



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Ciencias e Ingeniería

**Dimensionamiento e instalación de tres sistemas
fotovoltaicos de pequeña escala.**

TRABAJO MONOGRÁFICO

Para obtener el Grado de

Ingeniero en Sistemas de Energía

PRESENTA

JOHAN ARGENIS SÁNCHEZ PÉREZ

SUPERVISORES

M.E.S. ROBERTO ACOSTA OLEA

M.C. EMMANUEL TORRES MONTALVO

DR. VICTOR MANUEL SANCHEZ HUERTA

Chetumal, Quintana Roo, Octubre de 2012



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
División de Ciencias e Ingeniería

Trabajo monográfico elaborado bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA

COMITÉ

Supervisor: M.E.S. Roberto Acosta Olea

Supervisor: M.C. Emmanuel Torres Montalvo

Supervisor: Dr. Victor Manuel Sánchez Huerta



Chetumal, Quintana Roo, octubre de 2012

DEDICATORIA

Hay personas a las que les gustaría darles las gracias. Principalmente a mis padres Adán Sánchez y Leidy Pérez que me dieron las bases para el éxito.

AGRADECIMIENTOS

Al M.E.S. Roberto acosta Olea, que me proporciono el toque fino de sus profundos conocimientos en el área fotovoltaica tradicional y de sus sugerencias para el desarrollo de este libro.

Al M.C. Emanuel torres Montalvo, que me auxilio en muchos puntos delicados referentes a la ingeniería eléctrica.

Al Dr. Víctor Manuel Sánchez Huerta, que me proporciono amable y oportunamente la revisión de los temas.

A los señores, Héctor Tamayo, Sra. Caty y al Ing. Víctor Medina por la colaboración y confianza para el desarrollo de los proyectos.

A la División de Ciencia e Ingeniería por su apoyo a la impresión de este trabajo monográfico.

RESUMEN

Este trabajo monográfico tiene como objetivo principal mostrar de una manera sencilla, clara y ordenada la importancia del uso de la energía solar fotovoltaica, específicamente aplicada en tres sistemas a pequeña escala en casas habitación.

Para ello el trabajo esta estructurado en tres capítulos, en el primer capítulo se describe una breve introducción al tema de la energía solar fotovoltaica, destacándose sus ventajas, desventajas y aplicaciones, así como la problemática que se tienen en las instalaciones reales. En el segundo capítulo se dan las especificaciones técnicas y características de los distintos elementos que componen un sistema fotovoltaico y que serán utilizados en los proyectos. En el tercer capítulo se detallan los tres proyectos a presentar, en donde en cada uno se dimensiona la capacidad de captación y almacenamiento de energía según las necesidades de cada usuario, así como el proceso de instalación, selección de marcas de los productos a instalar. Por último se dan las conclusiones más importantes en el desarrollo de este trabajo, así como de los conocimientos obtenidos durante mi estancia en la Universidad de Quintana Roo.

CONTENIDO

Página

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | |
| Lista de figuras - - - - - | -1 |
| Lista de Tablas - - - - - | -2 |
| Nomenclatura - - - - - | -2 |
| | |
| CAPITULO 1._ INTRODUCCIÓN - - - - - | -3 |
| 1.2. Justificación - - - - - | 4 |
| 1.3. Objetivos - - - - - | -5 |
| | |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO - - - - - | 6 |
| 2.1. Energía solar fotovoltaica - - - - - | 6 |
| 2.2. Sistemas fotovoltaicos - - - - - | 7 |
| 2.2.1. Resultados positivos de la instalación de sistemas fotovoltaicos - - - - - | 9 |
| 2.3. Problemática en los sistemas fotovoltaicos - - - - - | -11 |
| | |
| CAPITULO III. DIMENSIONAMIENTO DE TRES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN OTHON P. BLANCO - - - - - | 12 |
| 3.1. Proyecto Oxtankah (Sr. Héctor Tamayo) - - - - - | 12 |
| 3.1.1. Instalación del sistema híbrido - - - - - | 16 |
| 3.2. Proyecto Oxtankah (Sra.Caty) - - - - - | 20 |
| 3.2.1. Instalación de módulos fotovoltaicos - - - - - | 22 |
| 3.3. Proyecto Bacalar (Ing. Víctor) - - - - - | -24 |
| 3.3.1. Instalación de módulos fotovoltaicos - - - - - | 26 |
| | |
| CAPITULO IV. CONCLUSIONES - - - - - | -28 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA - - - - - | -29 |
| ANEXOS - - - - - | 30 |
| Anexo 1 Módulos fotovoltaicos - - - - - | 30 |
| Anexo 2 Controlador de carga - - - - - | 32 |
| Anexo 3 Inversor – cargador - - - - - | 33 |
| Anexo 4 Baterías - - - - - | 35 |

Lista de figuras

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1: Sistemas fotovoltaicos actuales ----- | 7 |
| Figura 2: Fotografía de ubicación del sistema fotovoltaico ----- | 12 |
| Figura 3: Fotografía de los módulos fotovoltaico (caso 1) ----- | 16 |
| Figura 4: Arreglo fotovoltaico (caso 1) ----- | 17 |
| Figura 5: Generador eléctrico (caso 1) ----- | 17 |
| Figura 6: Fotografía de conexión serie- paralelo Del banco de baterías (caso 1)- ----- | 18 |
| Figura 7: Fotografía del sistema híbrido (Energía solar – energía electromecánica) ----- | 18 |
| Figura 8: Diagrama unifilar del sistema a 48 V (caso 1) ----- | 19 |
| Figura 9: Fotografía de casa con sistema fotovoltaico (caso2) ----- | 20 |
| Figura 10: Fotografía de los módulos fotovoltaicos (caso 2) ----- | 23 |
| Figura 11: Banco de baterías (caso 2) ----- | 23 |
| Figura 12: Diagrama unifilar del sistema a 24 V (caso 2) ----- | 24 |
| Figura13: Fotografía del sistema fotovoltaico (caso 3) ----- | 26 |
| Figura14: Banco de baterías (caso 3)- ----- | 27 |
| Figura 15: Diagrama unifilar del sistema actual (caso 3)- ----- | 30 |

Lista de Tablas

| | Página |
|---|--------|
| Tabla 1.- Inventario de cargas para la demanda de w/día (caso1) - - - - - | 13 |
| Tabla 2.- Cálculo de captación de energía mediante el arreglo fotovoltaico - | 14 |
| Tabla 3.- Lista de material (caso 1) - - - - - | 16 |
| Tabla 4.- Demanda de cargas del caso 2 - - - - - | 21 |
| Tabla 5.- Cálculo de captación de energía mediante el arreglo fotovoltaico (caso 2) - - - - - | 21 |
| Tabla 6.- Componente utilizados en la instalación (caso2) - - - - - | 22 |
| Tabla 7.- Cálculo de demanda de energía en w/día (caso 3) - - - - - | 24 |
| Tabla 8.- Cálculo de captación de energía mediante el arreglo fotovoltaico (caso 3) - - - - - | 25 |
| Tabla 9.- Componente utilizados en la instalación (caso3) - - - - - | 26 |

NOMENCLATURA

A: Ampere
V: Voltaje
W: Watt
W/h: Watt por hora
Wp: Watt pico
W/día: Watt por día

PPN: Potencia pico nominal
CD: Corriente directa
CA: Corriente Alterna
VCA: Voltaje en corriente alterna
H: Hora
MW: Mega watt

CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN

Cuando pensamos en la energía solar, dos manifestaciones de ésta, luz y calor son fácilmente reconocidas. Ambas juegan un papel vital en la vida de nuestro planeta. La luz solar hace posible el proceso de fotosíntesis, sin el cual el reino vegetal y animal desaparecerían. El calor regula el clima y evapora las aguas del mar, las que, libres del contenido salino, son devueltas al planeta en forma de lluvia. Seres humanos, animales y plantas deben su existencia a este simple mecanismo de purificación.

La luz solar forma parte del espectro electromagnético, es decir, es un tipo de onda electromagnética que se desplaza por el espacio en todas direcciones, y alcanza la tierra en un tiempo aproximado de 8 minutos. Para aprovechar de la energía solar se han desarrollado tres grandes Sistemas:

- Sistemas Fotovoltaico (SFV).
- Sistemas Fototermico (SFT).
- Sistemas Fotoquimico (SFQ).

