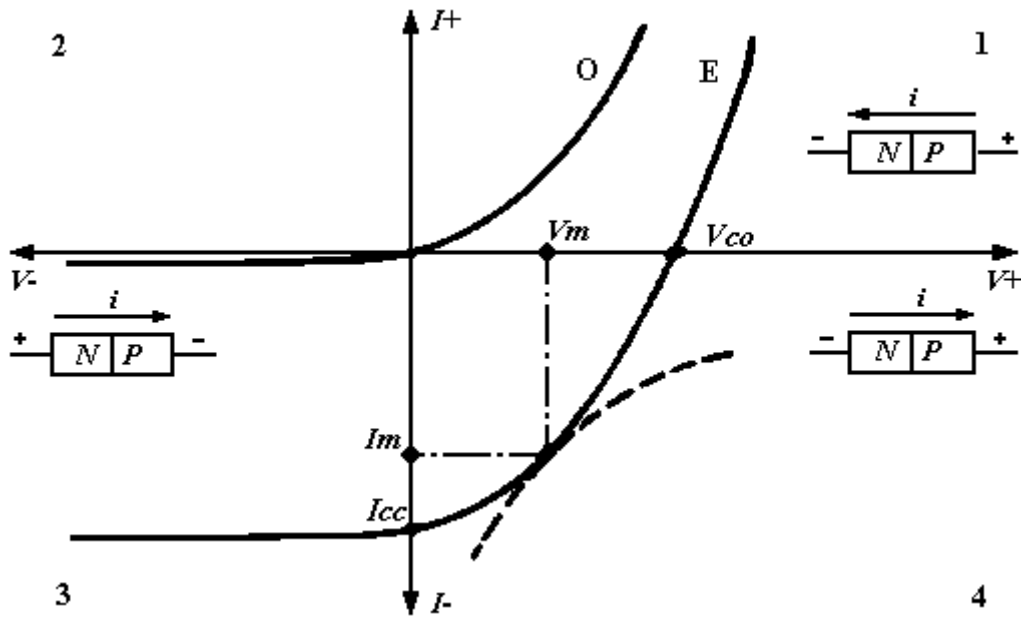


Figura 3. 6 Curvas características de una celda en polarización directa e inversa

Así la curva tensión-corriente trazada en la oscuridad (O) resulta igual a la de un diodo ordinario, mientras que la curva correspondiente a la incidencia sobre la celda de una determinada iluminación (E), resulta de la traslación de la curva anterior, proporcional a la energía luminosa recibida.

Analizando la curva (E) se ve, que en el primer cuadrante (1), correspondiente al diodo con polarización directa, la característica no sale del origen, pues a corriente nula la tensión en bornes no es cero (V_{co}).

En el tercer cuadrante (3), la curva (O) indica la corriente inversa de fuga en la oscuridad en función de la tensión inversa, mientras que la curva (E) da la variación de esa corriente con la iluminación. Aquí la celda funciona como fotodiodo.

Finalmente, en el cuarto cuadrante (4), la celda funciona como generador de energía, siendo la región de trabajo normal de las celdas fotovoltaicas. En estas condiciones, la potencia

que entrega pasa por un máximo (P_m) para determinados valores de tensión (V_m) y corriente (I_m), fijados en función de la resistencia óptima de carga ($R_m = V_m / I_m$).

En la práctica, las celdas fotovoltaicas trabajan con dificultad fuera del cuarto cuadrante (4), sobre todo, la tensión inversa que pueden soportar es pequeña, lo que obliga a la instalación de un diodo de protección en serie para prevenir daños.

En una celda determinada, el rendimiento energético es función del reparto espectral de los fotones, lo que equivale a decir que, con radiaciones de determinadas longitudes de onda (colores) proporciona más energía eléctrica que con otras.

Si una de las celdas conectadas en serie queda oscurecida, aunque sea parcialmente, de forma que sólo recibe una parte de la energía solar que llega a las que la rodean, sólo podrá generar una corriente limitada. Si la carga aplicada al panel solar es tal que demanda una corriente superior a dicha corriente limitada, la celda afectada funcionará en sentido inverso, lo que provoca su calentamiento y acarrea un riesgo de ruptura.

Para solucionar este inconveniente, se limita la tensión inversa máxima que puede producirse añadiendo diodos en paralelo, situados habitualmente en la caja de conexiones, para proteger a las celdas del sobrecalentamiento debido a sombras parciales en la superficie del panel.

Análogamente, si una de las celdas conectadas en paralelo queda oscurecida, aunque sea parcialmente, de forma que sólo recibe una parte de la energía solar que llega a las que la rodean, sólo podrá generar una tensión limitada, menor a las restantes en paralelo. Entonces la celda afectada funcionará como receptor si la tensión de funcionamiento se hace superior a la suya a circuito abierto; lo que también provoca su calentamiento y acarrea un riesgo de ruptura.

Para solucionar este inconveniente, se añaden diodos anti-retorno, situados habitualmente en la caja de conexiones, para proteger a las celdas del sobrecalentamiento debido a sombras parciales en la superficie del panel.

3.6 Generaciones de Células Fotovoltaicas

Existen cuatro generaciones de células fotovoltaicas

Barra de silicio policristalino.

La primera generación de células fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol. Estas células están fabricadas, usualmente, usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación (conocida también como células solares basadas en oblea) son, actualmente, (2007) la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de células solares terrestres.

La segunda generación de materiales fotovoltaicos se basan en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clases de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres.

La tercera generación de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad (2007) son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotogenerados. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que incluyen células fotoelectroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nanocristales y células solares de tintas sensibilizadas.

Una hipotética cuarta generación de células solares consistiría en una tecnología fotovoltaica compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, nanopartículas con polímeros para fabricar una capa simple multiespectral. Posteriormente, varias capas delgadas multiespectrales se podrían apilar para fabricar las células solares multiespectrales definitivas. Células que son más eficientes, y baratas. Basadas en esta idea, y la tecnología

multiunión, se han usado en las misiones de Marte que ha llevado a cabo la NASA. La primera capa es la que convierte los diferentes tipos de luz, la segunda es para la conversión de energía y la última es una capa para el espectro infrarrojo. De esta manera se convierte algo del calor en energía aprovechable.

3.7 Formulaciones para un Sistema Fotovoltaico.

3.7.1 Cálculo de la Eficiencia.

Como hemos mencionado la celda solar es capaz de convertir energía luminosa a energía eléctrica en forma de una diferencia de potencial o voltaje. Este voltaje inicialmente se incrementará hasta llegar a un punto de saturación donde aunque la intensidad luminosa aumente el voltaje tendrá poco o nulo incremento, además considerando que el voltaje de la celda es de (cd) y la carga es de (ca), el voltaje debe pasar por un proceso de conversión, es por esto que debe calcularse la eficiencia de la celda solar lo cual se realiza con la siguiente ecuación.

$$\eta = \frac{P_o(\text{eléctrica})}{P_i(\text{energía luminosa})} * 100\% \quad (3.1)$$

Donde:

η = eficiencia de la celda solar.

$P_o(\text{eléctrica})$ =potencia que alimenta la carga de ca.

$P_i(\text{energía luminosa})$ = potencia de las celdas solares antes del proceso de conversión de cd a ca.

O bien

$$\eta = \frac{P_{\max}(\text{dispositivo})}{(\text{área en cm}^2) * (100\text{mW/cm}^2)} * 100\% \quad (3.1)$$

Donde:

η = eficiencia de la celda solar.

$P_{\max}(\text{dispositivo})$ =potencia máxima entregada por la celda.

área = área de la celda expresada en cm^2

3.7.2 Cálculo del Balance de Energía.

El sistema debe diseñarse para que la energía generada en promedio diariamente en el mes más desfavorable sea igual a la energía requerida por los dispositivos conectados en funcionamiento de la siguiente manera:

$$Eg = Ec$$

$$M * E_{gM} * \eta_{sist} = Ec$$

Donde:

M = número de módulos solares.

E_{gM} = energía generada diariamente por cada módulo solar.

η_{sist} = eficiencia combinada de cada componente del sistema entre los módulos y los equipos alimentados.

E_c = energía consumida por todas las cargas alimentadas.

Entonces:

$$M = \frac{Ec}{E_{gM} * \eta_{sist}} \quad (3.2)$$

La eficiencia del sistema (η_{sist}) es el producto de cada uno de los componentes del mismo (baterías, control de carga, inversor y pérdida en el cableado).

3.7.3 Cálculo del Arreglo Solar

El cálculo del arreglo solar nos determina el número de módulos necesarios para garantizar que la energía generada sea la suficiente para cubrir la demanda de la energía a consumir.

$$M = \frac{Ec * Fs}{Im * Vm * \eta p * \eta_{bat} * \eta_{inv}} \quad (3.3)$$

Donde:

M = número de módulos solares requeridos

Ec = energía consumida diariamente por la carga (watts-hora/día)

Fs = factor de sobredimensionamiento del sistema. Típicamente es de 10 a 20%

Im= corriente del módulo solar a máxima insolación (1Kw/m²) al voltaje de carga de batería incluyendo caídas en el cable

Vm= voltaje promedio de operación de módulo solar una vez conectado el banco de baterías.

ηp = insolación de la localidad en el mes de menor insolación, expresado como el equivalente de horas diarias de máxima insolación (horas-pico).

η_{inv} = eficiencia del inversor CD/CA para los equipos de CA.

Valores típicos: 0.8 a 0.9.

η_{bat} = eficiencia de la carga de la batería. Típicamente 0.87 a 0.9.

3.7.4 Cálculo de la Energía Consumida

Esta energía se conforma por la suma de la energía consumida a lo largo de un día por cada una de las cargas conectadas al sistema.

$$Ec = p_1 * t_1 + p_2 * t_2 + \dots (watts-hora) \quad 3.4$$

Donde:

p_1 = potencia de la carga expresada en watts

t_1 = tiempo de operación diaria de la carga expresada en horas.

E_c = Energía consumida dada en watts- hora

3.7.5 Cálculo del Banco de Baterías

El banco de baterías se determina indicando el número de días que operará el equipo a cero insolación, es decir, directamente del banco. Este valor se conoce como autonomía (A_u)

$$C_B = \frac{A_u * E_c}{V_B * F_U * F_i * N_{inv}} \text{ (Amper-hora)} \quad (3.5)$$

Donde:

C_B : Capacidad del banco de baterías (Amper- hora).

E_c : Energía consumida diariamente por los equipos alimentados (watts-horas).

A_u : Autonomía deseada en el banco de baterías (días). Varía entre 4 días para lugares con buena insolación hasta 6 días para lugares con nublados prolongados.

V_B : Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.

η_{inv} : eficiencia del inversor CD/CA para los equipos de CA.

