



AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestro tutor, por su aporte incondicional al desarrollo del trabajo de grado. También queremos agradecer al Ing. Leonardo Bermúdez por su colaboración y disposición de ayudar en la parte técnica. Al Profesor Gorrochotegui por sus recomendaciones y orientación en cuanto a la búsqueda de contenidos para la elaboración de nuestro proyecto.

Searly Delgado:

Mis agradecimientos van dirigidos y dedicados principalmente a mi familia, que son pilar importante en el desarrollo y formación de lo que soy hoy en día. Es por ellos que estoy donde estoy. Gracias a mis padres (Gonzalo y Celeste), hermanas (Gueisy y Arliss), a mi abuela Cristina, a mis tíos (Elsy y Oscar), y a mis primas (Sara y Andrea), son el ejemplo firme de constancia, dedicación y esfuerzo, que he tenido presente a lo largo mi vida y que me han ayudado a guiarme en el camino para alcanzar mis metas.

Agradecida infinitamente por la atención y apoyo incondicional del Sr. Luis y la Sra. Eliana, gracias por sus palabras de aliento y siempre entusiasmo, que nos daba fuerza para seguir adelante en nuestro proyecto.

A mi hermana Arliss, que es parte de mí, le doy gracias por su confianza, por su energía y fortaleza en los momentos más difíciles, que me han llenado infinitamente como persona.

Finalmente agradecida con mi compañera de tesis, Adriana, por sus atenciones, paciencia y comprensión en todo momento, que nos llevo a realizar un excelente trabajo en equipo.

Adriana Seekatz:

Primero que nada tengo que darle gracias a mi mamá, por todos los esfuerzos realizados y su apoyo incondicional, que hizo posible que pueda estar hoy presentando este trabajo. Y a toda mi familia, especialmente a mi abuela por apoyarme siempre.

Quiero darle unas gracias enormes a Luis, por todas sus atenciones, su ayuda y su entusiasmo que nos impulsó mucho en la realización de nuestro trabajo.

Además quiero darle las gracias a Searly, por todo su empeño, dedicación y la responsabilidad con la que trabajo en este proyecto, sin su paciencia esto no hubiese sido posible

Por último pero no menos importante quiero darle las gracias a Juanchi, por su cariño y paciencia para darme ánimos en los momentos difíciles.



INDICE

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	13
CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO	16
II.1 ANTECEDENTES.....	16
II.2 Energías alternas existentes.....	18
II.3 Energía Eólica	18
Tabla 1 – Estadísticas de energía eólica en el mundo	19
II.4 Energía de Biomasa	21
II.6 Energía Geotérmica	23
II.8 Energía Solar	26
II.9 Energía Solar Térmica.....	27
II.10 Energía Solar Fotovoltaica	28
II.11 La Radiación Solar	29
II.12.1 Partes De Un Panel Fotovoltaico:	33
II.12.1.1 Marco	33
II.12.1.2 Cubierta exterior:.....	34
II.12.1.3 Capa esponjosa.....	34
II.12.1.4 Junta selladora:	34
II.12.1.5 Células fotovoltaicas	34
II.12.1.5.1 Tipos de células fotovoltaicas	36
II.12.1.5.2 Parámetros de la célula solar	38
II.12.1.6 Capa encapsulante	39
II.12.1.7 Substrato.....	39
II.12.1.8 Cubierta posterior	39
II.12.2 Principio físico de los paneles fotovoltaicos	40
II.13 El Sistema Fotovoltaico	40
II.13.1 Procesos del Sistema Fotovoltaico	41



II.13.1.1 Generación:	41
II.13.1.2 Regulación:.....	42
Igualeación:.....	42
Carga Profunda:	42
Carga final y flotación:	42
Indicadores de Estado:	43
Desconexión del consumo por baja tensión de batería	43
Tensión de desconexión del consumo:.....	43
Alarma por baja tensión de la batería	43
Protecciones típicas.....	43
Indicadores de Estado/Señalizadores habituales:.....	44
Parámetros a calcular para el dimensionamiento del sistema	44
Parámetros importantes que determinan su operación:.....	44
II.13.1.3 Almacenamiento.....	44
II.13.1.3.2 Capacidad de una batería.....	46
II.13.1.4 Instrumentación y Control.....	47
II.13.1.5 Transformación	47
II.13.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos:.....	47
II.14 Objetivos a considerar en una instalación eléctrica	48
II.14.1 Instalaciones de seguridad y confort en las residencias y otros servicios	49
CAPÍTULO III – MARCO METODOLÓGICO	50
III. 1 Análisis de las cargas	53
III. 2 Selección del inversor	54
III.3 Dimensionamiento del Banco de Baterías	54
III. 4 Selección y Dimensionado del Regulador de Carga	56
III. 5 Cálculo y dimensionado del arreglo fotovoltaico	57
CAPÍTULO IV – CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	59
Caso A. Edificio de interés social	59
Caso B. Vivienda rural.....	66
CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....77

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Granja Eólica	21
Fig. 2 - Perfil Esquemático de una Central Hidroeléctrica con embalse	23
Fig. 3- Turbina submarina de generación eléctrica	25
Fig. 4 - Espectro de radiación solar	29
Fig. 5 - Masa de aire	30
Fig. 6 - Irradiación Solar	32
Fig. 7 - Estructura de un panel fotovoltaico	33
Fig. 8 - Estructura de una célula fotovoltaica	35
Fig. 9- Curva de comportamiento I vs. V de una célula fotovoltaica	39
Fig. 10- Sistema Fotovoltaico Aislado	41
Fig. 11- Fachada frontal edificio típico	50
Fig. 12 - Plano de planta edificio típico	51
Fig. 13 - Fachada Frontal Vivienda Rural	52
Fig. 14- Plano de planta vivienda rural	52



INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1- Masa de aire	30
Ecuación 2 - Día solar promedio.....	31
Ecuación 3- Irradiación solar	32
Ecuación 4 - Estructura de un panel fotovoltaico	33
Ecuación 5- Factor de forma	38
Ecuación 6 - Eficiencia de conversión de una CFV	38
Ecuación 7 - Energía eléctrica en CC	54
Ecuación 8 - Capacidad de descarga de una batería	55
Ecuación 9- Número de baterías en paralelo.....	56
Ecuación 10 - Número de baterías en serie.....	56
Ecuación 11 - Dimensionado del banco de baterías.....	56
Ecuación 12- Número de controladores	56
Ecuación 13 - Corriente a manejar por el controlador	57
Ecuación 14- Número de paneles en serie	57
Ecuación 15- Número de cadenas en paralelo	57



INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Instalaciones programadas por Fundelec.....	8180
Anexo 2 - Panel Suntech STP280-24/Vd 280W 24V	81
Anexo 3 - Inversor Magnum MS-PAE 4448	81
Anexo 4 - Regulador de carga Morningstar Model TS-MPPT-45/ TS-MPPT-60.....	82
Anexo 5 - Inversor Samlex S1500 -248, 48 VDC/220 VAC	82
Anexo 6 - Inversor Go Power 1000 W, SW 1000-24	83
Anexo 7 - Baterías Surrette 8-CS-25PS	83
Anexo 8 - Baterías selladas 8A8D AGM 245 Ah (20 h)	84
Anexo 9 - Radiación Anual.....	85
Anexo 10 - Temperaturas medias anuales en el mundo.....	85



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una situación compleja en cuanto a términos energéticos se refiere, cuya causa se debe al uso desmedido de las fuentes no renovables de energía. Es por esto, que nos motiva el estudio de energías alternativas, enfocándonos en la energía solar fotovoltaica, a través de la instalación de paneles fotovoltaicos para abastecer a un edificio de interés social, como también a una vivienda de tipo rural.

La forma de producción convencional, es a base de centrales termoeléctricas, hidroeléctricas y nucleares, que producen energía eléctrica en las centrales en forma concentrada y que debe ser transportada a los grandes centros de consumo. Todo esto, conduce a una producción indiscriminada de gases de invernadero, por la combustión de combustibles fósiles, de manera que la tendencia es fundamentalmente a disminuir la emisión de los mismos, lo que ha generado diferentes propuestas que promueven a revisar la forma en cómo utilizamos la energía, cómo la insertamos en el proceso de producción, que beneficios obtenemos de la producción de bienes y cómo interactuamos con el medio ambiente, es aquí donde el sistema de paneles fotovoltaicos, autónomos de la red convencional de consumo, cobran fuerza en pro de promover un desarrollo sustentable en equilibrio con el medio ambiente.

Aunque en su mayoría las ciudades de Venezuela cuentan con servicio eléctrico existe un gran porcentaje de zonas rurales donde no se disfruta de este servicio, y debido a esto, tienen un desarrollo económico y social muy limitado. A pesar de que la instalación de este tipo de sistemas de paneles fotovoltaicos resulta altamente costoso, en comunidades rurales aisladas que tienen una condición económica limitada y en donde el acceso de los sistemas eléctricos convencionales es complejo y costoso (por las distancias de tendido de las líneas), resulta apropiado el uso de la energía solar, y es aquí donde se desarrollará el estudio, en determinar en qué punto comienza a ser factible económicamente la instalación de paneles solares contra la instalación de la red eléctrica convencional.