Los módulos fotovoltaicos captan los fotones contenidos en los rayos solares, y los materiales semiconductores que los forman los transforman en una corriente continua de electrones, es decir, en electricidad. Esta electricidad es corriente continua, no apta para el uso directo en el hogar, por lo que es necesario un dispositivo que lo transforme en corriente alterna, llamado inversor. Una vez que disponemos ya de la electricidad en su estado óptimo, podemos bien venderla a la compañía eléctrica, bien usarla directamente, bien almacenarla en los acumuladores apropiados para ello, llamados baterías. Los pequeños sistemas fotovoltaicos autónomos son utilizados principalmente para electrificación rural de pequeñas comunidades aisladas carentes de infraestructura básica donde el grado de dispersión de la población es muy alto.
[1]

En los países en desarrollo; Los componentes básicos de éste tipo de sistemas son: el generador de electricidad (modulo fotovoltaico) que convierte la luz del sol directamente a energía eléctrica(corriente directa); el sistema de almacenamiento que generalmente es una batería, la cual almacena la energía producida por el módulo fotovoltaico además de proporcionar autonomía durante los días de poca insolación y establecer el voltaje de operación del sistema; el controlador de carga cuya función es proteger a la batería, proporcionar información sobre el estado operativo del sistema y albergar protecciones del sistema. En los casos donde se requiere suministrar corriente alterna, los sistemas incluyen un inversor de corriente.

1.2.- JUSTIFICACIÓN

Esta monografía tiene como objetivo mostrar los logros obtenidos en tres proyectos exitosos de sistemas fotovoltaicos en la region sur del estado de Quintana Roo. En este trabajo se expone un estudio detallado sobre el dimensionamiento e instalación de cada uno de los sistemas instalados; adicionalmente se exponen las opiniones de cada uno de los usuarios, sobre su funcionamiento en su vida cotidiana.

Estos proyectos fueron posibles gracias a la conciencia de algunos habitantes del planeta, ya que optan por fuentes de energia alternativas (energía solar, energia eólica, entre otras) para reducir la contaminacion que se genera día con día, la cual da pie al efecto invernadero que de una manera afecta al planeta en que vivimos.

1.3.- OBJETIVOS

Objetivo General:

1.- Realizar un análisis del dimensionamiento de cada uno de los sistemas fotovoltaicos para validar si cumplen con las necesidades que el usuario requiere para su vida cotidiana.

Y los Objetivos Particulares son:

1. Realizar una inspección visual de las condiciones en que se encuentran los sistemas fotovoltaicos instalados.

2. Emitir recomendaciones que sirvan para mantener en buen estado los sistemas fotovoltaicos instalados.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables que se presentan como una alternativa a las fuentes tradicionales que se basan en combustibles fósiles. La principal energía renovable en el mundo particularmente es la solar. El uso de la energía solar mediante dispositivos fotovoltaicos presenta oportunidades para electrificación de zonas remotas, las cuales no tienen acceso a la red pública de suministro, o usarla como respaldo de otras fuentes renovables, como la eólica o en sistemas híbridos. El potencial de energía solar en México es uno de los más altos del mundo, aproximadamente tres cuartas partes del territorio nacional son zonas con insolación media del orden de los 5 kWh/m².

El desarrollo y la aplicación de las energías renovables para la generación eléctrica en México en el horizonte de los próximos 10 años dependerán de la evolución de factores críticos que incluyen el desarrollo tecnológico y de mercado en el plano internacional, así como de aspectos ambientales. El principal uso de este recurso es la producción de electricidad en zonas rurales aisladas de la red eléctrica. Es especialmente útil en zonas rurales de países en vías de desarrollo que aún no disponen de una red eléctrica densa. Las necesidades básicas pueden ser cubiertas de esta manera: televisión, una herramienta indispensable para el acceso a la información en lugares de difícil acceso por carretera, bombillas y pequeños electrodomésticos.

De 1993 al 2001 la capacidad instalada de los sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7.1 MW a 14.3 MW. Para el año 2011 se esperaba contar con 28 MW instalados. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuenta con una planta híbrida en San Juanico, Baja California Sur, conformada por 17 kW fotovoltaicos, 100 kW eólicos y un generador diesel de 80 kW. Además tiene en construcción la central de ciclo combinado Agua Prieta II con Campo Solar, la cual estará integrada por dos turbinas de gas, dos recuperadores de calor y una turbina de vapor con una capacidad conjunta de 650 MW, incluyendo la capacidad del campo solar de 25 MW que iniciará su operación comercial en el segundo trimestre del 2009. [2]

2.2. Sistemas fotovoltaicos

La investigación y desarrollo en la tecnología fotovoltaica tiene una gran tradición en el país y se remonta hasta la década de los 70's. El Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional inició la manufactura de celdas FV y su ensamble en módulos. En 1978 se puso en operación una planta piloto para fabricar 4 kWp por año. La capacidad de la planta posteriormente fue incrementada hasta los 20 kW. Algunas otras instituciones como el Centro de Investigación de Energía (CIE) de la Universidad Autónoma de México (UNAM) han realizado investigación en materiales para celdas fotovoltaicas.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) inició en 1979 investigación relacionada con la ingeniería de plantas fotovoltaicas. A partir de los 90's, la investigación se dirigió hacia pequeñas aplicaciones FV en zonas aisladas. Actualmente los trabajos de investigación se han dirigido hacia dos campos principales: sistemas conectados fuera de red, que incluye los sistemas fotovoltaicos domiciliarios para electrificación rural y los sistemas híbridos, solar-eólico-diesel. En lo que respecta a sistemas FV conectados a la red eléctrica las investigaciones se han enfocado a sistemas que pueden ser utilizados para dar soporte y alivio térmico a líneas de distribución en zonas con grandes picos de demanda durante el verano, el cual es motivado principalmente por el uso de aire acondicionado.



Instalación solar autónoma



Lámpara con módulos fotovoltaicos

Figura 1.- Sistema fotovoltaicos actuales.

Con diversos programas gubernamentales, se han instalado en México más de 60,000 sistemas fotovoltaicos en 20 estados del país. Esta actividad ha sido llevada a cabo dentro de programas asistenciales y programas para

mejorar la calidad de vida de comunidades marginadas carentes de infraestructura básica.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas contribuyó en el programa brindando apoyo técnico a la Comisión Federal de Electricidad en lo relativo a capacitación de personal técnico y la emisión de especificaciones técnicas, las cuales han formado parte de los paquetes licitatorios en programas de electrificación rural fotovoltaica donde los fondos para su realización han sido aportados por el gobierno federal.

Otras instituciones como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de la Secretaría de Agricultura con el Apoyo del Global Environmental Facility (GEF), llevaron a cabo un programa denominado Energías Renovables para la Agricultura. Este programa brinda apoyo financiero y técnico a productores del campo para la instalación de sistemas de bombeo, cercas eléctricas, ó tanques de enfriamiento; todo ello con el fin de aumentar la productividad y rentabilidad de proyectos del campo mexicano. Adicionalmente, el programa incluyó la capacitación técnica para personal del Fideicomiso, personal de dependencias de gobiernos estatales, municipales y los propios beneficiarios del proyecto.

En México también se ha tenido experiencia con los sistemas híbridos solar-eólico para electrificar comunidades. Utilizando ésta tecnología, actualmente se suministra la energía eléctrica en dos comunidades del estado de Baja California Sur, un hotel en el estado de Quintana Roo y una casa habitación en las inmediaciones del Ajusco en el Distrito Federal.

Actualmente los sectores eléctricos del mundo atraviesan por una revolución tecnológica que está modificando radicalmente su organización y operación:

Las empresas de electricidad ya no actúan de manera vertical, como simples suministradores de insumos, sino que hoy día se han transformado en empresas especializadas que ofrecen bienes y servicios personalizados. Para lograr la modernización del sector eléctrico es necesario que las empresas e instituciones del mismo lleven a cabo su manejo, planeación y desarrollo con plena autonomía, para así responder de la mejor manera posible a las necesidades de corto, mediano y largo plazo de los usuarios y no responder a objetivos ajenos a los de la industria eléctrica.