Valores típicos: 0.8 a 0.9.

F_u : Fracción de la capacidad total para dar autonomía.

Valores típicos 0.8 para baterías de placa gruesa

F_i : Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor nominal comercial.

Valores típicos en baterías de placa gruesa 1.35.

CAPÍTULO IV

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1 Introducción.

La radiación solar es cuando el sol ilumina la tierra en un momento y lugar determinado, se le llama INSOLACIÓN. La insolación puede describirse como densidad de potencia, y se expresa en watts por metro cuadrado (W / m^2) y, en la energía fotovoltaica, a menudo se presenta como valores del promedio diario por mes. Recibimos 1000 (W / m^2) cuando tenemos 100% de insolación. En promedio, sólo estamos en condiciones de recibir una máxima insolación entre un 80% y un 85%, a menos que nos encontremos por encima de 7.000 pies de altitud, donde cabe la posibilidad de recibir más de lo que se considera 100% de pleno sol (Pratt & Schaeffer 56).

Cuando se analiza un sitio para instalar un sistema fotovoltaico, es importante saber qué mes se experimentan las tasas más bajas de irradiación y cuál las más altas, o la media más alta y la más baja que recibirá el sitio particular en ese mes. Considerando la totalidad de los meses que estará utilizando sus paneles, lo mejor es conocer la insolación diaria, o la media de horas por día de pleno sol para el mes con las peores condiciones meteorológicas del año.

4.2 Recopilación de los Datos Locales.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se utilizó el método del mes peor, de validez general y ampliamente utilizado, como lo describe Ingeniería sin Fronteras (1999) y la metodología propuesta por el Centro de Estudios de la Energía Solar (CENSOLAR). Ver apéndice A tabla 1; Tomando en consideración que la ciudad más cercana que es Morelia para tomar el valor insolación en el mes peor.

4.3 Cálculos del Sistema Solar.

Dentro de los cálculos para decidir el número de paneles solares a utilizar así como el tipo de arreglo en su conexión (serie, paralelo o serie-paralelo), se hará referencia a las formulaciones que se describieron en el capítulo 3.

Para la energía de consumo E_c aplicaremos la fórmula 3.4

$$E_c = p_1 * t_1 + p_2 * t_2 + \dots (wats-hora) \quad (3.4)$$

Para la elección de los paneles fotovoltaicos se realizarán las operaciones siguientes, para obtener un mayor beneficio energético así como económico, se describen a continuación los modelos y características de interés para los cálculos del arreglo solar (apéndice B modelos y marcas del equipo).

Dentro de los paneles existentes en el mercado están los siguientes:

1. Módulo Fotovoltaico Kyocera de 50 W.

Este proporciona una corriente de 3.11 Amp. Y un voltaje de 17.4 volts (datos proporcionados por el fabricante) con un Precio de: (USD) \$290.00.

2. Módulo Fotovoltaico Kyocera de 65 W.

Este proporciona una corriente de 3.75 Amp. Y un voltaje de 17.4 V volts (datos proporcionados por el fabricante) con un Precio de: (USD) \$365.00.

3. Módulo fotovoltaico Kyocera de 85 W.

Este proporciona una corriente de 5.02 Amp. Y un voltaje de 17.3 volts (datos proporcionados por el fabricante) con un Precio de: (USD) \$462.00.

4. Módulo fotovoltaico Kyocera de 130 W.

Este proporciona una corriente de 7.39 Amp. Y un voltaje de 17.6 volts (datos proporcionados por el fabricante) con un Precio de: (USD) \$652.00

Para poder escoger el modelo del panel que satisfaga la carga eléctrica y además represente el menor costo, se realizarán los cálculos para determinar el número de paneles que se requerirían utilizando la fórmula 3.3 presentada en el capítulo 3 y el costo que esto representará es a fin de seleccionar el más adecuado.

Primeramente se realizará el cálculo para la carga completa en la fábrica y se desarrolla a continuación, posteriormente para la carga parcial de esta misma.

En las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 se muestran los valores para los diferentes valores de los módulos fotovoltaicos que se presentaron anteriormente.

Para el Módulo Fotovoltaico (1) Kyocera de 50 W, obtenemos los siguientes valores.

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 1 de 50 W para los datos de la tabla 4.1 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}} \quad M = \frac{21.465 \text{ Kw.} * 1.20}{3.11 * 17.4 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{25758}{139} = 185.3 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 185.

El costo sería.

$$185 \text{ paneles} * 290 \text{ US } C/U = 53,650 \text{ US}$$

Para la conversión de dólares a pesos utilizaremos el precio del dólar hasta el día de hoy \$12.35 (03/12/2010).

Que nos da un total de \$ 662,577.5

Variable	Valor	Observación
M	185	Cálculos anteriores
E_c	21.465 Kw.	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	3.11 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.4 volts	Valor proporcionado por el fabricante
h_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.9

Tabla 4. 1 Parámetros para el cálculo del número de paneles (módulo de 50 W.)

Para el Módulo Fotovoltaico (2) Kyocera de 65 W, obtenemos los siguientes valores.

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 2 de 65 W para los datos de la tabla 4.2 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}} \quad M = \frac{21465 * 1.20}{3.75 * 17.4 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{25758}{168} = 153.32 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 153.

El costo sería: 153 *paneles* * 365 US ^c/_u = 55,845 US

Lo que en pesos es \$ 689,685.75

Variable	Valor	Observación
M	153	Cálculos anteriores
E_c	21.465 Kw.	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	3.75 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.4 volts	Valor proporcionado por el fabricante
h_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.9

Tabla 4. 2 Parámetros para el cálculo del número de paneles. (Módulo Kyocera de 65 W)

Para el Módulo Fotovoltaico (3) Kyocera de 85 W, obtenemos los siguientes valores.

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 3 de 85 W para los datos de la tabla 4.3 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}} \quad M = \frac{21465 * 1.20}{5.02 * 17.3 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{25,758}{223} = 115.5 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 116. El costo sería:

$$116 \text{ paneles} * 462 \text{ US } ^c/_u = 53,592. \text{ US}$$

Esto en pesos es \$ 661,861.2 pesos

Variable	Valor	Observación
M	116	Cálculos anteriores
E_c	21.465 Kwatts	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	5.02 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.3 volts	Valor proporcionado por el fabricante
η_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.9

Tabla 4. 3 Parámetros para el cálculo del número de paneles. (Módulo Kyocera de 85 W)

Para el Módulo Fotovoltaico (4) Kyocera de 130 W, obtenemos los siguientes valores.

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 4 de 130 W para los datos de la tabla 4.4 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}} \quad M = \frac{21465 * 1.20}{7.39 * 17.6 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{25758}{335} = 76.88 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 77. El costo será:

$$77 \text{ paneles} * 652 \text{ US}^c/_u = 50,204 \text{ US}$$

Esto en pesos es \$ 620,019.4 pesos

Variable	Valor	Observación
M	77	Cálculos anteriores
E_c	21.465 K watts	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	7.39 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.6 volts	Valor proporcionado por el fabricante
η_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.9

Tabla 4. 4 Parámetros para el cálculo del número de paneles. (Módulo Kyocera de 130 W)

De los cálculos anteriores se observa que el Módulo fotovoltaico Kyocera de 130 W. es el más adecuado tanto eléctrica como económicamente por lo que se elegirá este modelo para el sistema fotovoltaico.

4.4 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para la Carga Parcial.

Ahora realizando los cálculos para la carga parcial en la fábrica.

En las tablas 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 se muestran los valores para los diferentes valores de los módulos fotovoltaicos que se presentaron anteriormente.

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 1 de 50 W para los datos de la tabla 4.5 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}} \quad M = \frac{9865 * 1.20}{3.11 * 17.4 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{11838}{139} = 85.16 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 85.

El costo sería: $85 \text{ paneles} * 290 \text{ US}^c/_u = 24,650 \text{ US}$

Esto en pesos es \$ 304,427.5 pesos.

1. Módulo Fotovoltaico Kyocera de 50 W.

Variable	Valor	Observación
M	85	Cálculos anteriores
E_c	9865 watts	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	3.11 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.4 volts	Valor proporcionado por el fabricante
h_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.99

Tabla 4. 5 Parámetros para el cálculo del número de paneles. (Módulo Kyocera de 50 W)

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 2 de 65 W para los datos de la tabla 4.6 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}} \quad M = \frac{9865 * 1.20}{3.75 * 17.4 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{11838}{168} = 70.46 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 70.

El costo sería: $70 \text{ paneles} * 365 \text{ US}^c/_u = 25,550 \text{ US}$

Esto en pesos es \$ 315,542.5

2.- Módulo Fotovoltaico Kyocera de 65 W.

Variable	Valor	Observación
M	70	Cálculos anteriores
E_c	9865 watts	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	3.75 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.4 volts	Valor proporcionado por el fabricante
h_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.9

Tabla 4. 6 Parámetros para el cálculo del número de paneles. (Módulo Kyocera de 65 W)

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 3 de 85 W para los datos de la tabla 4.7 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}}$$

$$M = \frac{9865 * 1.20}{5.02 * 17.3 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{11838}{224} = 52.8 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 53. El costo sería:

$$53 \text{ paneles} * 462 \text{ US}^c/_u = 24,486 \text{ US}$$

Esto en pesos es \$ 302,402.1 pesos.

3.- Módulo fotovoltaico Kyocera de 85 W.

Variable	Valor	Observación
M	53	Cálculos anteriores
E_c	9865 watts	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	5.02 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.3 volts	Valor proporcionado por el fabricante
η_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.9

Tabla 4. 7 Parámetros para el cálculo del número de paneles. (Módulo Kyocera de 85 W)

Aplicando la fórmula 3.3 tenemos que el número de paneles a utilizar para el módulo 4 de 130 W para los datos de la tabla 4.8 es:

$$M = E_c * \frac{F_s}{I_m V_m \eta_p \eta_{bat} \eta_{inv}}$$

$$M = \frac{9865 * 1.20}{7.39 * 17.6 * 3.7 * 0.87 * 0.8}$$

$$M = \frac{11838}{335} = 35.3 \text{ paneles}$$

Como no podemos tener fracciones de panel el número de paneles se redondea a 35. El costo sería:

$$35 \text{ paneles} * 652 \text{ US}^c/u = 22,820 \text{ US}$$

Esto en pesos es \$ 169,096.2 pesos.

4.- Módulo fotovoltaico Kyocera de 130 W.

