

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS

**ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO PARA EL
INVERNADERO MOJARRO'S SERRES DE YURÉCUARO
MICHOACÁN**

**Que para obtener el Título de
INGENIERO ELECTRICISTA**

**Presenta
Eduardo Ponce García**

**Asesor de Tesis
Ing. Víctor Quintero Rojas**

Noviembre del 2010

Agradecimientos

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Facultad de Ingeniería Eléctrica por haberme brindado la oportunidad de estudiar y formar parte orgullosamente de esta institución, así mismo agradezco ala planta de profesores que por su esfuerzo académico.

Al Ing. Víctor Quintero Rojas por el apoyo para la realización de esta tesis, gracias por sus consejos.

A mis compañeros por los momentos inolvidables de escuela y diversión.

Al Ing. Benjamín Mojarro Víctor por la confianza brindada para la solución del problema.

A toda mi familia por haber estado conmigo en las buenas y en las malas.

Al Ing. Daniel Becerra Rodríguez por su amistad y apoyo durante las prácticas profesionales.

Dedicatoria

A Dios padre que nunca se a olvidado de mi y por darme fuerzas para seguir adelante y hacer realidad mi mas grande sueño.

A mis padres Araceli Garcia Salvador y Eduardo Ponce Oros que siempre han creído en mi, por todo su apoyo y por su apreciable cariño.

A mi hermana Aurea por el apoyo brindado en todo momento y a mi sobrino Gael por su alegría.

Resumen

La investigación a desarrollar, aprovechara la problemática del “bajo factor de potencia” que el Invernadero MOJARRO’S SERRES ubicado en Yurécuaro Michoacán enfrenta. Dicho bajo factor de potencia ha estado originando penalización por parte de la empresa suministradora de energía incrementando el importe mensual por consumo de energía. El cargo por bajo factor de potencia regularmente es mayor a la potencia real consumida (KWh). Esta investigación tendrá como objetivo la visualización de 3 alternativas de suministro eléctrico: primera alternativa. Optimizar la aplicación de energía renovable usando paneles fotovoltaicos (aprovechando la energía solar de la región) como fuente de energía para alimentar el sistema de bombeo (almacenamiento y riego) y la carga correspondiente a la oficina. Para el desarrollo de la energía renovable veremos información sobre los elementos necesarios para la generación fotovoltaica, determinaremos aquellos que se necesiten en combinación con lo que existe en el sistema, cotizaremos la configuración resultante para el suministro de energía de la carga.

La segunda alternativa será el uso de bancos de capacitores que compensaran la potencia reactiva entretenida por la carga, equivalente al bajo factor de potencia. La compensación de potencia reactiva por parte del banco de capacitores corregirá el factor de potencia a un valor de aprovechamiento del 90% de energía.

Como tercera y última alternativa consistirá en la creación de infraestructura eléctrica que proporcione un mejor suministro de energía como los voltajes requeridos, medidor al límite de propiedad y cambio de tarifa.

Para finalizar la investigación se realizarán las conclusiones encontradas en cada una de las alternativas desarrolladas incluyendo el tiempo de recuperación de la inversión necesaria así como las ventajas y desventajas de cada alternativa de mejora. Mencionaremos algunos trabajos futuros, así como la alternativa de suministro eléctrico recomendada.

Contenido

	Página
Agradecimientos	ii
Dedicatorias	iii
Resumen	iv
Contenido	v
Lista de figuras	viii
Lista de Tablas	x
Lista de símbolos y abreviaciones	xi

Capítulo 1. Introducción

	Página
Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Objetivo.....	9
1.3 Justificación.....	9
1.4 Metodología.....	10
1.5 Contenido de la tesis.....	11

Capítulo 2 Antecedentes generales.

2.1 La ciudad de Yurécuaro.....	12
2.1.1 Invernadero MOJARRO'S SERRES.....	14
2.2 Energías renovables.....	20
2.3 Recurso solar.....	23
2.4 Aplicación de Paneles Fotovoltaicos.....	24
2.5 Trayectoria solar.....	26

2.6	Inclinación del arreglo fotovoltaico.....	27
2.7	Conceptos básicos de Electricidad.....	28
2.7.1	Arreglos fotovoltaicos.....	29

Capítulo 3

Alternativas de mejora eléctrica.

3.1	Elementos que componen un sistema de bombeo de agua con panel fotovoltaico.....	30
3.1.1	Tanque de almacenamiento.....	31
3.1.2	Equipo de Bombeo.....	32
3.1.3	Inversor.....	32
3.1.4	Sistema Fotovoltaico.....	37
3.1.5	Paneles fotovoltaicos por algunos fabricantes.....	38
3.1.6	Estructura o Soporte.....	43
3.1.7	Baterías para sistemas fotovoltaicos.....	44
3.1.8	Regulador de carga.....	46
3.2	Corrección del bajo factor de potencia con Banco de capacitores.....	47
3.2.1	Factor de potencia.....	49
3.2.2	Causas del bajo factor de potencia.....	50
3.2.3	Cálculos para la corrección del Factor de potencia.....	50
3.2.4	Cotización del banco de capacitores.....	52
3.3	Solicitud de servicio especial.....	55

Capítulo 4

Alternativas de electrificación

4.1	Cálculo de electrificación solar.....	58
4.1.1	Cálculo de paneles FV por medio de la energía requerida Wh.....	59
4.1.2	Cálculo de paneles FV para inversor monofásico.....	61
4.1.3	Cálculo de paneles FV para inversor bifásico.....	63
4.1.4	Cálculo de electrificación para la oficina.....	64

	Página
4.2 Recuperación de la Inversión de la energía renovable.....	69
4.2.1 Ventajas y desventajas de la energía renovable.....	70
4.3 Recuperación de la inversión del banco de capacitores.....	71
4.3.1 Ventajas y desventajas del banco de capacitores.....	72
4.4 Recuperación de la inversión de la creación de infraestructura.....	73
4.4.1 Ventas y desventajas de la creación de infraestructura.....	74

Capítulo 5

Conclusiones

5.1 Conclusiones.....	75
5.1.1 Conclusiones generales.....	76
5.1.2 Conclusiones personales.....	76
5.2 Alternativa elegida.....	77
5.3 Trabajos futuros.....	78
Referencias.....	79

Lista de Figuras

Página

Figura 1.1 Base del doping.....	4
Figura 1.2 Proceso de fabricación de la célula.....	5
Figura 1.3 Célula solar.....	5
Figura 1.4 Efecto fotovoltaico en una célula solar.....	6
Figura 2.1 Ubicación de la ciudad de Yurécuaro en el estado de Michoacán.....	12
Figura 2.2 Área correspondiente al cultivo agrícola.....	15
Figura 2.3 Ubicación de los tres invernaderos.....	15
Figura 2.4 Sistema de riego por goteo.....	16
Figura 2.5 Motobomba JET utilizada para riego.....	17
Figura 2.6 Área disponible para ubicación de paneles solares.....	17
Figura 2.7 Cisterna de almacenamiento de agua.....	18
Figura 2.8 Lugar de ubicación de la bomba tipo sumergible.....	19
Figura 2.9 Área disponible para instalar los paneles fotovoltaicos.....	19
Figura 2.10 Plano de espacios del invernadero MOJARRO'S SERRES.....	20
Figura 2.11 Bombeo de agua con energía fotovoltaica	22
Figura 2.12 Producción mundial de paneles de 1990 a 2008.....	25
Figura 2.13 Trayectoria solar.....	27
Figura 2.14 Orientación de una estructura fija.....	28
Figura 3.1 Componentes y operación de un sistema fotovoltaico de bombeo de agua.....	31
Figura 3.2 Implementación de un inversor en un sistema fotovoltaico.....	33
Figura 3.3 Inversor Modelo IC12120-2400.....	34
Figura 3.4 CONERGY MIC 700.....	34
Figura 3.5 Características del XPOWER Inversor 1000.....	35
Figura 3.6 Características del inversor de 1500w.....	35
Figura 3.7 Características del TGPOWER 24-1000.....	36
Figura 3.8 Modelo CONERGY MIC1500.....	37
Figura 3.9 Características de los paneles Kyocera.....	39
Figura 3.10 Características de los modelos monocristalinos.....	40
Figura 3.11 Características de los modelos policristalinos.....	41
Figura 3.12 Características Eléctricas de los modelos MFS125SP y MFS165SP.....	42
Figura 3.13 Diseño prototipo del soporte para los Paneles FV.....	44

Figura 3.14 Triangulo de potencias.....	47
	Página
Figura 3.15 Historial del factor de potencia.....	50
Figura 3.16 Banco de capacitores con interruptor termomagnético.....	53
Figura 3.17 Banco de capacitores fijo.....	54
Figura 3.18 Triangulo de potencia modificado por el banco de capacitores.....	55
Figura 3.19 Plano de obra necesaria en la solicitud de servicio especial.....	56
Figura 4.1 Arreglo de paneles fotovoltaicos resultante para el inversor monofásico.....	62
Figura 4.2 Arreglo de paneles fotovoltaicos resultante para el inversor bifásico.....	64
Figura 4.3 Arreglo de baterías.....	66
Figura 4.4 Regulador DSD50 SOLENER.....	67
Figura 4.5 Solar cargador regulador 50A 12v/24v.....	68

Lista de Tablas

Página

Tabla 2.1 Insolación de la ciudad de Morelia Michoacán y Guadalajara Jalisco.....	24
Tabla 3.1 Modelos de paneles kyocera.....	38
Tabla 3.2 Modelos y costos de paneles monocristalinos.....	40
Tabla 3.3 Modelos y costos de paneles policristalinos.....	41
Tabla 4.1 Datos eléctricos de las bombas.....	58
Tabla 4.2 cálculo de energía necesaria por día.....	59
Tabla 4.3 Cálculo de paneles FV requeridos según la demanda.....	60
Tabla 4.4 Carga de la oficina.....	65
Tabla 4.5 Historial de facturación.....	69

Lista de símbolos y abreviaciones

CFE	Comisión Federal De Electricidad
KW	Kilowatts.
KWh	Kilowatts hora.
KVA	Kilo volts Ampers.
KVAr	Kilo volts Ampers Reactivos.
FV	Fotovoltaico.
CD	Corriente directa.
CA	Corriente alterna.
Ah	Amperios-hora
V_{oc}	Voltaje a circuito abierto.
I_{sc}	Corriente de corto circuito.
I_0	Corriente de saturación.
W	Watts.
Hz	Hertz.
€	Euro.
P_{maxM}	Potencia máxima del módulo fotovoltaico.
P	Potencia real.
S	Potencia aparente.
Q	Potencia reactiva.
\$	Moneda Nacional.
N_s	Número de celdas en serie del módulo fotovoltaico.
J_{scM}	Densidad de corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.
Nema 3R	Sellado contra lluvia.

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad el uso de de las energías renovables (Solar y eólicas) ha venido evolucionando últimamente en los países tales como Alemania, España, Japón, Dinamarca y Holanda teniéndose una manera alterna de generación eléctrica viable aportando importantes beneficios a los sistemas de distribución, aportación de potencia reactiva en los alimentadores, disminución de pérdidas de transmisión y distribución, etc.

La aplicación de energías renovables en la actualidad es una propuesta fundamental para la generación de energía por no emitir CO₂ lo cual es un beneficio para la naturaleza por lo cual, promoviendo y aprovechando la aplicación de esta fuente de energía renovable se reduce la emisión de contaminantes que se tendrían con los combustibles fósiles.

En México a través de los programas de Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y la instrumentación de un Programa de Energía Renovable para la Agricultura (PERA) se ha estado apoyando al desarrollo rural, ganadero, agrícola, pesquero y uso doméstico. Estos proyectos se han llevado a cabo en los estados de Sonora, Baja California Sur, Monterrey, Chiapas, Quintana Roo, Chihuahua, por mencionar algunos, con usos variados tales como: abrevadero de ganado, riego por goteo, abastecimiento de cisternas para pequeñas comunidades (rurales), suministro de agua de uso doméstico, iluminación de viviendas, así como fuente de energía para casas que están retiradas de las líneas de suministro eléctrico, etc.

Esta investigación optimizara el uso de paneles fotovoltaicos como generadores de electricidad aplicado para el bombeo de agua potable y el consumo en la oficina (extracción para almacenamiento, riego por goteo, una computadora, refrigerador e iluminación), para ver la factibilidad que tiene su aplicación en el invernadero MOJARRO'S SERRES aprovechando la problemática de bajo factor de potencia misma que tiene un cargo extra al importe por energía consumida.

Ante el crecimiento de esta energía renovable que se está desarrollando en los últimos años en los países mencionados con anterioridad, el costo de equipos de energía fotovoltaica se ha reducido considerablemente. El tema de aplicación será en un invernadero conocido como MOJARRO'S SERRES perteneciente al ejido Guamúchil Grande en la ciudad de Yurécuaro, Michoacán. Este lugar cuenta con las condiciones básicas para la instalación de paneles fotovoltaicos (espacio e insolación suficiente) para alimentar la carga de bombeo de agua con la que se compone. Este estudio dará un panorama actual de la aplicación de esta energía FV (Fotovoltaica) en esta región, debido a que el recurso solar es suficiente, mismo con el que cuenta la mayoría de la República Mexicana, con una irradiación solar que se encuentra en un rango de 4.4 a 6 Kwh /m²-día.

Se recopila la información de los elementos para la generación de energía fotovoltaica tales como: paneles fotovoltaicos, estructuras o soporte, inversor o regulador, baterías y bombas. Con la información recabada se ejemplificarán las aplicaciones que existen en algunos lugares para la extracción de agua, los cuales nos servirán de base para el estudio que nosotros abordaremos.

Como otras vertientes que atacaran la problemática calcularemos un banco de capacitores por motivo de que la carga predominante es inductiva. La última vertiente será lo que conlleve a la solicitud de servicio especial, para tener los voltajes de 120v y 220v al límite de propiedad debido a que actualmente está a 440v tarifa 9CU, necesitando así el uso de un transformador (interno de 15KVA) para convertir a los voltejes requeridos.

1.1 Antecedentes

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Sus estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica.

En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. Las aplicaciones de la celda de Selenio

fueron para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas. La celda de Silicio que hoy día utilizan proviene de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl. Fue construida en 1940 y patentada en 1946. La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 en los Laboratorios Bells, logrando incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, hasta lograr eficiencias cercanas a 15%.

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

Los paneles fotovoltaicos ó módulos (conjunto de un grupo de células solares) se componen básicamente de silicio en un estado muy puro, denominado silicio grado semiconductor. La cadena industrial parte del mineral de cuarzo, del cual se extrae el silicio grado metalúrgico. Las planchas monocristalinas (de aproximadamente 1/3 a 1/2 de milímetro espesor) se cortan de un gran lingote monocristalino que se ha desarrollado a aproximadamente 1400°C, este es un proceso muy costoso.

El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta. Las planchas policristalinas son realizadas por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Entonces se rebana en planchas. Como las planchas policristalinas son hechas por moldeo son apreciablemente más baratas de producir, pero no tan eficiente como las celdas monocristalinas. El rendimiento más bajo es debido a las imperfecciones en la estructura cristalina resultando del proceso de moldeo.

En los dos procesos anteriormente mencionados, casi la mitad del silicio se pierde como polvo durante el cortado. El silicio amorfo, una de las tecnologías de lámina delgada, es creado depositando silicio sobre un substrato de vidrio de un gas reactivo tal como silano (SiH_4). El silicio amorfo es una de grupo de tecnologías de lámina delgada. Este tipo de célula solar se puede aplicar como película a substratos del bajo costo tales como cristal o plástico. Otras tecnologías de lámina delgada incluyen lámina delgada de silicio multicristalino, las celdas de seleniuro de cobre e indio/sulfuro de cadmio, las celdas de telurio de cadmio/sulfuro del cadmio y las celdas del arseniuro de galio. Las celdas de lámina delgada tienen muchas ventajas incluyendo una deposición y un ensamblado más

fácil, la capacidad de ser depositadas en substratos o materiales de construcción baratos, la facilidad de la producción en masa, y la gran conveniencia para aplicaciones grandes.

En la producción de celdas solares al silicio se le introducen átomos de impurezas (dopado) para crear una región tipo p y una región tipo n de modo de producir una unión p-n. El dopado se puede hacer por difusión a alta temperatura, donde las planchas se colocan en un horno con el dopante introducido en forma de vapor. Hay muchos otros métodos de dopar el silicio. En la fabricación de algunos dispositivos de lámina delgada la introducción de dopantes puede ocurrir durante la deposición de las láminas o de las capas.

Un átomo del silicio tiene 4 electrones de valencia (aquellos más débilmente unidos), que enlazan a los átomos adyacentes. Substituyendo un átomo del silicio por un átomo que tenga 3 ó 5 electrones de la valencia producirá un espacio sin un electrón (un agujero) o un electrón extra que pueda moverse más libremente que los otros, ésta es la base del doping. En el doping tipo p, la creación de agujeros, es alcanzada mediante la incorporación en el silicio de átomos con 3 electrones de valencia, generalmente se utiliza boro. En el dopaje de tipo n, la creación de electrones adicionales es alcanzada incorporando un átomo con 5 electrones de valencia, generalmente fósforo figura 1.1.

Una vez que se crea una unión p-n, se hacen los contactos eléctricos al frente y en la parte posterior de la célula evaporando o pintando con metal la plancha. La parte posterior de la plancha se puede cubrir totalmente por el metal, pero el frente de la misma tiene que tener solamente un patrón en forma de rejilla o de líneas finas de metal, de otra manera el metal bloquearía al sol del silicio y no habría ninguna respuesta a los fotones de la luz incidente.

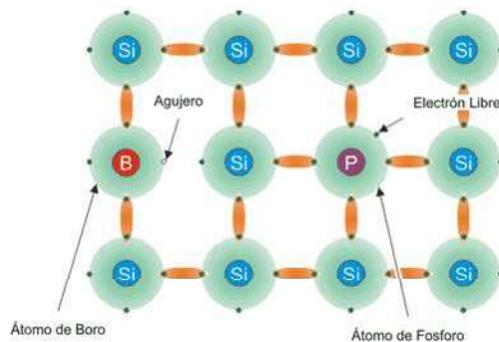


Figura 1.1 Base del doping.

Se agrupan y empaquetan en los paneles solares, que son las unidades comerciales de producción de energía solar fotovoltaica [1] (ver figura 1.2 y figura 1.3).

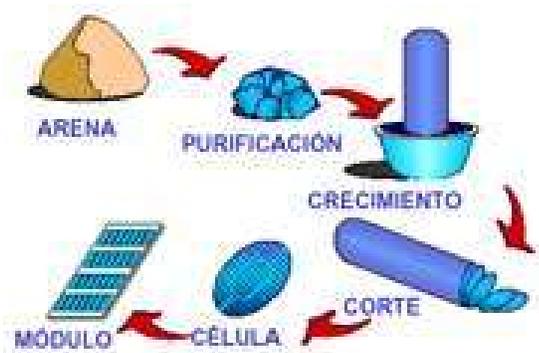


Figura 1.2 proceso de fabricación de la célula.