Siendo Venezuela el segundo país latinoamericano con el registro más alto de consumo eléctrico por habitante, el presente Trabajo Especial de Grado ha sido dirigido al estudio y el dimensionado de un sistema de paneles fotovoltaicos para alimentar un edificio de interés social y una vivienda rural, en función de continuar con una propuesta que se ha venido planteando, hacia el ahorro necesario en el consumo de energía eléctrica.



CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente Trabajo Especial de Grado tiene como propósito estudiar la posibilidad de la aplicación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica, como energía alternativa en Venezuela.

Venezuela, es el segundo país latinoamericano con el registro más alto de consumo eléctrico por habitante, y para cubrir la demanda en el año 2005, se generaron 3981 KWH en promedio anual, este comportamiento se mantiene en continuo aumento hasta el presente año según (OPSI 2007).

Según Cifras del Instituto Nacional de Estadísticas, INE, 2006, apuntan que 96,8% de la población se beneficia del servicio eléctrico, mientras que la población restante, en zonas aisladas o fronterizas, no es abastecida a través de las redes convencionales de distribución, por su difícil acceso y ubicación. Por lo que el presente trabajo, persigue la idea de cubrir una demanda o consumo de energía eléctrica, suponiendo dos casos. Uno en el cual se abastecerá a un edificio de interés social, ubicado en una zona semi-urbanizada (ciudades tipo dormitorio), y otro en el que se estudiará una población alejada de las zonas urbanizadas, en donde, los generadores de energía eléctrica limpia a través de paneles fotovoltaicos, cobran fuerza, y resulta como energía renovable una de las más factible a aplicarse en cualquier región de nuestro país, por la ventaja de tener verano prácticamente todo el año. Además se dimensionará cada uno de los elementos que componen un sistema de paneles fotovoltaicos, en donde evaluaremos el costo de la instalación del mismo, de manera de realizar una comparación entre esta energía alternativa, y los otros sistemas convencionales de generación y distribución, para así obtener resultados que nos permitan determinar, cuál sería la opción más económicamente viable.

Sin duda, la transición hacia vías energéticas renovables, potenciarán desarrollos económicos novedosos, elevando la calidad de vida de los sectores rurales, promoviendo un desarrollo en equilibrio sustentable con el medio ambiente.



I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

Objetivo General

Ofrecer una alternativa confiable de generación eléctrica aprovechando la energía solar utilizando un sistema de módulos fotovoltaicos para un edificio típico de interés social, ubicado en una zona semi-urbanizada (Ciudades tipo dormitorio), y para una vivienda rural, con una población alejada de las zonas urbanizadas, planteando también la solución para el almacenamiento de energía.

Objetivos Específicos

- Investigar sobre las diferentes energías alternativas, especialmente la solar fotovoltaica.
- Conocer el principio físico de los paneles solares.
- Realizar el dimensionado de todo el sistema fotovoltaico para los casos de estudio planteados.
- Estudiar el sistema de almacenamiento de energía para estos sistemas.
- Investigar en el mercado existente para seleccionar los componentes del sistema que aplicaremos al estudio.
- Realizar una comparación del costo de instalación de esta energía con la de instalar la red tradicional.
- Obtener conclusiones sobre la factibilidad de la implantación de los paneles fotovoltaicos en el país.



I.3 JUSTIFICACIÓN

Al igual que otros servicios públicos, un eficiente servicio eléctrico es fundamental para el desarrollo de una buena planificación hacia una visión futurista del país. Hoy en día, Venezuela atraviesa una crisis energética que provoca recurrentes cortes en el suministro eléctrico sobre todo en el interior del país, asociados a la alta demanda y a que la red está alcanzando su máxima capacidad. A pesar de que se ha tratado de disminuir el consumo, los cortes de electricidad persisten y se ha tratado de subsanar la producción de electricidad con la instalación de plantas termoeléctricas, produciendo emisiones de CO₂ al ambiente. Es por esto que surge la inquietud de estudiar el tema energético, orientado a estudiar una manera de disminuir la demanda de la red tradicional utilizando un sistema alternativo de energía limpia.

A este problema se le suma el déficit habitacional que existe en Venezuela, que para el año 2008 alcanzó dos millones de viviendas [21], representando una demanda potencial, de manera que si en algún momento se quisiera subsanar con un plan de viviendas nacional, por ejemplo a 10 años, se deberían construir doscientas mil viviendas anuales. En estos doce años (1999-2010) se construyeron 296.047 unidades para atender la demanda habitacional, de acuerdo con el informe "Gasto Público anunciado por el Gobierno de Venezuela" elaborado por el Centro de Investigaciones Económicas en diciembre del año pasado. Lo que indica, el presidente de la Cámara Inmobiliaria de Venezuela, Aquiles Martini Pietri, es que el mercado inmobiliario "está quebrado, que es casi imposible que el Gobierno sin el aporte del sector privado, sin una política privada y consensuada, pueda realizar 2 millones de vivienda, en un año, debido a los problemas de suministro de insumos, los permisos, los trámites registrales, inflación, entre otros."

En tal caso, si el déficit habitacional se solucionara, produciría una demanda energética adicional cada año, que las plantas actuales no tendrían la capacidad de cubrir e implicaría grandes inversiones en infraestructura eléctrica. Esto se resuelve a corto plazo con la instalación de plantas termoeléctricas que producen grandes emisiones de CO₂ al ambiente, aumentando los gases invernadero en la atmósfera. Pensando en la responsabilidad social de conservar nuestro hábitat y en pro de un desarrollo



sustentable, se plantea la alternativa de la generación eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos.

Un país que avanza en desarrollo tecnológico y bienestar social necesariamente implica un mayor consumo energético. Siendo Venezuela un país con una cercanía privilegiada al Ecuador, tiene un clima muy favorable para la explotación de energía del tipo solar, por lo que técnicamente este sistema es una buena alternativa para generar un sistema energético paralelo, rompiendo la costumbre del sistema de energías distribuidas, desarrolladas en lugares lejanos a la demanda (Como es el caso de las hidroeléctricas y termoeléctricas) e implementando un nuevo tipo de generación en sitio, como es el sistema de los paneles fotovoltaicos, favoreciendo la meta de la auto suficiencia o sustentabilidad de cada desarrollo. Propondremos aplicar esto a desarrollos de viviendas de interés social que son las de construcción masiva en Venezuela.

Actualmente, a nivel mundial, la tendencia es disminuir la emisión de los gases de invernadero generados por la combustión de combustibles fósiles, de manera de hacer desaparecer la energía termoeléctrica lo más posible, o que por lo menos permanezca para los casos más extremos.

I.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se hará independiente por apartamento, debido a que las cargas son tales que no existen comercialmente componentes en el sistema que puedan generar la carga de todo un edificio.

El caso de estudio se limitó a un sistema aislado de generación eléctrica, de manera tal que debe cubrir todas las necesidades energéticas dentro del estudio de cargas. A pesar de eso el estudio de cargas está optimizado de manera que algunos equipos funcionen a gas y el consumo no sea desenfrenado.

Se trabajará en el estudio económico con cifras en Bolívares Fuertes que corresponden a una tarifa de cambio de Bsf. 4,30 por dólar, debido a que no existe producción en Venezuela de esta tecnología y los componentes del sistema fotovoltaico



son importados tanto por compañías privadas como por el convenio Cuba-Venezuela pero sólo para instalaciones lideradas por FUNDELEC.

CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO

II.1 ANTECEDENTES

La historia de la energía fotovoltaica comienza con el descubrimiento del efecto fotovoltaico por el físico francés Alexandre Edmond Becquerel en 1839. En ese momento se veía como un efecto de difícil aplicación práctica.

En 1953, Gerald Pearson de Laboratorios Bell fabricó por accidente una célula fotovoltaica con silicio. A partir de este descubrimiento, los científicos Daryl Chaplin y Calvin Fuller también de Laboratorios Bell perfeccionaron el invento de manera que producía suficiente energía eléctrica para tener una aplicación práctica. El costo de la electricidad para centrales convencionales rondaba los 50 céntimos de dólar por vatio, mientras que los sistemas con paneles solares alcanzaban los 300 dólares por vatio, lo que descartaba esta tecnología para abastecer grandes demandas.

Se empezó utilizando los paneles solares en la industria juguetera y electrónica con juguetes y artefactos eléctricos pequeños, sin embargo, los ingresos eran muy reducidos lo que limitaba mucho la investigación. Para 1958, se aplicaron los paneles fotovoltaicos como fuente de respaldo en el satélite espacial Vanguard I, donde falló la fuente principal de energía a los 20 días conformada por unas baterías, quedando el sistema fotovoltaico como fuente principal, la cual mantuvo el satélite operativo por 5 años.

Este suceso junto con los grandes recursos de la industria espacial impulsó enormemente el desarrollo de esta tecnología. A principios de los años 70 la compañía EXXON consiguió crear una célula fotovoltaica más económica reduciendo el porcentaje de silicio, lo que bajó el costo por vatio a 20 dólares aproximadamente. Esto fue muy importante para la factibilidad de sistemas aislados a la red eléctrica. Empezó a resultar más económico que el trazado de la red eléctrica para sitios aislados con poca demanda de energía.



Entre las aplicaciones prácticas se encontraron la iluminación de boyas marinas, electricidad para protección contra corrosión en oleoductos y gasoductos, antenas repetidoras de sistemas de telecomunicaciones, sistemas de iluminación en vías férreas, bombas de extracción de agua en comunidades remotas, entre otros.