Variable	Valor	Observación
M	35	Cálculos anteriores
E_c	9865 watts	Valor de la tabla 2.1
F_s	20 %	Valor típico del 10 ó 20%
I_m	7.39 amp.	Valor proporcionado por el fabricante
V_m	17.6 volts	Valor proporcionado por el fabricante
η_p	3.7 horas	Valor de insolación global en la ciudad de Morelia Tabla A-1
η_{inv}	0.8	Valores típicos de 0.8-0.9
η_{bat}	0.87	Valores típicos de 0.87-0.9

Tabla 4. 8 Parámetros para el cálculo del número de paneles. (Módulo Kyocera de 130 W)

De los cálculos anteriores se observa que el Módulo fotovoltaico Kyocera de 130 W. es el más adecuado tanto eléctrica como económicamente por lo que se eligió este modelo.

4.5 Cálculo para la Energía de Consumo Diario.

La energía consumida diariamente por los equipos alimentados se describe en forma detallada en la tabla 4.9 para la carga total de la empresa y en la tabla 4.10 se describe el consumo de la carga parcial en la fábrica.

Para contactos en instalaciones industriales, debe tomarse la carga de 2 por cada 4, teniendo presente que no se utilizan todos a la vez. Como tenemos un total de 45 contactos se tomarán en consideración un total de 23 contactos en uso.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	POTENCIA WATTS	HRS DE USO	CONSUMO WATTS-HORA
Máquinas de coser	10	186.5	8	14920
Hornos para secado	2	4000	4	32000
Contactos de uso industrial	23	250	8	46000
Lámparas fluorescentes	50	75	3	11,250
Lámparas de 220 v 200w	3	200	16	9600
			EC. TOTAL	113,770KW-HR

Tabla 4. 9 Energía de consumo.

La energía consumida diariamente por los equipos considerados en la carga parcial que se alimentarán se describe en forma detallada en la tabla 4.10.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	POTENCIA WATTS	HRS DE USO	CONSUMO WATTS- HORA
Máquinas de coser	10	1865	8	14920
Hornos para secado	2	4000	4	32000
			EC. TOTAL	46,920KW-HR

Tabla 4. 10 Energía de consumo carga parcial.

4.6 Cálculo del Banco de Baterías

El banco de baterías se determina indicando el número de días que operaría a cero insolación, es decir directamente del banco de baterías. Este valor se conoce como autonomía. Para lo cual, se propone una autonomía de 4 días que se considera cubre la posibilidad de nublado adecuadamente.

Para realizar el cálculo del módulo de baterías se utilizará la fórmula 3.5

$$C_B = \frac{A_U * E_C}{V_B * F_U * F_I * N_{inv}} \quad (3.5)$$

Tomando los valores siguientes tenemos:

$$A_U = 4 \text{ días}$$

$$E_C = 113,770 \text{ watts-hors}$$

$$V_B = 120 \text{ volts}$$

$$F_U = 0.8$$

$$F_I = 1.35$$

$$N_{inv} = 0.8$$

$$C_B = \frac{4 * 113,770 \text{ watts} - \text{hora}}{120 * 0.8 * 1.35 * 0.8} = 4389.25 \text{ Amp} - \text{hr}$$

Tomando los valores siguientes para la carga parcial tenemos:

$$A_U = 4 \text{ días}$$

$$E_C = 46,920 \text{ watts-hors}$$

$$V_B = 120 \text{ volts}$$

$$F_U = 0.8$$

$$F_I = 1.35$$

$$N_{inv} = 0.8$$

$$C_B = \frac{4 * 46,920 \text{ watts} - \text{hora}}{120 * 0.8 * 1.35 * 0.8} = 1,810.18 \text{ Amp} - \text{hr}$$

Teniendo el número de Amper-Hora se seleccionará la batería de mejor eficiencia y mejor precio para lo cual mencionaré algunos modelos existentes en el mercado.

- | | |
|---|------------|
| 1. Trojan L 16 6V/370AH | \$3,538.00 |
| 2. TROJAN 12V/215 AH @20HORAS | \$3,687.00 |
| 3. SURRETTE/ROLLS T12-136 , 12 V / 136 AH | \$3,689.00 |

Una vez que tenemos los modelos y características de las baterías realizamos los cálculos para ver qué modelo es el que nos da una mejor opción de carga, así como económica.

Para la batería 1 tenemos que:

$4389.25 \text{ Amp-hr} / 370 \text{ Amp-hr} = 11.86 \text{ baterías.}$

Con un voltaje de 6 V para lo cual ocupamos hacer un arreglo de 2 baterías en serie, con un arreglo de otras 12 en paralelo. Lo cual nos da un total de 24 baterías a \$3,538.00, un total de \$84,912 pesos.

Para la batería 2 tenemos que:

$4389.25 \text{ Amp-hr} / 215 \text{ Amp-hr} = 20.4 \text{ bat}$

Con un voltaje de 12 V para lo cual ocupamos hacer un arreglo de 1 baterías en serie con 20 baterías en paralelo. Lo cual nos da un total de 20 baterías cada una a \$3,687.00. Para un total de \$73,740

Para la batería 3 tenemos que:

$4389.25 \text{ Amp-hr} / 136 \text{ Amp-hr} = 32.27 \text{ bat}$

Con un voltaje de 12 V para lo cual ocupamos hacer un arreglo de una batería en serie con 32 en paralelo. Lo cual nos da un total de 32 baterías cada una a \$3,689.00. Para un total de \$118,048

Por lo que concluimos de las tres baterías la mejor opción es la número 2, modelo TROJAN 12V/215 AH @20HORAS ya que tiene mayor número de horas de uso y un costo mucho menor que las otras dos opciones.

Para el cálculo de las baterías, para la carga parcial tenemos los siguientes cálculos.

Para la batería 1 tenemos que:

$$1810.18 \text{ Amp-hr} / 370 \text{ Amp-hr} = 4.8 \text{ bat}$$

Con un voltaje de 6 V para lo cual ocupamos hacer un arreglo de 2 baterías en serie con otras 5 en paralelo. Lo cual nos da un total de 10 baterías a \$3,538.00, un total de \$35,380.00 pesos.

Para la batería 2 tenemos que:

$$1810.18 \text{ Amp-hr} / 215 \text{ Amp-hr} = 8.4 \text{ bat}$$

Con un voltaje de 12 V para lo cual ocupamos hacer un arreglo de 1 batería en serie con 8 arreglos en paralelo. Lo cual nos da un total de 8 baterías cada una a \$3,687.00. Para un total de \$29,496.

Para la batería 3 tenemos que:

$$1810.18 \text{ Amp-hr} / 136 \text{ amp-hr} = 13.31 \text{ bat}$$

Con un voltaje de 12 V para lo cual ocupamos hacer un arreglo de 1 batería en serie con 13 arreglos en paralelo. Lo cual nos da un total de 13 baterías, cada una a \$3,689.00. Para un total de \$47,957

Por lo que concluimos de las tres baterías la mejor opción es la número 2, modelo TROJAN 12V/215 AH @20HORAS ya que tiene mayor número de horas de uso y un costo mucho menor que las otras dos opciones.

4.7 Especificación del Inversor cd/ca.

- Como en nuestro caso alimentaremos equipos de CA. Entonces la potencia de nuestro inversor será la suma de la potencia demandada por todas las cargas, (para la carga total 21.465 Kw, y la parcial de 9.865 Kw) que puedan estar operando simultáneamente. Por lo tanto el inversor tendría que ser de una potencia mayor en watts pico y continuos 10000 watts como mínimo para la carga parcial y 22000 para la carga total en watts continuos.
- Deberá además, cuidarse que el inversor sea capaz de suministrar la corriente de arranque de cualquiera de ellas. En especial de los equipos que puedan demandar varias veces su corriente nominal, como el caso de las máquinas de coser y horno de secado.

Las especificaciones de los inversores son las que se muestran en la tabla 4.11.

Modelo PW 6000-12	Inversor Senoidal Solener ISC 7000
12 Volt entrada	48 Volt entrada
7000 watts continuos /12000 watts pico	7000watts continuos /12000 watts pico
Con un precio de \$17 ,600.00	Su precio es de \$55,725.0
PW6000-12 by PowerBright	8000 Watt / 16000 Watt Power Inverter
12 Volt entrada	12 volt DC entrada 110 volt AC
6000 watts continuos /12000 watts pico	8000watts continuos /16000 watts pico
Con un precio de\$7,397.65	\$9,867.65 pesos

Tabla 4. 11 Tipos de inversores

De los inversores anteriores realizaremos un arreglo para la carga total de la fábrica serán 3 inversores conectados en paralelo (**8000 Watt / 16000 Watt Power Inverter**) de 8000 watts que sumarán 24Kw continuos 48 Kw pico para alimentar el total de la fábrica por lo que sería un total de \$29,602.95

De los inversores anteriores concluimos que el inversor “**PW6000-12 by PowerBright**” es el que nos conviene tanto eléctrica como económicamente, realizando un arreglo de 2 inversores en paralelo cumpliendo así las características eléctricas necesarias para nuestra carga parcial cubriendo bien las necesidades, con un costo de \$7,397.65 pesos cada uno nos da un total \$ 14,795.30pesos.

4.8 Regulador de Carga

Es un dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas profundas así como a los paneles fotovoltaicos.

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula a intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.

Tienen dos funciones por cumplir, una de ellas es evitar que la batería se descargue sobre los paneles fotovoltaicos; y la otra, es evitar que las propias baterías se sobrecarguen o descarguen más de lo necesario

Sistema de regulación.

Igualación

Esta respuesta del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo en caso contrario.

Carga profunda

Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzado

dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación.

Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga.

Carga final y flotación

La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que denominamos “Banda de Flotación Dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximo y mínimo se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente.

Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la auto descarga de las baterías.

Parámetros importantes que determinan su operación

Intensidad Máxima de Carga o de generación: Máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.

Intensidad máxima de consumo: Máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.

Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico (I flotación).

De los reguladores que hay en el mercado se seleccionaron algunos modelos que cumplen con los requisitos para nuestro sistema de los cuales se hará mención a continuación, y sus características y ficha técnica se muestran en el apéndice E.

20A 12V /24V Regulador solar 12V / 24V 20A \$ 1188.3476

Regulador Steca Solarix PRS 15 A 12/24 V\$1310.67

REGULADOR DE CARGA DIGITAL 12 VOLTS/16 AMPERIOS \$ 1310.67

Regulador de Carga Panel Solar 24A 12V/24V \$ 1467.784043

De los cuales el que nos conviene tanto eléctrica como económicamente es el regulador de carga digital 12volts 16 Amperes con un precio de \$1310.67, el cual con este regulador de carga nos aumentara la vida útil de nuestro sistema al protegerlo en las sobrecargas y descargas de baterías.