Figura1.3 Célula solar

La producción eléctrica está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas, que produce una diferencia del fotovoltaje o del potencial entre las capas, generalmente silicio tipo p y silicio tipo n. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas ("agujeros") de las cargas negativas (electrones) dentro del dispositivo fotovoltaico. Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo p y los

electrones hacia la negativa o capa tipo n. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos (ver figura 1.4). [1]

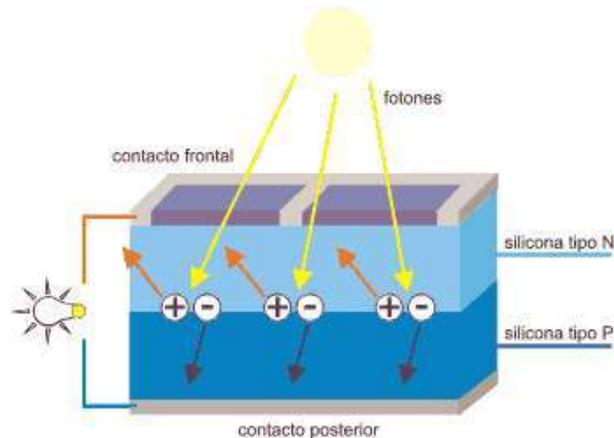


Figura 1.4 Efecto fotovoltaico en una célula solar.

La cantidad de energía que entrega un dispositivo fotovoltaico está determinado por:

- El tipo y el área del material
- La intensidad de la luz del sol
- La longitud de onda de la luz del sol

Por ejemplo, las celdas solares de silicio monocristalino actualmente no pueden convertir más el de 25% de la energía solar en electricidad, porque la radiación en la región infrarroja del espectro electromagnético no tiene suficiente energía como para separar las cargas positivas y negativas en el material.

Las celdas solares de silicio policristalino en la actualidad tienen una eficiencia de menos del 20% y las celdas amorfas de silicio tienen actualmente una eficiencia cerca del 10%, debido a pérdidas de energía internas más altas que las del silicio monocristalino.

Una típica célula fotovoltaica de silicio monocristalino de 100 cm^2 producirá cerca de 1.5 vatios de energía a 0.5 voltios de Corriente Continua y 3 amperios bajo la luz del sol en pleno verano a 1000 Wm^{-2} . La energía de salida de la célula es casi directamente proporcional a la intensidad de la luz del sol. (Por ejemplo, si la intensidad de la luz del sol se divide por la mitad la energía de salida también será disminuida a la mitad).

Una característica importante de las celdas fotovoltaicas es que el voltaje de la célula no depende de su tamaño si no que sigue siendo bastante constante con el cambio de la intensidad de luz. La corriente en un dispositivo, es casi directamente proporcional a la intensidad de la luz y al tamaño. Para comparar diversas celdas se les clasifica por densidad de corriente, o amperios por centímetro cuadrado del área de la célula.

La potencia entregada por una célula solar se puede aumentar con bastante eficacia empleando un mecanismo de seguimiento para mantener el dispositivo fotovoltaico directamente frente al sol, o concentrando la luz del sol usando lentes o espejos. Sin embargo, hay límites a este proceso, debido a la complejidad de los mecanismos, y de la necesidad de refrescar las celdas. La corriente es relativamente estable a altas temperaturas, pero el voltaje se reduce, conduciendo a una caída de potencia a causa del aumento de la temperatura de la célula [2].

El principio de operación de la celda solar es por medio de la luz absorbida en su mayoría (80%) se convierte en calor y simplemente contribuye a calentar la celda. Sin embargo, el 20% restante transfiere la energía de sus paquetes lumínicos o cuantos, a electrones periféricos de los átomos de silicio de forma análoga a una bola de billar cuando choca con otra. Los electrones quedan “liberados” del átomo y pueden moverse en la oblea. Estos son los electrones que contribuyen a generar una corriente eléctrica, pero antes deben alcanzar la superficie de la celda, donde se encuentra el campo eléctrico interno mencionado anteriormente. El campo eléctrico atrae los electrones a la superficie de la celda y se acumularán ahí dando por resultado un voltaje medible exteriormente. Este es el llamado efecto fotovoltaico. Los electrones no pueden regresar a la oblea por el mismo camino gracias al campo eléctrico.

Cuando se establece un circuito entre la cara superior e inferior de la celda, los electrones acumulados pueden fluir por el mismo y regresar a su posición original dentro de la oblea de silicio. Este movimiento ordenado por el circuito exterior es precisamente la corriente fotovoltaica o corriente solar. El término sirve para identificar su origen pero no se distingue de la corriente eléctrica generada por otras formas, por ejemplo por una batería. [3].

Actualmente hay miles de sistemas de bombeo FV en operación en granjas y ranchos alrededor del mundo. Los sistemas fotovoltaicos pueden satisfacer un amplio rango de necesidades que van desde pequeña bombas hasta requerimientos moderados de irrigación. Los sistemas de bombeo solar son sencillos, confiables y solo requieren de poco mantenimiento. Tampoco se requiere combustible. Estas ventajas deben considerarse cuidadosamente cuando se comparen los costos iniciales de un sistema convencional y un sistema de bombeo solar [4].

Otras aplicaciones actuales de los sistemas fotovoltaicos, justificadas técnica y económicamente dentro del marco descrito son variadas y cada día más abundantes:

Aplicaciones profesionales:

Equipos de comunicación en general, estaciones de telemetría como las meteorológicas, plataformas marinas petroleras, señalización de cruces de ferrocarriles, señalización marítima, luces de obstrucción para torres o estructuras metálicas de gran altura, etc.

Aplicaciones sociales y comunitarias.

Servicios de iluminación y equipos médicos de centros de salud, plantas potabilizadoras de agua, bombeo de agua para consumo humano, apoyo de iluminación a escuelas, radio telefonía rural, iluminación de áreas públicas, etc.

Aplicaciones industriales agropecuaria y pesquera.

Bombeo de agua para abreviar ganado, refrigeración de productos pesqueros, iluminación y ordeño de establos lecheros, bombeo de agua a granjas avícolas, riego por goteo o aspersión en invernaderos, etc.

Aplicaciones domésticas.

Suministro de electricidad para casa-habitación en las necesidades de iluminación interior y exterior, equipos personales, equipos de comunicación, etc. [3]

Con estos antecedentes básicos del panel solar se da un bosquejo sobre sus aplicaciones y así contribuir para la estructuración del sistema de bombeo de agua potable alimentado con energía renovable en el invernadero MOJARRO'S SERRES.

1.2 Objetivo.

El objetivo de este trabajo es solucionar el bajo factor de potencia en el invernadero MOJARRO'S SERRES mediante tres alternativas de suministro de energía, la primera es optimizar la aplicación de paneles fotovoltaicos como energía renovable para el bombeo de agua y el consumo en la oficina, la segunda es el uso de banco de capacitores para normalizar el factor de potencia y la tercera es creación de infraestructura eléctrica que proporcionará los voltajes requeridos por la carga.

1.3 Justificación.

La investigación sobre la aplicación de paneles fotovoltaicos es pensando en saber el costo que tiene esta energía renovable y el fomentar el uso de la misma en la región (Bombeo e Iluminación) sabiendo los variados usos que se pueden aprovechar. Tomando en cuenta también que la aplicación se puede hacer adaptándonos a ciertas cargas (motores) de CA o en su caso usando cargas de tipo CD lo cual reduce el costo por adaptarse a este tipo de cargas.

1.4 Metodología.

Se estudiarán tres alternativas de suministro eléctrico para el invernadero MOJARRO'S SERRES considerando la carga que se tiene, como es el equipo de Bombeo y lo que respecta a la oficina, como primer caso de estudio veremos la aplicación del panel fotovoltaico como generador de energía y así aprovechar el recurso solar con el que cuenta la región y elegiremos de los diversos fabricantes el equipo fotovoltaico que mejor se adapte a nuestra necesidad de carga, tal equipo a elegir como el panel fotovoltaico, el inversor, regulador de energía, la estructura o soporte y lo correspondiente a la mano de obra necesaria para la instalación. Calcularemos el tiempo de recuperación de la inversión con el importe total de facturación por el consumo de energía mensual (Cobrado por CFE).

El segundo caso de estudio será el cálculo del banco de capacitores necesario, el cual tiene el objetivo de normalizar el bajo factor de potencia originado por circunstancias de la carga (alta inductancia) que origina una penalización que se suma a el importe de facturación por el consumo de energía mensual, dicho importe de facturación es cobrado por la empresa de Comisión Federal de Electricidad, la penalización será usada para calcular el tiempo de recuperación de la inversión del panel fotovoltaico. La penalización se usará debido a que regularizando el factor de potencia éste ya no causará dicha penalización.

El último caso de estudio que veremos será el costo de la creación de infraestructura eléctrica con la finalidad de proporcionar los voltajes de 120v y 220v al límite de propiedad debido a que actualmente el voltaje de suministro es de 440v (no comercializado por CFE) tarifa 9CU por lo cual se usa de un transformador interno de 15KVA (sobredimensionado para la carga) para obtener los voltajes que se necesitan para alimentar la carga y también el medidor de energía se encuentra a 98m metros de la propiedad mas 7 metros del centro de carga. Estos factores muestran las condiciones inadecuadas del servicio de suministro de energía por lo cual veremos la factibilidad de la creación de infraestructura calculando así el tiempo de recuperación de la inversión con el importe de facturación sabiendo que la tarifa de cobro sería diferente.

1.5 Contenido de la tesis

En el capítulo 1 Comienza con una introducción que nos va familiarizando con el origen de la célula fotovoltaica, hasta llegar a algunas aplicaciones con las que el panel fotovoltaico genera energía para suministrarlas a la carga, posteriormente el objetivo que motiva a nuestro tema y la Justificación que da la importancia del uso de energía renovable.

En el capítulo 2 Hablaremos sobre la ciudad de Yurécuaro Michoacán donde se encuentra el invernadero MOJARRO'S SERRES llegado así a las características de la formación del sistema de bombeo que se tiene actualmente en el lugar de estudio, así como también mencionaremos detalles del suministro eléctrico y dar seguimiento a los elementos que intervendrán (que nos sean útiles) para el sistema de bombeo con panel fotovoltaico, tales condiciones como la insolación, uso de el bombeo, tipo de bombeo, irrigación, etc.

En el capítulo 3 Se desarrollará el diseño y dimensionamiento del equipo fotovoltaico elegido tales como: paneles fotovoltaicos adecuados, inversores, baterías, regulador de energía y elementos necesarios proporcionados por diferentes fabricantes. Posteriormente elaboraremos el estudio de la integración del banco de capacitores, el costo por diferentes fabricantes y elegiremos el que aporte la potencia reactiva necesaria para normalizar el factor de potencia a 0.9. Como última alternativa de suministro cotizaremos la infraestructura eléctrica que nos proporcione los voltajes necesarios (120 y 220 v CA) a límite de propiedad corrigiendo las condiciones de suministro de energía actuales.

En el capítulo 4 Se realizarán las comparaciones económicas de las alternativas propuestas como: paneles fotovoltaicos, el banco de capacitores y lo relacionado al costo de la creación de la infraestructura eléctrica necesaria. Posteriormente comentaremos las ventajas y desventajas observadas.

Conclusiones generales, personales, alternativa elegida y trabajos futuros.

Capítulo 2

Antecedentes generales

En este capítulo se establece brevemente algunos datos geográficos de la ciudad de Yurécuaro, Michoacán seguido de las características del invernadero MOJARRO'S SERRES al cual se le va a aplicar el estudio. Posteriormente hablaremos de la aplicación de las fuentes renovables de energía existentes, llegando así a las características para su instalación, operación y mantenimiento.

2.1 La ciudad de Yurécuaro

Yurécuaro es una palabra de origen chichimeca y significa “lugar junto al río” figura 2.1. Se localiza al Noroeste del Estado, en las coordenadas 20°20' de latitud Norte y 102°17' de longitud Oeste, a una altura de 1,530 metros sobre el nivel del mar. Limita al Norte con el Estado de Jalisco, al Este con el municipio de La Piedad, al Sur con el municipio de Ecuandureo, y al Oeste con el municipio de Tanhuato. Su distancia a la capital del Estado es de 220 kms.



Figura 2.1 Ubicación de la ciudad de Yurécuaro en el estado de Michoacán.

Otras características de la región se mencionan a continuación:

Extensión

Su superficie es de 173.88 Km² y representa 0.29 por ciento del total del Estado.

Orografía

Su relieve lo constituyen la depresión del Lerma Chápala y los cerros el Blanco, Colorado, Doña Ana y Soledad.

Hidrografía

Su hidrografía se constituye por los ríos de Las Nutrias y Lerma, cuenta con manantiales de agua fría y agua caliente.

Clima

Su clima es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 700.0 milímetros cúbicos y temperaturas que oscilan entre 13.0 y 38.0° centígrados

Principales ecosistemas

En el municipio domina la pradera, con huizache, mezquite y nopal. Su fauna está representada principalmente por aves: golondrinas, tordo, zopilote, cardenal, garza, canario, calandria, gorrión y urraca. Animales de pelo como: conejo, tlacuache, zorrillo, zorra, armadillo.

Recursos naturales

La superficie forestal maderable, es ocupada por encino y pino, la no maderable es ocupada por matorrales.

El río Lerma, es aprovechado para el sistema de riego “Rosario-Mezquite”.

Características y uso del suelo

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario y plioceno, corresponden principalmente a los del tipo chernozem. Su uso es primordialmente agrícola y ganadero, y en menor proporción forestal [5].

Las principales actividades económicas son:

Agricultura

La agricultura es la principal actividad económica del municipio siendo sus principales cultivos: el trigo, cebada, maíz, jitomate, cebolla, avena forrajera, tomate, pepino, melón, sandía, lenteja, frijol, garbanzo, calabacita, chile verde, chile jalapeño y chilaca.

Ganadería

La ganadería es la segunda actividad en importancia, siendo sus principales crías el ganado: bovino, porcino, ovino, caprino, aves y apícola.

Industria

El municipio cuenta con una industria establecida como es la fabricación de productos de cristal cortado, muebles y accesorios, industria del vestido y una empacadora de hortalizas.

Como anteriormente se establecen algunos puntos sobre la población cabe resaltar que la agricultura, la ganadería y la industria son las principales actividades económicas de este municipio. [1]

2.1.1 Invernadero MOJARRO'S SERRES

El invernadero MOJARRO'S SERRES está localizado hacia la salida a La Piedad Michoacán, a 1.5 km del centro de la ciudad Yurécuaro, en el ejido Guamúchil grande Potrero agua caliente, este invernadero se compone de un área total de 1.16 hectáreas en la cual se integra de una área para el cultivo agrícola (ver figura 2.2), otra área correspondiente a la oficina, una más para los módulos invernaderos (tres) donde se aplica

el sistema de riego por goteo a las diferentes plantas como Chile, Jitomate, Tomate, etc. (ver figura 2.3 y 2.4).



Figura 2.2 Área correspondiente al cultivo agrícola.



Figura 2.3 Ubicación de los tres invernaderos.



Figura 2.4 Sistema de riego por goteo.

En la entrada del invernadero y junto a la oficina se encuentra la cisterna donde es almacenada el agua, misma que tiene una capacidad de 50 m³. Sobre el lugar de almacenamiento se encuentra ubicada la moto bomba JT (figura 2.5) con la cual se lleva a cabo el riego por goteo en los invernaderos (3 módulos), ayudándose de un sistema hidroneumático para tener presión en las mangueras de riego. Esta bomba tiene las características tales como la potencia de 1hp alimentado de un voltaje de 220v CA 6A y suministra 3m³ a 4 m³ de agua (cuando se ocupa regar) por medio de los carros de riego, algunas veces se necesita más según el temporal de producción en el que se encuentre el invernadero presentándose meses críticos donde se requiere un excedente. Cabe mencionar que esta bomba proporciona agua cada 4 días en promedio a un tanque de almacenamiento de 1100 litros para el consumo que requiere el uso doméstico (uso regular) como por ejemplo los sanitarios, una regadera, la cocina y césped del jardín.



Figura 2.5 Motobomba JET utilizada para riego.

El invernadero MOJARRO'S SERRES cuenta con un área disponible de 40 m^2 para ubicar los paneles solares para la Motobomba Jet de 1 hp que a su vez se cuentan con las ventajas para la captación solar apropiada (ver figura 2.6).



Figura 2.6 Área disponible para ubicación de paneles solares.

Como ya se mencionó, se cuenta con una cisterna para almacenar el agua extraída del pozo la cual cuenta con una capacidad de 50 m^3 (ver figura 2.7) y esta a una altura de 2.7m con respecto de la superficie del pozo donde se ubica la bomba tipo sumergible que abastece dicha cisterna para que esta mantenga un nivel de lleno adecuado.



Figura 2.7 Cisterna de almacenamiento de agua.

El pozo donde es extraída el agua (ver figura 2.8) está ubicado a 113m de la cisterna; dicho pozo cuenta actualmente con una bomba de tipo sumergible de $\frac{1}{2}$ hp alimentado de 110v CA 4.4A cuyo caudal aproximado es de 17 lit/min (dato proporcionado por su propietario) a una profundidad de 30m.

Este pozo extrae el agua (diámetro de succión) con una tubería de $1\frac{1}{4}$ pulg, después de la bomba (diámetro de descarga) a la tubería cambia a 1pulg.

La bomba regularmente funciona 6 hr., durante el día, ya que se acciona manualmente por el personal que labora ahí con la finalidad de tener siempre un nivel de agua en la cisterna.

El lugar donde se ubica la bomba (sobre ella) tiene un área disponible de $25m^2$ para la instalación de los paneles solares lo cual beneficia por la cercanía y a su vez está libre de sombras porque los árboles se encuentran aproximadamente a 30m de distancia de separación. Ver figura 2.9.



Figura 2.8 Lugar de ubicación de la bomba tipo sumergible.



Figura 2.9 Área disponible para instalar los paneles fotovoltaicos.

La ubicación de la bomba puede ser tomada como centro para la instalación del panel solar. Llevando a cabo el acondicionamiento requerido con ayuda de las estructuras que portan los paneles solares las cuales optimizan la insolación ya sea instalándolas fijas, movibles manualmente, automáticamente por medio de sistemas de control (ajuste azimut y/o elevación) del cual hablaremos más adelante.