En la década de los 80 surgen grandes iniciativas de electrificar países empobrecidos, debido a que buena parte de estos se encuentran en zonas tropicales y sub-tropicales con gran potencial solar, donde el sistema de generación en grandes centrales y la distribución mediante la red resultaban inversiones demasiado grandes en sociedades donde la población estaba distribuida de manera dispersa en asentamientos rurales. También se comenzaron a aplicar estos sistemas en viviendas de países desarrollados, con la idea de establecer un sistema de generación eléctrica donde cada vivienda sea sustentable en materia energética.

Hasta la fecha se ha logrado que las células sean menos costosas y un poco más eficientes. Agregándole a esto la iniciativa de algunos gobiernos como el de España y Alemania que obligan a las compañías eléctricas a comprar la electricidad fotovoltaica a una tarifa más alta que la venta tradicional, lo que permite rentabilizar la inversión más rápidamente. También los gobiernos colaboran a financiar parte importante de los costos facilitando su adquisición. [25]

En Venezuela, la aplicación de sistemas fotovoltaicos ha sido liderada por la Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (FUNDELEC). Enfocándose en comunidades rurales con el Programa Sembrando Luz, en el cual se han instalado sistemas de generación fotovoltaica para escuelas, comedores, ambulatorios y casas comunales, que para el año 2008 resultaron beneficiados aproximadamente 105.000 habitantes, según cifras de FUNDELEC , como se observa en el anexo N° 1. Sin embargo, los sistemas que han instalado permiten garantizar pequeñas cargas (1200W) que pueden abastecer algunas necesidades básicas, utilizando lámparas fluorescentes de baja potencia (20W), que son suministrados en la Misión Revolución Energética.

Existe un proyecto coordinado por FUNDELEC, bajo la tutela del Ministerio Popular de Energía y Petróleo, para construir una planta de ensamblaje de módulos



solares fotovoltaicos en Venezuela, ayudados por la tecnología de la compañía ISOFOTON. [23]

También se han instalado sistemas fotovoltaicos por parte de empresas privadas, que consisten en abastecer viviendas sustentables en comunidades rurales, electrificación para equipos en ambulatorios, entre otros. De igual manera, han sido sistemas instalados para pocas cargas. No existe en Venezuela experiencias de sistemas fotovoltaicos para abastecer grandes cargas. [24]

II.2 Energías alternas existentes

Se le llama energías alternas a las energías renovables, que en un período relativamente corto de tiempo, vuelve naturalmente a estar disponible en una cantidad similar a la que se ha utilizado.

Lo más interesante de estas energías es que se garantiza el suministro eléctrico, no sólo en un presente, sino para un futuro, porque son fuentes inagotables de energía lo que las vuelve sustentables en el tiempo. Generan el mínimo impacto sobre el medio ambiente y no producen residuos difíciles de tratar, ni gases contaminantes como lo hacen los combustibles fósiles. De ahí, lo que se viene planteando desde hace varios años, en pro de proteger el ambiente, lo que se conoce como, desarrollo sustentable.

II.3 Energía Eólica [17]

La energía eólica aprovecha la energía contenida en el viento utilizando aerogeneradores convirtiendo la energía del viento en energía mecánica de rotación, que puede ser utilizada directamente para mover máquinas o para generar energía eléctrica. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan desde áreas de alta presión atmosférica hacia áreas de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.



Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento.

Para generar grandes potencias eléctricas con este tipo de sistema se realizan instalaciones de muchos aerogeneradores o molinos de viento, que se denominan parques eólicos.

Las nuevas estadísticas publicadas por el Consejo Mundial de Energía Eólica GWEC, muestra un aumento de 31% de potencia instalada en el mundo para el año 2009, teniendo un total de 157.899 MW de potencia instalada alrededor del mundo para principios del año 2010, siendo Estados Unidos el país con la mayor producción.

Tabla 1 – Estadísticas de energía eólica en el mundo [18]

País	Potencia instalada en 2009 (MW)	% sobre total instalado	Potencia acumulada a 01/01/2010 (MW)	% sobre total
EEUU	9.922	26,50%	35.159	22,30%
ALEMANIA	1.917	5,10%	25.777	16,30%
CHINA	13.000	34,70%	25.104	15,90%
ESPAÑA	2.459	6,60%	19.149	12,10%
INDIA	1.271	3,40%	10.926	6,90%
ITALIA	1.114	3,00%	4.850	3,10%
FRANCIA	1.088	2,90%	4.492	2,80%
REINO UNIDO	1.077	2,90%	4.051	2,60%
PORTUGAL	673	1,80%	3.535	2,20%
RESTO DEL MUNDO	4.944	13,20%	24.856	15,70%
TOTAL	37.465	100%	157.899	100%

Fuente: datos de GWEC, elaboración de AIE

Ventajas de la energía eólica:

- Se considera una energía limpia, ya que no produce ningún tipo de emisión atmosférica.
- No requiere una combustión que produzca dióxido de carbono (CO₂), por lo que no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al calentamiento global.
- Se puede instalar en sitios como por ejemplo, en zonas desérticas, en la costa, en laderas áridas y muy inclinadas para ser cultivables.



- Su instalación es rápida, entre 4 meses y 9 meses
- Hay una gran posibilidad de construir molinos en el mar, donde el viento es más fuerte, más constante y el impacto social es menor, sin embargo, resulta más costoso.

Previsiones a considerar en el diseño e investigación de la energía eólica:

- Para extraer la electricidad producida por cada molino de viento se hace necesario construir unas líneas de alta tensión que conduzcan la electricidad que sea capaz de producir la instalación. El problema radica, que a la hora de compensar los picos de viento, es preciso colocar cables 4 veces más gruesos, y a menudo torres más altas, lo que encarece el proceso de instalación.
- Es necesario suplir las bajadas de tensión eólicas que se producen instantáneamente (aumentando la producción de las centrales térmicas), porque de lo contrario se producirían apagones generalizados.
- Otra gran desventaja, es la dificultad de prever la generación con antelación. Dado que los sistemas eléctricos son operados calculando la generación con un día de antelación en vista del consumo previsto, la aleatoriedad del viento plantea serios problemas. Los últimos avances en previsión del viento han mejorado muchísimo la situación, pero sigue siendo un problema.
- Surge también la necesidad de tener una velocidad mínima en el viento, para que pueda accionarse el movimiento de las aspas. Sin embargo, también existe una limitación superior, donde, si una máquina está generando el máximo de su potencia y el viento empieza a aumentar aceleradamente, de manera que llegue al punto en donde sobrepasa las especificaciones del molino, es obligatorio desconectar ese circuito de la red o cambiar la inclinación de las aspas para que dejen de girar, puesto que con viento de altas velocidades la estructura puede resultar dañada por los esfuerzos que aparecen en el eje. La consecuencia inmediata es un descenso evidente de la producción eléctrica, a pesar de haber viento en abundancia, y otro factor más de incertidumbre a la hora de contar con esta energía en la red eléctrica de consumo.



Al comparar la energía eólica con las anteriores, resulta altamente competitiva, económica y factible, en muchísimas zonas. De hecho, es una excelente alternativa para regiones pobres, que ven limitados sus recursos energéticos y la imposibilidad de adquirir energía tradicional. Por otro lado, las Naciones Unidas ha difundido la necesidad de incorporar estas energías sustentables, para reducir las emisiones a la atmósfera y mejorar así la calidad de vida de los habitantes del mundo.



Fig. 1 - Granja Eólica [26]

II.4 Energía de Biomasa [13]

La Biomasa es una energía renovable y dentro de las fuentes energéticas, es la que posee más posibilidades de desarrollo ya que la tecnología que requiere existe en el mercado y su costo es muy inferior al de otras energías alternativas.

En general lo que se pretende es gasificar la biomasa de forma que podamos obtener un gas que sea utilizable como combustible.

La gasificación es un método eficaz que permite producir un gas de escaso valor calorífico a partir de combustible sólido. El método consiste en transformar, a alta



temperatura, más del 99% del carbono de la materia orgánica contenida en la biomasa en un gas de síntesis que posteriormente puede utilizarse como combustible sustituto de gas natural o de cualquier otro combustible no renovable en calderas, motores de combustión interna o turbinas de gas.

Al igual que otras fuentes renovables, la biomasa se fundamenta, en causar el menor impacto ambiental, donde su capacidad en cuanto a disponibilidad de recursos sustentables en el tiempo, y el gran campo de aplicación que tiene, la definen como una energía renovable bastante competente.