En México se necesita una reglamentación del sector eléctrico que sea flexible y brinde la oportunidad y seguridad a la inversión para el desarrollo de proyectos de generación de energía con fuentes alternativas, y que impulsen la investigación y el desarrollo de estas tecnologías por parte de las empresas públicas responsables del suministro de energía eléctrica. [3]

Con la puesta en marcha de varios proyectos de energía renovable en zonas biológicas protegidas, Sandia National Laboratories y sus asociados en la conservación del medio ambiente han podido demostrar claramente los beneficios de la aplicación de estas tecnologías, no sólo para el manejo de reservas ecológicas, sino también para el desarrollo sostenible. Sandia colabora con tres grupos internacionales de conservación—The Nature Conservancy (TNC), World Wildlife Fund (WWF - Fondo Mundial de Vida Silvestre), y Conservation International (CI) —y con sus contrapartes mexicanas, para realizar proyectos que promuevan el avance de sus respectivas metas. Las principales actividades y logros del primer trimestre del 2010 son las siguientes:

- La instalación de sistemas, iniciada en cuatro reservas forestales en Chiapas y en Quintana Roo, donde los socios locales han comprado equipo completo para aportar energía a las estaciones de guardabosques y de investigación;
- El proceso de obtención de otros 25 sistemas de energía renovable en esa misma zona sureña, desarrollando especificaciones y contratos de instalación con distribuidores nacionales o locales que aseguren que sean sistemas de alta calidad y duraderos; además de
- Un manual de operaciones y mantenimiento, desarrollado entre laboratorio Sandia y uno de sus socios mexicanos, como modelo para el manejo correcto de sistemas de energía renovable.

La instalación de varios sistemas fotovoltaicos en Chiapas y en Quintana Roo es, producto de los esfuerzos recientes de Sandia, junto con sus socios locales, para identificar la demanda de energía y desarrollar contratos con distribuidores locales. El Instituto de Historia Natural, un asociado de The Nature Conservancy, ha comprado sistemas fotovoltaicos a nivel local que estarán funcionando en seis de sus puestos de guardabosques en tres importantes reservas ecológicas en Chiapas: El Ocote, El Triunfo y La Encrucijada.

Los Amigos de Sian Ka'an (ASK), una organización no gubernamental en Quintana Roo que presta apoyo científico y de infraestructura a la Reserva Biósfera de Sian Ka'an, también colabora con Sandia para instituir tecnologías altamente confiables de energía renovable en esa zona protegida. Dicho grupo le ha comprado a un distribuidor local sistemas fotovoltaicos para cinco puestos de guardabosques y para uno de investigaciones dentro de la reserva, que darán energía eléctrica para planta física, para bombeo de agua y para las radiocomunicaciones. [1]

2.2.1. Resultados positivos de la instalación de sistemas fotovoltaicos

Una vez instalados los sistemas de energía renovable, Sandia continúa colaborando con sus contrapartes mexicanas para asegurar la longevidad de los proyectos. Aun cuando los sistemas fotovoltaicos requieran poca atención técnica, siempre es necesario programar el mantenimiento rutinario y el

funcionamiento de todos los proyectos instalados. Un primer resultado de esta programación es la edición de un manual para mantenimiento y funcionamiento a largo plazo, desarrollado y redactado junto con los Campesinos Ecológicos de la Sierra Madre de Chiapas (CESMACH), una cooperativa de caficultores de la Reserva El Triunfo en Chiapas. Sandía y World Wildlife Fund colaboraron con este grupo en 1996 para instalar un sistema de radiocomunicaciones que opera accionado por la energía fotovoltaica. El formato del manual presentará un modelo para futuros planes de mantenimiento y operaciones, dentro del contexto de todo tipo de proyecto de energía renovable instalado en zonas protegidas.

Otro resultado de los proyectos de energía renovable es que aquellas organizaciones locales privadas que participan en el manejo de áreas protegidas han mostrado avances importantes en su capacidad técnica y en sus negociaciones con los distribuidores. Su entusiasmo y participación en todas las etapas del desarrollo de los proyectos, además de fomentar relaciones muy positivas con los distribuidores locales, han permitido el éxito de dichos proyectos, lo cual tiene un buen efecto a largo plazo sobre la operación y el mantenimiento de los sistemas. Además, la participación que han tenido los distribuidores en los proyectos de Sandía, ha producido grandes mejorías en su capacidad de diseño técnico y de ejecución de proyectos.

Los módulos fotovoltaicos son únicos en muchos sentidos, teniendo las siguientes características principales:

- No tienen partes móviles que se desgasten.
- No contienen fluidos o gases que puedan derramarse o fugarse.
- No consumen combustible para operar.
- Tienen una respuesta rápida, alcanzando plena producción eléctrica instantáneamente.
- No producen contaminación al generar electricidad.
- Requieren poco mantenimiento si están correctamente fabricados e instalados
- El 85% de las celdas FV se fabrican de silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre.
- Son modulares, por lo que permiten un amplio rango de aplicaciones.
- Tienen amplio rango de capacidad de generación, de μW a MW.
- Tienen alta relación de potencia a peso.

- Se prestan para instalaciones locales, esto es, potencia descentralizada o dispersa.
- No son aun económicamente competitivos para la mayoría de las aplicaciones, especialmente en aplicaciones de escala intermedia y grande.
- Para la manufactura de cierto tipo de celdas requiere el manejo de sustancias que pueden ser nocivas para el ambiente en caso de descargas accidentales.
- Las tecnologías de producción están controladas por los países industrializados.

2.3. Problemáticas en los Sistemas Fotovoltaicos

Unas de las debilidades graves encontradas en casi todos los proyectos ejecutados por las municipalidades rurales es la falta de programas de capacitación y mantenimiento. Los usuarios no tienen suficientes información y conocimiento sobre sus sistemas, además, no existe ningún plan preventivo de mantenimiento. Por lo tanto, las instituciones ejecutoras deberían incorporar medidas de capacitación y la implementación de un plan de mantenimiento para asegurar una larga vida útil de estos sistemas. Se debe complementar estos proyectos con cursos de capacitación, tanto a nivel de usuario como a nivel de técnico, sobre el funcionamiento y la potencialidad del sistema.

CAPITULO III. DIMENSIONAMIENTO DE TRES SISTEMAS FOTVOLTAICOS EN OTHON P. BLANCO

En este capítulo se analizan las cargas conectadas en cada uno de los casos de estudios y determinar el voltaje de operación de las mismas. Posteriormente se realiza el dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos con el fin de cumplir con la demanda requerida, así como dimensionar el banco de baterías cumpliendo los días de autonomía conforme al caso.

3.1. Proyecto Oxtankah (Sr. Héctor Tamayo)

El sistema a analizar se encuentra en la periferia de la comunidad de Calderitas rumbo a las ruinas arqueológicas de Oxtankah (ver figura 8). En la actualidad, esta zona de la comunidad de Calderitas no cuenta con energía eléctrica convencional (CFE), debido a que el gobierno no tiene recursos para llegar con la electrificación adecuada para cubrir las necesidades de los usuarios de esta zona. Debido a esta problemática, algunos propietarios de los ranchos o terrenos han optado por instalar sistemas de generación híbridos que emplean fuentes de energía alternativas (básicamente módulos fotovoltaicos y aerogeneradores), o el uso de generadores eléctricos convencionales (gasolina-diesel) y los módulos fotovoltaicos.



Figura 2.- Fotografía de ubicación del SFV (Héctor Tamayo).

En este caso se analiza un sistema híbrido (fotovoltaico– generador eléctrico de gasolina) instalado en la casa del señor Héctor Tamayo. La edificación es de dos plantas y cuenta con todo un sistema de tendido eléctrico convencional (CA).

El sistema híbrido, se compone de dos sistemas de generación de energía eléctrica; uno de ellos consiste de seis módulos fotovoltaicos de 120 Wp cada uno de la marca Kyocera y el otro es un generador eléctrico de gasolina de la marca Coleman con capacidad de 5000 W.