El plano mostrado en la figura 2.10. Detalla la ubicación de lo que se compone el invernadero MOJARRO'S SERRES (oficina, cisterna, plántulas, bombas, área de cultivo, baños etc.) se

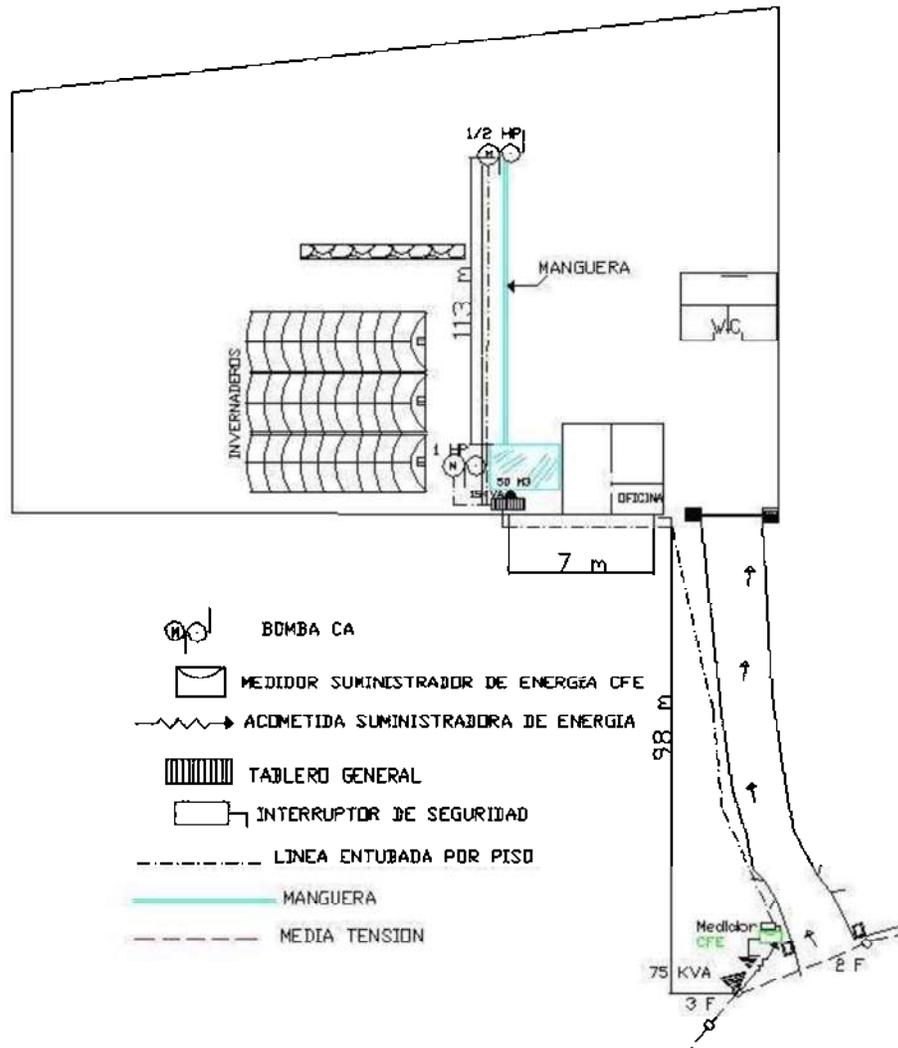


Figura 2.10 Plano de espacios del Invernadero MOJARRO'S SERRES.

2.2 Energías renovables

La energía es de vital importancia para el desarrollo demográfico y económico de cualquier país. Con ella es posible llevar a cabo los trabajos que el hombre por si solo es incapaz de hacer. Existen diversas fuentes de energía, entre ellas están los combustibles fósiles y las fuentes de energía renovables como el sol y el viento. La energía solar

fotovoltaica y eólica se les denomina renovable porque trata de un recurso limpio, abundante e inagotable. Para nuestro caso nos enfocaremos en la fuente de energía fotovoltaica.

Hoy en día, la tecnología fotovoltaica disponible comercialmente es una alternativa real para su aplicación en diversas tareas domésticas, industriales y agropecuarias. Sin embargo es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin. Las aplicaciones más comunes en el sector agropecuario son bombeo de agua (ver figura 2.11), cercos eléctricos, calentadores de agua, congeladores y sistemas de secado de productos agrícolas por mencionar algunos, además de la electrificación básica para fines domésticos.

El bombeo de agua en pequeña escala es una aplicación de mucha trascendencia en el mundo; tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional e implementarla sería más costoso respecto a las renovables.

Los sistemas de bombeo fotovoltaicos se caracterizan por ser de alta confiabilidad, larga duración y mínimo mantenimiento, lo cual se traduce en un menor costo a largo plazo si se le compara con otras alternativas de energía.

Además no requiere del empleo de un operador y tienen un bajo impacto ambiental (no contaminan el aire o el agua y no emiten ruido).

Otra ventaja es que los sistemas son modulares, de manera que pueden adecuarse para satisfacer las necesidades específicas del usuario en cualquier momento [6].

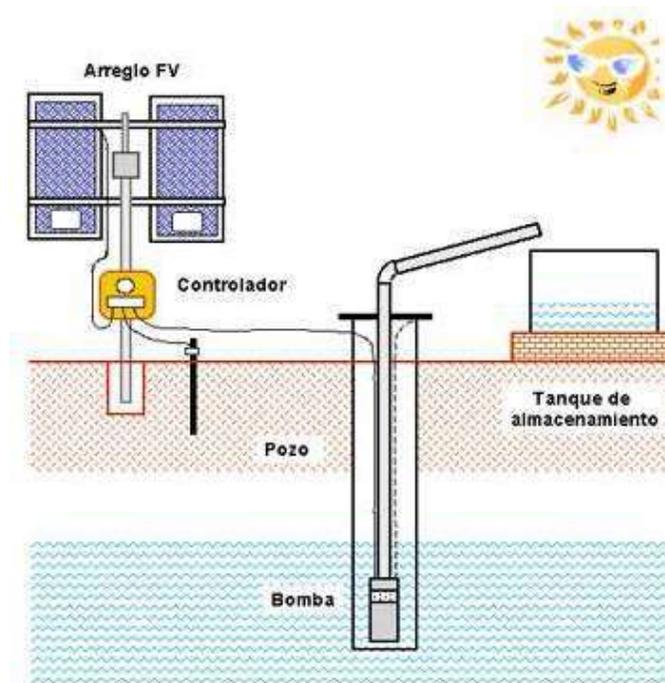


Figura 2.11 Bombeo de agua con energía fotovoltaica.

Una de las características del recurso solar es su condición aleatoria y variable, por cuanto depende de condiciones atmosféricas. Para ello, existen diferentes técnicas que van desde la referencia popular hasta el uso de imágenes de satélite. Sin embargo, no importa que tan sofisticados sean los métodos de prospección ya que la evaluación de la factibilidad técnico-económica de un proyecto solar exige un conocimiento detallado de las zonas de mayor insolación y sus características de irradiación, por lo que es imprescindible llevar a cabo mediciones in situ.

Además de la cantidad de energía solar disponible, la cantidad de energía eléctrica que un proyecto tanto termosolar como fotovoltaico, puede producir a lo largo del tiempo, depende de diferentes parámetros como el área insolada, la eficiencia de las celdas o de los materiales del calentador y de la capacidad del sistema para capturarla y transformarla, entre otros.

De esta manera, la evaluación de la factibilidad técnica y económica de cualquier proyecto solar, exige información confiable tanto del recurso en el sitio de posible construcción, como información precisa de la curva de potencia de los módulos o calentadores a utilizar

[7]. Esta información se detallara en el capitulo posterior con datos proporcionados por el fabricante de diferentes paneles fotovoltaicos e inversores.

2.3 Recurso solar.

La potencia de la radiación varía según la latitud del sitio, el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan. Se puede asumir que en la superficie terrestre, en un día claro, al medio día solar y en un plano normal a los rayos solares la potencia de la radiación es cercana a los $1,000 \text{ W/m}^2$. A esta potencia se le conoce como irradiación.

La radiación solar aprovechable puede obtenerse de forma tanto directa como difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega del Sol sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la que es absorbida por la atmósfera en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres y es emitida por la bóveda celeste diurna, gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar. La radiación solar directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible hacer lo mismo con la luz difusa que proviene de todas direcciones.

A lo largo del día y bajo condiciones atmosféricas iguales, la irradiación recibida en un captador varía a cada instante, presentando valores mínimos en el amanecer y atardecer, y adquiriendo valores máximos al mediodía; es decir, se espera que a las 10:00 A.M. el valor de la irradiación sea diferente y menor al que se obtiene a la 1:00 P.M. Lo anterior se explica debido al movimiento de rotación de la tierra (movimiento sobre su propio eje) que hace que la distancia que recorre la luz solar hacia el captador, dentro de la masa de aire, sea mínima al medio día solar (rayos de luz cayendo perpendicularmente sobre el captador) con respecto a otras horas del día.

Considerando la cantidad de energía que se recibe en el plano terrestre, México tiene una insolación media cercana a los 5 Kwh/m^2 , que es un valor relativamente alto. Este valor varía a lo largo del año según la localización geográfica (particularmente la latitud) y las condiciones meteorológicas (estaciones del año) de una localidad dada [8].

Existen en la actualidad mapas y tablas que indican la insolación mensual promedio para diferentes zonas geográficas. Para nuestro caso tomaremos la tabla 2.1 que corresponde a los lugares más próximos como Morelia Michoacán y Guadalajara Jalisco.

Tabla 2.1 Insolación de la ciudad de Morelia Michoacán y Guadalajara Jalisco.*

MES	Insolación Kwh/m ² -Día	
	Morelia	Guadalajara
Enero	4.2	4.6
Febrero	4.9	5.5
Marzo	5.5	6.3
Abril	5.8	7.4
Mayo	5.9	7.7
Junio	5.2	5.9
Julio	5	5.3
Agosto	5.1	5.3
Septiembre	4.9	5.2
Octubre	4.6	4.9
Noviembre	4.3	4.8
Diciembre	3.7	4.0

Como vemos en la tabla Guadalajara, Jalisco tiene un alto grado de insolación y a su vez es el lugar más cercano a Yurécuaro, Michoacán. Por la condición de no tener el índice de insolación en Yurécuaro tomaremos como referencia el de Guadalajara para elaborar nuestro estudio aprovechando la cercanía que se tiene.

La República Mexicana (Latitud 15°-35° Norte y Longitud 88°-118° Oeste) por encontrarse cerca del ecuador, es relativamente constante la insolación recibida lo largo de todo el año. Con base en lo anterior, la explotación futura de la tecnología fotovoltaica en México brinda condiciones favorables para contribuir en forma importante a los requerimientos energéticos del país. Y su utilización puede resultar más rentable en comparación con muchos otros países [9].

2.4 Aplicación de Paneles Fotovoltaicos.

La Energía solar fotovoltaica se presenta como una de las tecnologías de producción energética más benignas con el medio ambiente. El relativamente bajo impacto ambiental de las tecnologías asociadas a la producción de paneles fotovoltaicos y la capacidad para convertir directamente la luz del sol en electricidad, sin emisiones de CO₂, permiten

vislumbrar una futura era solar para la generación de energía en todo el mundo. Existen trabajos que plantean una red eléctrica fotovoltaica mundial, que resolvería en gran medida el problema de la acumulación de contaminantes en el medio ambiente.

La energía solar se enfrenta actualmente con diversos retos tecnológicos, pero, sobre todo, con la dificultad de introducir en el mercado una fuente energética con un precio del kWh alto (en la valoración económica convencional, sin tener en cuenta las externalidades energéticas), si lo comparamos con otras tecnologías. Sin embargo, este alto precio va disminuyendo, estimándose que cada vez que se duplica la producción el coste de la instalación se reduce un 18 %. En consecuencia, uno de los factores que permitirían la reducción de precios es el salto a una producción a gran escala. La producción de generadores fotovoltaicos de electricidad está experimentando unos crecimientos considerables en los últimos años, permitiendo vislumbrar esa transición a la producción en masa [10].

La producción mundial de generadores fotovoltaicos ha experimentado un crecimiento constante en los últimos veinte años. La figura 2.12 muestra la potencia pico producida en Europa, China, Taiwán, EEUU y en el mundo. Se puede observar que las tasas de crecimiento de la potencia fabricada se eleva en China y Europa [11].

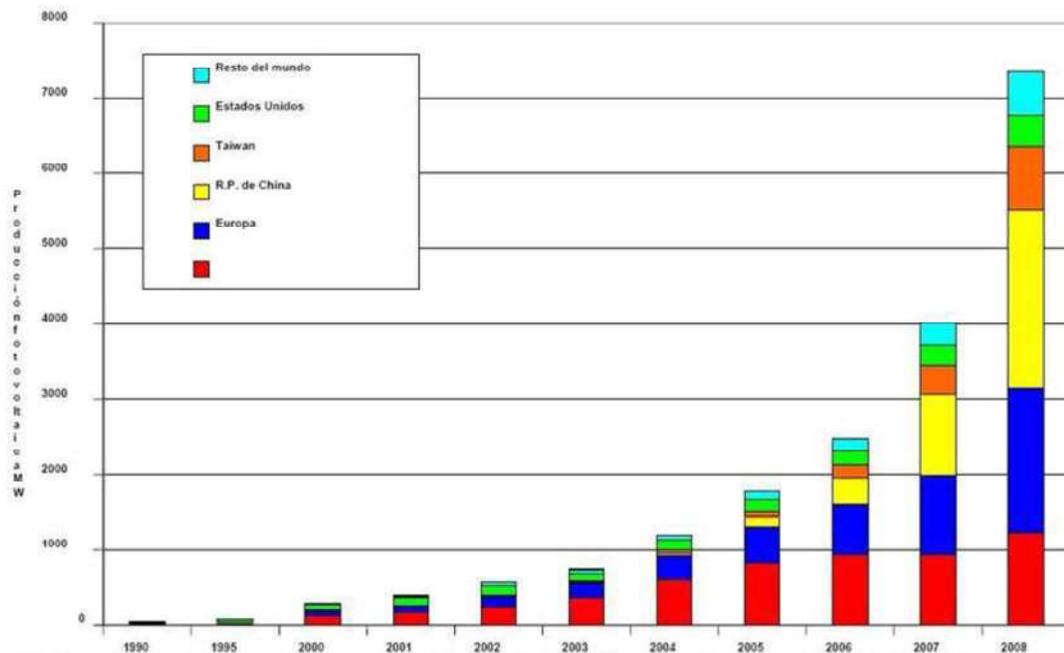


Figura 2.12 Producción mundial de paneles de 1990 a 2008, expresada en MWp

La prestigiosa revista PHOTON International, estima que la demanda de energía fotovoltaica continuará creciendo, con tasas de 30 % a 40 % en el 2005 y de al menos 30 % entre los años 2006 a 2010. La demanda en Japón crecerá entre un 20 % y un 30 % anualmente hasta el 2010, a pesar de la reducción de los incentivos gubernamentales.

Se albergan perspectivas aún mejores en Alemania, con un crecimiento del 50 % en el presente año, un 40 % en el 2006 y al menos de un 30 % para el año 2010. En Estados Unidos y en el resto del mundo se estima que el crecimiento de la demanda de energía fotovoltaica será de al menos un 30 % hasta el año 2010. Países como España, Corea del Sur y China pueden jugar papeles importantes. En el caso de España se ha llegado a hablar de la siguiente Alemania, en lo que respecta al menos a tecnología y producción. En el caso de Corea del Sur existen planes para instalar una gran capacidad (1.3 GW para el 2011), mientras China continuará con su política de instalaciones rurales [12].

Parece claro que la energía fotovoltaica se presenta como una de las fuentes energéticas que experimentará un desarrollo más acentuado tanto en el corto, como en el medio y largo plazo. Nuestro país debería promover más instalación de paneles solares ya que como se mencionó anteriormente México es un país con un índice de irradiación muy favorable durante el año, también porque no decirlo adentrarnos en el desarrollo científico de esta fuente energética dejando de ser incipientes en esta tecnología como lo somos actualmente.

2.5 Trayectoria solar.

Además de las condiciones atmosféricas hay otro parámetro que afecta radicalmente a la incidencia de la radiación sobre un captador solar, este es el **movimiento aparente del sol** a lo largo del día y a lo largo del año, ver Figura 2.13. Se dice "aparente" porque en realidad la Tierra es la que está girando y no el Sol. La Tierra tiene dos tipos de movimientos: uno alrededor de su propio eje (llamado movimiento rotacional) el cual da lugar al día y la noche y el otro; alrededor del sol (llamado movimiento de traslación) siguiendo una trayectoria elíptica, el cual da lugar a las estaciones del año.

Un arreglo fotovoltaico recibe la máxima insolación cuando se mantiene apuntando directamente al sol; es decir, cuando los rayos inciden perpendicularmente en él. Para esto

se necesita seguir al sol durante el día y durante todo el año, requiriéndose el ajuste de dos ángulos del arreglo: el **azimut** para seguir el movimiento diario del sol de este a oeste, y el ángulo de **elevación** para seguir el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur. Así, para que el arreglo fotovoltaico siga al sol se necesita de estructuras de montaje que estén diseñadas para tal propósito [6].

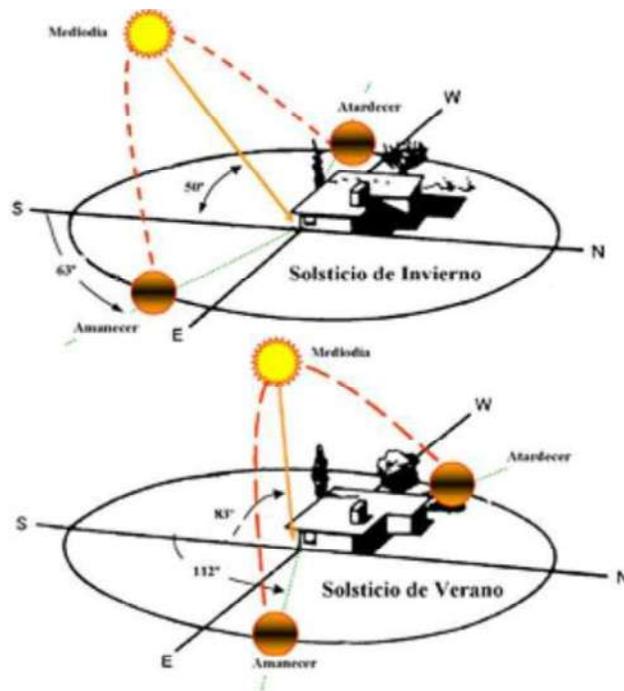


Figura 2.13 Trayectoria solar.

2.6 Inclinación del arreglo fotovoltaico

La máxima energía se obtiene cuando los rayos solares llegan perpendiculares a la superficie del captador. En el caso de arreglos fotovoltaicos la perpendicularidad entre las superficies de los módulos y los rayos solares solo se puede conseguir si las estructuras de montaje del arreglo se mueven siguiendo al Sol.