4.9 Cálculo de Costos de Mantenimiento, Reemplazo y de Instalación.

Los costos de mantenimiento y operación son aquellos en los que se debe incurrir durante toda la vida útil de los equipos para conservar en buenas condiciones el sistema fotovoltaico. Normalmente, el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos no es más que la limpieza adecuada de los equipos, especialmente de los paneles fotovoltaicos, y el reemplazo oportuno del agua de las baterías; por lo tanto, los costos de mantenimiento son muy bajos y representan un 3-5 % del costo total del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Los costos de reemplazo son aquellos en los que se debe incurrir cuando las baterías llegan al fin de su vida útil. Generalmente, esto sucede después de 3 - 5 años de uso, pero depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida la batería. Estos costos representan 20 - 27 % de los costos totales del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Para los gastos de instalación se tomará un 50% del costo total de la inversión del sistema. Teniendo en cuenta mano de obra y material que se utiliza para su instalación como cable bases para los paneles y gavetas las baterías, inversores y regulador de carga.

CAPÍTULO V

COTIZACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

5.1 Cotización del Modelo de Generación Fotovoltaico

El costo de la inversión se desglosa como se muestra en la tabla 5.1 y 5.2., más costos de instalación, mantenimiento y de remplazo

Producto	Cantidad	Precio
Panel solar	77	\$620,019.4 pesos
Baterías	3	\$11,061 pesos
Inversor	3	\$29,602.95 pesos
Regulador de carga	1	\$ 1310.67 pesos
TOTAL		\$661,994.02 pesos

Tabla 5.1 Costo de la inversión.

Producto	Cantidad	Precio
Panel solar	35	\$281,827 pesos
Baterías	8	\$29,496 pesos
Inversor	2	\$ 14 795.3 pesos
Regulador de carga	1	\$ 1310.67 pesos
TOTAL		\$ 325428.97 pesos

Tabla 5.2 Costo de la inversión (carga parcial).

Una vez que tenemos el costo de la inversión total del sistema fotovoltaico realizaremos el cálculo de los gastos de remplazo que es un total del 27% del costo del sistema, el cual nos da un total de \$178,738.385 pesos para la carga total en el caso de la carga parcial será de \$87,865.82 pesos a lo largo de la vida útil del sistema el cual es un gasto que no se tendrá que hacer de inmediato si no a lo largo de la vida útil de este mismo, que es el calculo

estimado del cambio de baterías, los gastos de instalación se considera un 50 % del costo de la inversión.

Para el consumo de potencia (K WATTS –HR) en la fábrica se describe en la tabla 5.3.

CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA W	HRS DE USO	K WATTS-HR
10	Máquinas de coser	1,865	8	149.20
2	Hornos de secado	4,000	8	64.000
23	Contactos de uso industrial	5,750	8	46.00
50	Lámparas fluorescentes	3,750	4	750.00
3	Lámparas de 220 V	200	13	7.80
			Total	1017

Tabla 5. 3 Consumo de energía en KW-HR

Lo que nos da un total de 1017 KW- Hr. De consumo diario de acuerdo con las tarifas de CFE correspondiente al nivel de subtransmisión, su tarifa esta en media tensión, comprendida en los rangos de: 1 kV < **tensión** > 35 kV siendo la H-S en energía base, ya que no excede los consumos se toma un promedio en energía base con las tarifas del 2010. El valor promedio del KW-Hr es de \$0.826 ver tabla 5.4

Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.10	156.27	156.55	157.82	158.88	159.67	159.93	160.79	161.08	161.37	161.45	162.08	162.68
Energía Punta (\$/kWh)	1.4403	1.4003	1.5008	1.5208	1.5022	1.4325	1.4364	1.4594	1.4744	1.4704	1.4101	1.4272	1.3939
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9378	0.8896	1.0044	1.0220	0.9937	0.9059	0.9092	0.9317	0.9478	0.9418	0.8713	0.8877	0.8475
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532

Tabla 5. 4 Tarifas CFE

Para lo cual realizando los cálculos del consumo de KW-Hr, nos da un total de \$ 840.042 pesos diarios por lo que al mes es de \$25,201.26 pesos y al año es de \$302,415.12 pesos.

Como la inversión es de \$661,994.02 pesos más gastos de instalación nos da un total de \$1,171,729.41 pesos comparado con los gastos en el consumo de energía anual tenemos un resultado favorable ya que la inversión se recupera en 3 años y medio.

Para la carga parcial tenemos un costo de \$325,428.97 pesos más los costos de instalación que nos da un total de \$ 576,009.27 pesos si tomamos en cuenta que el pago anual a CFE será de \$239,017.96 pesos solamente del equipo que alimentaría nuestro sistema, y del pago que se realizaba a CFE lo que resta se tomara en cuenta para ver la inversión que se recupera en 9 año y medio teniendo en cuenta solamente la diferencia del pago que se realizaba a CFE este calculo se realizo solamente de la parte que se ahorra del pago de energía.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

CONCLUSIONES.

Como se describió anteriormente la inversión en fuentes alternas de energía es una opción para la alimentación de equipo eléctrico, en este caso la implementación de un sistema fotovoltaico es la opción a considerar por el tipo de zona, pues no se cuenta con un viento favorable para la implementación de un generador eólico u otras fuentes alternas, se sugirió un sistema fotovoltaico siendo la fuente alterna más favorable, por lo que se realizó el estudio teniendo en consideración que es una inversión grande en un principio pero que a la vez tiene una vida útil entre 20 y 30 años y su mantenimiento es poco al no contar con partes móviles, solamente checar las baterías que estén en buen estado que a los paneles no los tape nada, como por ejemplo alguna rama que impidan el paso de los rayos solares, limpiarles el polvo que se les acumule y pueda llegar a afectar la eficiencia del sistema con el paso del tiempo.

Al reflexionar que la inversión es grande en un principio, se sugirió una carga parcial para minimizar la inversión, se sugirieron los dos estudios para ver que tan favorable es cada una de las inversiones. Una vez realizados los cálculos para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y teniendo en consideración el consumo de energía en la fábrica, se selecciono el equipo de mayor consumo de energía para minimizar el pago a CFE y continuar nuestro proyecto designando este equipo de mayor consumo de energía como la carga parcial y toda la instalación como carga total.

Esta comparación que se realizó teniendo en cuenta, varias cosas: una de ellas fue su instalación eléctrica y consumo de energía, para la comparación se selecciono el equipo de mayor potencia para minimizar gastos en el pago de la energía eléctrica y la recuperación de la inversión sea en un menor tiempo.

Uno de los beneficios de este sistema es que aunque el día este nublado se sigue teniendo energía para la alimentación de la empresa. Algunos otros de sus beneficios es que es un sistema silencioso, limpio y respetuoso con el medio ambiente al no producir gases tipo invernadero, este tipo de sistemas nos ahorra lo que es el traslado de la energía puesto que

se puede producir en el punto donde se va a consumir en este caso en la azotea de la empresa sería su instalación y no ocuparíamos otro espacio.

Los paneles solares son muy versátiles, muy sencillos de operar, rápidos de instalar, se obtiene electricidad en cualquier parte del mundo, no necesitan infraestructuras y no se mueven ni cambian en ningún aspecto visible.

Resisten los cambios climatológicos, viento, granizo, cambios en la temperatura y humedad. Otra de sus ventajas es que los excedentes de energía se le pueden vender a CFE, se puede aumentar en un futuro si así se desea, el sol es una fuente de energía renovable.

Como se observo para el caso de la carga parcial la inversión se recupera en un tiempo mayor puesto que se continua pagando el servicio a CFE del suministro restante y con un gasto de mantenimiento aproximado de \$2,928.86 pesos anuales y teniendo como trabajos futuros la implementación total del sistema fotovoltaico para toda la empresa puesto que solamente se realizó el estudio para una parte de ésta con la carga más grande; los otros equipos serían lo que conectaríamos al sistema fotovoltaico una vez que se realice la implementación total de este sistema fotovoltaico.

En el caso de la carga total, esta se recupera en un tiempo menor, tres años y medio por lo que estaríamos hablando de un total de 26 años y medio de ganancia aproximadamente, que es la inversión recomendada como se había mencionado anteriormente su mantenimiento es casi nulo, se requiere solo de retirar el polvo de los paneles y checar que las baterías estén en buen estado; estaríamos hablando de un gasto de \$5,957.94 pesos anuales en gastos de reemplazo y mantenimiento general del sistema, pero como las baterías tienen una vida de 4 a 5 años este gasto no afecta tanto a las ganancias en la fabricación de calzado.

El ahorro conseguido permitiría abaratar los costos de producción y tener un producto de calidad a un menor precio de venta al público y a la vez un producto competitivo.

En un futuro y una vez recuperada la inversión y obtenidas las ganancias se podrá comprar equipo con menor consumo de energía y con mayor eficiencia, como consecuencia se ofertaría un mejor producto y con esto inclusive se logrará incrementar la producción de la empresa.

Anexos

APÉNDICE A

Tabla A-1. Insolación global media inclinación a la latitud en México en kWh/m2-Día

Estado Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Aguascalientes Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
Baja California Sur La Paz	4.4	5.5	6.0	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Baja California Mexicali	4.1	4.4	5.0	5.6	6.6	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Baja California San Javier	4.2	4.6	5.3	6.2	6.5	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5
Baja California Sur S. José del Cabo	5.0	5.6	5.8	5.9	6.9	6.1	5.8	6.2	5.8	5.8	5.2	4.4	4.5	6.3	5.7
Campeche Campeche	4.8	5.7	6.0	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5.0	4.3	4.4	6.0	5.2
Chiapas Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chiapas Juan Aldama	4.4	5.1	4.9	4.5	4.5	4.1	4.4	4.5	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	5.1	4.5
Chiapas San Cristóbal	4.0	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chiapas Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Chiapas Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chihuahua Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6.0	5.2	5.3	8.9	5.9
Chihuahua Guachochi	3.3	3.5	3.9	4.4	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.1	4.9	4.4	3.3	6.9	6.4
Chihuahua Cd. Juárez	6.0	7.2	7.3	7.3	6.9	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7
Coahuila Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6.0	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coahuila Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Colima Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6.0	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6.0	4.9
D.F. Tacubaya	5.4	6.0	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.3
Durango Durango	4.4	5.4	6.5	7.0	7.5	6.8	6.0	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Guanajuato Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6.0	6.0	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Guerrero Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5.0	4.7	4.7	6.1	5.3
Guerrero Aguas Blancas	5.8	5.9	6.0	5.8	5.8	5.4	5.6	5.8	5.5	5.6	5.5	5.5	5.4	6.0	5.7
Guerrero Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Hidalgo Pachuca	4.6	5.1	5.6	6.8	6.0	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Jalisco Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9
Jalisco Guadalajara	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4.0	4.0	7.7	5.6
Jalisco L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	5.8	5.6	5.5	5.0	4.7	4.0	4.0	7.2	5.5
Jalisco Puerto Vallarta	5.2	5.7	6.0	5.8	5.7	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6.0	5.5
México Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5.0	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Michoacán Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5.0	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Nayarit Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4.0	4.8	3.9	6.1	4.8
Nuevo León Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
Oaxaca Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6.0	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Oaxaca Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5.0	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5.0	6.6	5.8
Puebla Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Querétaro Querétaro	5.0	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9
QuintanaRoo Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5.0	4.5	4.4	4.0	3.7	3.7	5.7	4.7
QuintanaRoo Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7
San Luis Potosí Río Verde	3.6	4.0	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
San Luis Potosí San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6.0	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Sinaloa Culiacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9
Sinaloa Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4
Sinaloa Mazatlan	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5.0	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9
Sonora Ciudad Obregón	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6.0	5.2	5.3	7.2	6.5
Sonora Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6.0
Sonora Hermosillo	4.0	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6.0	4.7	3.9	3.9	8.6	6.0
Tamaulipas Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	5.4	4.6
Tamaulipas Tampico	3.3	4.1	4.7	6.4	5.0	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5
Tlaxcala Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4.0	4.0	5.6	5.1
Veracruz Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7
Veracruz Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5.0	4.4	3.7	3.3	3.0	3.0	5.0	4.0
Veracruz Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Yucatán Mérida	3.7	4.0	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5.0	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7
Yucatán Progreso	4.1	4.9	5.4	5.5	5.3	5.1	5.3	5.3	5.0	5.0	4.4	4.0	4.0	5.5	4.9
Yucatán Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.4	5.7	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	5.7	4.5
Zacatecas Zacatecas	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8

APÉNDICE B.