El concepto de Biomasa energética incluye los materiales de origen biológico que no pueden ser empleados con fines alimenticios o industriales; de acuerdo a este concepto, quedan excluidos todos los productos agrarios destinados a la alimentación humana y los combustibles fósiles que han sufrido un cambio estructural en su forma primitiva. La clasificación de Biomasa según su origen es la siguiente:

- **Biomasa natural:** es aquella que se produce en ecosistemas naturales. En la explotación de esta biomasa hay que tener en cuenta, el hecho de no explotar los recursos por encima de la tasa de renovación del ecosistema, ya que, si así fuese, el ecosistema se vería afectado de una forma irreversible y, con él, la supervivencia de la especie en interés. Cabe destacar que la extracción de biomasa de un ecosistema natural con la finalidad de usarla como combustible significa la liberación en la atmósfera de una cantidad de carbono equivalente que hasta entonces permanecía confinada en el seno del ecosistema natural. Por este motivo, para la explotación de biomasa es preciso una planificación que sea sostenible, a fin de que el ecosistema incorpore nuevos individuos, que a la vez capturarán más CO₂ atmosférico.
- **Biomasa residual:** incluye los residuos forestales y agrícolas, los residuos de industrias forestales y agrícolas, los residuos sólidos urbanos y los residuos biodegradables, tales como efluentes ganaderos, lodos depurados, aguas residuales urbanas y otras.
- **Cultivos energéticos:** Se caracterizan por tener una gran producción de materia orgánica por unidad de tiempo.



- **Excedentes agrícolas:** están constituidos por los productos agrícolas que no son aprovechados por el ser humano.

II.5 Energía Hidráulica [15]

Es la energía producida a partir de una caída de agua desde cierta altura, hasta un nivel inferior, provocando el movimiento de turbinas. Por lo tanto, aprovecha la energía potencial, para convertirla en energía mecánica y luego transformarla en energía eléctrica. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan gran cantidad de agua. Para su desarrollo se requiere la construcción de embalses u obras de derivación, como también la instalación de grandes turbinas para generar electricidad.

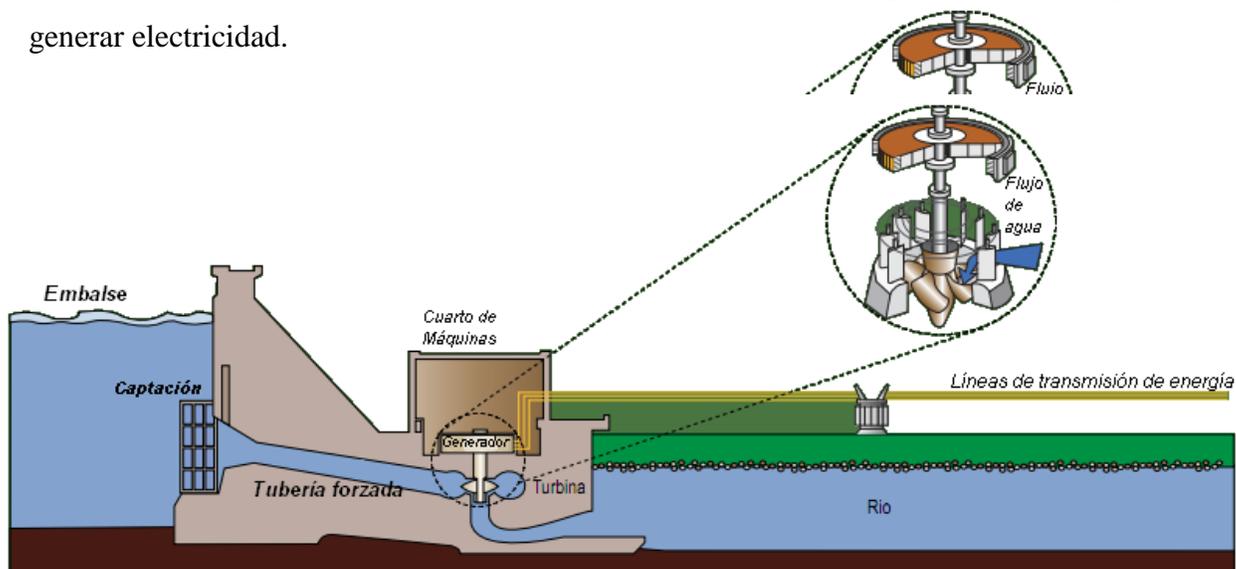


Fig. 2 - Perfil Esquemático de una Central Hidroeléctrica con embalse [15]

II.6 Energía Geotérmica [16]

La energía geotérmica es un recurso doméstico, de bajo costo, confiabilidad y ventajas ambientales que superan a las formas de producción de energía convencionales. La energía geotérmica contribuye tanto a la generación de energía, produciendo electricidad con usos directamente de calor, como también para reducir la demanda de energía, a través del uso de bombas geotérmicas tanto para calentar como para enfriar edificios.



La energía geotérmica es aquella energía en donde se aprovecha el calor del subsuelo para obtener y ambientar de una manera más ecológica, el agua sanitaria. Consiste en extraer o ceder calor de la tierra, para obtener refrigeración o calefacción mediante un conjunto de colectores enterrados en el subsuelo por las que circula una solución de agua con glicol.

Por ejemplo, para refrigerar un edificio en verano, se transmite el calor que excedente del interior del edificio al subsuelo. En invierno se extrae el calor del suelo para transmitirlo al edificio por medio de colectores.

Los usos directos de las aguas geotérmicas van en un rango de 10 a 130°C y son utilizadas directamente de la tierra:

- Para obtener electricidad.
- Balnearios.
- Para uso sanitario.
- Para cultivos en invernaderos durante el periodo de nevadas.
- Agricultura y acuicultura: Para invernaderos y criaderos de peces.
- Para usos industriales varios.
- Para la implantación de calefacción.

Un equipo de climatización geotérmica cuenta con:

- Bomba geotérmica que gracias a su avanzada tecnología realiza el aprovechamiento energético de la tierra.
- Un intercambiador introducido en el subsuelo. Este dispositivo está formado por un conjunto de colectores de polietileno de alta resistencia y gran duración enterradas en el suelo por las que circula una solución de agua con glicol.
- Una bomba hidráulica, que bombea la solución de agua con glicol que fluye por los colectores.



La energía geotérmica se puede usar tanto en edificaciones con grandes requerimientos energéticos, como hospitales, edificios de oficinas, bloques de viviendas, hoteles, entre otros. Así como para construcciones con menos consumo de energía, como pueden ser las viviendas unifamiliares, casas de campo y chalets.

II.7 Energía Oceánica o Mareomotriz

Esta energía alternativa aprovecha el movimiento de las olas y mareas de los océanos para mover unas turbinas submarinas que generan energía eléctrica.

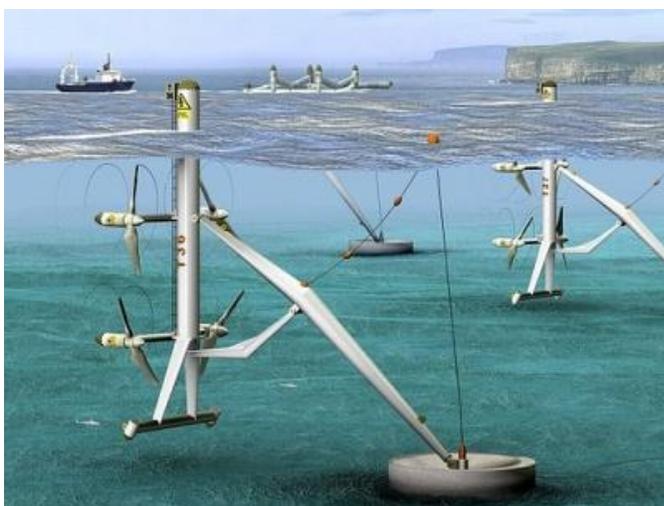


Fig. 3- Turbina submarina de generación eléctrica [7]

Existen numerosos desarrollos de esta energía en el mundo industrializado, en especial en Europa: Escocia, Reino Unido, Francia, Dinamarca y Noruega. En América del Norte, Canadá lidera la generación de energía mareomotriz utilizando sus ventajas de localización geográfica costera.

El caso más representativo es el Reino Unido, específicamente en el Canal de Bristol, donde se utilizan las corrientes marinas y el viento litoral. Se utilizan Turbinas giratorias que son instaladas en el lecho marino y distribuye la energía hacia la costa a través de una tubería de varios kilómetros de longitud.

Este sistema es capaz de generar 300 KW y proveer de energía eléctrica a una población de hasta 150.000 habitantes.



Otro modelo es el aportado por Canadá, en el área de las Islas Horcadas, lugar en que se localizan las mareas más altas del mundo y retroceden hasta 16 mts., hecho que se aprovecha para la instalación de la tecnología que permite la generación de energía. Con el aprovechamiento de este recurso cien por ciento renovable, Canadá alimenta de energía eléctrica a 40.000 hogares, con una vida útil de las instalaciones medida en 20 años.

Entre las ventajas de las estaciones mareomotrices, podemos considerar las siguientes:

- Es tecnología limpia que no genera ningún tipo de residuo
- Su recurso de generación es gratuito y permanente: oleaje y marea
- Sustentable en el tiempo

Entre las desventajas que tiene la energía mareomotriz:

- Altos costos de inversión inicial y mantenimiento
- Mano de obra altamente calificada
- La instalación y proyección de los desarrollos es complicado, requiere la realización de modelos a escala, para ensayos de laboratorio.
- Contaminación visual de las costas e impedimento de navegación

En conclusión, la energía mareomotriz tiene una importancia ambiental significativa, ya que es factible de implementar en todas las regiones del mundo que poseen costas y es sustentable en el tiempo. Sin embargo, falta un mejor desarrollo de esta tecnología para que sus costos de inversión no sean tan altos.