Existen estructuras de soporte del arreglo que ajustan automáticamente el azimut y/o la elevación. Estas estructuras de montaje se llaman **seguidores**. Generalmente el ángulo de elevación del arreglo es fijo. En algunos casos se usan seguidores azimutales.

Dependiendo de la latitud del lugar, los seguidores azimutales pueden incrementar la insolación promedio anual hasta en un 25%.

En el caso de que no se tenga un seguidor solar, el arreglo se monta en una estructura fija como se muestra en la Figura 2.14. Este montaje tiene la ventaja de ser muy sencillo y económico.

Debido a que el ángulo de elevación del Sol cambia durante el año, se debe tener un criterio de selección del ángulo óptimo del arreglo que garantice la máxima producción de energía eléctrica. En el hemisferio Norte el Sol se declina hacia el Sur, por lo cual se requiere que los arreglos fijos se coloquen inclinados (respecto de la horizontal) viendo hacia el Sur.

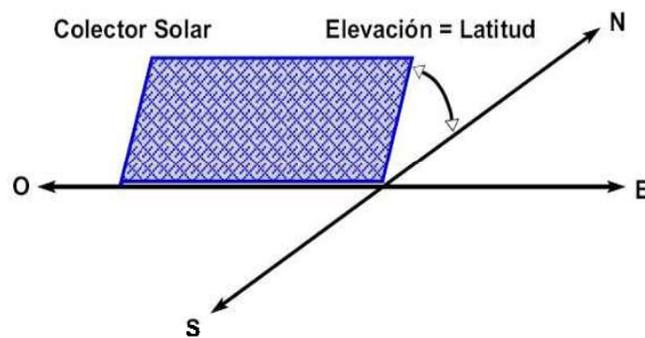


Figura 2.14 Orientación de una estructura fija.

2.7 Conceptos básicos de Electricidad

Corriente (I), voltaje (V), potencia (P) y energía eléctrica (E) son algunos de los conceptos eléctricos fundamentales que se deben de tener en mente cuando se trata con sistemas fotovoltaicos. La **corriente eléctrica** que circula en el material se define como el número de electrones que fluyen a través de él en un segundo. La corriente I se mide en amperes.

El **voltaje eléctrico** V, es el esfuerzo que debe realizar una fuerza externa sobre los electrones dentro del material, para producir la corriente y se mide en Volts. La **potencia eléctrica**, es aquella que se genera o se consume en un instante dado, se especifica por el voltaje que obliga a los electrones a producir la corriente eléctrica continua y se expresa como:

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

La unidad de potencia eléctrica es el Watt (1 Watt = 1 volt x 1 Amper). Y en cuanto a la **energía eléctrica**, E, es la potencia generada o consumida en un periodo de tiempo t y se define como:

$$E = P \times t; \quad (2.2)$$

Si el tiempo de consumo está dado en horas, entonces las unidades para la energía producida serán: Watt-hora. Otra unidad utilizada es el Joule

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Watt por segundo}, 1 \text{ kW-h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} \quad (2.3)$$

[6]

2.7.1 Arreglos fotovoltaicos

Un arreglo FV es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie y/o paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y en paralelo.

Incrementando el voltaje: Los módulos solares se conectan en serie para obtener voltajes de salida más grandes. El voltaje de salida, V_s , de módulos conectados en serie está dado por la suma de los voltajes generados por cada módulo.

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (2.4)$$

Incrementando la corriente: Los módulos solares o paneles se conectan en paralelo para obtener corrientes generadas más grandes. El voltaje del conjunto es el mismo que el de un módulo (o un panel); pero la corriente de salida, I_s , es la suma de cada unidad conectada en paralelo. [6]

$$I_s = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \quad (2.5)$$

Capítulo 3

Alternativas de mejora eléctrica.

Este capítulo describirá los elementos que integraremos para la operación de la fuente de energía fotovoltaica para el suministro de energía de la bomba para almacenar el agua en la cisterna, el riego por goteo y la energía necesaria para la oficina. Los elementos del sistema renovable tales como baterías, regulador de energía, el inversor y el panel fotovoltaico son producidos por diferentes fabricantes y tienen características específicas que veremos de algunos de ellos y así elegir el que mejor se adapte a nuestras necesidades. Posteriormente abordaremos el estudio de la aplicación de banco de capacitores para corregir el bajo factor de potencia y obtener el costo que este tendría según el fabricante más la mano de obra de la instalación. Finalmente abordaremos el desarrollo de la infraestructura eléctrica, el costo de material más la mano de obra con lo cual proporcionaremos el voltaje adecuado al límite de propiedad.

3.1 Elementos que componen un sistema de bombeo de agua con panel fotovoltaico.

Un sistema solar de bombeo es similar a los sistemas convencionales excepto por la fuente de potencia. Su operación es muy sencilla, como se muestra en la Figura 3.1. Los componentes principales que lo constituyen son: un arreglo de módulos FV, un controlador ó inversor, un motor acoplado a una bomba y un tanque de almacenamiento. Un elemento más que hay que mencionar debido a sus ventajas es la estructura o soporte del panel fotovoltaico, este elemento puede ser de tipo fijo, manual de 2 posiciones o automático con la finalidad de aprovechar la posición de la superficie captadora (panel fotovoltaico) con respecto a la posición del sol. Esto para tener un mejor aprovechamiento de la generación fotovoltaica mediante el ajuste del ángulo del arreglo con respecto a la superficie de la tierra, quedando perpendicular los rayos del sol con respecto a la superficie del panel fotovoltaico y así obtenemos una óptima producción de energía eléctrica.

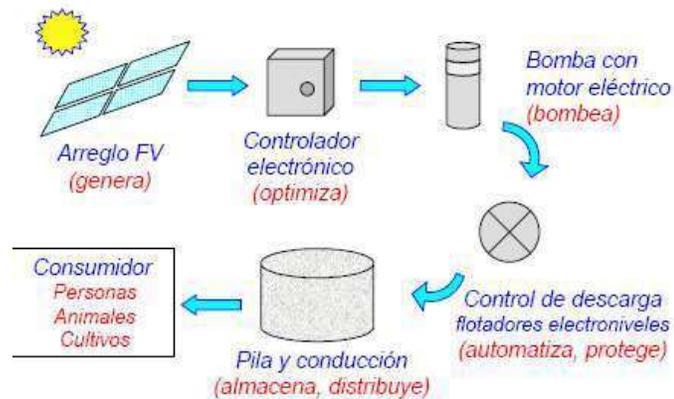


Figura 3.1 Componentes y operación de un sistema fotovoltaico de bombeo de agua.*

3.1.1 Tanque de almacenamiento.

Las necesidades de agua para consumo humano, uso agrícola y abrevadero de ganado requieren del uso de un tanque de almacenamiento. Se recomienda almacenar el agua para tres días de abasto. Almacenar agua en tanques es mucho más económico que almacenar energía en baterías. Después de algunos años (5 años promedio) de uso, las baterías necesitan reemplazarse, mientras que la vida útil de un tanque de almacenamiento bien construido es de varias décadas. En general no se recomienda utilizar baterías en los sistemas solares de bombeo a menos que se requieran debido a circunstancias del proyecto [6].

Lo anteriormente comentado hace énfasis en un elemento que se puede agregar (baterías) pero no es recomendable por su poco tiempo de vida útil y el gasto que esto ocasiona al tener que ser reemplazadas, pero su integración puede tener factibilidad cuando por ejemplo se necesite seguir bombeando agua después de la ausencia de la energía solar. Estas necesidades pueden ser las de seguir bombeando el agua al lugar de almacenaje ya que este puede ser de mucha capacidad o se está vaciando cada cierto tiempo como por ejemplo el suministro de agua potable a algunas poblaciones, debido a que requieren alrededor de 12 hrs consecutivas de agua.

En el caso de el sistema de almacenamiento de agua con el que se cuenta en el invernadero es de gran capacidad (50m^3), por lo que la bomba de $\frac{1}{2}$ hp estaría funcionando en condiciones normales (controlado por el personal que labora en el invernadero) debido a que solo esta bombeando agua durante el día para mantener un nivel apropiado en la cisterna.

3.1.2 Equipo de Bombeo.

La potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la intensidad del sol. Es decir, a medida que varía la intensidad solar durante el día, también cambia la disponibilidad de potencia para la bomba. Fabricantes tales como Grundfos, Solarjack, A.Y. McDonald, Dankoff, Shurflo, entre otros, fabrican equipos para bombeo solar diseñados especialmente para trabajar en estas condiciones de potencia variable. Cada fabricante suministra el motor, la bomba y los controles necesarios. Aparte de los controles, las bombas son muy similares a las bombas convencionales. Hay equipos de bombeo solar de diferentes potencias con bombas centrífugas, volumétricas, sumergibles y no sumergibles. [6]

Recordando el equipo de bombeo con el que cuenta nuestro sistema es uno de tipo sumergible de $\frac{1}{2}$ hp a 110v CA (cuyo fabricante es Red Jacket) el cual se utiliza para almacenar el agua en la cisterna y uno de tipo superficie centrífugo 1 hp a 220v CA tipo Jet de fabrica EVANS auxiliado de un sistema hidroneumático utilizado para el riego por goteo en los invernaderos. Este equipo de bombeo con el que se cuenta necesitaría de un inversor debido a que estos funcionan con CA, lo cual entraremos a detalle en la sección siguiente.

3.1.3 Inversor

Un elemento adicional que debemos utilizar es el uso de un inversor de voltaje de CD a CA para las cargas que así lo requieran como en nuestro caso los motores operan con CA para el bombeo de agua como a continuación se describirá.

Los convertidores de CD a CA se conocen como inversores ver figura (3.2). La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada en CD a un voltaje simétrico de salida en CA, con la magnitud y frecuencia deseadas.

En los inversores ideales, las formas de onda del voltaje de salida deberían ser senoidales. Sin embargo, en los inversores reales no son senoidales y contienen ciertas armónicas. El uso de los inversores es muy común en aplicaciones industriales tales (como la propulsión de motores de CA de velocidad variable, la calefacción por inducción, las fuentes de respaldo y las de poder, alimentaciones in-interrumpibles de potencia). La entrada puede ser una batería, una celda de combustible, una celda solar u otra fuente de CD. Las salidas monofásicas típicas son (1) 120V a 60 Hz, (2) 220V a 50 Hz y (3) 115V a 400Hz. Para sistemas trifásicos de alta potencia, las salidas típicas son (1) 220/380 V a 50 Hz, (2) 120/208 V a 60 Hz y (3) 115/200 V a 400 Hz.

Los inversores se pueden clasificar básicamente en dos tipos: (1) inversores monofásicos y (2) inversores trifásicos. Cada tipo puede utilizar dispositivos de activación y desactivación controlada (es decir BJT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) o tiristores de conmutación forzada [13].

El siguiente diagrama muestra la conexión típica de todo el sistema fotovoltaico.

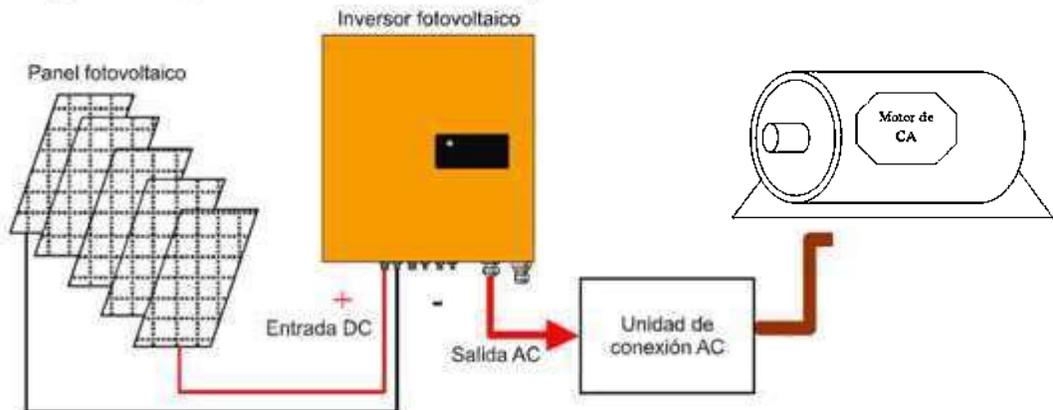


Figura 3.2 Implementación de un inversor en un sistema fotovoltaico.

En nuestro sistema será necesario incorporar un inversor para la bomba sumergible monofásica, uno para la bomba superficie bifásica y uno más para el suministro de energía de la oficina donde la energía para este provendrá de las baterías que almacenaran la energía proveniente de los paneles fotovoltaicos que alternaran con el inversor bifásico.

A continuación se muestran algunos inversores comerciales de algunos fabricantes de los cuales elegiremos uno para cada suministro de energía que cumpla con las necesidades.

Inversores comerciales cuyas características se aproximan a la carga con la que cuenta en el invernadero.

Inversores monofásicos para bomba sumergible de 1/2hp de 110v CA 4.4A 60 Hz

1. Empresa **INVERCOM** MODELO IC2400-E12S120 o IC2400-E24S120

Alimentación 12v cd |
 Corriente de Salida 6.6Amp
 Potencia de salida Máxima 2400w
 Potencia de salida continua 800w
 Voltaje de salida regulado al 5% 120
 Frecuencia 60 Hz
 Forma de onda semisenoidal
 Costo \$3990 MN.



Figura 3.3 Inversor Modelo IC12120-2400.

Costo: \$3990 MN para voltaje de entrada de 12v CD ó 24v CD.

Corriente de entrada 66A para voltaje de 12v (Modelo IC1220-2400W) CD y 33A para voltaje de 24v (Modelo IC24120-2400W) [14]

2. **CONERGY MIC 700** Costo \$7040.62 [15]

Tensión de entrada cd	12v	24v
Tensión de salida ca	110v	110v
Potencia continua 40°	700VA	700VA
Potencia Máxima	800VA	800VA
Frecuencia	50 o 60 Hz	50 o 60 Hz
Rango de tensión	10.5-15v	21-30v
Corriente de entrada máxima	90A	45A



Figura 3.4 CONERGY MIC 700

3._ XPOWER Inversor 1000

Tensión de entrada	10.5-15 v cd
Tensión de salida	115v ca +/- 5%
Potencia	1000W
Potencia máxima <5min	1200W
Frecuencia	60 HZ
Corriente de entrada	50A



Figura 3.5 Características del XPOWER Inversor 1000.

Costo \$ 275 dólares equivalente aproximado a \$3341.25 pesos [16]

En el capítulo 4 abordaremos la elección del inversor según los requerimientos eléctricos que necesitemos para la bomba monofásica y para el suministro de energía de la oficina.

Inversor Bifásico para bomba tipo superficie de 1hp a 220v CA 6Amp 60HZ.

1._ Empresa IVERCOM MODELO IC4500-E12S220 ó IC4500-E24S220 **Costo** \$5500 MN.

INVERSOR 4500 WATTS MÁXIMO 1500 WATTS CONTINUOS

INVERSOR ENTRADA 12 VOLTS DC. SALIDA 220 VOLTS AC. MOD. IC4500-E12S220

- Consumo a plena carga 125 amperes
- Alimentación 10 - 15 volts dc.
- Salida regulada al 5% 220 volts ac. 60 hz. 6.8 amperes
- Salida 4500 watts máximo 1500 watts continuos
- Forma de onda, senoidal modificada

CONEXIONES

- 1: Para la alimentación del inversor a 12 volts utilice cables del # 1 awg
- 2: Para la alimentación del inversor a 24 volts utilice cables # 4 awg,
- 3: para la alimentación del inversor a 48 volts utilice cables # 6 awg en los conectores (positivo y negativo).

INVERSOR ENTRADA 24 VOLTS DC. SALIDA 220 VOLTS AC. MOD. IC4500-E24S220

- Consumo a plena carga 62 amperes
- Alimentación 20 - 30 volts dc.
- Salida regulada al 5% 220 volts ac. 60 hz. 6.8 amperes
- Salida 4500 watts máximo 1500 watts continuos
- Forma de onda, senoidal modificada

Figura 3.6 Características del inversor de 1500w.

[3]

2._ Empresa TORRESOLAR TG power 24-100 Industria Argentina **Costo** \$4270 MN.

Los inversores de corriente continua a corriente alterna de la serie TGPOWER han sido especialmente diseñados para trabajar con fuentes de energía no convencionales (solar, eólica, etc.) La tensión de entrada puede variar entre los 12 y los 48vcc dependiendo del modelo. La tensión de salida es de tipo onda senoidal modificada de 220V CA. Los inversores de la serie TGP presentan alta eficiencia, gran capacidad de arranque, funcionamiento silencioso y bajo consumo en modo de búsqueda. En la figura 3.7 Siguiendo se presentan sus características generales.

ESPECIFICACIONES (+/- 3%)	TGP-24-1000
Energía Continua @ 20° C – Watt	1000 W
Máxima Corriente 1 Minuto (Ica)	15 Amp
Corriente Entrada @ Energía Continua	50 Amp
Eficiencia Máxima	> 93 %
Eficiencia a Plena Potencia	> 89 %
Voltaje de Entrada CC Nominal	24 Vcc
Voltaje de Entrada CC Nominal Opcional	36/48 Vcc
Limites de Voltaje de Entrada	21/30 Vcc
Entrada de Corriente Continua	
Stand by	< 0,05 Amp
Voltaje Total sin carga	< 0,5 Amp
Potencia Pico	160 Amp
Forma de onda	Sinusoidal Modif.
Regulación de Voltaje	+/- 5 %
Regulación de Frecuencia	+/- 0,2 %
Sensor de Carga (Stand by)	< 5 Watt
Voltaje de Salida CA	220 Vca
Factor de Potencia Admitido	+ / - 1
Rango de Temperatura Admitida	-5° a + 50° C°
Refrigeración	Vent. Interno
Dimensión en Cm	41x24x17
Peso en Kg.	18
Tipo de Montaje	S/Pared

Figura 3.7 Características del TGPOWER 24-1000

[6]

3._ Empresa CONERGY MODELO CONERGY MIC1500

Los inversores aislados Conergy MIC convierten la tensión continua almacenada en una batería en una tensión alterna estabilizada y precisa, con la cual también se pueden operar consumidores exigentes y delicados. La tensión de salida tiene forma de onda senoidal pura de precisión absoluta sea cual sea el estado de carga. El manejo del aparato es muy sencillo y el usuario está continuamente al corriente del estado de funcionamiento gracias a sus indicadores luminosos (LED).

Costo \$8040.62 MN POTENCIA 1500W

Tensión de entrada	12v cd	24v cd
Tensión de salida	230	230
Potencia continua	1.5KVA	1.5KVA
Potencia Max 3min	1.725KVA	1.725KVA
Frecuencia ajustable	50 HZ o 60 HZ	50 HZ o 60 HZ
Rango de tensión de entrada	10.5-15v	21-30v



Figura 3.8 Modelo CONERGY MIC1500.