Para el análisis de este caso se empleó la siguiente metodología:

- I.- Inventario de cargas para la demanda de W/día.
- II.- Cálculo de módulos fotovoltaicos
- III.- Cálculo de la potencia del generador eléctrico
- IV.- Cálculo del banco de baterías

I.- Inventario de cargas para la demanda en W/día.

Uno de los pasos más importantes para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico es el inventario de cargas, en el cual se especifica el número de aparatos eléctricos o domésticos a utilizar en el sistema, se registra el consumo de cada aparato y las horas de trabajo por día de cada uno de ellos, todo esto para el dimensionamiento de los componentes del sistema de generación híbrido (módulos fotovoltaicos, Inversores, controladores, baterías, etc.). En la tabla 1 se muestra el inventario de cargas del proyecto del sr. Héctor Tamayo.

Tabla 1.- Inventario de cargas para la demanda de W/día (caso 1).

| Número de Aparatos | Aparatos | Uso | Consumo(W) | Total (W) |
|------------------------------------|---------------------------|--------|-------------|----------------|
| | | Wh/día | Por aparato | W/día |
| 1 | Lavadora de Ropa | 0.33 | 380 | 125.4 |
| 1 | Bomba de agua 1/2 H.P. | 0.5 | 400 | 200 |
| 4 | Ventilador de Techo | 3 | 75 | 900 |
| 3 | lámparas Ahorradoras 5 W | 0.33 | 5 | 4.95 |
| 10 | Lámparas Ahorradoras 9 W | 3 | 9 | 270 |
| 1 | Televisión 21" | 2 | 120 | 240 |
| 7 | lámparas Ahorradoras 13 W | 4 | 13 | 364 |
| 1 | Estéreo | 0.33 | 45 | 14.85 |
| 1 | D.V.D. | 1 | 25 | 25 |
| 1 | Refrigerador 9 ft | 6 | 280 | 1680 |
| | | | 15% | 573.63 |
| Demanda Total W/día (W/día) | | | | 6398.13 |

Como se observa en la tabla 1, la demanda total de consumo es de 6398.13 W/día. Para esta demanda de energía fue necesario considerar dos fuentes de energía eléctrica ya que es recomendable que todo proyecto que utiliza fuentes renovables de energía cuente con un sistema de respaldo.

II.- Cálculo de módulos fotovoltaicos.

Para este caso del Sr. Tamayo ya contaba con 6 módulos fotovoltaicos por lo que con esta capacidad disponible se procede a calcular la cantidad de energía eléctrica que generaran los módulos fotovoltaicos; Ver tabla 2

Tabla 2.- Cálculo de captación de energía mediante el arreglo fotovoltaico.

| Numero de Módulos | Tipo de Conexión | Potencia por Modulo(W) | Irradiancia Solar (W/m²) | Horas de Trabajo | Potencia Total (W/día) |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|--|-------------------------|-------------------------------|
| 6 | Serie | 120 | 800 | 6 | 3456 |

Como se observa en la tabla 2, la energía fotovoltaica disponible es de 3456 W/día considerando una irradiancia solar promedio de 800W/m². Para el cálculo de esta potencia total se debe considerar que los módulos fotovoltaicos se coloquen y se orienten al sur magnético de la localidad y con una inclinación referente al nivel del mar de la localidad la cual es de 18°.

III.- Cálculo de la potencia generada de la planta eléctrica.

El siguiente paso es calcular los W/día proporcionados por el generador eléctrico de la marca Coleman de 5000 W, el cual se hace funcionar por lo menos una hora al día para respaldar el sistema Híbrido; el generador está conectado a un Inversor-Cargador Out back de 48 VDC con capacidad de 3000 W/h durante una hora, lo cual el inversor cargara por sus condiciones de carga 3000 W/h.

Por lo tanto se tiene:

| | |
|------------------|-------------------------|
| 3456 W/día | Módulos fotovoltaicos |
| + 3000 Wh/día | Generador eléctrico |
| ----- | |
| 6456 W/día | Esto en un día soleado. |
| - 6398.13 Wh/día | Demanda total por día |
| ----- | |
| 57.87 Wh/día | Excedente |

Se observa que existe un excedente de 57.87 Wh/día, siempre y cuando se utilicen todos los aparatos con los tiempos de uso correspondiente a la tabla 1; Cabe mencionar que el consumo total obtenido es de 6456 W/día, sin considerar que existen energías parásitas consumiendo, como son el controlador y el inversor cuando están en el modo de espera cubriendo así la demanda total de la casa.

IV.-Cálculo de banco de baterías

Para realizar el cálculo de banco de baterías se tomaron en cuenta tres puntos importantes que son los siguientes:

- 1.- Días de autonomía
- 2.- Voltaje de operación
- 3.- Tipo de baterías (Gel placa gruesa)

El siguiente paso es calcular el banco de baterías mediante:

$$C_B = \frac{EAU}{V_B f_u F_i} \dots \dots \dots (1)$$

$$C_B = \frac{(6398.13 * 2)}{(48 * 0.8 * 1.35)} = \frac{12796.26}{51.84} = 246.84 \text{ Ah}$$

Donde

- C_B = capacidad del banco de baterías
- E_c = energía consumida expresada en Wh
- A_u = autonomía del sistema expresada en días
- V_{N_B} = voltaje nominal del banco de baterías
- F_u = factor de uso de batería
- F_u = 0.5 para placas delgadas y 0.8 para placas gruesas.
- F_i = factor de incremento en la capacidad debido a una razón de descarga más lenta
- F_i = 1.05 para placa delgada F_i = 1.35 para placa gruesa

En (1) se consideran dos días de autonomía, por lo que la capacidad del banco de baterías resulta ser de 246.84 Ah, por lo anterior se consideraron que ya existen 12 baterías de 12V, 55 Ah conectadas en serie paralelo por lo que se tienen tres arreglos con una capacidad total de 165 Ah, de lo anterior se tiene el respaldo del generador eléctrico por estar debajo del mínimo del banco de baterías para días de autonomía. Referencia figura 12

3.1.1. Instalación del sistema híbrido

Para la instalación y el funcionamiento del sistema híbrido se empleó en este proyecto el siguiente material:

Tabla 3.- Lista de material (caso 1).

| | |
|----|--|
| 6 | Módulos fotovoltaicos de 120 Wp (Kyocera) |
| 1 | Inversor cargador FX (Out Back) 3000 W 48V |
| 1 | Controlador de carga (Out Back) MX60 |
| 12 | Baterías de gel (Optima) Deep Cycle 12 V |
| 1 | Juego de accesorios para su Instalación |
| 1 | Generador eléctrico (Coleman) 5000W |

En las figuras 3 y 4 se muestran los módulos fotovoltaicos con la inclinación referente al lugar y orientados al sur, cumpliendo con las especificaciones en su instalación.



Figura 3.- Fotografía de los módulos fotovoltaicos (caso 1).



Figura 4.- Arreglo fotovoltaico (caso 1).

En la fotografía de la figura 4 se observa que arreglo fotovoltaico cuenta con seis módulos fotovoltaicos de 120 W/h c/u a 12 V, conectados en serie para aumentar la tensión y con ello disminuir la pérdidas de conducción en los cables de conexión hacia el controlador MX60.

El generador eléctrico se instaló con la finalidad de lograr dar una mayor confiabilidad al sistema, ya que el sistema fotovoltaico está al límite de la demanda total por día. Es importante mencionar que el generador eléctrico es utilizado como sistema de respaldo. La figura 5 muestra una fotografía del generador eléctrico.

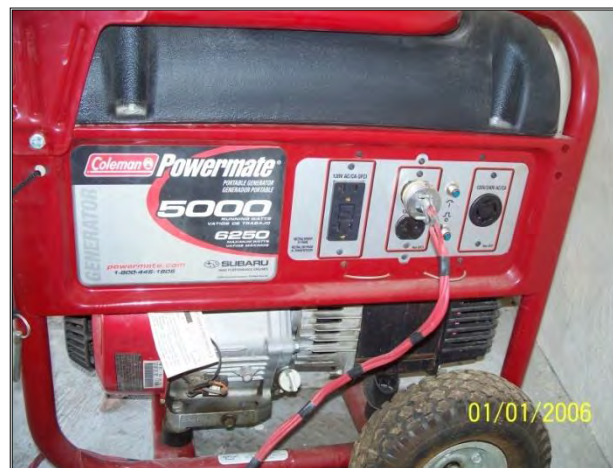


Figura 5.- Generador eléctrico (caso 1).