II.8 Energía Solar

La energía solar es la energía entregada por el sol en forma de radiación solar, que el ser humano ha utilizado para producir energía eléctrica a través de la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.



Ventajas de la energía solar:

- Recurso renovable, gratuito y permanente
- Es una energía limpia que no produce residuos
- Tecnología altamente desarrollada
- Disponibilidad en el mercado para pequeños o grandes desarrollos
- Incorpora elementos arquitectónicos innovadores
- Requiere de poco mantenimiento

Si bien es cierto que las ventajas comparativas parecen indiscutibles, la implementación de esta tecnología es aún elevada en sus costos iniciales, por tanto es una limitante a considerar, en especial en los países en desarrollo.

Desventajas de la energía solar:

- Costo tecnológico inicial elevado
- La vida útil del banco de baterías es relativamente baja

Sin embargo, estas variables mencionadas, en ningún caso significan un impedimento en sociedades industrializadas generadoras de tecnología y la transferencia de esta a comunidades en desarrollo. La relevancia de esta energía alternativa sustentable, es que no produce un daño ambiental ya que carece de residuos y emisiones a la atmósfera.

II.9 Energía Solar Térmica

La energía solar térmica es una rama de la energía solar que consiste en el aprovechamiento de la energía calorífica del sol para generar electricidad. Esto se hace construyendo una torre en cuya cima se encuentra un tanque de agua, alrededor del cual se colocan espejos que apuntan hacia el tanque, con lo que el agua se calienta y evapora; ese vapor es obligado a pasar por unas turbinas que generan la electricidad. En la noche



el agua se condensa y se vuelve a llenar el tanque para que al día siguiente se vuelva a generar energía eléctrica limpia.

El uso más conocido de la energía solar térmica es de los calentadores solares de agua para uso doméstico. Estos consisten de dos partes principales, el colector solar y el tanque de almacenamiento. El colector solar tiene debajo de su superficie una serie de tuberías por donde pasa el agua, que al entrar en contacto con el sol es calentada; una vez caliente es almacenada en el tanque, en donde permanece caliente para cuando se necesite. Estos calentadores pueden generar el agua caliente que consume una familia, dependiendo del uso y la cantidad de radiación solar que haya en la ubicación del calentador.

Dentro de las ramas de la energía solar, la energía solar térmica es más económica que la fotovoltaica, por lo que es la energía que más apoyo y crecimiento ha tenido en los últimos años.

II.10 Energía Solar Fotovoltaica

Esta energía aprovecha la radiación solar a través de paneles fotovoltaicos, siendo éstos los que generan energía eléctrica bajo la acción del flujo luminoso permanente de los rayos solares. Los paneles se disponen en forma tal, que obtengan la mayor cantidad de luminosidad durante gran parte del día; la radiación obtenida se concentra en las células fotovoltaicas, las que procesan la radiación, generando energía eléctrica limpia, sin impacto sobre el medio ambiente, como son otras formas de generación de electricidad.

El sol es la principal fuente de energía para un conjunto de paneles fotovoltaicos, por lo que el estudio de la radiación solar es fundamental para el cálculo de la energía que podría generar este sistema.



II.11 La Radiación Solar

La luz solar es un conjunto de radiaciones electromagnéticas de diferentes frecuencias, dentro de las cuales hay un cierto rango que conforman el espectro luminoso. Este está dividido en tres tipos de onda, las de baja, mediana y alta frecuencia. Las de baja frecuencia son las infrarrojas que proporcionan calor y son poco abundantes dentro del total de radiación solar. Las de alta frecuencia son las ultravioleta que hacen posible el proceso de fotosíntesis. Las ondas intermedias son más abundantes que las anteriores y forman la parte visible del espectro.

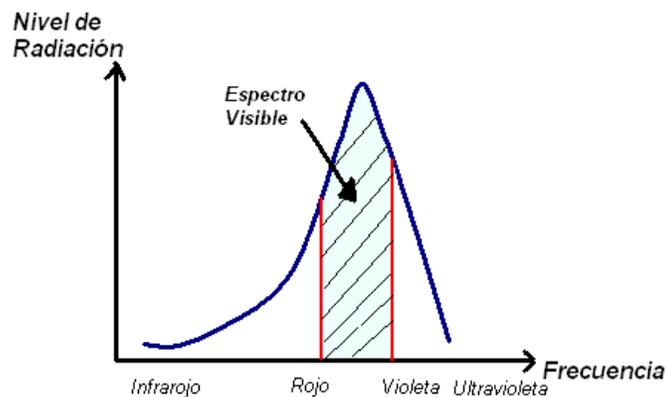


Fig. 4 - Espectro de radiación solar [22]

La intensidad y frecuencia del espectro luminoso generado por el sol sufre alteraciones ocasionando absorción, reflexión y dispersión cuando la luz pasa por la atmósfera, a través de gases atmosféricos como nitrógeno, oxígeno, ozono, entre otros; vapor de agua y polvo. Estos gases actúan como filtros para ciertas frecuencias que pueden inclusive ser absorbidas en su totalidad. El valor de la radiación medida fuera de la atmósfera (extraterrestre) se denomina constante solar y es de 1353 W/m^2 aproximadamente. Este valor se reduce al llegar a la superficie terrestre debido a lo explicado anteriormente.

Los siguientes conceptos se consideran importantes para entender y definir la radiación solar que se utilizará para evaluar el sistema fotovoltaico (SFV):



Masa de Aire: es la distancia que recorre la radiación a través de la atmósfera, que varía en función del ángulo de incidencia del sol respecto a la vertical en el sitio de estudio.

$$MA = \frac{1}{\text{Cosa}}$$

Ecuación 1- Masa de aire

Cuando el sol está sobre la vertical, se dice que está en el zenit y el valor de la masa de aire es igual a la unidad.

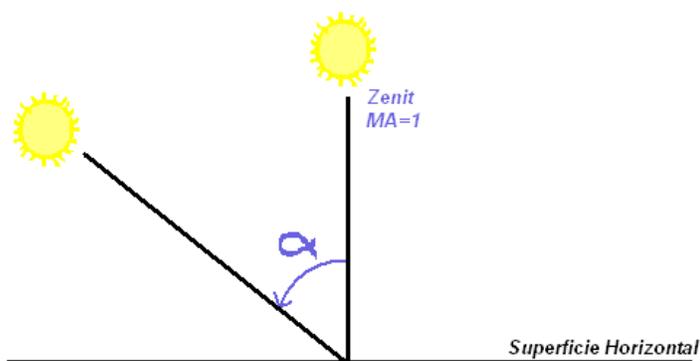


Fig. 5 - Masa de aire [22]

Para valores del ángulo de incidencia (α) mayores que 0° , el valor del Cosa es menor que la unidad, por lo tanto, el valor de la masa de aire se incrementa. A mayor masa de aire indica que la radiación directa debe recorrer una distancia mayor dentro de la atmósfera.

Generalmente los paneles fotovoltaicos funcionan con un valor de masa de aire igual a 1,5 ($MA=1,50$) que se ha establecido como un estándar. Este valor corresponde a un ángulo de incidencia $\alpha=48^\circ$.

II.11.1 Tipos de Radiación



Radiación directa: es la radiación recibida desde el sol, sin que ocurra desviación en su paso por la atmósfera.

Radiación difusa: es la radiación solar que ocurre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión en la atmósfera.[1]

Albedo: es la radiación directa y difusa que es reflejada por el suelo u otras superficies.

Irradiación solar: es la cantidad de albedo que se recibe en un punto determinado del planeta sobre una superficie de 1m^2 , para un determinado ángulo de incidencia del sol.

II.11.2 Día Solar Promedio:

El sol varía su ángulo de incidencia sobre la superficie terrestre desde el amanecer hasta el atardecer, variando así la masa de aire. Para calcular la energía eléctrica generada por un panel FV se define el término de día solar promedio, que representa el número total de horas en un día durante el cual el sol irradia con una potencia igual a una h.s.p ($1\text{ KW}/\text{m}^2$). Si obtenemos el promedio de irradiación diaria en un sitio determinado y se divide entre la potencia máxima luminosa se obtiene el valor en horas del día solar promedio.

$$\text{Día solar promedio}(h) = \frac{\text{Promedio de irradiación diaria } \left(\frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}\right)}{\text{Potencia máxima del PFV } \left(\frac{\text{KW}}{\text{m}^2}\right)}$$

Ecuación 2 - Día solar promedio

La duración del día solar promedio representa el número de horas en el cual el panel es capaz de producir la potencia máxima de salida especificada por el fabricante.

Diferencia entre irradiación e irradiancia solar :

Dicho anteriormente, la irradiación solar significa, la cantidad de energía solar en (Kwh/m^2), acumulada sobre un área durante un tiempo determinado (horas, días, meses, años), para dimensionar y estimar el comportamiento de un sistema fotovoltaico.



En cambio, la irradiancia solar es la potencia por unidad de área (KW/m^2) que varía durante el día, y se incrementa en la medida que sale el sol. Su máximo valor es alcanzado, cuando está alrededor del mediodía y decrece en el atardecer. Si se grafica la irradiancia solar contra el tiempo, la irradiación solar es el área bajo la curva de la irradiancia. La irradiación solar se puede calcular aplicando la fórmula:

$$H = E \times T$$

Ecuación 3- Irradiación solar

Donde,

H= Irradiación solar (wh/m^2).