[15]

En el capítulo 4 abordaremos la elección del inversor según la potencia que necesitemos para la bomba bifásica.

3.1.4 Sistema Fotovoltaico.

Los requerimientos en los sistemas FV son bajos comparados con las otras tecnologías. Uno de los puntos más importantes de los FV's es prevenir las sombras que se puedan presentar en un determinado momento en los paneles fotovoltaicos. Hierbas y el crecimiento de árboles cercanos pueden sombrear al paso del tiempo. No es necesario limpiar los módulos, e incluso cuando hay exceso de polvo la eficiencia del arreglo FV disminuye solamente un 2 a 4%.

Si la estructura del arreglo lo permite en caso de ser elegida manual, el arreglo puede ser ajustado dos veces al año para obtener mejor rendimiento, caso contrario el sistema automático de la estructura ajustará la misma para la mejor captación solar. El mantenimiento en campo de los controladores consiste en asegurar un buen sellado para evitar polvos, agua o insectos.[6]

3.1.5 Paneles fotovoltaicos por algunos fabricantes

1._

Marca KYOCERA

En la tabla 3.1 se muestra los modelos de los paneles kyocera con su respectiva potencia y el costo correspondiente.

Tabla 3.1 modelos de paneles kyocera

Modelo	Potencia	Costo
KC200GHT-2	200w	\$4,052
KC175GHT-2	175w	\$3,845
KC130GHT-2	130w	\$2,834

Tecnología punta

El intenso trabajo de investigación, la constante evolución de los procesos de producción y un sistema de fabricación completamente automatizado han permitido a Kyocera obtener paneles solares policristalinos de una calidad fuera de lo común y con un altísimo grado de eficiencia.

Alta eficiencia

Con unas dimensiones básicas de 15 x 15.5 cm las células solares de Kyocera de alto rendimiento permiten alcanzar una eficiencia superior al 15 % y garantizan un muy alto rendimiento energético anual de la instalación fotovoltaica.

Las células están encapsuladas entre una cubierta de cristal endurecido y una película de EVA y están selladas en su parte posterior por una lámina de PVF lo que les proporciona protección frente a las más duras condiciones climáticas.

El conjunto está guarnecido en un marco de aluminio estable y de fácil montaje. Para garantizar la calidad del producto Kyocera fabrica todos y cada uno de los componentes de las células en sus propios centros de producción.

Ejemplos de utilización

- Sistemas conectados a red
- Sistemas aislados

- Sistemas de bombeo de agua
- Sistemas de emergencia
- Centrales solares

Las características se muestran en la figura 3.9 Siguiente:

Art. n°	0100010	0100014	0100020
			
Modelo	KC200GHT-2 ㉔	KC175GHT-2 ㉔	KC130GHT-2 ㉔
Potencia nominal	200 W +10 %, -5 %	175 W +10 %, -5 %	130 W +10 %, -5 %
Tensión máx. del sistema	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión de servicio	26.3 V	23.6 V	17.6 V
Corriente de servicio	7.61 A	7.42 A	7.39 A
Tensión en circuito abierto	32.9 V	29.2 V	21.9 V
Corriente de cortocircuito	8.21 A	8.09 A	8.02 A
Coefficiente de temp. tensión	-1.23 x 10 ⁻¹ V/°C	-1.09 x 10 ⁻¹ V/°C	-8.21 x 10 ⁻² V/°C
Coefficiente de temp. corriente	3.18 x 10 ⁻³ A/°C	3.18 x 10 ⁻³ A/°C	3.18 x 10 ⁻³ A/°C
NOCT	47 °C	47 °C	47 °C
Células por panel	54 uds	48 uds	36 uds
Dimensiones de la célula (l / a)	150 mm / 155 mm	150 mm / 155 mm	150 mm / 155 mm
Contacto entre células	3 pletinas	3 pletinas	3 pletinas
Tipo de conexión	MC-PV3, cables, 710 (-) / 910 (+) mm	MC-PV3, cables, 640 (-) / 840 (+) mm	MC-PV3, cables, 800 (-) / 800 (+) mm
Marco de montaje	Aluminio anodizado negro	Aluminio anodizado negro	Aluminio anodizado negro
Dimensiones (l / a / a)	1425 mm / 990 mm / 36 mm	1290 mm / 990 mm / 36 mm	1425 mm / 652 mm / 36 mm
Longitudes (a / b / c / d / e)	471.5 mm / 241.0 mm / - / 22 mm / 946 mm	412.5 mm / 232.5 mm / - / 22 mm / 946 mm	471.5 mm / 212.0 mm / 29 mm / 22 mm / 608 mm
Peso	18.5 kg	16.0 kg	12.2 kg
Garantía de rendimiento*	10 / 20 años	10 / 20 años	10 / 20 años
Normas	IEC 61215, clase de protección 2, TÜVdotCOM-ID: 0000007358	IEC 61215, clase de protección 2, TÜVdotCOM-ID: 0000007146	IEC 61215, clase de protección 2, TÜVdotCOM-ID: 0000007358

* - 10 años si la pérdida de potencia del panel es superior al 10 % / 20 años si la pérdida de potencia del panel es superior al 20 % de la potencia nominal mín. en condiciones de ensayo estándar (STC).

Las especificaciones eléctricas han sido medidas en condiciones de ensayo estándar (STC): irradiación 1 kW/m², espectro de 1.5 masa del aire y temperatura de la célula de 25°C.

Figura 3.9 Características de los paneles Kyocera.

[18]

2._

Marca SolarWorld Sunmodule

Con el Sunmodule Plus, SolarWorld AG presenta un innovador concepto de módulos.

La clasificación positiva (según el "Flash report" de SolarWorld) garantiza una máxima eficiencia de la instalación fotovoltaica, haciendo innecesaria la clasificación de los módulos in situ. El proceso de producción completamente automatizado de las fábricas de SolarWorld asegura una calidad superior y homogénea de los módulos, lo que garantiza su elevado rendimiento a largo plazo.

El marco del módulo y el vidrio están firmemente unidos entre sí mediante una unión continua de silicona, lo que asegura una excelente estabilidad mecánica de los módulos, que evita, por ejemplo, el desprendimiento del marco a causa de deslizamientos de nieve.

Las pruebas realizadas conforme a la IEC 61215, con cargas de hasta 5,4 kN/m², confirman que el módulo está capacitado para resistir grandes acumulaciones de nieve y hielo.

La caja de conexión patentada, de diseño plano y compacto, protege de la corrosión y ofrece un comportamiento óptimo a temperaturas elevadas, gracias a su elevada disipación de calor. Todas las conexiones están soldadas mediante arco eléctrico y garantizan una conexión eléctrica fiable en el interior de la caja. Adicionalmente, se utilizan cables de conexión de alta calidad y de gran resistencia mecánica, con conectores rápidos pre confeccionados. La garantía de 25 años sobre la potencia y el hecho de que los módulos son reciclables completan este concepto integral de calidad.

Las características de los modelos de Sunmodule monocristalinos se muestran en la figura 3.10 y en la tabla 3.2 se muestran los precios según el modelo.

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	160 Wp	165 Wp	170 Wp	175 Wp	180 Wp	185 Wp
Tensión en vacío	V_{oc}	43,8 V	44,0 V	44,2 V	44,4 V	44,6 V	44,8 V
Tensión a potencia máxima	V_{mpp}	35,0 V	35,3 V	35,5 V	35,8 V	36,0 V	36,3 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	5,00 A	5,10 A	5,20 A	5,30 A	5,40 A	5,50 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	4,58 A	4,68 A	4,79 A	4,89 A	5,01 A	5,10 A

Comportamiento a 800/m², NOCT, AM 1,5

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	114,4 Wp	118,0 Wp	121,5 Wp	125,1 Wp	128,7 Wp	132,3 Wp
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	39,6 V	39,8 V	40,0 V	40,2 V	40,4 V	40,5 V
Tensión a potencia máxima	V_{mpp}	31,4 V	31,6 V	31,9 V	32,1 V	32,3 V	32,5 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	4,13 A	4,22 A	4,30 A	4,38 A	4,46 A	4,55 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	3,64 A	3,73 A	3,81 A	3,90 A	3,98 A	4,06 A

Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m² se alcanza el 95 % (+/- 3 %) de la eficiencia bajo condiciones estándar de prueba (1000 W/m²).

Figura 3.10 Características de los modelos monocristalinos.

Tabla 3.2 Modelos y costos de paneles monocristalinos.

Modelo	Costo
SW160	\$4,821.12
SW165	\$4,971.78
SW170	\$5,122.44
SW175	\$5,273.1
SW180	\$5,423.76
SW185	\$5,574.42

En la figura 3.11 se muestran las características de los modelos de paneles fotovoltaicos policristalinos y en la tabla 3.3 se muestran los modelos con su respectivo costo.

		SW 200	SW 205	SW 210	SW 215	SW 220	SW 225
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	200 Wp	205 Wp	210 Wp	215 Wp	220 Wp	225 Wp
Tensión en vacío	V_{oc}	36,1 V	36,2 V	36,4 V	36,5 V	36,6 V	36,8 V
Tensión a potencia máxima	V_{mpp}	28,1 V	28,5 V	28,7 V	28,9 V	29,2 V	29,5 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	7,70 A	7,80 A	7,90 A	8,00 A	8,08 A	8,17 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	7,07 A	7,20 A	7,32 A	7,44 A	7,54 A	7,63 A

Comportamiento a 800 W/m ² , NOCT, AM 1,5		SW 200	SW 205	SW 210	SW 215	SW 220	SW 225
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	143,0 Wp	146,6 Wp	150,1 Wp	153,7 Wp	157,3 Wp	160,9 Wp
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	32,7 V	32,8 V	32,9 V	33,0 V	33,1 V	33,3 V
Tensión a potencia máxima	V_{mpp}	25,4 V	25,5 V	25,7 V	25,9 V	26,2 V	26,5 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	6,36 A	6,45 A	6,53 A	6,61 A	6,68 A	6,75 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	5,64 A	5,74 A	5,84 A	5,94 A	6,01 A	6,08 A

Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m² se alcanza el 95% (+/- 3%) de la eficiencia bajo condiciones estándar de prueba (1000 W/m²).

Figura 3.11 Características de los modelos policristalinos.

Tabla 3.3 Modelos y costos de paneles policristalinos.

Modelo	Costo
SW200	\$6,026.4
SW205	\$6,177.06
SW210	\$6,327.72
SW215	\$6,478.38
SW220	\$6,629.04
SW225	\$6,779.7

[19]

3._

Fabricante Engel Solar.

Modelos MFS125SP / MFS165SP

Módulos policristalinos de 125W y 165W de alto rendimiento con una eficiencia celular de hasta el 14,5% (15% para el módulo S165SP) para una óptima densidad de potencia.

Estos módulos fabricados en Alemania están compuestos de 40 células solares de silicio (5x8) para el S125SP y 50 células (5x10) para el módulo S165SP multicristalinas conectadas en fila de un tamaño de 150 mm x 150 mm (6”), encapsuladas en un laminado protector de vinil acetato etilénico con revestimiento Tedlar en el lado posterior para una protección segura y duradera contra las influencias meteorológicas y las cargas térmicas.

Mediante la utilización de soldadura sin plomo se contribuye a la protección del medio ambiente con un ahorro de 47 gramos de plomo por módulo.

Estos módulos de indudable diseño y acabado estético, están bordeados con un marco de aluminio anodizado y a prueba de torsión para las más altas exigencias en estabilidad y resistencia a la corrosión. La fijación se realiza con el sistema de montaje totalmente en aluminio Schüco PV-Ligth.

Las conexiones entre módulos se realizan a través de la caja de conexión situada en el lado posterior del módulo, provista de tres puentes de diodos de derivación para evitar sobrecalentamientos (efectos Hot Spot) y garantizar un funcionamiento seguro de todo el sistema fotovoltaico.

Cada módulo cumple con todos los estándares de calidad internacional y antes de su distribución es sometido a diferentes test de calidad ópticos, mecánicos y eléctricos.

Los datos del rendimiento medidos de cada uno de los módulos se indican en el lado posterior del módulo y en el embalaje. En la figura 3.12 se muestran las características de los modelos de MFS125WSP y MFS165WSP.

Datos Eléctricos	MFS125SP	MFS165SP
Potencia nominal (Pmpp):	125 W	165 W
Tolerancia de potencia (%Pmpp):	+5 % -0%	+5 % -0 %
Potencia mín. garantizada (Pmppmin):	125 W	165 W
Tensión nominal (Umpp):	18,8 V	24,2 V
Corriente nominal (Impp):	6,65 A	6,83 A
Tensión circuito abierto (Uoc):	24 V	304 V
Corriente de cortocircuito (Isc):	7,27 A	7,36 A
Eficiencia del módulo:	12,5 %	15 %
Temp. normal func. célula (NOCT**):	46,6 °C	46,2 °C
Tensión máx. sist. permitida:	600 V	780 V
Tensión máx. sist. permitida(IEC 61215):	1000 V	1000 V



Figura 3.12 Características Eléctricas de los modelos MFS125SP y MFS165SP.

Los costos son de \$749 € para MFS125SP749 y de \$ 968 € para MFS165S equivalentes (16.46 pesos 1 Euro) a \$12,328.54 y \$15,933.28 respectivamente.

3.1.6 Estructura o Soporte.

La estructura que utilizaremos para colocar los paneles fotovoltaicos será de tipo manual para realizar los ajustes de elevación requeridos en las estaciones del año (por lo menos dos), esto nos presentaría una opción económica reducida con respecto a las de tipo automático o prefabricado que proporcionan diferentes fabricantes. La función de mantener el panel FV perpendicularmente con respecto a los rayos solares (posición azimutal y ángulo de elevación) seguiría siendo la misma. El material sería ángulo para hacer el marco de los paneles FV (aproximadamente grupos de 3 paneles), duela de aluminio para portar los paneles fotovoltaicos con tornillos, tubo de acero galvanizado 51mm para darle altura al marco respecto al suelo (aprox. 2m), un eje ajustable (con tuerca) entre el soporte tipo media luna el cual es el que nos dejaría hacer los ajustes de elevación del panel FV y finalmente una base de cemento que soportara una placa metálica que fijaría la estructura.

La estructura tiene un costo de fabricación de \$1100, con capacidad para 3 paneles solares, a esto agregaremos el costo de la cimentación para su instalación que supondremos en \$150, que incluye el batido de cemento, grava y arena para colar la estructura de varilla (zapata y castillo) obteniendo así la cimentación. Por último tenemos que el costo de la instalación es de \$300 por estructura.

En la figura 3.13 siguiente se muestra el prototipo de la estructura.

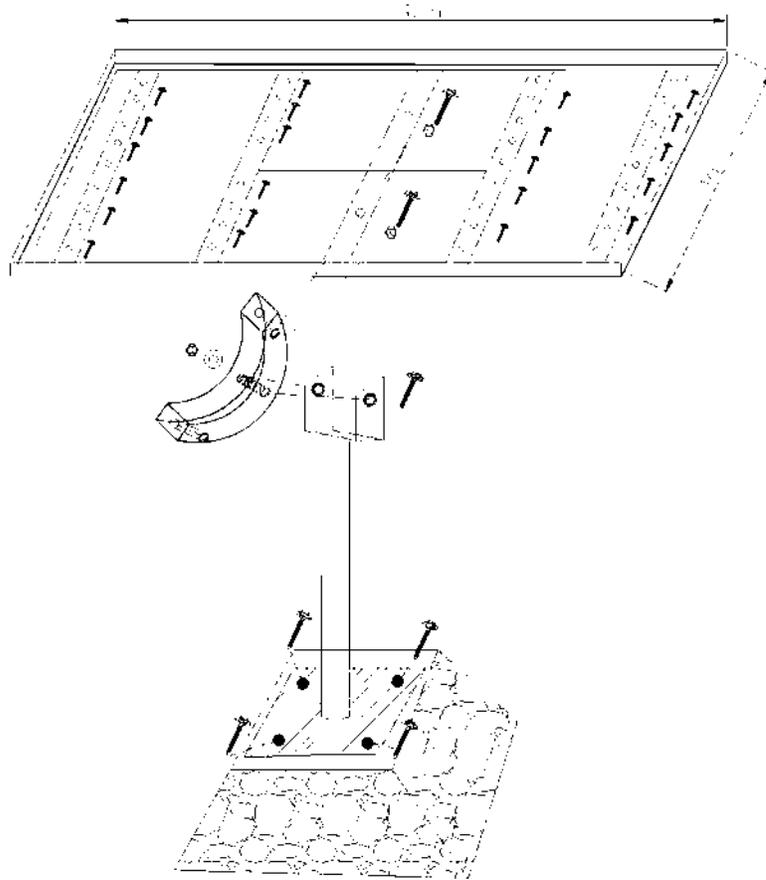


Figura 3.13 Diseño prototipo del soporte para los Paneles FV.

EL Costo total seria de \$1550 pesos por estructura.

3.1.7 Baterías para sistemas fotovoltaicos.

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas. Aunque el costo inicial es más bajo, no es recomendable utilizar baterías de automóviles en

sistemas fotovoltaicos dado que no han sido construidas para estos fines. Las consecuencias más graves del empleo de batería de automóviles son:

- La vida útil de este tipo de baterías se acorta considerablemente,
- los procesos de carga/descarga se hacen ineficientemente.

Así, el ahorro en costos que puede tener comprar baterías de automóviles (en lugar de baterías fotovoltaicas) se pierde ante la necesidad de reemplazarlas frecuentemente.

La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías. También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo. Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación.

Mantenimiento y vida útil de diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas ‘baterías libre de mantenimiento’, no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta “muere súbitamente” debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga. Si se carga una batería más de lo necesario, o si se descarga más de lo debido, ésta se daña. Normalmente, procesos excesivos de carga o descarga tienen como consecuencia que la vida útil de la batería se acorte considerablemente.

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga.[23]

3.1.8 Regulador de carga.

La regulación es imprescindible en un sistema fotovoltaico. Los reguladores sirven fundamentalmente para controlar el estado de carga de las baterías, impidiendo que estas se sobrecarguen o que se descarguen en exceso, prolongando así su vida útil y optimizando el rendimiento de la instalación. Los reguladores indican el estado de funcionamiento de las baterías y el sistema mediante Led's o una pantalla digital.[24]

La sobre carga ocurre si el arreglo fotovoltaico produce aunque sea un pequeño porcentaje de su capacidad cuando las baterías están casi o completamente cargadas. Si se sigue dando corriente solar a un banco de baterías cargado, se reduce su vida útil. Esto es importante cuando se utilizan baterías selladas, libres de mantenimiento. Si se usan baterías húmedas, la sobrecarga aumenta el mantenimiento. Un controlador de carga de buena calidad es vital para asegurar la integridad de un sistema bien diseñado. Los controladores pueden ser tan

sencillos como una simple protección contra sobrecarga o pueden ser completamente automatizados con alarmas de bajo voltaje y funciones de reporte remoto.