En la figura 12, se observa el banco de baterías utilizado en este proyecto. La conexión de las baterías está de acuerdo con la demanda de voltaje del sistema (conexión serie-paralelo).



Figura 6.- Fotografía de conexión serie-paralelo del banco de baterías (caso 1).



Figura 7.- Fotografía del sistema híbrido (Energía solar-energía electromecánica).

En la figura 7 se observa las conexiones del sistema de almacenamiento (baterías), inversor y protecciones de sobrecargas, siguiendo las especificaciones del fabricante para su mayor protección.

Conexión del sistema

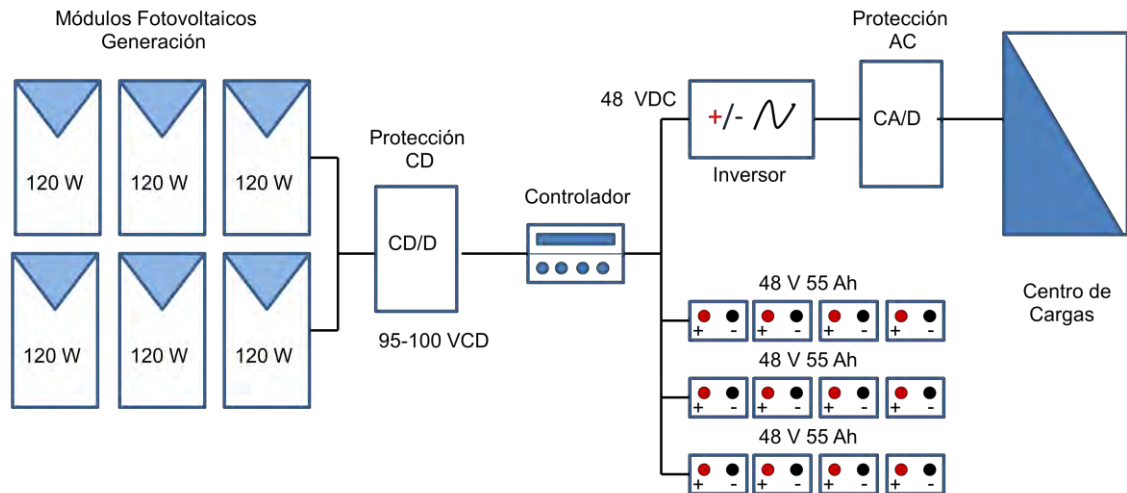


Figura 8.- Diagrama unifilar del sistema a 48 V (caso 1).

En la figura 8 se muestra el diagrama de la conexión del sistema fotovoltaico donde los módulos fotovoltaicos están conectados en serie con un voltaje nominal no mayor a 100 VDC de entrada de energía de los módulos y un voltaje nominal de entrada al banco de baterías y al inversor de 48 VDC.

Algunos aspectos que se sucedieron en este proyecto es que al término del mismo, se procedió a monitorearlo semanas después de la instalación, todo esto debido a una llamada telefónica donde especificaba de que el sistema se descargaba muy rápido. Con base en este reporte, se procedió al análisis del problema y se localizó el mismo, el cual consistió en que los dueños no habían cumplido con los requerimientos de los consumos de energía ya que en lugar de conectar un refrigerador de 9 pies cúbicos con consumo de 280 Wh, tenían un refrigerador de 27 pies cúbicos con un consumo promedio de 650 Wh, así como algunos artículos que no estaban considerados, como una cafetera eléctrica y varios artículos más. Como solución a este problema, se especificó al Sr Tamayo que para el uso de las cargas inventariadas originalmente y las adicionales debía encender manualmente 2 horas la planta eléctrica. Esta experiencia con el sistema del Sr. Tamayo me llevó a la conclusión de que en las instalaciones de los sistemas renovables los clientes no cumplen con los requerimientos y los procedimientos.

Por otra parte, considero que la instalación y uso de los sistemas fotovoltaicos tienen un gran impacto sobre la gente, ya que les da un incentivo

para la conservación de la naturaleza y de la energía la cual es limitada; por lo tanto se concientizan en monitorear constantemente su energía disponible, ya que en ocasiones conectan al sistema cargas no consideradas.

3.2. Proyecto Oxtankah (Señora Caty)

En este caso se analiza un sistema fotovoltaico que se encuentra instalado en la casa de la señora Caty ubicada rumbo a Oxtankah (ver Figura 2). La edificación es de dos plantas y cuenta con todo un sistema de tendido eléctrico convencional CA. (Figura 9)

El sistema fotovoltaico a analizar cuenta con un sistema de respaldo el cual es un generador eléctrico a base de gasolina de la marca Honda con capacidad de 3000 W. Esta planta solo se utilizará cuando los días de autonomía se excedan.



Figura 9.- Fotografía de la casa con sistema fotovoltaico (caso 2).

Para el análisis de este caso se empleó la misma metodología del caso 1 sin embargo este sistema no es 100% híbrido ya que su generador eléctrico solo respaldará los días que necesiten más demanda eléctrica:

I.- Inventario de cargas para la demanda de W/día.

Tabla 4.- Demanda de cargas (caso 2).

| Número de Aparatos | Aparatos | Uso | Consumo | Total |
|--|---------------------------|-------|---------|---------------|
| | | h/día | (W/h) | (Wh/día) |
| 1 | Impresora H.P. | 0.33 | 75 | 24.75 |
| 1 | Computadora laptop | 4 | 45 | 180 |
| 2 | Ventilador de techo | 3 | 75 | 450 |
| 5 | lámparas ahorradoras 5 W | 0.33 | 5 | 8.25 |
| 8 | Lámparas ahorradoras 9 W | 3 | 9 | 216 |
| 2 | Lámpara de led's | 3 | 1 | 6 |
| 7 | lámparas ahorradoras 13 W | 4 | 13 | 364 |
| 1 | estéreo | 0.33 | 45 | 14.85 |
| 1 | D.V.D. | 1 | 15 | 15 |
| 1 | Refrigerador 9 ft | 6 | 280 | 1680 |
| 1 | Bomba de agua ¼ H.P. | 0.33 | 350 | 115.5 |
| | | | 15% | 461.15 |
| Demanda Total Watts-día (W/día) | | | | 3535.5 |

Como se puede observar en la tabla 4, la demanda total de consumo es de 3535.5 W/día. Este valor es estimado y puede variar debido al uso indebido de los aparatos en horas de uso.

II.- Cálculo de módulos fotovoltaicos

Este paso es importante, con el fin de determinar la captación de energía necesaria para satisfacer las necesidades del usuario ya que debe de tomar en cuenta la irradiancia solar promedio anual de la localidad.

Tabla 5.- Calculo de captación de energía mediante el arreglo fotovoltaico (caso 2).

| Números Paneles | Tipo de Conexión | Módulos W | Irradiancia Solar W/m ² | Horas de Trabajo | Total W/día |
|-----------------|------------------|-----------|------------------------------------|------------------|-------------|
| 4 | Serie-Paralelo | 175 | 800 | 6 | 3360 |

Como se observa en la tabla 5 se obtuvo una captación de energía fotovoltaica de 3360 W/día con una irradiancia solar de 800W/m².

III.- Calculo de banco de baterías

El cálculo del banco de baterías se realiza mediante:

$$CB = \frac{3535.5 * 3}{24 * 0.8 * 1.35} = \frac{10606.5}{25.92} = 409.20 \text{ Ah}$$

Considerando tres días de autonomía, la capacidad del banco de baterías debe ser de 409.20 Ah, por lo anterior ya existen 10 baterías de 12 V-55 Ah conectadas en serie paralelo por lo que se tienen cinco arreglos con una capacidad total de de 275 Ah, por lo consiguiente no cumple con la capacidad de almacenamiento para los días de autonomía, sin embargo está respaldado con un generador eléctrico de la marca Honda con capacidad de 3000 W para la demanda requerida en esos días.