MODULOS FOTOVOLTAICOS

Módulos Fotovoltaicos

Módulo Fotovoltaico Kyocera de 65 W.



Módulo Fotovoltaico Kyocera de 65 W.

Módulo Kyocera de silicio policristalino de 65 W.

Voltaje de circuito abierto : 21.7 V.

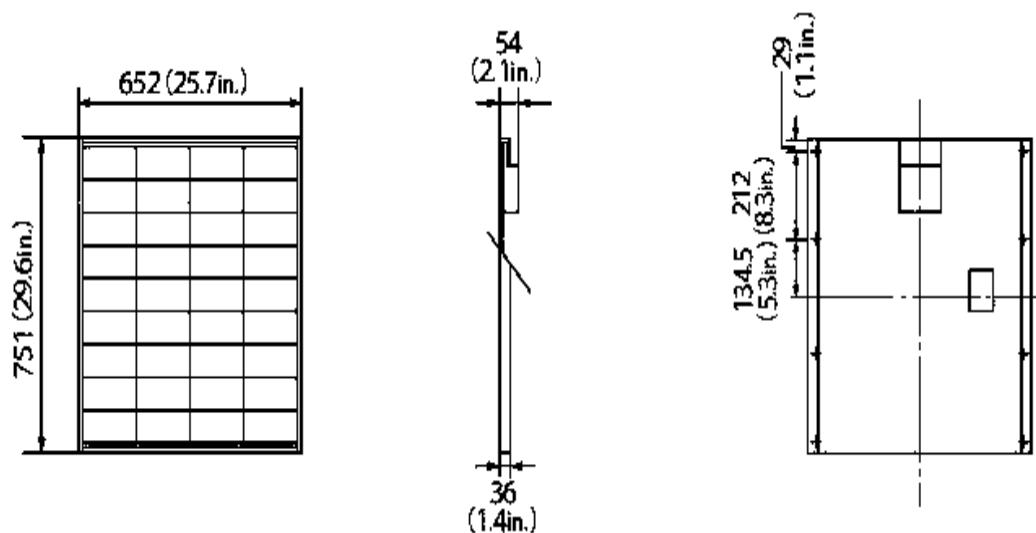
Voltaje de max. potencia : 17.4 V.

Corriente de cortocircuito : 3.99 A.

Corriente de max. potencia : 3.75 A.

Dimensiones :

Largo 751 mm., ancho 652 mm., espesor 54 mm., peso : 6.0 kg



Precio: (USD) \$365.00

Módulo fotovoltaico Kyocera de 85 W.



Módulo Kyocera de silicio policristalino de 85 W.

Voltaje de circuito abierto : 21.7 V.

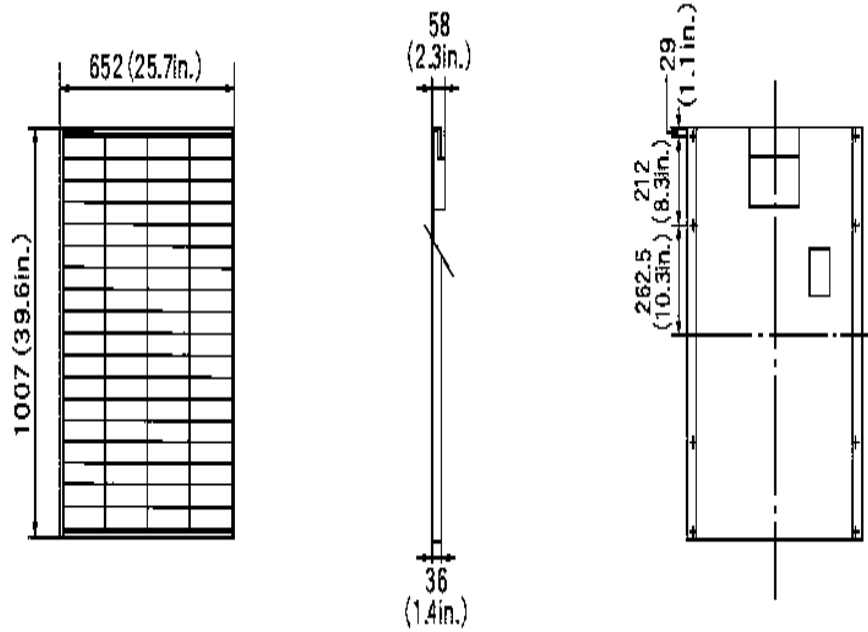
Voltaje de max. potencia : 17.4 V.

Corriente de cortocircuito : 5.34 A.

Corriente de max. potencia : 5.02 A.

Dimensiones :

Largo 1007 mm., ancho 652 mm., espesor 58 mm., peso : 8.3 kg.



Precio: (USD) \$462.00



Módulo Kyocera de silicio policristalino de 130 W.

Voltaje de circuito abierto : 21.9 V.

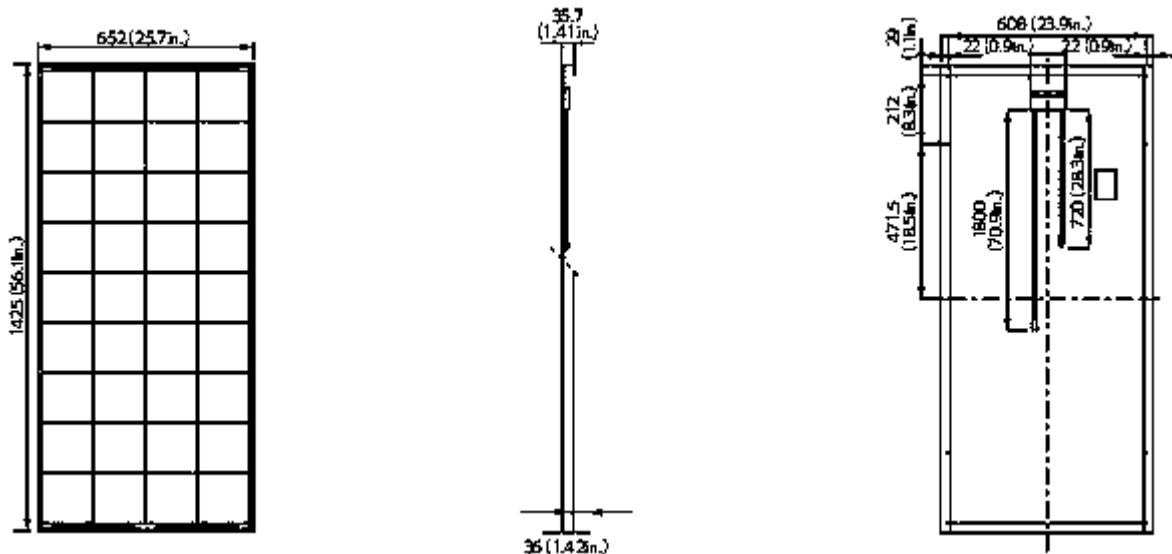
Voltaje de max. potencia : 17.6 V.

Corriente de cortocircuito : 8.02 A.

Corriente de max. potencia : 7.39 A.

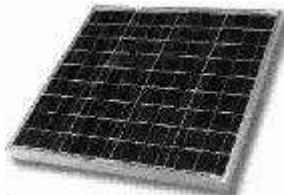
Dimensiones :

Largo 1425 mm., ancho 652 mm., espesor 58 mm., peso : 11.9 kg.



Precio: (USD) \$652.00

Módulo Fotovoltaico Kyocera de 50 W.



Módulo Kyocera de silicio policristalino de 50 W.

Voltaje de circuito abierto : 21.7 V.,

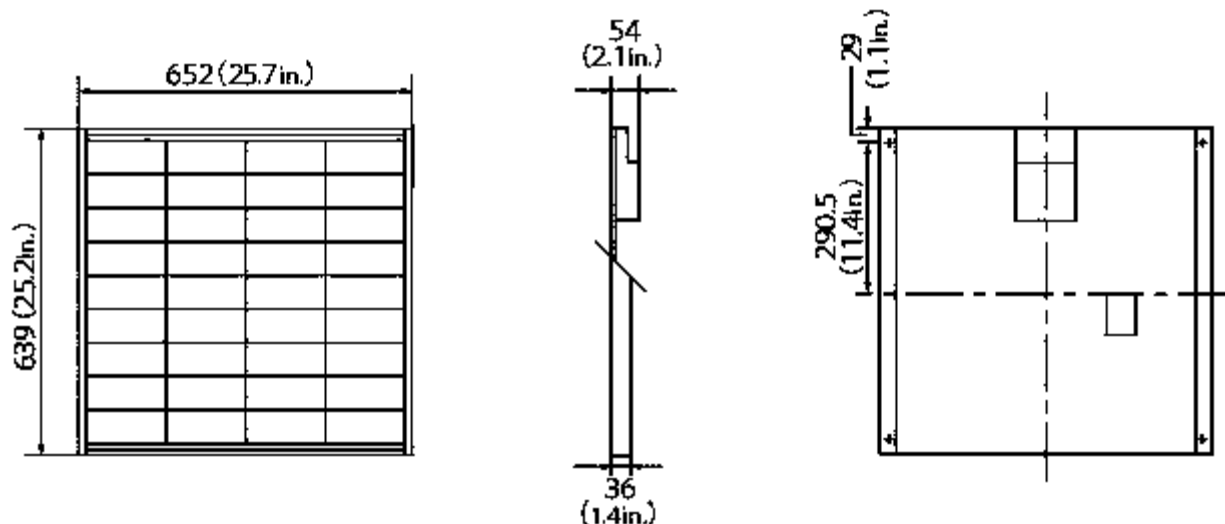
Voltaje de max. potencia : 17.4 V. ,

Corriente de cortocircuito : 3.31 A. ,

Corriente de max. potencia : 3.11 A. ,

Dimensiones :

Largo 639 mm., ancho 652 mm., espesor 54 mm., peso : 5.0 kg.