3.2 Corrección del bajo factor de potencia con Banco de capacitores.

Todos los aparatos eléctricos que suministran energía ya sea en forma de luz, calor, sonido, rotación, movimiento, etc. Consumen una cantidad de energía eléctrica equivalente a la entrega directamente de la fuente de electricidad a la cual están conectados. Esta energía consumida se denomina Activa la cual se registra en los medidores y es facturada al consumidor por la empresa suministradora de energía eléctrica (CFE). Algunos aparatos, debido a su principio de funcionamiento, toman de la fuente de electricidad una cantidad de energía mayor a la que registra el medidor: una parte de esta energía es la ya mencionada energía activa y la parte restante no es en realidad consumida si no entretenida entre el aparato y la red de electricidad. Esta energía entretenida se denomina Reactiva y no es registrada por los medidores mecánicos de la empresa tarifaria (CFE), pero sí de los medidores de tipo digital como es el caso de el invernadero MOJARRO'S. La energía total (formada por Activa y Reactiva) que es tomada de la red eléctrica se denomina Aparente (Ver figura 3.15 de triángulo de potencias) y es la que finalmente debe ser transportada hasta el punto de consumo.

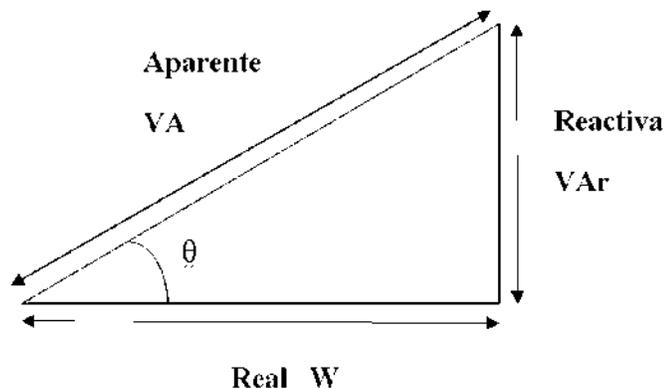


Figura 3.14 Triángulo de potencias.

La energía que toman los aparatos de la fuente de corriente alterna que tiene que ser convertida a corriente continua, esta conversión provoca un desfase de la corriente y a su vez pierde su forma senoidal originando un factor de potencia bajo.

El hecho de transportar una energía mayor a la que realmente se consume, impone la necesidad de que los conductores, transformadores y demás dispositivos que participan en el suministro de esta energía sean robustos, por lo tanto se eleva el costo del sistema de distribución.

Además el efecto resultante de una enorme cantidad de usuarios en esta condición, provoca que disminuya en gran medida la calidad del servicio de electricidad (altibajos de tensión, cortes de electricidad, etc.). Por estos motivos, las compañías de distribución, toman medidas que tienden a compensar económicamente a esta situación (penalizando o facturando la utilización de energía Reactiva) o bien a regularizarla (induciendo a los usuarios a que corrijan sus instalaciones y generen un mínimo de energía Reactiva).

La función principal de los capacitores como elemento que corrige el bajo factor de potencia en un sistema eléctrico es la de regular el voltaje y el flujo de reactivos en el punto del sistema donde se instalan. Los capacitores que se instalan en derivación hacen su función cambiando el factor de potencia de la carga mientras que los capacitores en serie lo hacen directamente reduciendo la reactancia inductiva del circuito donde se aplican. Por otro lado se tiene la compensación individual en los motores, compensación en un grupo de cargas, compensación centralizada y la compensación combinada.

Para nuestra aplicación de corregir el bajo factor de potencia en el invernadero MOJARRO'S SERRES optaremos por la compensación centralizada, debido a que factores como la longitud del conductor y el sobredimensionamiento del transformador interno utilizado para la conversión de voltaje a 120/220v CA requerido.

Este tipo de compensación centralizada ofrece una solución generalizada para corregir el factor de potencia debido a que la potencia total del banco de capacitores se instala en la acometida cerca de los tableros de distribución de energía, los cuales, suministran la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación. La potencia total del banco de capacitores se puede dividir mediante un equipo automático de compensación de factor que conecta y desconecta los bloques de potencia reactiva que sean necesarios para obtener el factor de potencia previamente programado en dicho regulador.

La compensación centralizada presenta las siguientes ventajas:

- a) Mejor utilización de la capacidad de los bancos de capacitores.
- b) Se tiene una mejora en la regulación del voltaje en el sistema eléctrico.
- c) Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.
- d) Es fácil de supervisión.

La desventaja de corregir el factor de potencia mediante la compensación centralizada es que las diversas líneas de distribución no son descargadas de la potencia reactiva, por lo que se requiere de un regulador automático para compensar la potencia reactiva necesaria según la requerida por la carga.

El costo total de la compensación es prácticamente despreciable frente al costo de la instalación propiamente dicha y de los artefactos conectados a la misma, además el trabajo completo incluyendo materiales para que estos se amorticen en unos meses con el ahorro del pago del importe por bajo factor de potencia aplicado por la empresa suministradora de energía.

3.2.1 Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa (en watts, W) y la potencia aparente (en volts-ampers, VA) y describe la relación entre la potencia de trabajo real y la potencia total consumida. El factor de potencia se define por la siguiente ecuación:

$$FP = \frac{P}{S} \quad (3.1)$$

El factor de potencia expresa en términos generales, el desfaseamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de FP y por lo tanto el mejor aprovechamiento de energía.

Para el cálculo de potencia del banco de capacitores y el ángulo del factor de potencia aplicaremos las siguientes fórmulas:

$$Q_c = P_L(tg\theta_L - tg\theta_c) \quad (3.2)$$

Donde tenemos

Q_c = Potencia del banco de Capacitores.

P_L = Potencia real de la carga.

tg= Tangente.

θ_L = Angulo del FP de la carga.

θ_c = Angulo del FP corregido, usualmente igual a 90% $\rightarrow 0.9=25.84^\circ$.

$$\theta = \cos^{-1} FP \quad (3.3)$$

Donde

θ es el ángulo entre la potencia real y la potencia aparente.

FP valor de factor de potencia expresado en decimales de 0 a 1. Ejemplo 50% = 0.5

$$\%factor\ de\ penalización = \frac{3}{5} \left(\frac{FP_C}{FP_L} - 1 \right) \times 100 \quad (3.4)$$

Donde

FP_C = Factor de potencia a corregir (regularmente 0.9)

FP_L = Factor de potencia de la carga actual.

Aplicando las fórmulas anteriores 3.2 y 3.3 a los 3 diferentes casos de factor de potencia, desde el más bajo hasta el de mayor FP a lo largo de un año tenemos la siguiente potencia reactiva necesaria con respecto a la potencia activa en cada situación.

Caso 1 \rightarrow 12% Fp = 0.12 Potencia promedio del mes = 2.1 KW

$$\theta = \cos^{-1} (0.12) = 83.10^\circ$$

$$Q_c = 2.1W(tg\ 83.10^\circ - tg25.84^\circ)$$

$$Q_c = 16.34KVar$$

Caso 2 → 20.65% $F_p = 0.2065$ Potencia promedio del mes = 2.1 KW

$$\theta = \cos^{-1}(0.2065) = 78.08^\circ$$

$$Q_c = 2.1KW(tg 78.08^\circ - tg 25.84^\circ)$$

$$Q_c = 8.93KVAr$$

Caso 3 → 42.07% $F_p = 0.4207$ Potencia promedio del mes = 2.1 KW

$$\theta = \cos^{-1}(0.4207) = 65.12^\circ$$

$$Q_c = 2.1(tg 65.12^\circ - tg 25.84^\circ)$$

$$Q_c = 3.51KVAr$$

[20]

Caso 4 Promedio → 24.9% $F_p = 0.249$ Potencia promedio del mes = 2.1

$$\theta = \cos^{-1}(0.249) = 75.58^\circ$$

$$Q_c = 2.1(tg 75.58^\circ - tg 25.84^\circ)$$

$$Q_c = 7.15KVAr$$

3.2.4 Cotización del banco de capacitores.

A criterio nuestro, recomendaríamos la compra de un capacitor de 7.5KVAr como máximo la cual nos serviría para los casos arriba del promedio de los primeros tres casos calculados. También se opta por este valor porque de acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas, con el fin de evitar fenómenos de resonancia y sobretensión en vacío, la potencia total del banco de capacitores no debe exceder el 10% de la potencia nominal (en VA) del transformador conectado a la media tensión. El transformador que suministra la energía al invernadero es de una capacidad de 75KVA, por lo cual el 10% sería de 7.5KVA mismo que estaríamos proporcionando para satisfacer los requerimientos.

Se tiene conocimiento que desde Mayo del 2007 se está pagando cargo por bajo factor de potencia, con respecto a esto se ha estado pagando un promedio de \$400 por mes,

encontrándose regularmente que se paga más por bajo factor de potencia que el consumo de KWh. Tomando en cuenta este dato en el capítulo posterior calcularemos el tiempo en el cual recuperaremos la inversión. Ahora veremos el costo de algunos bancos de capacitores de algunos fabricantes de diferente potencia reactiva que a continuación se presenta:

Los capacitores que se encontraron para la necesidad son los siguientes:

1._ Distribuidora Telemecanique

Descripción Capacitor C484G10-3 Fijo

Capacidad 10KVAr

Voltaje 480v

Costo \$2,111.81 más el 15% I.V.A Total \$2,428.58 MN

2._ Distribuidora SEIN Servicios Especializados a la Industria S.A de C.V

Nayvi González Ventas SEIN S.A DE C.V 01-800-7346-000

Descripción banco de capacitores con interruptor termomagnético.

Capacidad 5KVAr NEMA 3R

Voltaje 480v

Costo \$4,575.00 M.N

Ver figura 3.17 Donde muestra la imagen del banco de capacitores con interruptor termomagnético.



Figura 3.16 Banco de capacitores con interruptor termomagnético.

3. Distribuidora SEIN Servicios Especializados a la Industria S.A de C.V
Nayvi González Ventas SEIN S.A DE C.V 01-800-7346-000

Descripción banco de capacitores con interruptor termomagnético. Ver figura 3.15 Anterior.

Capacidad 10KVAr NEMA 3R

Voltaje 480v

Costo \$4,795.00 MN

4. Distribuidora ABB

Descripción NEMA 3R Catalogo C484R7.5 Banco fijo

Capacidad 7.5KVAr

Voltaje 480v

Costo \$396 dólares equivalente (13.15 pesos 1 dólar) a \$5,207.4 MN

Ver figura 3.18 Donde se muestra el banco fijo de capacitores



Figura 3.17 Banco de capacitores fijo.

El banco de capacitores de menor potencia encontrado en la empresa SEIN Servicios Especializados a la Industria S.A de C.V con control automático de regulación de factor de potencia mediante el escalonamiento de la potencia reactiva inyectada es de 25 KVAr con escalones de conexión de 5KVAr. Esta empresa nos ofrece la elaboración de un banco de capacitores a la potencia requerida con control automático de regulación de factor de

potencia, con un costo extra al que cuesta un equipo fijo aproximado. Para acertar en el precio se necesita hacer el pedido con la empresa antes mencionada.

Mencionado lo anterior, se optara por trabajar con un banco de capacitores con interruptor termomagnético el cual será incorporado junto al medidor de energía. Este dicho banco de capacitores sería uno de 7.5KVA Nema 3R por ser como ya se mencionó el valor aproximado a la potencia promedio. El banco que se recomienda es el número 4 por ser el más cercano al valor que necesitamos. Este banco de capacitores es de la empresa ABB y tiene un costo de **\$396 dólares** equivalente aproximado (Valorando a 13.15 el dólar) a \$5,207.4 pesos mexicanos a los cuales se le suman el costo de envío \$1,041 y el costo por concepto de instalación de banco de capacitores (Cotización por constructora “EL TEODOLITO”) \$940.44. Tenemos un costo total de \$7,188.84.

En la siguiente figura 3.19 observaremos el triángulo de potencias con un aproximado a como se tiene actualmente Q_L (caso 1) y como quedaría con el banco de capacitores Q_c .

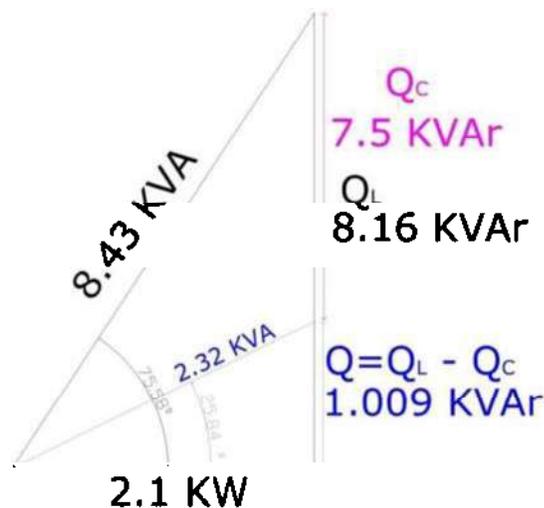


Figura 3.18 Triángulo de potencia modificado por el banco de capacitores.

3.3 Solicitud de servicio especial.

La Solicitud de servicio especial consiste en el costo de la infraestructura eléctrica para tener el voltaje necesario (120v, 220v CA) para el funcionamiento de la diversa carga que integra el consumo de energía, esto debido a que como se mencionó en el capítulo 2, el

invernadero recibe un voltaje de 440v, el cual mediante un transformador (dentro de la propiedad) de 15 KVA obtiene el voltaje de 120v y 220v. Al contar con los voltajes necesarios en el límite de propiedad la tarifa de suministro eléctrico cambiaría (el suministro ya no sería de 440v), por lo cual ya no necesitaremos el transformador interno de 15 KVA.

El crecimiento de la infraestructura eléctrica quedaría como se muestra en la figura 3.19, donde se observa como quedaría la instalación de la media tensión (2 fases ACSR 3/0) y el transformador de suministro de 15KVA tipo poste marca PROLEC. También se observa la reubicación del medidor de CFE. El diseño se elaboró en base a las especificaciones que señala la solicitud de servicio especial.

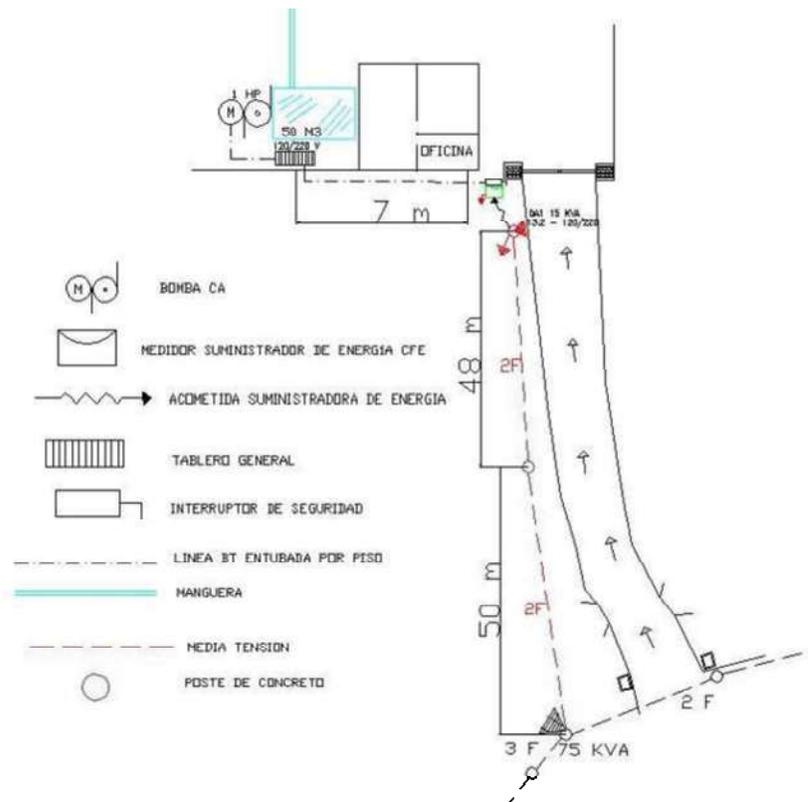


Figura 3.19 Plano de obra necesaria en la solicitud de servicio especial.

El costo de la creación de infraestructura marcado con rojo en la figura 3.19 se detalla incluyendo el IVA en los siguientes conceptos:

Costo de ampliación en Media tensión \$16,513.43

Costo de transformador de 15KVA \$20,614.36

Costo de mano de obra por concepto de instalación de 2 postes incluyéndose el vestido de los mismos. \$4,760.56

El costo total de la obra es de \$41,888.35 más lo referente al contrato de suministro.

La compañía de suministro de energía comenta que el servicio quedaría en tarifa 02 debido a que se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa, con un cargo fijo de \$47.35 cuando no se tenga consumo. La forma de facturar la energía consumida sería \$1.946 por cada uno de los primeros 50 kilowatts-hora. \$ 2.350 por cada uno de los siguientes 50 kilowatts-hora. \$ 2.585 por cada kilowatt-h.

Capítulo 4

Alternativas de Electrificación

En este capítulo elaboraremos el cálculo de electrificación con energía solar, dimensionándolo para abastecer el sistema de bombeo de ½ hp, el bombeo de 1 hp y el complemento para el suministro de energía de la oficina que se abastecerá de los paneles utilizados por la bomba de 1hp. Obtendremos el importe total de la energía renovable según el número de paneles fotovoltaicos que nos resulten, más el costo de los inversores que se necesiten, más el costo de la estructura o soporte la cual incluye fabricación e instalación y finalmente sumar el costo del complemento para el suministro de la oficina. Posteriormente obtendremos el tiempo de recuperación del importe total de las tres alternativas de suministro: energía renovable, banco de capacitores y la infraestructura eléctrica que se cotizó en el capítulo anterior. En el cálculo para el tiempo de recuperación de la inversión usaremos el importe de la factura mensual para la energía renovable y para la infraestructura eléctrica. Para el banco de capacitores usaremos solo el importe de penalización por bajo factor de potencia

4.1 Cálculo de electrificación solar.

Para el cálculo de consumo de energía hay que fijarse en la potencia eléctrica del equipo y no en el caballaje (HP). Aquí también es importante, tener una diferencia de consumo en motores entre el consumo nominal (sin carga) o máxima (con carga).

Para nuestro caso tomando en cuenta los voltajes de alimentación y las corrientes de las bombas tenemos que la potencia máxima que tendríamos para cada una de ellas sería el que se muestra en la tabla 4.1 siguiente.

Tabla 4.1 Datos eléctricos de las bombas.

Equipo	Voltaje	Corriente	Potencia Máxima
Bomba sumergible de ½ hp	110v CA	4.4 A	527 w
Bomba superficie de 1hp	220v CA	6 A	953 w

Nota: La potencia máxima se obtuvo de la tabla 8 de equivalencias de motores eléctricos del libro “*Instalaciones Eléctricas Prácticas*” Ing. Becerril L Diego Onésimo 12ª Edición pag 203.