En este proyecto se requirió el siguiente material descrito en la tabla 6 para su instalación y su funcionamiento:

Tabla 6.- Componentes utilizados en la instalación (caso 2).

| CANT | COMPONENTES |
|------|--|
| 4 | Módulos fotovoltaicos de 175 W (Solarex) |
| 1 | Inversor cargador (Out Back) 2000W 24V |
| 1 | Controlador de carga (Out Back) MX60 |
| 10 | Baterías de gel (Optima) Deep Cycle 12 V |
| 1 | Juego de accesorios para su instalación |
| 1 | Generador eléctrico (Honda) 3000W |

3.2.1. Instalación de módulos fotovoltaicos

En este apartado se presenta el análisis de orientación, cálculo y conexión de los módulos fotovoltaicos del proyecto de la Sra. Caty

Tomando en cuenta la carga demandada al sistema y la energía generada desde el arreglo fotovoltaico, tenemos: Por lo tanto tendremos:

$$\begin{array}{r}
 3360 \text{ W/día} \quad \text{Módulos fotovoltaicos} \\
 -3535.5 \text{ Wh/día} \quad \text{Demanda al día} \\
 \hline
 -175.5 \text{ W/día}
 \end{array}$$

Notamos que en el dimensionamiento de este proyecto necesitamos menos del 1% para que nuestro sistema cumpla con la demanda de energía, considerando que se usen todos los aparatos electrodomésticos al día, sin

embargo sabemos que no todos los electrodomésticos considerados en la tabla 4 se usarían diario.



Figura 10.- Fotografía de los módulos fotovoltaicos (caso 2).

Como se observa en la fotografía de la figura 16, los módulos fotovoltaicos están orientados al sur, además que en este proyecto se usaron módulos de silicio mono cristalino para mayor eficiencia en el sistema.



Figura 11.- Conexión de baterías (caso 2).

La fotografía de la figura 17 muestra el banco de baterías con un voltaje nominal de 24 V. El tipo de baterías utilizado en este proyecto permite que

puedan estar junto al sistema y no dañarlo ya que no liberan gases corrosivos que dañen al sistema.

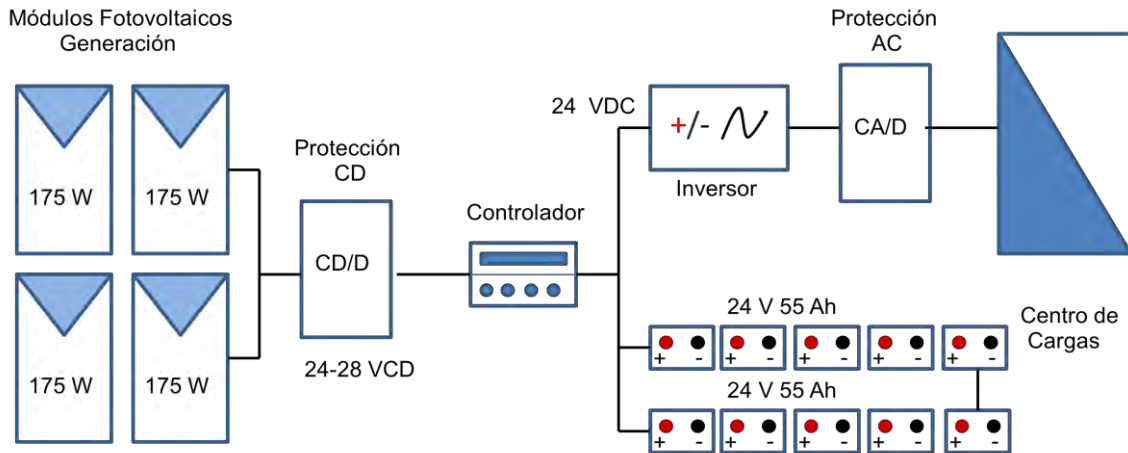


Figura 12.- Diagrama unifilar del sistema a 24 VCD (caso 2).

3.3. Proyecto Bacalar (Prop. Ing. Víctor Medina Zetina)

En el siguiente caso se analiza un sistema fotovoltaico que se encuentra instalado en una edificación propiedad del ingeniero Víctor Medina. El lugar está ubicado a 3 Km después de la laguna de Bacalar. La edificación es de dos plantas y cuenta con todo un sistema de tendido eléctrico convencional (CA).

El siguiente análisis está considerado para que funcionen solo fines de semana, por lo consiguiente toda la semana estará cargando de energía los módulos fotovoltaicos al sistema de almacenamiento y así no tendremos problemas con días de autonomía y reduce el costo del proyecto.

I.- Inventario de cargas para la demanda de W/día.

A continuación en la tabla 7 se muestra el inventario de cargas del proyecto Bacalar para fin de semana (Ing. Víctor Medina).

Tabla 7.- Calculo de demanda de energía en W/día (caso 3).

| Número de Aparatos | Aparatos | Uso | Consumo | Promedio |
|--------------------|------------------------------|-------|---------|----------|
| | | h/día | (W/h) | W/día |
| 25 | Lámparas ahorradoras de 15 W | 3 | 15 | 1125 |
| 1 | Televisión de 21" | 3 | 75 | 225 |
| 2 | Sistema SKY | 3 | 25 | 75 |
| | | | | 1425 |

| | | | | |
|--|--|----------------------------|-----|-------------|
| | | | 15% | 213 |
| | | Demanda Total W/día | | 1638 |

Como se pudo observar en la tabla 7, la demanda total de consumo es de 1638 W/día.

II.-Cálculo de módulos fotovoltaicos.

Tabla 8.- Cálculo de captación de energía mediante el arreglo fotovoltaicos (caso 3).

| Números Paneles | Tipo de Conexión | Módulos W | Irradiancia Solar W/m ² | Horas de Trabajo | Total W/día |
|-----------------|------------------|-----------|------------------------------------|------------------|-------------|
| 2 | Serie | 175 | 800 | 6 | 1680 |

III.-Cálculo de banco de baterías

Para poder realizar el cálculo de banco de baterías se tomaron en cuenta tres puntos importantes que son los siguientes:

- 1.- Días de autonomía
- 2.- Voltaje de operación
- 3.- Tipo de baterías (Gel placa gruesa)

El siguiente paso es calcular el banco de baterías por medio de la siguiente fórmula:

$$C_B = \frac{EAU}{V_g f_i F_t} \dots \dots \dots (1)$$

$$CB = \frac{1638 \cdot 3}{24 \cdot 0.8 \cdot 1.35} = \frac{6135}{25.92} = 189.6 \text{ A-H}$$

Considerando tres días de autonomía, la capacidad del banco de baterías debe ser de 189.6 Ah, por lo anterior ya existen 10 baterías de 12 V-55 Ah conectadas en serie paralelo por lo que se tienen cinco arreglos con una capacidad total de 275 Ah, cumpliendo con la demanda requerida para los días de autonomía.

En este proyecto se requirió el siguiente material para su instalación y su funcionamiento:

Tabla 9.- Componentes utilizados en la instalación (caso 3).

| CANT. | COMPONENTES |
|-------|--|
| 2 | Módulos fotovoltaicos de 175 W (Conergy) |
| 1 | Inversor cargador (Out Back) 2000W 24V |
| 1 | Controlador de carga (Out Back) MX60 |
| 10 | Baterías de gel (Optima) Deep Cycle 12 V |
| 1 | Juego de accesorios para su instalación |
| 1 | Base para módulos |

3.3.1. Instalación de los módulos fotovoltaicos

Cálculo de módulos fotovoltaicos

Por lo tanto tendremos:

$$\begin{array}{r}
 1680 \text{ W/día} \quad \text{Módulos fotovoltaicos} \\
 -1638 \text{ W/día} \quad \text{Demanda al día} \\
 \hline
 50 \text{ W/día} \quad \text{Ganancia en un día soleado.}
 \end{array}$$



Figura 13.- Fotografía del sistema fotovoltaico (caso 3).



Figura 14.- Banco de baterías (caso 3).