Precio: (USD) \$290.00

APÉNDICE C.

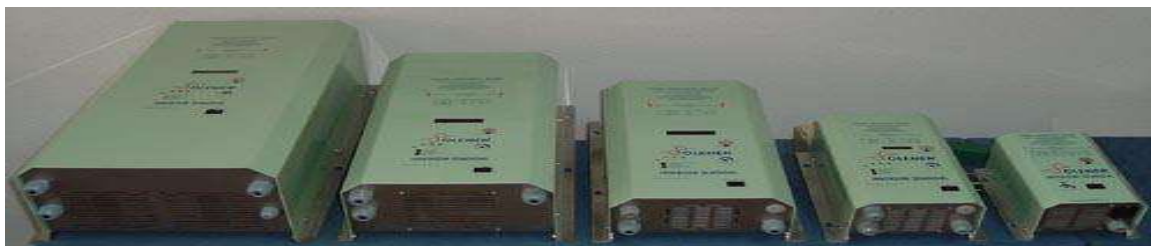
TIPOS DE INVERSORES

Inversor Senoidal Solener ISC 7000 48V

3300.00 €

\$ 55,725.95

IVA incluido en Inversor



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tipo de onda.....Senoidal pura

Voltaje nominal de salida.....230 Vca

Frecuencia nominal de salida.....50 Hz

Variaciones en la frecuencia de salida.....<0,1%

Variaciones en la tensión de salida.....<5%

Voltaje mínimo de entrada.....5/6 Vnom

Voltaje máximo de entrada.....4/3 Vnom

Rendimiento.....85-97%

Rendimiento con carga nominal.....>85%

Autoconsumo (en búsqueda).....<70 mA

Distorsión armónica.....<5%

Potencia nominal (W)	800	1000	1500	1800	2000	3600	4000	7000
Tensión nominal (V)	12	24/36	12	24/36/48	12	24	36/48	48
Sobrecarga 3'' (W)	1500	2000	2800	3300	3600	7000	7000	12000
Sobrecarga 50'' (W)	1200	1500	2250	2700	3000	5400	6000	10500
Sobrecarga 6' (W)	960	1200	1800	2160	2400	4320	4320	8400
Longitud (mm)	315	315	460	460	535	535	535	647
Altura (mm)	118	118	157	157	178	178	178	210
Anchura (mm)	192	192	255	255	285	285	285	344
Peso neto (kg)	9	12	20	22	24	36	36	68

PW6000-12 by PowerBright

6,000 / 12,000 Watt Power Inverter

Price: \$599.00

\$7,397.65



Electrical Specifications

Continuous power	6,000 watts
Surge capacity (peak)	12,000 watts
DC Input (nominal)	12 VDC
Output wave form	Modified sine wave
AC output frequency	60 Hz
AC output voltage	110 VAC
Optimum efficiency	90%
No load draw	< 0.6 A
Input voltage range	10.5 - 15.5 VDC
Over voltage shutdown	15.0 VDC
Low voltage alarm	Audible, 10.5 VDC
Under voltage shutdown	10.0 VDC

8000 Watt / 16000 Watt Power Inverter

by Wagan

Sale Price: \$799.00

\$9,867.65 pesos

**Convert 12 volt DC to 110 volt AC
up to 8000 watts continuous power**



**The Wagan 8000 connects directly to your 12 Volt DC battery to provide
powerful 110 Volt AC current whenever and wherever you need it.**



**Hardwire terminal block
4 AC outlets
Voltmeter and Ammeter**

Pre-wired for remote on/off switch

(remote switch not included - [click here to purchase](#))



High Speed Cooling Fans



[click here for information on cables, or to purchase different size cables](#)

(4 sets of 1/0 AWG cable required for this inverter)

The **WAGAN 8000** Power Inverter will run most AC powered electronic equipment, including TV/DVD combinations, Refrigerators, Microwaves, Stereo Systems, Computers, household appliances, Power Tools, Wet/Dry Vacuums, Pumps, Motors and more, including air conditioners.

- **8000 watts** continuous power
- **16000 watts** surge capacity (peak power)
- **AC Hardwire terminal block**
- Remote switch capability
- Four AC receptacles
- Voltmeter and Ammeter
- Powerful internal high-speed cooling fans
- High voltage protection
- Low voltage protection
- Overload protection
- Low battery alarm
- Low battery shutdown



Power Bright® 6000W / 12000W Power Inverter

by [PowerBright](#)

[Be the first to review this item](#) |

List Price: \$700.00

Price: **\$649.97**

\$8,027.129 pesos

Product Description

Power Bright Power Inverter for AC "juice" anywhere! Here's a huge range of Inverters to turn DC battery power into plug-in AC, so you're electrified, for outdoor work, entertainment, whatever. For job sites, campsites and beyond. Standard / peak wattage outputs indicated. They feature modified sine wave function for smooth power that "babies" electronics, and: Durable anodized aluminum case; Built-in cooling fan; External replaceable spade-type fuse; Overload indicator; 3-prong outlets. Power on / off switch.; Check out the specs and choose yours, for "wired" convenience anywhere! Four 120V AC outlets. Digital LED voltage / wattage display. Cordless remote control. Approx. 26 x 9 x 6"h. 27 lbs., 8 ozs. Power Bright 6,000W / 12,000W Power Inverter

- Anodized aluminum case provides durability & max heat dissipation
- Digital LED Display (Input DC Voltage or Output Wattage)
- Built-in Cooling Fan
- Overload Indicator
- FOUR - 3 Prong 120 Volt AC outlet
- Provides 50 Amps
- Cordless Remote Control (optional)



Precio Público Neto:
\$17,600.00
Incluye Envío a cualquier ciudad
de la Rep. Mexicana

PW6000-12

Continued Power	6000W
Peak Load Power Rate	< 12000W
Input DC Voltage Range	10-15.5V
No Load Current Draw	<0.6A
Output Frequency Range	60 +/- 3Hz
Output Voltage Range	117 +/- 10%
Max Power Efficiency	> 90%
Max Outer Temperature	< 65 C
Low Voltage Alarm Level	11 +/- 0.5V
High Voltage Cut Off Level	15.5 +/- 1V
Short Protect	Yes
Low Voltage Cut Off Level	10 +/- 0.5V
Dimension (LxWxH) in	26 x 8.9 x 6.1
Overload Protect	Yes
Input Voltage	DC 12V
Weight	28.00 lbs

APÉNDICE D.

TIPOS DE BATERIAS.

	Trojan L 16 6V/370AH	\$3,538.00
	TROJAN 12V/215 AH @20HORAS	\$3,687.00
	SURRETTE/ROLLS T12-136 , 12 V / 136 AH	\$3,689.00

<http://energia-solar.com.mx/tienda/index.php?cPath=25&page=1&sort=2d>

APÉNDICE E

REGULADORES DE CARGA

REGULADOR DE CARGA DIGITAL 12 VOLTIOS/16 AMPERIOS



REGULADOR DE CARGA DIGITAL 12 VOLTIOS/16 AMPERIOS

DESCRIPCIÓN:

Regulador de carga digital para instalaciones solares

Potencia máxima de los paneles solares 240 watts

Indicación en pantalla LCD, de estado de batería, intensidad de carga de los paneles, consumo de la instalación

Intensidad máxima 16 amperios

Indicación leed, de carga de los paneles solares.

Precio: 75 euros, IVA incluido 1 Euro = 17.4757 pesos mexicanos 07/09/2011

\$ 1310.6775 en pesos mexicanos

Regulador Steca Solarix PRS 15 A 12/24 V



Regulador Steca modelo PRS 1515

15 A a 12/24V. Indicador de función de carga, algoritmo de carga con microprocesador ATONIC.

€ 75,00 IVA incluido 1 Euro = 17.4757 pesos mexicanos 07/09/2011 en pesos su precio es de \$1310.6775



20A 12V /24V Regulador de Carga Solar / Controlador Referencia # 20A Regulador de Carga Solar | Incluye instrucciones de montaje

Precio: 68€ 1 Euro = 17.4757 pesos mexicanos 07/09/2011

Su precio en pesos es de \$ 1188.3476

Regulador solar 12V / 24V 20^a http://www.dr solar.es/products_regulators.html

CARACTERÍSTICAS:

20 amperios 12/24 voltios auto-trabajo

PWM o ON / OFF

Estado de carga (SOC) de la batería

Establecimiento de la batería Ah, aumentar la carga, la igualación de la carga, carga de flotación

Reconexión automática de la salida, interruptor manual de cargas

Tensión automática de (12 V / 24 V)

Compensación de temperatura

Pantalla LCD: SOC como un indicador de potencia, todos los parámetros del sistema con valor digital, el estado del sistema con símbolos

Protección total del circuito, fusible electrónico regulable, parámetros de campo de cuatro botones

Protecciones electrónicas:

Cortocircuito-solar y la carga

Sobrecarga-solar y la carga

Inversión de polaridad, la corriente inversa por la noche

El alto voltaje de desconexión

Cargas protegidas contra picos de voltaje

Recuperación automática con todas las protecciones

El regulador EPIP tiene 4 etapas de carga para proporcionar una mayor capacidad y vida de la batería

El regulador EPIP LT tiene un controlador de luz / load con 4 funciones

INFORMACIÓN TÉCNICA:

20Amp

Nominal de entrada solar 20A

Carga nominal 20A

Sistema de tensión 12/24

Regulación de voltaje de 14,4 V

Flotación 13.4V

Nivelación 14.8V

Desconexión de la carga 11.1V

Reconexión de la carga 12.6V

Temp.Comp. (MV /?) -30mV

Auto-consumo ≤ 30 mA

Temperatura de funcionamiento: -35 a 55

Cumplimiento: Banco Mundial CE

Regulador de Carga

Panel Solar 24A 12V/24V

Precio: € 83,99 1 Euro = 17.4757 pesos mexicanos 07/09/2011

\$ 1467.784043



Especificaciones :

- Tasa de voltaje: 12V, 24V [distingue automáticamente el voltaje]]
- Carga máxima de corriente: 16A - 24A
- Corte de carga total: 13.7V; X 2/24V
- Corte carga baja: 10.5V; X 2/24V
- Voltaje de reconexión: 12.6V; X 2/24V
- Compensación de temperatura: -3mv/celda, reconoce °C
- Pérdida de carga: $\leq 30\text{mA}$
- Área mínima de cableado: 4mm^2
- Caída de voltaje: 240mv
- Dimensiones: 13.7 x 11 x 4.7cm [5.4 x 4.4 x 1.9"]
- Peso: 395g
- Color: Negro

APENDICE F.