4.1.1 Cálculo de paneles FV por medio de la energía requerida Wh.

Para calcular la potencia necesaria tomaremos un aproximado del tiempo de uso en el cual están funcionando cada una de nuestras bombas y el resultado sería la energía consumida en dicho tiempo. En la tabla 4.2 vemos que el producto de la potencia y las horas de uso nos da como resultado la energía consumida.

Tabla 4.2 cálculo de energía necesaria por día.

Cantidad	Equipo	Potencia W	Potencia total W	Horas/Día de uso	Energía Wh
1	Bomba ½ hp	527	527	6	3162
1	Bomba 1 hp	953	953	3.5	3335

De la tabla 2.1 del capítulo 2 obtenemos el índice de insolación promedio y el índice de insolación más crítico correspondiente a la ciudad de Guadalajara, Jalisco por ser como se ha comentado el lugar de insolación más cercano. La energía diaria producida por los paneles FV es el producto del tiempo de insolación y potencia del panel FV por ejemplo, si el panel es de 100 w y tiene 6hr de insolación tendremos 600 Wh/día producidos.

La energía diaria consumida por las bombas sobre la energía diaria generada por los paneles FV da un aproximado del número de paneles FV que se necesitan para satisfacer la demanda diaria de energía de las bombas ver tabla 4.3. Este dato es una forma aproximada de calcular el número de paneles FV necesarios para la demanda de la carga que se desea alimentar.

Tabla 4.3 Cálculo de paneles FV requeridos según la demanda.

Potencia del panel W	Insolación promedio h/Día	Insolación crítica h/Día	Bomba de 1/2 hp	Bomba de 1 Hp
	5.575	4	3162 Wh	3335 Wh
50	278.75	200	11.34	11.96
70	390.25	280	8.10	8.54
90	501.75	360	6.30	6.64
100	557.5	400	5.67	5.98
110	613.25	440	5.15	5.43
125	696.875	500	4.53	4.78
130	724.75	520	4.36	4.6
160	892	640	3.54	3.73
165	919.875	660	3.43	3.62
170	947.75	680	3.33	3.51
175	975.625	700	3.24	3.41
180	1003.5	720	3.15	3.32
185	1031.375	740	3.06	3.23
200	1115	800	2.83	2.99
205	1142.875	820	2.76	2.91
210	1170.75	840	2.70	2.84
215	1198.625	860	2.63	2.78
220	1226.5	880	2.57	2.71
225	1254.375	900	2.52	2.65

En la tabla se muestra el número de paneles FV requeridos según la energía demandada, por ejemplo si tenemos un panel FV de 200W la energía generada con la insolación promedio sería de 1115Wh / Día, con la insolación crítica sería de 800Wh/Día, para la bomba de ½ hp con la insolación promedio se necesitarían 2.83 \cong 3 paneles y para la bomba de 1 hp se necesitarían 2.99 \cong 3 paneles FV. Los paneles FV necesarios para las bombas se calcularon con la insolación promedio por ser esta un valor en el que oscilará en las diferentes estaciones del año, no obstante recordemos que la irradiación cambia durante el día. [1]

Este número de paneles calculados son los necesarios para las horas de bombeo requeridas por parte de cada uno de ellos, no obstante mientras se tenga insolación, el panel

fotovoltaico seguirá generando energía que puede ser utilizada para el bombeo (tiempo de bombeo extra) mientras el inversor este alimentado en el rango de voltaje y corriente requeridos. En la sección siguiente calcularemos los paneles necesarios según los requerimientos del inversor.

4.1.2 Cálculo de paneles FV para inversor monofásico.

Para precisar más el número de paneles fotovoltaicos necesitamos de los datos eléctricos que requiere el inversor a la entrada. Para la alimentación de la bomba monofásica de 1/2 hp sumergible optamos por el inversor de INVERCOM mostrado en el capítulo anterior. Este inversor satisface los requerimientos de la bomba tales como la frecuencia de 60Hz, el voltaje 110v, la corriente de suministro de 4.4A necesarios por la bomba, el soporte ante la demanda que surja al arranque del motor y es el inversor de menor costo. Este inversor tiene un costo de \$3,990 que será sumado al costo de los paneles FV que se requieran.

El inversor, según el modelo necesita una corriente mínima de suministro según el voltaje que lo alimente, por ejemplo para 12v (modelo IC2400 E12S120) CD pide 66A y para 24v (modelo IC2400-E24S120) CD pide 33A. La tolerancia en el voltaje del inversor es de 10.5 a 15v CD para la entrada de 12v CD y de 20 a 30v CD para la entrada de 24v CD. Estos datos eléctricos son los que necesita el inversor por parte del arreglo de paneles FV para suministrar la energía requerida por la bomba de ½ hp.

El panel fotovoltaico que elegimos del capítulo anterior es el siguiente:

Fabricante: Kyocera

Modelo: KC200GHT-2.

Potencia 200W **Voltaje** 26.3v CD **Corriente** 7.61A. **Costo** \$4,052.

Tomando en cuenta la corriente de 7.61A obtendríamos de la fórmula siguiente el número de paneles necesarios en paralelo para proporcionar la corriente de suministro del inversor.

$$\text{paneles necesarios en paralelo} = \frac{\text{Corriente de entrada al inversor}}{\text{Corriente de salida del panel}} \quad (4.1)$$

Con los datos que tenemos obtenemos el número de paneles necesarios en paralelo

$$\text{paneles necesarios en paralelo} = \frac{33\text{Amp}}{7.61\text{Amp}} = 4.33 \cong 5$$

Que nos da un número no entero, por lo cual elegimos un numero inmediato superior debido a que si usamos 4 paneles tendríamos una corriente total de 30.44A lo cual no sobrepasa el mínimo de corriente que se necesita. Entonces tendríamos 5 paneles en paralelo que nos proporcionarían la corriente de 38A como máxima, teniendo un margen de 5A para amortizar pérdidas y condiciones de insolación críticas. En la figura 4.1 siguiente se muestra como quedaría nuestro arreglo.

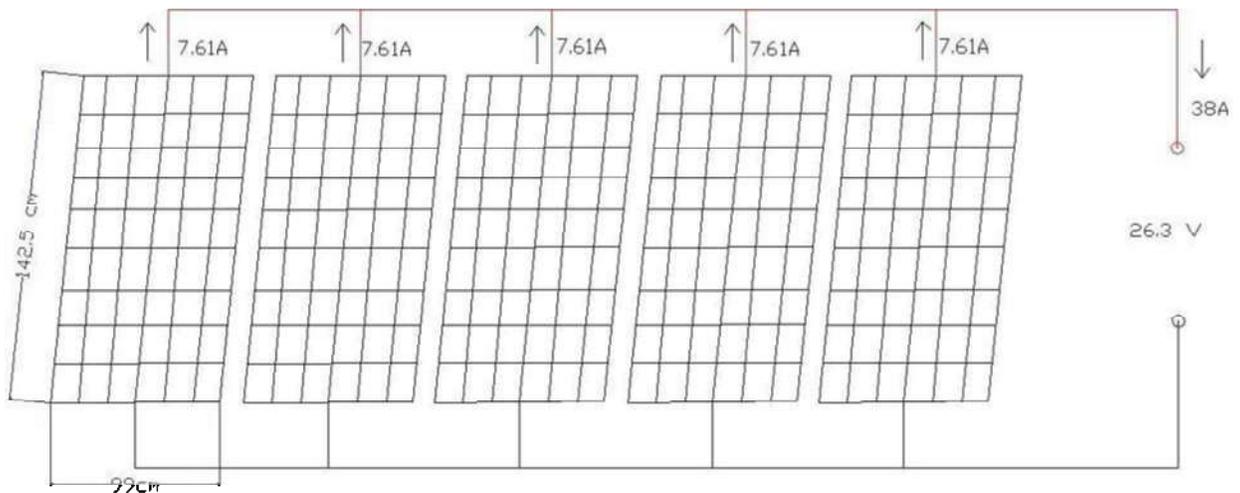


Figura 4.1 Arreglo de paneles fotovoltaicos resultante para el inversor monofásico.

La corriente generada máxima será como se mencionó de 38A, pero tomando en cuenta variaciones de la insolación u otros factores como las caídas de tensión en los conductores tendremos la corriente suficiente de 33A necesaria para nuestro inversor.

Teniendo el número de paneles necesarios en paralelo procedemos a calcular el costo que se tendría por ellos. Del capítulo anterior el costo que tiene cada panel KC200GHT-2 es de \$4,052, entonces el costo total de los 5 paneles es de \$20,260.

El costo de los 5 paneles FV que obtuvimos hay que sumarle el costo del inversor el cual es de $\$3,990 + \$20,260 = \$24,250$.

El costo del soporte para los 5 paneles fotovoltaicos es de \$3,100, debido a que por cada 3 paneles fotovoltaicos se necesita 1 soporte.

4.1.3 Cálculo de paneles FV para inversor bifásico.

Para precisar el número de paneles fotovoltaicos necesitamos de los datos eléctricos que requiere el inversor a la entrada. Para la alimentación de la bomba bifásica de 1 hp superficie optamos por un inversor de TORRESOLAR mostrado en el capítulo anterior modelo TGP-24-1000, este inversor está diseñado para fuentes de energía no convencionales. Este inversor satisface los requerimientos de la bomba tales como la frecuencia de 60Hz, el voltaje 220v, la corriente de suministro de 6A necesarios por la bomba y el soporte ante la demanda de energía que ocasione el arranque (15A durante 1 minuto). Este inversor tiene un costo de \$4,270 que será sumado al costo de los paneles FV que se requieran.

El inversor necesita como suministro de energía 24v CD y alrededor de 50A. Estos datos eléctricos son los que necesita el inversor por parte del arreglo de paneles FV para alimentar a la bomba. La tolerancia en el voltaje es de 21v a 30v CD para la entrada de 24v CD. Para el suministro de energía del inversor usaremos la misma marca de paneles solares que utilizamos para la alimentación del inversor anterior.

Usando la fórmula 4.1 aplicada en el cálculo anterior obtendremos el número de paneles FV necesarios:

$$\text{paneles necesarios en paralelo} = \frac{50\text{Amp}}{7.61\text{Amp}} = 6.57 \cong 7$$

Que nos da un número redondeado a 7 paneles en paralelo que nos proporcionarían la corriente alrededor de 53.27A como se muestra en la figura 4.2 siguiente.

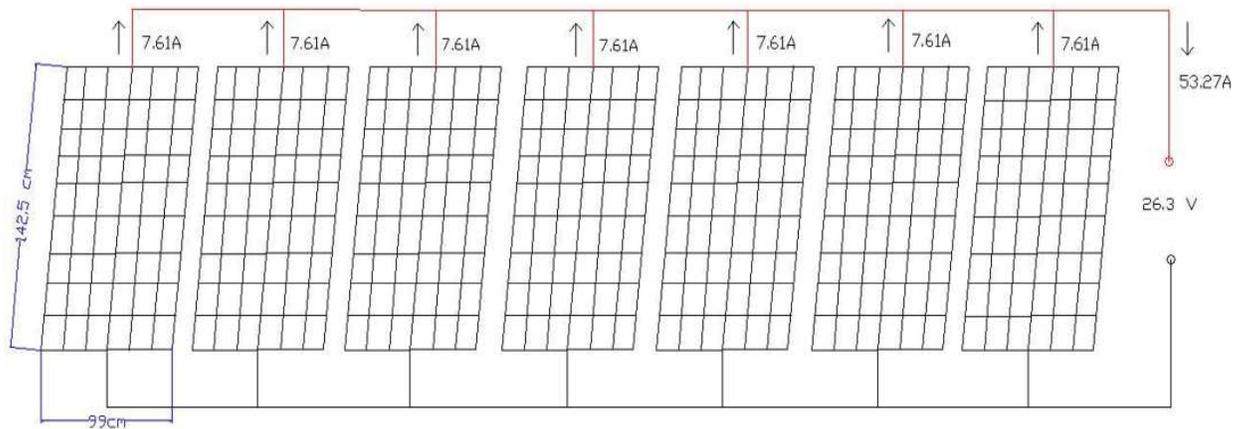


Figura 4.2 Arreglo de paneles fotovoltaicos resultante para el inversor bifásico.

La corriente generada total será de alrededor de 53.27A, pero tomando en cuenta variaciones de la insolación u otros factores como las caídas de tensión en los conductores tendremos la corriente suficiente de 50A necesaria para nuestro inversor.

Teniendo el número de paneles necesarios en paralelo procedemos a calcular el costo que se tendría por ellos. Del capítulo anterior el costo que tiene cada panel KC200GHT-2 es de \$4,052, entonces el costo total de los 7 paneles es de \$28,364.

El costo de los 7 paneles FV que obtuvimos hay que sumarle el costo del inversor el cual es de $\$4,270 + \$28,364 = \$32,634$.

El costo del soporte para los 7 paneles fotovoltaicos es de \$4,650, recordemos que el soporte tiene la capacidad para 3 paneles.

4.1.4 Cálculo de electrificación para la oficina.

Para el suministro de energía de la oficina aprovecharemos los paneles fotovoltaicos que usa el inversor bifásico debido a: 1.-La cercanía de los paneles a la oficina. 2.-El bombeo no es de uso diario, aprovecharemos cuando no se use para cargar las baterías. 3.- Cuando se usa el bombeo solo es por 3.5 horas como máximo, por lo cual aprovecharemos el resto

del tiempo para almacenar energía en la baterías. Entonces tomando en cuenta lo mencionado partiremos mostrando la carga, ver tabla 4.4.

Entonces aprovechando la generación de energía de los paneles fotovoltaicos usados por la bomba de 1 hp y contemplando que es suficiente, solo necesitaremos de las baterías adecuadas para almacenar la energía requerida, el regulador para el control de la energía (carga y descarga) de las baterías y el inversor que proporcionará el voltaje requerido.

Tabla 4.4 Carga de la oficina

Descripción	Cantidad	Potencia nominal	Tiempo de uso al día (Períodos típicos)	Carga total diaria Wh/Día
Refrigerador	1	-	24 hr	*350
Equipo de computo	1	300 watts	3 hr	900
Lámpara de oficina circular	1	22 watts	3 hr	66
Lámpara de almacén circular	1	22 watts	3 hr	66
Lámpara Exterior (barras 2x36)	2	144 watts	5 hr	720

*Consumo medio proporcionado por el fabricante

Con los datos que tenemos de carga aplicaremos los cálculos para abastecer este consumo diario promedio.

La carga total es de 2,102 watts – hora / día = 2.102 kwh/ día.

La tensión de la batería sería de 24v debido a que es la generada por los paneles fotovoltaicos.

Carga diaria de corriente necesaria para un día usando fórmula (2.1). $I = P/v$ entonces $I = 2,102/ 24 = 87.58$ amperios-hora/día.

Si consideramos un 20% de pérdidas, cargas pequeñas no contempladas y tiempos de uso extra de la energía la corriente quedaría $1.2 \times 87.58 = 105.1$ amperios-hora /día.

Entonces se necesita una batería de 24v con la capacidad de suministrar como mínimo 105.1 amperios-hora para el suministro de energía de 1 día. Para nuestro caso debido a la importancia del suministro de energía en la oficina, necesitamos contemplar las baterías

estacionarias para la reserva o respaldo de 4 días de energía disponible, debido a que tomaremos en cuenta días nublados (luz difusa), lluviosos y factores que impidan la captación solar diaria de los paneles solares.

Entonces multiplicamos los 4 días por lo necesario para un día, 4×105.1 amperios-hora = 420.4 amperio-hora. Esta es la capacidad aproximada necesaria que debe tener el equipo de baterías estacionarias para garantizar el suministro de energía para 4 días.

La batería elegida es de la empresa LTH modelo L31T/DC con un costo de USD 108.72 c/u una tensión de 12v y con la capacidad de corriente 115Ah. Se describe como Batería plomo-ácido para aplicación solar, sellada, libre de mantenimiento. 12v, 115Ah.

El arreglo de baterías quedaría como se muestra en la figura 4.4 donde vemos el voltaje en las terminales y la capacidad de Ah que tendría el arreglo de baterías.

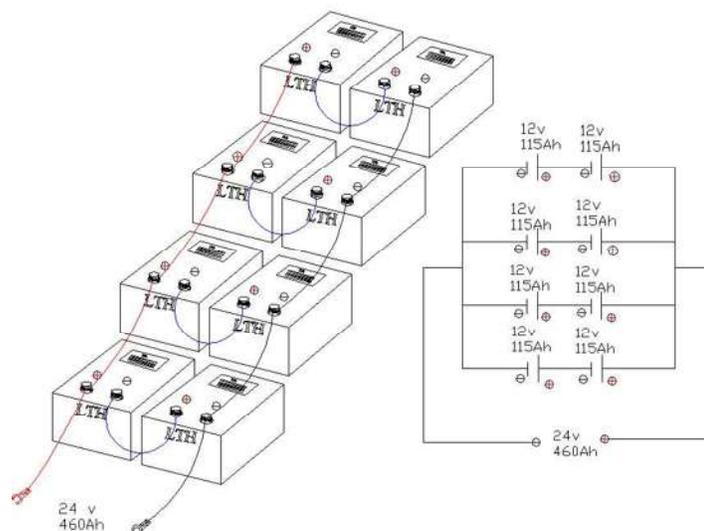


Figura 4.3 Arreglo de Baterías.

El costo de las 8 Baterías que necesitamos de 115Ah es $8 \times \text{USD } \$108.72 = \text{USD } 869.76$ (1 dólar = 13.15 pesos) equivalente a \$11,437.344 pesos. Para colocar las baterías encontramos un gabinete con capacidad para las 8 baterías el cual tiene un costo de USD \$88 equivalente a \$1,157.2 pesos del fabricante Solartronic S.A de C.V Modelo CM-B08.

Para nuestro caso necesitamos un regulador con la capacidad de control de los 50A que generarían los paneles FV a un voltaje de 24v. Para nuestro sistema elegimos el más económico de los 2 reguladores que se muestran a continuación por sus respectivos fabricantes:

1.-El regulador **SOLENER** se aplica en instalaciones fotovoltaicas aisladas. Su fiabilidad y versatilidad los convierten en equipos dirigidos a sistemas domésticos. Presentan un diseño compacto y de fácil instalación. Este regulador indica el estado de funcionamiento de las baterías y el sistema mediante una pantalla digital. En la figura 4.5 Se muestran el regulador DSD50.

DSD 50	
Dimensiones	172 x 160 x 24 mm.
Peso	0,7 kg.
Caja	Chapa de acero galvanizada
Pintura	Epoxi al horno.
Grado de estanqueidad	IP 32
Tensión nominal	Bitensión selección automática 12-24 V
Intensidad máxima de generación	50 A
Intensidad máxima de consumo	30 A
Sobrecarga admisible	25%
Autoconsumo	< 30mA
Pérdida máxima generación/consumo	< 2,5W/1,2W
Capacidad de las clemas	60 A



Figura 4.4 Regulador DSD50 SOLENER.