Como se observa en la figura 19, la conexión de baterías están en serie-paralelo con un voltaje nominal de 24 V, por su propiedad, estas baterías pueden estar junto al sistema y no dañarlo ya que no liberan gases corrosivos que afectarían al sistema.

Conexión del sistema

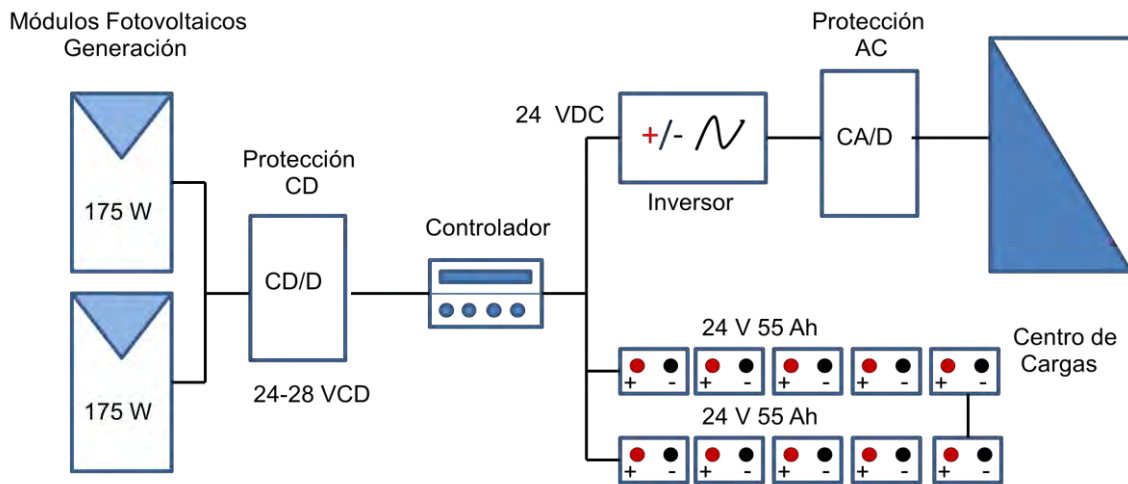


Figura 15.- Diagrama unifilar del sistema actual (caso 3).

CAPITULO IV. CONCLUSIÓN GENERAL

En cada uno de los sistemas fotovoltaicos descritos, se revisaron de forma minuciosa los componentes básicos como el cableado, que cumplía con su dimensionamiento y las baterías que son de libre mantenimiento, algo importante porque no emiten gases contaminantes que dañen el sistema eléctrico, debido a sus propiedades antes mencionadas y se llegó a la conclusión que cumplían con los requisitos mínimos para su funcionamiento sin alterar la vida cotidiana de los usuarios. En los proyectos analizados para esta monografía se observó que los usuarios se habían salido de los parámetros establecidos de demanda del sistema, sin embargo los usuarios en la práctica solucionan este problema reduciendo el tiempo de utilización de cargas eléctricas con menor frecuencia de uso.

Dentro del análisis de los proyectos se observó que en algunos sistemas no le dan el mantenimiento adecuado, como la limpieza de las terminales de las baterías, el monitoreo de los sistemas eléctricos como el controlador, el inversor y los módulos fotovoltaicos que se encuentran en la intemperie y requieren de un ambiente limpio fuera de polvo y humedad para su funcionamiento óptimo, dado que piensan que si el sistema fotovoltaico genera energía este se encuentra en perfecto estado sin importar el tiempo que no se dio mantenimiento.

Una de las recomendaciones durante mi experiencia, sería limpiar con una franela suave y húmeda los módulos fotovoltaicos una vez por mes, también de limpiar por el exterior con una brocha seca los componentes eléctricos como el inversor y controlador del polvo e insectos que se encuentren en los mismos. Algo importante es que el usuario no intente si no tienen conocimiento limpiar las terminales de las batería una vez por año, esto se puede arreglar llamando al instalador del sistema fotovoltaico.

Es importante mencionar que durante mi estancia en la Universidad de Quintana Roo obtuve los conocimientos básicos para comprender los funcionamientos de los sistemas fotovoltaicos a pequeña escala; tales conocimientos fueron importantes para el desarrollo de mi formación profesional y para la aplicación en cada uno de los proyectos antes mencionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] <http://www.newssoliclima.com>

[2] International Energy Agency, Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems Agreement (PVPS): TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS: Survey report in selected IEA countries between 1992 - 2003

[3] *Prospectiva del Sector Eléctrico 2001-2010*, Secretaría de Energía, CRE International Energy Agency Renewables for Power Generation: Status & Prospects: 2003 Edition

[4] <http://www.solarbuzz.com/Marketbuzz2005-intro.htm>

[5] International Energy Agency, Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems Agreement PVPS: Task I Report: T1-13:2004

[6] <http://www.sandia.com.mx>

ANEXO

Anexo 1 Módulos fotovoltaicos

La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los Laboratorios Bell, descubrieron, de manera accidental, que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz. Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente, el 6%. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Iles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics.

- Modulo fotovoltaico (Kyocera)

La tecnología de última generación de las celdas Kyocera, junto con procesos de fabricación totalmente automáticos, dan como resultado estos módulos fotovoltaicos policristalinos de alta eficiencia. La eficiencia de conversión de las celdas solares Kyocera es más de 14%. El frente del módulo es de vidrio templado, de bajo contenido de hierro. Las celdas están encapsuladas entre capas de material plástico para darles resistencia a la humedad, estabilidad a la radiación ultravioleta y aislación eléctrica. La cara posterior está formada por un polímero de capas múltiples de alta resistencia a la acción mecánica (PET). El marco es de aluminio anodizado, para dar al módulo su resistencia estructural y facilidad de instalación.



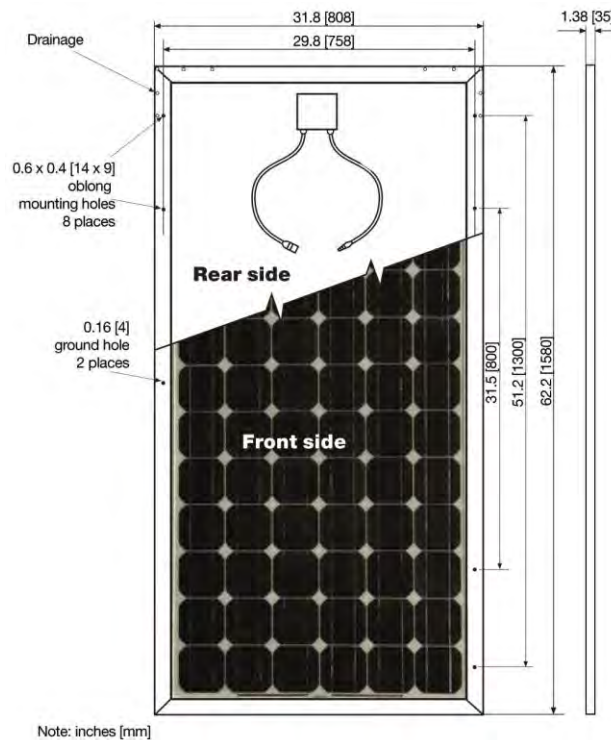
Fotografía de los módulos fotovoltaicos (policristalino de 120 W (Kyocera)).

- Módulo fotovoltaico (Conergy)

Los módulos fotovoltaicos de la marca Conergy son de 175 W de silicio mono cristalino, a 24 V (figura 3), las especificaciones eléctricas están en la tabla 3.

Especificaciones técnicas del modulo
Fotovoltaicos Conergy S 175 MU

| MODELO | KC120-1 |
|-----------------------------|---------|
| Potencia Pico Nominal | 175 W |
| Tensión a PPN | 35.2 V |
| Corriente a PPN | 4.95 A |
| Tensión de circuito abierto | 44.2 V |
| Corriente de corto circuito | 5.2 A |
| Voltaje Máximo | 600 V |



Esquema de un módulo fotovoltaico Conergy.