TARIFAS CFE

Tarifas generales en alta tensión

Consultar tarifas de:

2010



Nivel subtransmisión

Tarifa H-S

Cargos	Dic./09	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Baja California													
Demanda Facturable (\$/kW)	187.44	187.65	187.99	189.51	190.78	191.73	192.04	193.08	193.43	193.78	193.88	194.64	195.36
Energía Punta (\$/kWh)	2.1256	2.0844	2.1915	2.2174	2.2025	2.1333	2.1384	2.1660	2.1829	2.1798	2.1168	2.1373	2.1044
Energía SemiPunta (\$/kWh)	1.6899	1.6341	1.7722	1.7974	1.7692	1.6707	1.6755	1.7055	1.7258	1.7198	1.6364	1.6587	1.6119
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9231	0.8757	0.9888	1.0061	0.9782	0.8917	0.8949	0.9170	0.9329	0.9270	0.8576	0.8737	0.8341
Energía Base (\$/kWh)	0.7834	0.7431	0.8390	0.8537	0.8301	0.7567	0.7594	0.7782	0.7917	0.7867	0.7278	0.7415	0.7079
Baja California Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	203.00	203.22	203.59	205.24	206.62	207.65	207.98	209.10	209.48	209.86	209.96	210.78	211.56
Energía Punta (\$/kWh)	1.5212	1.4917	1.5684	1.5869	1.5763	1.5268	1.5305	1.5502	1.5623	1.5601	1.5150	1.5297	1.5061
Energía Intermedia (\$/kWh)	1.2915	1.2251	1.3833	1.4075	1.3685	1.2475	1.2520	1.2829	1.3051	1.2969	1.1998	1.2224	1.1670
Energía Base (\$/kWh)	0.9670	0.9173	1.0357	1.0538	1.0246	0.9340	0.9374	0.9606	0.9772	0.9710	0.8983	0.9152	0.8737
Central													
Demanda Facturable (\$/kW)	104.06	104.17	104.36	105.21	105.91	106.44	106.61	107.19	107.38	107.57	107.62	108.04	108.44
Energía Punta (\$/kWh)	2.0010	1.9622	2.0631	2.0874	2.0734	2.0083	2.0131	2.0391	2.0550	2.0521	1.9928	2.0121	1.9811
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9803	0.9299	1.0500	1.0684	1.0388	0.9470	0.9504	0.9739	0.9907	0.9845	0.9108	0.9279	0.8859
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Noreste													
Demanda Facturable (\$/kW)	104.06	104.17	104.36	105.21	105.91	106.44	106.61	107.19	107.38	107.57	107.62	108.04	108.44
Energía Punta (\$/kWh)	2.0010	1.9622	2.0631	2.0874	2.0734	2.0083	2.0131	2.0391	2.0550	2.0521	1.9928	2.0121	1.9811
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9803	0.9299	1.0500	1.0684	1.0388	0.9470	0.9504	0.9739	0.9907	0.9845	0.9108	0.9279	0.8859
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Noroeste													
Demanda Facturable (\$/kW)	104.06	104.17	104.36	105.21	105.91	106.44	106.61	107.19	107.38	107.57	107.62	108.04	108.44
Energía Punta (\$/kWh)	2.0010	1.9622	2.0631	2.0874	2.0734	2.0083	2.0131	2.0391	2.0550	2.0521	1.9928	2.0121	1.9811
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9803	0.9299	1.0500	1.0684	1.0388	0.9470	0.9504	0.9739	0.9907	0.9845	0.9108	0.9279	0.8859
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Norte													
Demanda Facturable (\$/kW)	104.06	104.17	104.36	105.21	105.91	106.44	106.61	107.19	107.38	107.57	107.62	108.04	108.44
Energía Punta (\$/kWh)	2.0010	1.9622	2.0631	2.0874	2.0734	2.0083	2.0131	2.0391	2.0550	2.0521	1.9928	2.0121	1.9811
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9803	0.9299	1.0500	1.0684	1.0388	0.9470	0.9504	0.9739	0.9907	0.9845	0.9108	0.9279	0.8859
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Peninsular													
Demanda Facturable (\$/kW)	104.06	104.17	104.36	105.21	105.91	106.44	106.61	107.19	107.38	107.57	107.62	108.04	108.44
Energía Punta (\$/kWh)	2.0010	1.9622	2.0631	2.0874	2.0734	2.0083	2.0131	2.0391	2.0550	2.0521	1.9928	2.0121	1.9811
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9803	0.9299	1.0500	1.0684	1.0388	0.9470	0.9504	0.9739	0.9907	0.9845	0.9108	0.9279	0.8859
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	104.06	104.17	104.36	105.21	105.91	106.44	106.61	107.19	107.38	107.57	107.62	108.04	108.44
Energía Punta (\$/kWh)	2.0010	1.9622	2.0631	2.0874	2.0734	2.0083	2.0131	2.0391	2.0550	2.0521	1.9928	2.0121	1.9811
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9803	0.9299	1.0500	1.0684	1.0388	0.9470	0.9504	0.9739	0.9907	0.9845	0.9108	0.9279	0.8859
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532

Tarifa H-SL

Cargos	Dic./09	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Baja California													
Demanda Facturable (\$/kW)	281.06	281.37	281.88	284.16	286.06	287.49	287.95	289.50	290.02	290.54	290.69	291.82	292.90
Energía Punta (\$/kWh)	1.6172	1.5722	1.6851	1.7075	1.6867	1.6084	1.6127	1.6385	1.6554	1.6509	1.5832	1.6024	1.5651
Energía SemiPunta (\$/kWh)	1.4546	1.3989	1.5350	1.5582	1.5284	1.4291	1.4335	1.4620	1.4816	1.4752	1.3924	1.4134	1.3666
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8911	0.8453	0.9544	0.9711	0.9442	0.8607	0.8638	0.8851	0.9004	0.8947	0.8277	0.8433	0.8051
Energía Base (\$/kWh)	0.7834	0.7431	0.8390	0.8537	0.8301	0.7567	0.7594	0.7782	0.7917	0.7867	0.7278	0.7415	0.7079
Baja California Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	243.51	243.78	244.22	246.20	247.85	249.09	249.49	250.84	251.29	251.74	251.87	252.85	253.79
Energía Punta (\$/kWh)	1.4099	1.3707	1.4691	1.4886	1.4704	1.4022	1.4060	1.4285	1.4432	1.4393	1.3803	1.3970	1.3644
Energía Intermedia (\$/kWh)	1.2668	1.2017	1.3568	1.3805	1.3423	1.2236	1.2280	1.2583	1.2801	1.2720	1.1767	1.1988	1.1445
Energía Base (\$/kWh)	0.9670	0.9173	1.0357	1.0538	1.0246	0.9340	0.9374	0.9606	0.9772	0.9710	0.8983	0.9152	0.8737
Central													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.10	156.27	156.55	157.82	158.88	159.67	159.93	160.79	161.08	161.37	161.45	162.08	162.68
Energía Punta (\$/kWh)	1.4403	1.4003	1.5008	1.5208	1.5022	1.4325	1.4364	1.4594	1.4744	1.4704	1.4101	1.4272	1.3939
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9378	0.8896	1.0044	1.0220	0.9937	0.9059	0.9092	0.9317	0.9478	0.9418	0.8713	0.8877	0.8475
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Noreste													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.10	156.27	156.55	157.82	158.88	159.67	159.93	160.79	161.08	161.37	161.45	162.08	162.68
Energía Punta (\$/kWh)	1.4403	1.4003	1.5008	1.5208	1.5022	1.4325	1.4364	1.4594	1.4744	1.4704	1.4101	1.4272	1.3939
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9378	0.8896	1.0044	1.0220	0.9937	0.9059	0.9092	0.9317	0.9478	0.9418	0.8713	0.8877	0.8475
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Noroeste													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.10	156.27	156.55	157.82	158.88	159.67	159.93	160.79	161.08	161.37	161.45	162.08	162.68
Energía Punta (\$/kWh)	1.4403	1.4003	1.5008	1.5208	1.5022	1.4325	1.4364	1.4594	1.4744	1.4704	1.4101	1.4272	1.3939
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9378	0.8896	1.0044	1.0220	0.9937	0.9059	0.9092	0.9317	0.9478	0.9418	0.8713	0.8877	0.8475
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Norte													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.10	156.27	156.55	157.82	158.88	159.67	159.93	160.79	161.08	161.37	161.45	162.08	162.68
Energía Punta (\$/kWh)	1.4403	1.4003	1.5008	1.5208	1.5022	1.4325	1.4364	1.4594	1.4744	1.4704	1.4101	1.4272	1.3939
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9378	0.8896	1.0044	1.0220	0.9937	0.9059	0.9092	0.9317	0.9478	0.9418	0.8713	0.8877	0.8475
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Peninsular													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.10	156.27	156.55	157.82	158.88	159.67	159.93	160.79	161.08	161.37	161.45	162.08	162.68

Energía Punta (\$/kWh)	1.4403	1.4003	1.5008	1.5208	1.5022	1.4325	1.4364	1.4594	1.4744	1.4704	1.4101	1.4272	1.3939
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9378	0.8896	1.0044	1.0220	0.9937	0.9059	0.9092	0.9317	0.9478	0.9418	0.8713	0.8877	0.8475
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532
Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.10	156.27	156.55	157.82	158.88	159.67	159.93	160.79	161.08	161.37	161.45	162.08	162.68
Energía Punta (\$/kWh)	1.4403	1.4003	1.5008	1.5208	1.5022	1.4325	1.4364	1.4594	1.4744	1.4704	1.4101	1.4272	1.3939
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9378	0.8896	1.0044	1.0220	0.9937	0.9059	0.9092	0.9317	0.9478	0.9418	0.8713	0.8877	0.8475
Energía Base (\$/kWh)	0.8335	0.7907	0.8928	0.9084	0.8832	0.8051	0.8080	0.8280	0.8423	0.8370	0.7743	0.7889	0.7532