E= Irradiancia solar (w/m^2).

T = Tiempo en horas.

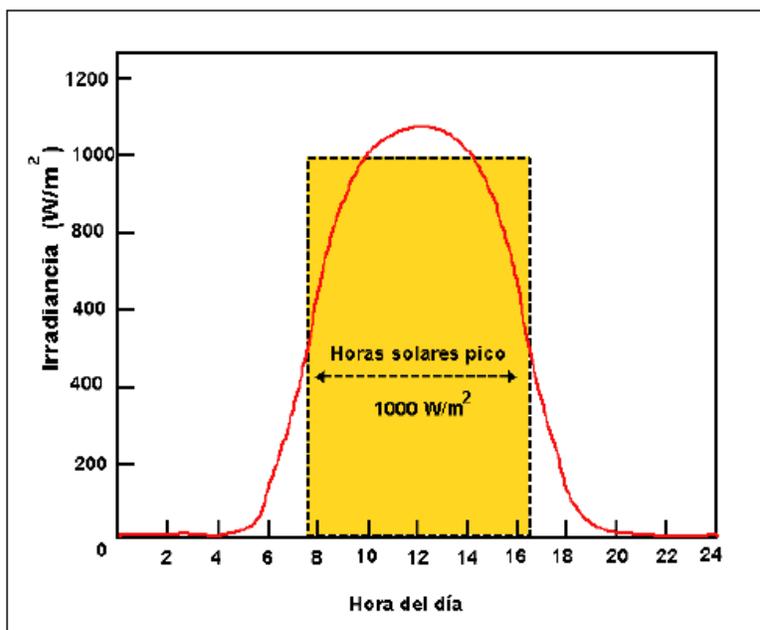


Fig. 6 - Irradiación Solar [10]

II.12 El Panel Solar [19]



Los paneles están formados por un conjunto de células fotoeléctricas que unidas reúnen unas condiciones óptimas para integrarse en sistemas de generación de energía y ser compatibles con los demás equipos en el mismo. Estas células son dispositivos que reaccionan bajo la acción de radiación solar sobre superficies metálicas que se encuentran en contacto con las mismas. El efecto sobre ellas depende de la naturaleza de su reacción: foto emisivo, fotoconductor o fotovoltaico.

- Efecto fotoemisivo: provoca en el metal un arranque de electrones con liberación de los mismos.
- Efecto fotoconductor: modifica la conductividad eléctrica del metal.
- Efecto fotovoltaico: produce una fuerza electromotriz en el metal.

II.12.1 Partes De Un Panel Fotovoltaico:

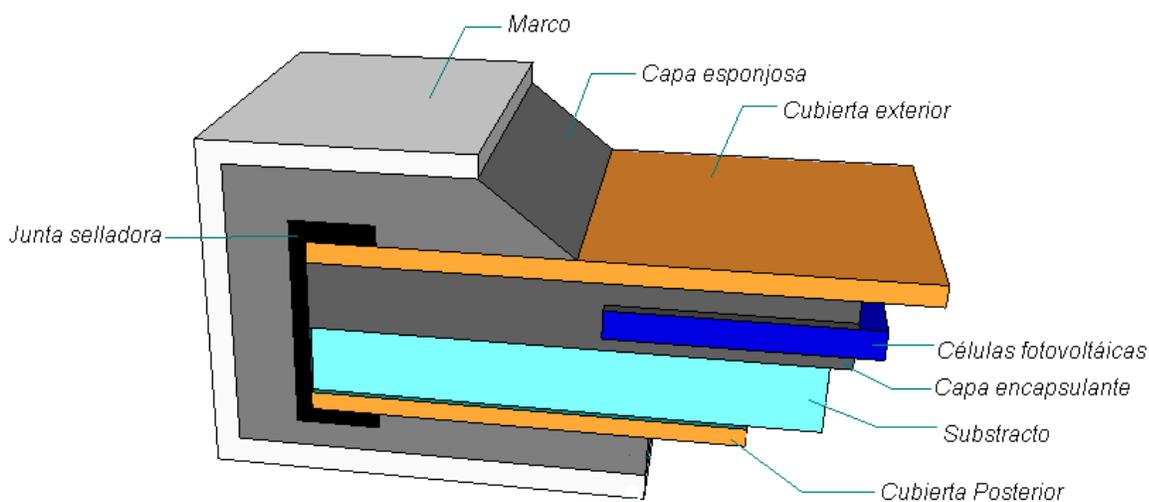


Fig. 7 - Estructura de un panel fotovoltaico [22]

II.12.1.1 Marco

El marco funciona para mantener unidas las capas que estructuran el panel fotovoltaico debido a que su rigidez ejerce presión sobre las mismas. Está hecho de aluminio anodizado para evitar su oxidación.



II.12.1.2 Cubierta exterior:

Es la capa encargada de proteger a las células de los agentes atmosféricos, se suele construir en vidrio, debido a que este material tiene una alta durabilidad y permite transmitir muy eficientemente la radiación solar a las células. En la superficie externa, el cristal debe ser muy liso para evitar que se acumule suciedad. A diferencia de la superficie interna, que está en contacto con la capa encapsulante, debe ser rugosa para generar adherencia con dicha capa.

II.12.1.3 Capa esponjosa

Protege los bordes de vidrio de la capa exterior y también proporciona un cierre hermético para fijar la estructura del panel.

II.12.1.4 Junta selladora:

Protege la estructura de la acción de la humedad, evitando así la oxidación de las conexiones internas.

II.12.1.5 Células fotovoltaicas [4]

Están formadas generalmente por silicio. Este material es modificado químicamente para dar lugar a dos estructuras eléctricamente distintas entre sí, semiconductor tipo p (positivo) y semiconductor tipo n (negativo). Una vez que estos elementos se ponen en contacto, y se expone a la radiación solar, los fotones que transportan la energía de la luz solar, al incidir sobre ellos, generan una corriente eléctrica, convirtiendo así la célula fotovoltaica en una pequeña pila generadora de energía eléctrica”.

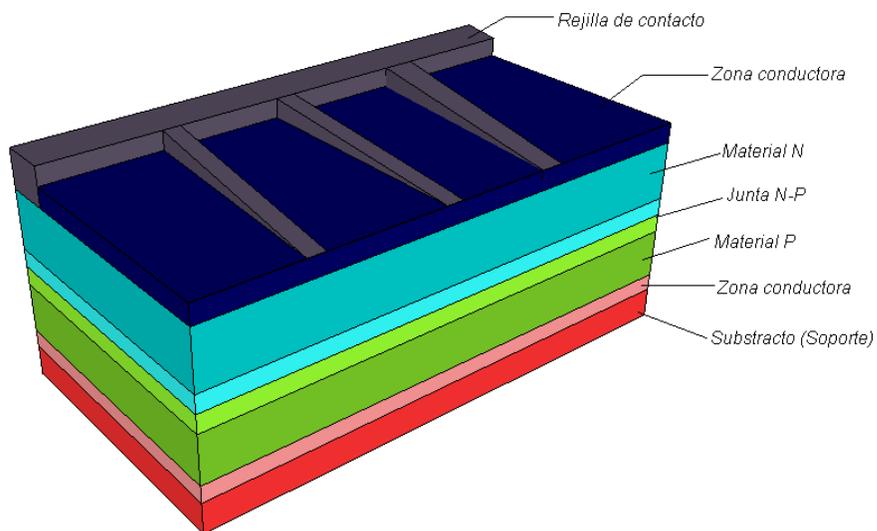


Fig. 8 - Estructura de una célula fotovoltaica [22]



II.12.1.5.1 Tipos de células fotovoltaicas [2]

Existen varios tipos de células fotovoltaicas, que varían según el tipo de material que se utiliza para su fabricación. Entre estas están:

Células de arseniuro de galio:

El Arsenuro de Galio (AsGa) tiene la particularidad de tener un coeficiente de absorción elevado, de manera que con poco material se obtiene una eficiencia elevada. Además este material genera menores pérdidas a altas temperaturas, que las generadas por el silicio monocristalino.

Se considera que estas células son las más adecuadas para la construcción de módulos fotovoltaicos debido a que tu porcentaje de rendimiento teórico alcanza valores entre 27 y 28%, en su modelo monocristalino. Sin embargo, actualmente, este material no es el más utilizado por ser escaso en el medio ambiente, lo que hace que resulte muy costosa su producción en comparación con otros materiales actualmente utilizados.

Célula de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre:

Este tipo de células están formados por una capa de sulfuro de cadmio y una capa de sulfuro de cobre. Estas células tienen la ventaja de que utiliza muy poco material para su fabricación, pero a pesar de esto, los niveles de rendimiento obtenidos no superan el 10%, lo que no las hace competitivas frente a otro tipo de células.

Célula bifaciales:

Esta tecnología esta basada en una configuración de doble unión (n-p-p), de manera que la célula puede ser utilizada por ambas caras, aprovechando la radiación directa y la reflejada en el suelo (albedo), obteniendo un rendimiento cercano al 30% de la energía total, mayor que en las células monofaciales. Esta doble unión en las celulas encarece la fabricación de las mismas, debido a que se requieren mayores cantidades de dopaje de silicio para activar ambas capas.

Hoy en día estas células están en desuso, debido a su compleja fabricación, instalación y mantenimiento.