El costo de este regulador es de 175 euros equivalente (1 euro= \$16.46) a \$2,880.5.

2.-El regulador 50A 12v/24v Solar cargador regulador DY02_0009.

Este controlador de 50A 12/24v, con luces indicadoras de LED y pantalla LCD, se utilizan en los recursos de energía verde (La energía solar). Para tener que regular la corriente de carga de acuerdo con el voltaje de la batería. Ver figura 4.6

Algunos de los beneficios con los que cuenta son:

- Mantiene pleno voltaje de la batería.
- Protección de polaridad revertida para baterías.
- Si la carga actual es excesiva, el controlador cambiará a modo de autoprotección.
- Recuenta continuamente las horas de carga y descarga actual de la batería.



Figura 4.5 Solar cargador regulador 50A 12v/24v.

El costo de este regulador es de 259.99 dólares equivalentes a \$3,418.87.

El Inversor que elegiremos es el número 1 visto en el subtema 3.1.3 del capítulo 3, el cual cumple con la demanda necesaria para el suministro de energía de la oficina el cual es menor a los 600w. Los requerimientos del inversor se pueden satisfacer con la batería elegida anteriormente. Recordando el costo que es de \$3,990.

El costo para el suministro de energía nos quedaría de la siguiente manera.

Costo de 8 Baterías.	\$11,437.34
Costo gabinete para las 8 baterías	\$1,157.2 Solartronic Modelo CM-B08
Costo del regulador elegido.	\$2,880.5
Costo de inversor.	\$3,990
Costo de mano de obra.	\$2,746.18
Costo de material extra.	\$1,100 (Conductor, terminales etc)
El costo total será de:	<hr/> \$23,311.22

4.2 Recuperación de la inversión de la energía renovable

La inversión de energía renovable que se necesita para el suministro de energía para las dos bombas y el suministro de la oficina es: Costo de el equipo fotovoltaico \$56,884 pesos más la mano de obra técnica de instalación (15% del costo del equipo fotovoltaico) \$8,532.6, el costo total de la fabricación y mano de obra de la instalación de los soportes en campo para los paneles que es de \$7750 y finalmente el costo de la electrificación de la oficina que es de \$23,311.22. Por lo tanto tenemos un total de \$96,477.82 pesos, cantidad que se recuperará a largo plazo. Tomaremos los datos de la tabla 4.5 para definir la cantidad con la cual calcularemos el tiempo de recuperación.

Tabla 4.5 Historial de facturación.

AaMm	Consumo Kwh	Importe total \$
0908	759	716
0909	770	725
0910	878	828
0911	890	839
0912	800	754
1001	664	277
1002	904	852
1003	980	923
1004	985	929
1005	981	703
1006	902	850
1007	759	715

La forma de calcular el tiempo de recuperación será con el promedio de las facturaciones de los 12 meses, con lo que aplicaremos esta cantidad como denominador para el cálculo del tiempo de recuperación. Entonces tenemos el gasto por año y lo dividimos entre los 12 meses que tiene el año $\$9,111/12 = 759.25$ y esto es el gasto promedio por mes.

$$\text{Tiempo de recuperación de inversión} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{costo de energía por mes}} \quad (4.2)$$

Donde:

Tiempo de recuperación de inversión	meses
Inversión total de la energía renovable	\$96,477.82
Importe mensual promedio en CFE	\$759.25

Al aplicar la fórmula 4.2 tenemos el tiempo en el cual recuperaremos la inversión y a partir de ahí la generación no tendría costo, solo el ligero mantenimiento de limpieza de polvo por año, recordemos que solo se disminuye en un 3% la eficiencia del panel solar si este esta cubierto de polvo.

Aplicando la fórmula 4.2 obtenemos el tiempo de recuperación:

$$\text{Tiempo de recuperación de inversión} = \frac{\$96,477.82}{\$759.25} = 127 \text{ meses}$$

Alrededor de 10 años con 7 meses se recuperaría la inversión.

Cabe mencionar que la configuración que se dimensionó está diseñada para el bombeo de agua durante 6 horas diarias para almacenar agua y la generación de energía para la bomba de riego que se alternará con la carga de baterías. Esto mientras la insolación se mantenga de manera favorable para que los inversores estén en su rango de trabajo lo cual se cree de 10am a 5pm.

4.2.1 Ventajas y desventajas de la energía renovable.

Ventajas

*Sustentable, porque la fuente de energía es el sol (energía inagotable), por lo tanto no contamina el ambiente ni favorece al efecto invernadero,

- * No consume combustibles
- * Larga vida útil (los paneles tiene alrededor de 25 o 30 años), carece de partes móviles que ocasionen desgaste por el funcionamiento.
- *Sistema modular, adaptable conforme a la potencia requerida.
- *No requiere mayor mantenimiento, conexiones internas encapsuladas en varias capas de material protector.
- *Independiente, porque sólo depende del sol, no se necesita la conexión a la red pública eléctrica, ni combustibles.
- *Económico, no se gasta en combustibles o mantenimiento.
- *No produce ruido al funcionar lo que representa una clara ventaja contra los generadores de motor en viviendas aisladas.
- *La continuidad de la generación fotovoltaica se mantiene ante fallas que la compañía eléctrica presente tales como armónicos, sobre tensiones, cortocircuitos, etc.
- *El suministro de energía por parte de los paneles sería alrededor de 7 horas diarias (10am a 5pm), tiempo mayor al que se necesita por parte de cada una de las bombas lo cual previene casos en que se necesite más agua tanto para almacenar como para riego (casos no previstos).

Desventajas

- *El costo de inversión es muy elevado lo cual alarga el tiempo de recuperación de la inversión.

4.3 Recuperación de la Inversión del banco de capacitores.

Considerando en este caso que la recuperación de la inversión de los bancos de capacitores será obtenida con el importe de penalización por bajo factor de potencia que es de \$400. El costo del banco de capacitores que se propone es de \$396 dólares equivalente a \$5,207.4 (valorando el dólar a \$13.15 pesos MN) + el costo de envío \$1,041 y el costo por concepto

de instalación de banco de capacitores (Cotización por constructora “EL TEODOLITO”) \$940.44. Tenemos un costo total de \$7,188.84.

Aplicando la fórmula 4.2 obtenemos el tiempo de recuperación:

$$\text{Tiempo de recuperación de inversión} = \frac{\$7,188.84}{\$400} = 17.97 \text{ meses}$$

Tal valor es alrededor de 18 meses o 1 año y 6 meses en el cual se recuperaría la inversión de la aplicación de los bancos de capacitores.

4.3.1 Ventajas y desventajas de banco de capacitores.

Ventajas

*Solucionaríamos el cargo de penalización por el bajo factor de potencia por el cual el invernadero ha estado sujeto a pagar.

*Se mejoraría el suministro de energía para los equipos.

Desventaja

*Seguiríamos teniendo energía entretenida en la diversa carga (presencia de inductancia).

*Debido a que el bajo factor de potencia varía, en algunos momentos debido a que la carga que lo produce estaría desconectada, el banco fijo de capacitores estaría aportando potencia reactiva aunque esta no sea necesaria ocasionando problemas al transformador (resonancia). En este caso se recomienda hacer un banco de capacitores con control automático de aportación de potencia reactiva, pero el costo de éste se incrementa aproximadamente 5 veces al fijo.

*El servicio de la acometida sigue siendo un servicio mal dado, por el voltaje que proporciona de 440v (no comercializado por CFE).

Efecto de resonancia del transformador de MT y el transformador interno con el banco de capacitores cuando la carga sea muy poca.

4.4 Recuperación de la Inversión de la creación de infraestructura.

Como recordaremos la inversión necesaria para la infraestructura eléctrica es de:

Costo de ampliación en Media tensión	\$16,513.43
Costo de transformador de 15KVA	\$20,614.36
Costo de mano de obra	\$4,760.56
El costo total	<hr/> \$41,888.35

Costo de mano de obra por concepto de instalación de 2 postes incluyéndose el vestido de los mismos. \$4,760.56. Cotización proveniente de constructora “EL TEODOLITO”.

El costo total de la obra es de \$41,888.35 más lo referente al contrato de suministro considerado como mínimo en comparación con el crecimiento de infraestructura eléctrica. Para el tiempo de recuperación también usaremos el promedio de facturaciones usado de \$759.25

Aplicando la fórmula 4.2 obtenemos el tiempo de recuperación:

$$\text{Tiempo de recuperación de inversión} = \frac{\$41,888.35}{\$759.25} = 55.17 \text{ meses}$$

Tal valor es alrededor de 4 años y 6 meses en el cual se recuperaría la inversión de la creación de infraestructura eléctrica.

El tiempo de recuperación puede reducirse a la mitad debido a que hay un vecino de la propiedad que le beneficiaría la creación de infraestructura eléctrica por la utilidad que le puede dar a ésta y los diversas ventajas que podría obtener como lugar de trabajo tales como iluminación, instalación de invernaderos que se relaciona con el bombeo para riego, viveros, vivienda etc.

Entonces la inversión podría recuperarse en 2 años y 3 meses debido a lo mencionado.

4.4.1 Ventajas y desventajas de la creación de infraestructura.

Ventajas

- *Desaparición de penalización por bajo factor de potencia.
- *Mejor calidad de suministro de energía debido a que el medidor estaría a pie de propiedad.
- *Voltajes requeridos (120v y 220v) por la carga evitando así el transformador interno.
- *Cambio de tarifa eléctrica.

Desventajas

- *La cantidad que se invertirá es grande debido por ser esta al contado y pagada por una sola persona.
- *El vecino del invernadero pudiera no interesarle compartir los gastos (no a corto plazo) lo que confirmaría el desembolso de una sola persona.
- * Al tiempo de recuperación de la inversión le afectara un poco el pago mensual por la nueva tarifa que se tendría.

Capítulo 5

Conclusiones

En este capítulo concluiremos con las observaciones personales primeramente generalizándolas las cuales fueron adquiridas a lo largo del desarrollo de este trabajo, se comentarán algunos puntos sobre esta energía renovable que se desarrollo como alternativa prioritaria de mejora eléctrica. Así también se concluirá sobre la aplicación de los bancos de capacitores determinando que tan conveniente es su aplicación al igual que la creación de infraestructura eléctrica. Finalizaremos la con la recomendación de la alternativa de suministro eléctrico que consideramos óptima. Mencionaremos trabajos futuros debido al habernos involucrado con el recurso fotovoltaico con la idea de mejor aprovechamiento del mismo.

5.1 Conclusiones

Este recurso renovable debería de ser uno de los más desarrollados ante la inminente contaminación de la que somos rodeados por todos los gases que diariamente son arrojados al aire libre por las empresas generadoras de electricidad convencionales como son las de combustibles fósiles. Provocando así problemas graves como el calentamiento global que está arrojando graves cambios climáticos de los que somos testigos. Con este recurso renovable podríamos suministrar energía de manera factible a los lugares que se encuentren alejados (mayor a 500m) de la red eléctrica, donde el costo es menor que la infraestructura eléctrica. La aplicación será para diversas necesidades como el abrevadero de ganado, el riego por goteo, uso doméstico, cercos eléctricos, calentamiento de agua, almacenamiento de agua en las cisternas para uso posterior del agua, etc. Al parecer es un recurso con un costo elevado, pero recuperable en un plazo determinado, lo cual dependerá de algunos factores como son: el costo total, el beneficio económico que este refleje y el tiempo en que esté funcionando. Apoyando el desarrollo de esta tecnología mediante su aplicación estratégica ésta tenderá a reducir su costo de producción, tener una mayor comercialización y un mejor desarrollo. Tal como se observa en los países como Alemania,

España, China y Japón que tienen un gran impulso en la fabricación de los paneles fotovoltaicos.

5.1.1 Conclusiones generales.

En la actualidad, una prioridad que deberíamos tener a escala mundial y en particular en nuestro país México, es el desarrollo de fuentes alternas y renovables de energía eléctrica. En este contexto, la energía solar fotovoltaica es sin lugar a dudas, una forma limpia y fiable de producción de energía eléctrica, además de que nuestro país cuenta con un buen recurso solar que en la actualidad no sea estado aprovechando considerablemente.

La generación de energía eléctrica utilizando módulos fotovoltaicos conectados con un inversor es una buena alternativa para las cargas de CA que se puedan tener o las cargas de energía de CD. Esta nueva fuente es ambientalmente limpia y ha demostrado que cumple los estándares de calidad exigidos a la generación tradicional a partir de combustibles fósiles, generación hidroeléctrica, nuclear, etc.

El proceso involucrado en la transformación de energía puede considerarse como una tecnología madura, de alta confiabilidad, larga vida y que en algunos casos, resulta ser económicamente competitiva si se compara con los costos de adquisición, operación y mantenimiento de otras opciones de generación de electricidad.

5.1.2 Conclusiones personales.

Para la realización de esta investigación menciono que fue laboriosa debido a que durante su desarrollo se encontraron cambios en la problemática debido a que habíamos partido de que se tenía un alto consumo de energía que reflejaba un importe mensual elevado, después encontramos una penalización por un bajo factor de potencia y al adentrarnos mas encontramos que se tenía una acometida mal dada por la compañía de CFE y un sobredimensionamiento del transformador interno, lo cual cambio la problemática y las solución de esta. Una dificultad mas fue la información que se necesitaba de los paneles fotovoltaicos e inversores, características de generación y consumo para funcionamiento. En el caso de los inversores, se presentan algunas incompatibilidades eléctricas como por

ejemplo la frecuencia (50hz para algunos países y 60Hz para otros) porque son hechos por diferentes fabricantes del mundo. En los paneles es difícil saber el precio debido a que como no se fabrican en México, estos son vendidos por un intermediario el cual a veces no proporciona las características completas o el precio esta sujeto a la cantidad y lugar de envío. Comentarios de material leído para el desarrollo concluyen en que la aplicación de esta energía renovable es un traje cortado a la medida de la carga que se requiere alimentar.

En la tabla 5.1 se muestra los tiempos de recuperación resultantes correspondientes a la inversión

Tabla 5.2 Ventajas y desventajas

Alternativa	Costo	Amortización	Tiempo de recuperación
Panel FV	\$96,477.82	\$759.25	10 años 7 meses
Banco de capacitores	\$7,188.84	\$400	1 año 6 meses
Creación de Infraestructura eléctrica	\$41,888.35	\$759.25	4 años 6 meses

5.2 Alternativa elegida

La alternativa recomendada es la creación de infraestructura eléctrica debido a las ventajas que nos ofrece como se ve en la tabla 5.2, fundamentalmente la de mejorar la calidad de suministro eléctrico. Las dos alternativas restantes presentan inconvenientes como: La energía renovable es factible para lugares a más de 500m de la red eléctrica y en nuestro caso la inversión es algo elevada debido a que son 98m de distancia, el banco de capacitores convendría en condiciones de un factor de potencia en un rango de 0.5 como limite, esto porque un valor menor a 0.5 es drástico para un funcionamiento de la carga otro inconveniente es que la acometida proporcionada sigue mal dada y por lo tanto ante una modificación de la red eléctrica por parte de CFE, el suministro seria suspendido hasta que hasta que este dentro de norma lo cual vendría siendo la creación de infraestructura eléctrica planteada como solución.

Tabla 5.2 Ventajas y desventajas

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Panel FV	-Energía abundante e inagotable. -No contamina. -De 25 a 30 años de vida. -Modular. -Independiente	-Costo elevado
Banco de capacitores	-Compensación de potencia Reactiva. -Disminución de penalización	-Aportación de VA r cuando no se necesiten. -Energía entretenida en la carga. -Servicio de acometida mal dado.
Creación de Infraestructura eléctrica	-Desaparición de Penalización. -Mejor calidad de suministro. -Voltajes requeridos. -Cambio de tarifa. -Energía continúa.	-Desembolso por una sola persona.

5.3 Trabajos futuros.

Como trabajo futuro me gustaría especializarme más en el tema de la energía renovable, como se ha recalado con anterioridad son grandes las ventajas que nos ofrecen y México es un país donde se tiene recursos naturales que no se está aprovechando como deberían de ser. La finalidad de adentrarme en este recurso natural es la de aprovecharla como una alternativa de suministro de energía debido a que en un futuro será fundamental para las necesidades del ser humano.

Innovar los soportes de seguimiento automático buscando que estos sean económicos respecto a los ya fabricados.

Un aporte más sería el de fomentar la aplicación de la energía renovable en la región de origen con una demostración física para el riego por goteo, abrevadero de ganado, almacenamiento de agua en cisterna o en cualquier otra utilidad que se requiera.

Referencias

[1] <http://www.textoscientificos.com/misc/favicon.ico>

[2] <http://www.instalacionenergiasolar.com>

[3] Los Sistemas Fotovoltaicos. Curso de introducción.

Preparado por: División de Energías Alternas CODUMEX.

[4] XXIII Semana Nacional de Energía Solar Curso de actualización: Bombeo de agua con sistemas fotovoltaicos. Morelia, Michoacán. Octubre 1999

[5] http://www.emexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/Mpios/16106a.htm

[6] Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica.

[7] Guía de gestiones para implementar en México plantas de generación eléctrica que utilicen energías renovables. CONAE.

[8] COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

[9] Boletín IIE, octubre-diciembre del 2003

[10] Hacia una electricidad para todos. Informe ASIF, Octubre 2004.

[11] Navigand [Min 2009], PV News [Pvn 2009] y análisis del JRC.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/>

[12] PHOTON International, January 2005.

[13] Encuentro de Investigación en Ingeniería Eléctrica
Zacatecas, Zac, Marzo 17 —18, 2005

[14] www.invercom.com.mx

[15] www.conergy.com

[16] www.xantrex.com

XPOWER

<http://www.enalmex.com/paginas/inversores/inversores.htm>

- [17] www.eleceargentina.com.ar
- [18] www.tritec-energy.com
www.directindustry.es/prod/kyocera-solar/panel-solar-fotovoltaico-20655-45420.html
- [19] www.solarworld.de
- [20] Capacitores y reguladores de voltaje
Dr. Isaías Elizarraraz Alcaraz.
- [21] <http://www.codeso.info/Ejemplo03.html>
- [22] INSTALACIONES ELECTRICAS PRÁCTICAS. Ing. Becerril L Diego Onésimo.
- [23] <http://www.electricasas.com/electricidad/energia-solar/fotovoltaica-energia-solar-electricidad/baterias/>
- [24] <http://www.mitsubishisolar.com/catalogo2004.pdf>
<http://www.codeso.info/Calculo03.html>
<http://www.codeso.info/Calculo04.html>
<http://www.codeso.info/Calculo05.html>
<http://www.idealhere.com/es/favicon.ico>