Nivel transmisión

Tarifa H-T

Cargos	Dic./09	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Baja California													
Demanda Facturable (\$/kW)	175.26	175.45	175.77	177.19	178.38	179.27	179.56	180.53	180.85	181.18	181.27	181.98	182.65
Energía Punta (\$/kWh)	2.0286	1.9892	2.0914	2.1161	2.1019	2.0359	2.0408	2.0671	2.0832	2.0803	2.0202	2.0398	2.0084
Energía SemiPunta (\$/kWh)	1.6363	1.5823	1.7160	1.7404	1.7131	1.6177	1.6224	1.6514	1.6711	1.6653	1.5845	1.6060	1.5607
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.9079	0.8612	0.9724	0.9894	0.9620	0.8770	0.8802	0.9019	0.9175	0.9117	0.8434	0.8593	0.8204
Energía Base (\$/kWh)	0.7730	0.7333	0.8280	0.8425	0.8192	0.7468	0.7495	0.7680	0.7813	0.7764	0.7182	0.7317	0.6986
Baja California Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	156.03	156.20	156.48	157.75	158.81	159.60	159.86	160.72	161.01	161.30	161.38	162.01	162.61
Energía Punta (\$/kWh)	1.6329	1.6012	1.6835	1.7034	1.6920	1.6389	1.6428	1.6640	1.6770	1.6747	1.6263	1.6421	1.6168
Energía Intermedia (\$/kWh)	1.2591	1.1944	1.3486	1.3722	1.3342	1.2163	1.2207	1.2509	1.2725	1.2645	1.1698	1.1918	1.1378
Energía Base (\$/kWh)	0.9396	0.8913	1.0064	1.0240	0.9956	0.9076	0.9109	0.9334	0.9495	0.9435	0.8728	0.8892	0.8489
Central													
Demanda Facturable (\$/kW)	92.27	92.37	92.54	93.29	93.92	94.39	94.54	95.05	95.22	95.39	95.44	95.81	96.16
Energía Punta (\$/kWh)	1.9720	1.9337	2.0331	2.0571	2.0433	1.9791	1.9838	2.0094	2.0251	2.0223	1.9639	1.9829	1.9524
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8820	0.8367	0.9447	0.9612	0.9346	0.8520	0.8551	0.8762	0.8914	0.8858	0.8195	0.8349	0.7971
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Noreste													
Demanda Facturable (\$/kW)	92.27	92.37	92.54	93.29	93.92	94.39	94.54	95.05	95.22	95.39	95.44	95.81	96.16
Energía Punta (\$/kWh)	1.9720	1.9337	2.0331	2.0571	2.0433	1.9791	1.9838	2.0094	2.0251	2.0223	1.9639	1.9829	1.9524
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8820	0.8367	0.9447	0.9612	0.9346	0.8520	0.8551	0.8762	0.8914	0.8858	0.8195	0.8349	0.7971
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Noroeste													
Demanda Facturable (\$/kW)	92.27	92.37	92.54	93.29	93.92	94.39	94.54	95.05	95.22	95.39	95.44	95.81	96.16
Energía Punta (\$/kWh)	1.9720	1.9337	2.0331	2.0571	2.0433	1.9791	1.9838	2.0094	2.0251	2.0223	1.9639	1.9829	1.9524
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8820	0.8367	0.9447	0.9612	0.9346	0.8520	0.8551	0.8762	0.8914	0.8858	0.8195	0.8349	0.7971
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180

Norte													
Demanda Facturable (\$/kW)	92.27	92.37	92.54	93.29	93.92	94.39	94.54	95.05	95.22	95.39	95.44	95.81	96.16
Energía Punta (\$/kWh)	1.9720	1.9337	2.0331	2.0571	2.0433	1.9791	1.9838	2.0094	2.0251	2.0223	1.9639	1.9829	1.9524
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8820	0.8367	0.9447	0.9612	0.9346	0.8520	0.8551	0.8762	0.8914	0.8858	0.8195	0.8349	0.7971
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Peninsular													
Demanda Facturable (\$/kW)	92.27	92.37	92.54	93.29	93.92	94.39	94.54	95.05	95.22	95.39	95.44	95.81	96.16
Energía Punta (\$/kWh)	1.9720	1.9337	2.0331	2.0571	2.0433	1.9791	1.9838	2.0094	2.0251	2.0223	1.9639	1.9829	1.9524
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8820	0.8367	0.9447	0.9612	0.9346	0.8520	0.8551	0.8762	0.8914	0.8858	0.8195	0.8349	0.7971
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	92.27	92.37	92.54	93.29	93.92	94.39	94.54	95.05	95.22	95.39	95.44	95.81	96.16
Energía Punta (\$/kWh)	1.9720	1.9337	2.0331	2.0571	2.0433	1.9791	1.9838	2.0094	2.0251	2.0223	1.9639	1.9829	1.9524
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8820	0.8367	0.9447	0.9612	0.9346	0.8520	0.8551	0.8762	0.8914	0.8858	0.8195	0.8349	0.7971
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180

Tarifa H-TL

Cargos	Dic./09	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Baja California													
Demanda Facturable (\$/kW)	262.95	263.24	263.71	265.85	267.63	268.97	269.40	270.85	271.34	271.83	271.97	273.03	274.04
Energía Punta (\$/kWh)	1.5541	1.5109	1.6194	1.6409	1.6209	1.5457	1.5499	1.5747	1.5909	1.5866	1.5215	1.5399	1.5040
Energía SemiPunta (\$/kWh)	1.4158	1.3616	1.4941	1.5167	1.4877	1.3910	1.3953	1.4231	1.4422	1.4360	1.3554	1.3759	1.3304
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8758	0.8308	0.9381	0.9545	0.9281	0.8461	0.8491	0.8701	0.8852	0.8796	0.8137	0.8290	0.7914
Energía Base (\$/kWh)	0.7730	0.7333	0.8280	0.8425	0.8192	0.7468	0.7495	0.7680	0.7813	0.7764	0.7182	0.7317	0.6986
Baja California Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	233.98	234.24	234.66	236.56	238.14	239.33	239.71	241.00	241.43	241.86	241.98	242.92	243.82
Energía Punta (\$/kWh)	1.3735	1.3353	1.4312	1.4502	1.4325	1.3660	1.3697	1.3916	1.4059	1.4021	1.3446	1.3609	1.3292
Energía Intermedia (\$/kWh)	1.2177	1.1551	1.3042	1.3270	1.2902	1.1761	1.1803	1.2095	1.2304	1.2226	1.1310	1.1523	1.1001
Energía Base (\$/kWh)	0.9396	0.8913	1.0064	1.0240	0.9956	0.9076	0.9109	0.9334	0.9495	0.9435	0.8728	0.8892	0.8489
Central													
Demanda Facturable (\$/kW)	138.41	138.56	138.81	139.93	140.87	141.57	141.80	142.57	142.83	143.09	143.16	143.72	144.25
Energía Punta (\$/kWh)	1.4124	1.3731	1.4717	1.4913	1.4731	1.4047	1.4085	1.4310	1.4457	1.4418	1.3827	1.3994	1.3668
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8649	0.8204	0.9263	0.9425	0.9164	0.8354	0.8384	0.8591	0.8740	0.8685	0.8034	0.8185	0.7814
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Noreste													
Demanda Facturable (\$/kW)	138.41	138.56	138.81	139.93	140.87	141.57	141.80	142.57	142.83	143.09	143.16	143.72	144.25
Energía Punta (\$/kWh)	1.4124	1.3731	1.4717	1.4913	1.4731	1.4047	1.4085	1.4310	1.4457	1.4418	1.3827	1.3994	1.3668

Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8649	0.8204	0.9263	0.9425	0.9164	0.8354	0.8384	0.8591	0.8740	0.8685	0.8034	0.8185	0.7814
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Noroeste													
Demanda Facturable (\$/kW)	138.41	138.56	138.81	139.93	140.87	141.57	141.80	142.57	142.83	143.09	143.16	143.72	144.25
Energía Punta (\$/kWh)	1.4124	1.3731	1.4717	1.4913	1.4731	1.4047	1.4085	1.4310	1.4457	1.4418	1.3827	1.3994	1.3668
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8649	0.8204	0.9263	0.9425	0.9164	0.8354	0.8384	0.8591	0.8740	0.8685	0.8034	0.8185	0.7814
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Norte													
Demanda Facturable (\$/kW)	138.41	138.56	138.81	139.93	140.87	141.57	141.80	142.57	142.83	143.09	143.16	143.72	144.25
Energía Punta (\$/kWh)	1.4124	1.3731	1.4717	1.4913	1.4731	1.4047	1.4085	1.4310	1.4457	1.4418	1.3827	1.3994	1.3668
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8649	0.8204	0.9263	0.9425	0.9164	0.8354	0.8384	0.8591	0.8740	0.8685	0.8034	0.8185	0.7814
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Peninsular													
Demanda Facturable (\$/kW)	138.41	138.56	138.81	139.93	140.87	141.57	141.80	142.57	142.83	143.09	143.16	143.72	144.25
Energía Punta (\$/kWh)	1.4124	1.3731	1.4717	1.4913	1.4731	1.4047	1.4085	1.4310	1.4457	1.4418	1.3827	1.3994	1.3668
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8649	0.8204	0.9263	0.9425	0.9164	0.8354	0.8384	0.8591	0.8740	0.8685	0.8034	0.8185	0.7814
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180
Sur													
Demanda Facturable (\$/kW)	138.41	138.56	138.81	139.93	140.87	141.57	141.80	142.57	142.83	143.09	143.16	143.72	144.25
Energía Punta (\$/kWh)	1.4124	1.3731	1.4717	1.4913	1.4731	1.4047	1.4085	1.4310	1.4457	1.4418	1.3827	1.3994	1.3668
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.8649	0.8204	0.9263	0.9425	0.9164	0.8354	0.8384	0.8591	0.8740	0.8685	0.8034	0.8185	0.7814
Energía Base (\$/kWh)	0.7946	0.7538	0.8511	0.8660	0.8420	0.7676	0.7704	0.7894	0.8031	0.7980	0.7382	0.7521	0.7180

BIBLIOGRAFIA

BECERRIL, L., y Diego ONESIMO. *Instalaciones eléctricas prácticas*. México: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, 2010.

BOYLESTAD, Robert L., y Louis NASHELSKY. *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. México: PEARSON, 2003.

Bretón, Ing. Pedro Antonio. SAECSA. <http://saecsaenergiasolar.com/fotovoltaico/introduccion/> (último acceso: 16 de Agosto de 2010).

DIVISIÓN ENERGÍAS ALTERNAS CONDUMEX. *Los sistemas solares fotovoltaicos*. CONDUMEX.

FIRCO, José M. Arango, et al. *Guías para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica*. New Mexico: Sandia National Laboratories, 2001.

Urdaneta., Ing. Maria Alejandra. *Universidad del Zulia*.
<http://www.angelfire.com/electronic2/electronicaanalogica/celda.html> (último acceso: 15 de ENERO de 2011).