Células de silicio amorfo:

Este tipo de células tiene un coeficiente de absorción elevado, por lo que se requieren espesores pequeños para su fabricación, hasta 50 veces menor que el equivalente en silicio monocristalino. Luego de años de investigación en este material, se han alcanzado valores de rendimiento aproximado al de silicio monocristalino. Sin embargo, no se han logrado resolver los problemas de degradación que sufren las células al ser expuestas a altas temperaturas por un periodo de tiempo determinado, por lo que todavía no han sido utilizadas para fabricar paneles fotovoltaicos, sino para pequeños artefactos como calculadoras, relojes, linternas, entre otros, donde su limitada vida útil no es un problema porque estos artefactos tienen una vida útil más corta.

Células de silicio monocristalino:

En la actualidad, estas células son las más utilizadas para la fabricación de paneles fotovoltaicos, debido a que el silicio es un material sumamente industrializado ya que se utiliza en la fabricación de transistores, circuitos integrados y otros componentes electrónicos. El silicio es el segundo material más abundante en el planeta Tierra después del oxígeno. Sin embargo, su costo de fabricación es elevado porque no se encuentra en estado puro y debe pasar por varios procesos de remoción de impurezas antes de ser utilizado.

La célula de silicio monocristalino es una unión p-n, sensible a la radiación solar, que genera la corriente eléctrica. Su rendimiento comercial alcanza un 16%.

Célula de silicio policristalino:

El proceso de cristalización del silicio en este tipo de células es diferente respecto al caso anterior. Están constituidos por secciones de una barra de silicio, estructurada desordenadamente en forma de pequeños cristales, lo que le confiere, un aspecto granulado en su superficie. Dada las características del silicio cristalizado, se requieren de mayores espesores, por lo que su adaptación a superficies irregulares los hace menos versátiles. Su rendimiento es del 14%, un poco menor que los de silicio monocristalino al igual que su precio.



II.12.1.5.2 Parámetros de la célula solar [2]

Intensidad de corto circuito (I_{cc}): es aquella que se produce cuando el voltaje es cero y se mide con un amperímetro conectado a la salida de la célula solar. Su valor varía según el tamaño de la superficie y de la radiación a la que se somete.

Tensión de circuito abierto (V_{ca}): es el voltaje máximo que puede proporcionar una célula, y se puede medir al no presentar una carga conectada. Se obtiene al conectar un voltímetro entre los bornes.

Potencia pico (W_p): es la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una célula. Se puede obtener de la curva I. vs V donde el producto de ambas es máximo.

Factor de Forma (FF): se define mediante la expresión

$$FF = \frac{I_p \times V_p}{I_{cc} \times V_{ca}}$$

Ecuación 5- Factor de forma

El factor de forma será siempre menor a la unidad, mientras más se acerque el valor a la unidad la célula será más eficiente.

El factor de forma resulta de gran utilidad para comparar la calidad relativa entre células.

Eficiencia de conversión o rendimiento: es otro parámetro que determina la calidad de una célula fotovoltaica, para medir su capacidad de conversión de energía. Esta dada por la siguiente expresión:

$$n = \frac{W_p}{W_r}$$

Ecuación 6 - Eficiencia de conversión de una CFV

Donde,

$W_p = I_p \times V_p$, es el producto de la intensidad máxima por el voltaje máximo.



W_r = es la potencia de radiación que recibe sobre la superficie de la célula fotovoltaica.

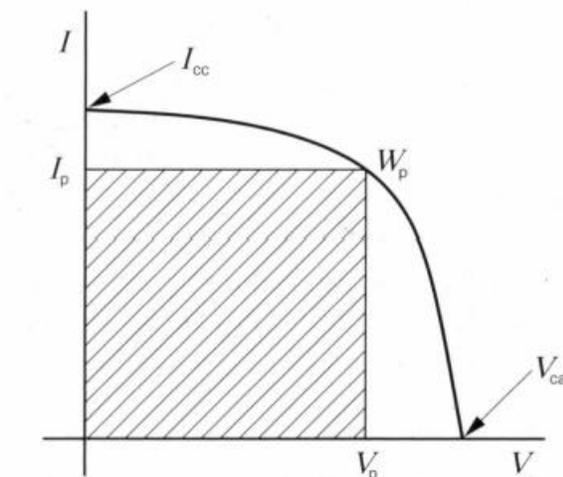


Fig. 9- Curva de comportamiento I vs. V de una célula fotovoltaica [2]

II.12.1.6 Capa encapsulante

Esta capa tiene la finalidad de proteger a las células de posibles vibraciones que puedan generarse. El material con el que se fabrican debe ser muy eficiente en la transmisión de la radiación solar, de manera que no disminuya la radiación porque reduciría la eficiencia del módulo. Los materiales más utilizados son siliconas, Etileno acetato de vinilo, polivinilo butiral, entre otros.

II.12.1.7 Substrato

Material plástico o metálico que se coloca para proporcionar una mayor rigidez a la estructura.

II.12.1.8 Cubierta posterior

Se utiliza como soporte de la estructura del panel, además de proporcionar protección contra los agentes atmosféricos. Se emplean materiales plásticos (TEDLAR)



o metálicos (aluminio), siendo los metálicos más favorables para la disipación del calor al exterior.

II.12.2 Principio físico de los paneles fotovoltaicos

La materia está formada por un grupo de átomos y a su vez, los átomos están compuestos por un núcleo (carga positiva) alrededor del cual giran los electrones (carga negativa), formando un conjunto estable y eléctricamente neutro. Los electrones de la última capa se les conoce también como electrones de valencia, son los electrones más externos que pueden unirse con otros similares de otros átomos para formar una célula.

Los paneles fotovoltaicos son fabricados a partir de materiales semi-conductores, que al absorber los fotones de la luz solar, se crean electrones libres con energías más altas que los electrones que proporcionan la vinculación en la base de cristal. Una vez que estos pares de espacios de electrones libres son creados, debe haber un campo eléctrico para inducir estos electrones de energías más altas a fluir fuera del semiconductor para desarrollar un trabajo útil. Es sabido que si un campo eléctrico existe a través de una unión p-n, este campo conduce los electrones en una dirección y ese flujo de electrones es la corriente producida por el panel.

II.13 El Sistema Fotovoltaico

Dado que el sistema fotovoltaico requiere captar energía durante el día, para el almacenamiento de dicha energía se necesitan baterías, y debido a que éstas deben ser cargadas y descargadas en una cierta forma, se utilizan los reguladores cargadores o controladores de carga de baterías.

Se requiere de inversores, para transformar la corriente continua que proviene del panel fotovoltaico, en la medida que se espera que el sistema alimente cargas en corriente alterna. Los fusibles o interruptores forman parte del sistema en cuanto a la protección del mismo. El uso de orientadores o rastreadores fotovoltaicos, resulta una



buena opción para seguir la orientación del sol a lo largo del día, sin embargo, hay que evaluar el costo de estos dispositivos contra su efectividad.

En definitiva, todo el sistema eléctrico tiene los siguientes procesos: Generación, regulación, almacenamiento, instrumentación y control, consumo.

II.13.1 Procesos del Sistema Fotovoltaico

En un proceso de generación fotovoltaica existen los mismos procesos, los cuales estarán conformados por:

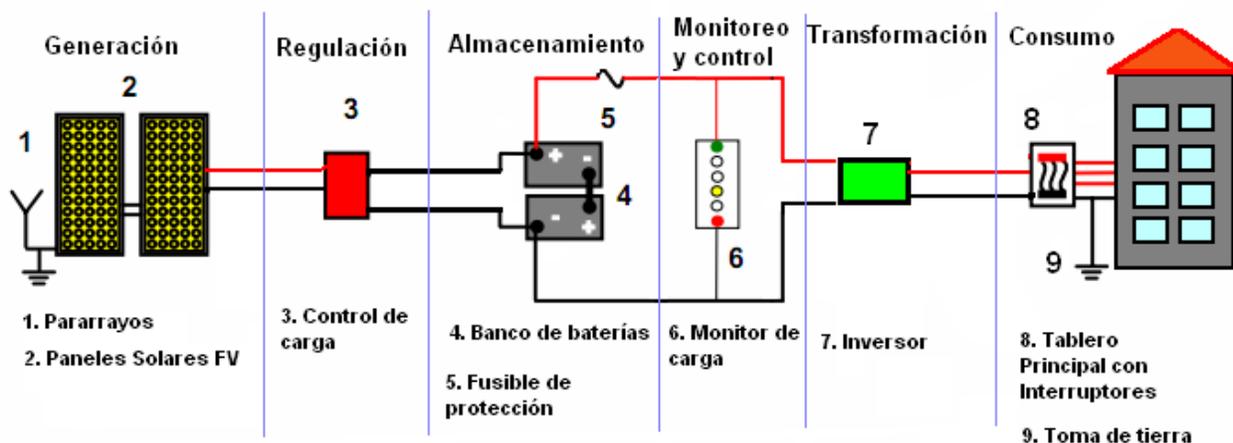


Fig. 10- Sistema Fotovoltaico Aislado [22]

II.13.1.1 Generación:

El proceso de generación se lleva a cabo a través de los *paneles fotovoltaicos*. Se debe disponer de un conjunto de ellos, tal que la potencia de salida sea capaz de abastecer la demanda definida. El número de paneles a necesitar dependerá de la irradiación solar en el sitio, de las especificaciones del panel (potencia de salida, masa de aire) y del tipo de abastecimiento. La corriente generada por los paneles es siempre corriente continua CC.