Anexo 2 Controlador de carga

Los controladores, como su nombre lo indica, son el componente que se encarga de regular todo el sistema, debido a que a él llegan los paneles, las baterías y las cargas. Su función principal está ligada al mantenimiento de las baterías debido a que es él quien se encarga de mantener a las baterías cargadas y evitar que se sobrecarguen y dañen. Cuando las baterías están completamente cargadas, es el controlador quien monitorea constantemente el voltaje de las mismas y se encarga de disminuir la corriente que entregan los paneles a las baterías. Algunos controladores tienen la capacidad de desconectar el suministro a las cargas cuando las baterías están rondando niveles bajos de suministro.



OutBack
Power Systems

Controlador de carga Mx60

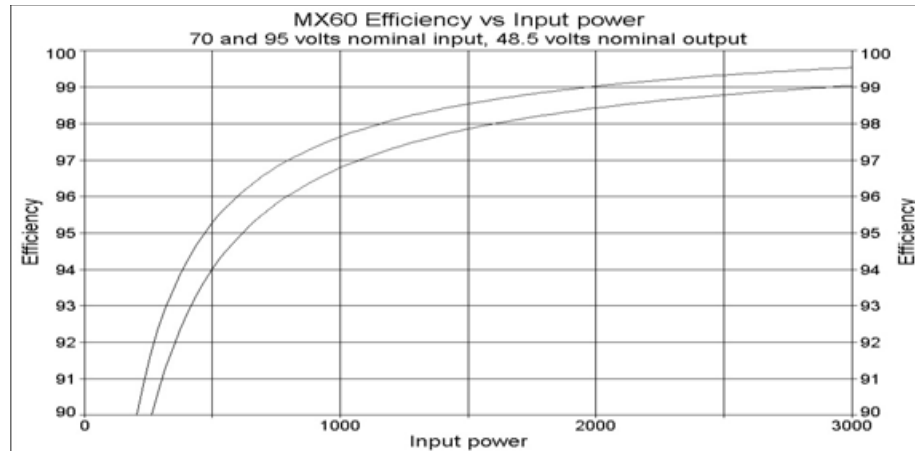
En esta figura se muestra el controlador modelo MX60 utilizado en todos los proyectos que se mencionan en esta monografía, es fabricado por la compañía Outback. Este controlador puede aprovechar la conexión en serie de los módulos fotovoltaicas con el fin de aumentar el voltaje en CD y a si minimizar la caída de voltaje que habrá entre la conexión de los módulos y el controlador. Las especificaciones técnicas del controlador MX60 se muestran en la tabla 4. En las figuras 5 y 6 se muestran las curvas de eficiencia del controlador seleccionado.

Especificaciones técnicas del controlador MX60

| Modelo MX60 | Rango |
|------------------------------|----------------|
| Corriente de salida | 60 A |
| Voltaje de pre configuración | 12,24,48 o 60V |
| Voltaje máximo de entrada | 120 VCD |
| Consumo típico | 1W |
| Rango de Temperatura | -40 a 60 °C |
| Categoría | Tipo 1 |



Grafica de la Eficiencia del Controlador de 12 a 24 Volts.



Grafica de la Eficiencia del Controlador a 48 Volts.

En la figura 5 y 6, se muestra una gráfica de la eficiencia del controlador MX60 donde se observa que su eficiencia es del 99% cuando está operando a plena carga.

Anexo 3 Inversor-Cargador

Los inversores transforman la electricidad de corriente directa (CD) a corriente alterna (CA). Los inversores son una opción interesante debido a la gran variedad de aparatos de bajo costo que funciona con CA. Sin embargo, es recomendable operar la mayor parte de las cargas (o la totalidad si es posible) con corriente continua, debido a las pérdidas ocasionadas por la etapa de

conversión del inversor. Las especificaciones técnicas del inversor-cargador utilizado en todos los proyectos se muestran en la tabla 5.

Especificaciones técnicas del inversor-cargador FX60

| Modelo FX | Rango |
|----------------------------------|---------------|
| Voltaje nominal de salida | 127 V |
| Voltaje nominal de entrada | 12,24,48 V |
| Corriente máxima de entrada | 600,300,150 A |
| Rango operacional de entrada(AC) | 115-127 V |
| Entrada máxima de corriente | 30 A |
| Categoría | Tipo 1 |

OutBack
Power Systems



Inversor - cargador FX (Out-Back)

Anexo 4 Baterías

Las baterías o los acumuladores son dispositivos que almacenan energía eléctrica. Las baterías cumplen varias funciones en los SFV independientes: almacenan la energía eléctrica para su uso por la noche, permiten la operación de las cargas durante periodos de poco Sol, estabilizan el voltaje del sistema y absorben transitorios. El uso de baterías tiene desventajas significativas. En los proyectos se instalaron las baterías de gel de ciclo profundo de la marca Óptima, debido a sus características que a continuación se mencionan:

La particular anatomía de la batería (Optima) seleccionada en los proyectos, está basada en la Tecnología Spiralcell®. En lugar de las placas planas usadas en las baterías convencionales, esta utiliza dos delgadas placas de plomo estrechamente enrolladas en una espiral entre las que se encuentra la micro fibra de vidrio que contiene el ácido. La técnica de enrollar las placas, unidas por sólidas conexiones, ofrece las máximas prestaciones con el mínimo peso y tamaño. Esto hace que la batería sea compacta, robusta y fácil de montar, además estas baterías son 100% libre de mantenimiento gracias a su tecnología de recombinación; no pierde nada de electrolito, ni siquiera durante el proceso de recarga.

Puede ser instalada en cualquier posición, es completamente hermética. Se puede colocar incluso permanentemente boca abajo. Esto, unido a su reducido tamaño, hace que se pueda colocar en una gran variedad de vehículos y equipos.

-Rápida recarga

Debido a su baja resistencia interna (2.8 mΩ), la batería soporta perfectamente recargas rápidas (admite intensidades de hasta 100 A, con lo que se recarga totalmente en aproximadamente 1 hora). Además, a diferencia por ejemplo de las baterías gelificadas, no requiere un equipo de carga especial.

Eficaz a cualquier temperatura, tanto en frío como en calor. Perfecta para uso estacional. Su baja autodescarga, de tan sólo entre un 10 y un 25% después de un año, la convierte en idónea para aplicaciones estacionales.

-Segura y limpia

No emite gases (corrosivos e inflamables). Cuenta con válvulas de seguridad para casos de sobrecarga por mal uso. Incluso en un hipotético caso de rotura de la carcasa, no derrama electrolito y sigue funcionando. Es resistente a vibraciones e impactos.

Tiene unas excelentes condiciones en cuanto a ciclos de vida útil. Como datos mínimos de ciclos de descarga se puede apuntar: 3.500 ciclos para

descargas del 30%, 700 ciclos para descargas del 60% y 350 ciclos para descargas del 100%.

Especificaciones técnicas de las baterías Optimas yellow-top:

El proceso de carga de la batería se realiza en tres fases:

Normalmente la batería se carga a corriente constante durante la fase 1, en un rango de entre 2 y 300 A. Bajo condiciones normales la corriente de carga está entre 4 y 80 A. Cuando la tensión alcanza entre 14,7 y 15,0 V se entra a la fase 2, donde. Automáticamente se disminuye la corriente de carga hasta que baje a 1 amperio. La fase 3 equilibra cualquier diferencia en la capacidad de las celdas en la batería. En la fase 3, la tensión es mayor a 15,6 V., con corriente restringida a no más de 1 amperio para recargar la celda con menor capacidad sin sobrecargar una de las celdas ya cargadas totalmente. El "fenómeno cycle-down" por carga insuficiente se minimiza. El tiempo de carga recomendado es de 1 hora, con un periodo máximo 3 horas. La fase 4 es el periodo de carga pulsante. Es una compensación de la tasa de auto descarga. El valor teórico de recarga es $c/500$, que provee aproximadamente 120 miliamperios. La tensión se establece a 13,62 V. Normalmente es suficiente situarse en el rango de 13,2-13,8 V.

Especificaciones técnicas de la batería optima yellow top

| Modelo Yellop top | Rango |
|--------------------------|---------------|
| Voltaje de carga | 14.7 - 15 VCD |
| Corriente de carga | 2 - 300 A |
| Tiempo de carga | 1- 4 H |
| Temperatura | 40 °C |
| Categoría | Tipo 1 |