II.13.1.2 Regulación:

Esta regulación se refiere al control de carga de las baterías, de manera que:

- Evita que no se descarguen las baterías en la noche, cuando la potencia de salida de los paneles es nula.
- Evita la sobrecarga de las baterías, lo que ayudará a prolongar su vida útil.
- Provee el régimen de carga para las baterías, dependiendo de su tipo.

Para la regulación de la carga de las baterías, se consideran importantes los siguientes términos:

Igualación:

Cuando transcurre un largo período de tiempo en que el estado de carga ha sido bajo, el regulador permite la igualación automática de cargas de los acumuladores, reduciendo así, el consumo de la batería.

Carga Profunda:

Ocurrido el proceso de igualación, el sistema de regulación permite el paso de corriente a los acumuladores, hasta llegar al punto de tensión final. Luego de este punto, el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación. Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completara la carga.

Carga final y flotación:

En este punto, se establece una zona de actuación del sistema de regulación, al que llamamos, banda de flotación dinámica, el cual, se refiere a un rango de tensión, cuyos valores máximos y mínimos se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente. Cuando la batería alcanza el valor de voltaje de plena carga, el regulador inyecta una corriente pequeña, para mantenerla bajo esa carga, y a esa corriente se le llama, corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de



mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la auto descarga de las baterías.

Indicadores de Estado:

- Desconexión del consumo por baja tensión de baterías.
- Alarmas de señalización.

Desconexión del consumo por baja tensión de batería

Nos indica la situación de descarga del acumulador próxima al 70% de su capacidad nominal. Para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo, se desconecta el consumo, si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión, durante un tiempo mayor que el establecido.

Tensión de desconexión del consumo:

Tensión de la batería a partir de la cual se desconectan las cargas de consumo.

Alarma por baja tensión de la batería [20]

La alarma por baja tensión de batería indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas.

Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo (siempre se encontrará 0,05 volt/elem. por encima).

En el regulador DSD, Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de la alarma durante más de 10 segundos aprox. se desconecta el consumo. El regulador entra entonces en la fase de igualación y el consumo no se restaurará hasta que la batería no alcance media carga. Además, incluye una señal acústica para señalar la batería baja.

Protecciones típicas

- Contra sobrecarga temporizada en consumo
- Contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo.



- Contra desconexión de batería.

Indicadores de Estado/Señalizadores habituales:

- Indicadores de tensión en batería.
- Indicadores de fase de carga.
- Indicadores de sobrecarga/ cortocircuito

Parámetros a calcular para el dimensionamiento del sistema

- Tensión nominal del sistema (12,24,48V)
- Intensidad del regulador: la intensidad del regulador tiene que ser mayor que la recibida en total por el campo de paneles fotovoltaicos.

Parámetros importantes que determinan su operación:

- Intensidad Máxima de carga o de generación: máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.
- Intensidad máxima de consumo: máxima corriente que puede pasar por el sistema de regulación y control al consumo.
- Voltaje final de carga: voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico. Vale aproximadamente 14,1V para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12V.

II.13.1.3 Almacenamiento

El almacenamiento se realiza a través de baterías, que son dispositivos de almacenamiento de energía que convierte la energía almacenada en energía eléctrica a través de una reacción química.

Para este sistema se necesitan baterías de ciclo profundo, que soporten profundas descargas durante ciclos repetitivos de carga y descarga. Existen baterías diseñadas para



cumplir esta función y se les conoce como **baterías solares**, comercialmente se disponen de 6 y 12 voltios.

Las baterías se pueden clasificar como celdas primarias y secundarias. Las primeras se emplea con la intención de ser usada una sola vez, es decir que la reacción química ocurre una sola vez y la batería queda inservible, como por ejemplo las baterías alcalinas, de litio y carbón-zinc, por lo que este tipo de baterías no pueden utilizarse en sistemas fotovoltaicos que requieren de una continua carga y descarga; las segundas almacenan energía eléctrica en una reacción química reversible, de manera que se permite la carga y descarga, sin embargo, en este proceso se pierde parte de la energía debido al calentamiento y a la diferencia de voltaje, por lo que el proceso de inversión no se da al 100%. Ejemplo de este tipo de baterías son Niquel-Cadmio, Plomo-Ácido, Niquel-Ferro, tipo gel y de ciclo solar profundo. La mayoría de los sistemas fotovoltaicos utilizan baterías Plomo-Ácido.

Adicional a las baterías, es necesario un fusible de protección para las mismas, de manera de evitar que un cortocircuito accidental en los bornes de las baterías cause la explosión de las mismas. . Como las baterías utilizan electrolitos altamente corrosivos, las consecuencias de no prescindir de este dispositivo de seguridad pueden ser trágicas.

II.13.1.3.1 Tipos de baterías:

Baterías Plomo-Ácido: están construidas con dos placas, una de plomo (negativa) y la otra cubierta de dióxido de plomo (positiva), con un electrolito compuesto por una solución de ácido sulfúrico (35%) y agua (65%), que ocasiona una reacción química que produce electrones. En el estado completamente cargado la gravedad específica varía entre 1,260 y 1,285.

Cuando la batería está en uso descarga el SO_4 en el electrolito y se une con el plomo de la placa formando PbSO_4 , esta reacción diluye el ácido y si éste se deja en la forma diluida por un periodo de tiempo largo, reaccionará con la placa negativa formando una capa dura de sulfato sobre la misma, lo que dificulta la recarga.



La reacción que ocurre en el proceso de descarga puede ser invertida al aplicar corriente directa en la dirección contraria al flujo de corriente en la descarga y de esta manera se restituye la carga.

Baterías de plomo ácido con válvula regulada:

Estas baterías son una variación de las anteriores, están selladas y no se requiere agregar agua, pero la cantidad de electrolito está limitado a lo que puede ser absorbido por las placas. En este sistema el electrolito está inmovilizado y los gases producidos durante la sobrecarga se recombinan formando agua dentro de la batería. Para prevenir que se rompa la caja de batería con la sobrecarga se utiliza una válvula para mantener la presión interna baja. La principal desventaja de estas baterías es que su vida útil es muy corta.

Baterías tipo gel

En este tipo de celdas se forma una capa de gel porque el electrolito se mezcla con un gelicida como Fluoruro de Silica, estas tienen la ventaja de estar completamente selladas y se pueden colocar en cualquier posición. Su desventaja es que no soportan grandes cargas o descargas en un periodo prolongado, por el contrario pueden soportar grandes cargas en periodos cortos.

Estas baterías son más costosas que su equivalente en plomo-ácido.

Baterías de ciclo solar profundo:

Este tipo de baterías se diseñaron para sistemas fotovoltaicos, debido a que pueden soportar ciclos profundos de carga y descarga, su electrolito puede ser líquido o de gel y tienen placas grandes y delgadas que pueden inspeccionarse con facilidad porque su caja es transparente. Se fabrican comercialmente de 6 y 2V. Se recomienda que se trabajen con un porcentaje de descarga del 50% para aumentar su vida útil.

II.13.1.3.2 Capacidad de una batería

Es la cantidad de corriente que puede entregar la batería en un periodo de tiempo en horas a su voltaje normal y a una temperatura de 25°C.



Esta medida se designa en amperes-hora (Ah), y es el producto de la corriente y el tiempo en horas.

II.13.1.4 Instrumentación y Control

Se debe disponer de monitores de control, para saber el estado de carga de las baterías. A demás medidores de salida de la potencia que se está entregando al consumidor.

II.13.1.5 Transformación

El sistema de paneles y baterías trabajan con corriente continua CC y voltajes nominales de 12, 24, 36, 48V (múltiplos de 12) , mientras que el consumo necesita corriente alterna CA y en 110/220V, por lo tanto es necesario convertir tanto la corriente como la diferencia de potencial, para esto se utiliza el Inversor.

II.13.1.6 Consumo

Finalmente, al igual que en sistema tradicional de generación de energía, para poder entregar la energía al consumidor es necesario los circuitos de entrada y alimentación dentro del inmueble. La caja de interruptores hace posible la fragmentación del consumo, permitiendo el uso de cables de menor diámetro, que son más fáciles de instalar y más económicos.

II.13.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos:

Es importante definir que el sistema puede generar energía dependiendo del período de consumo (continuo o diurno).

Aislado:



Debe abastecer la demanda tanto en el día como en la noche, por lo tanto, es necesario el sistema de almacenamiento. Este tipo de sistemas son independientes del sistema eléctrico tradicional y puede emplearse en locaciones aisladas donde no sea posible conectarse a la red eléctrica.

Interconectado:

Abastece solamente el consumo durante las horas del día, donde los paneles reciben radiación solar, por lo que no es necesario el bloque de almacenamiento en el sistema fotovoltaico. Estos sistemas no pueden trabajar independientes del sistema eléctrico tradicional; deben estar conectados a la red eléctrica para cubrir la demanda en los momentos en que los paneles no estén generando electricidad (En la noche o cuando la generación solar no sea suficiente para cubrir los picos de demanda). Sin embargo, podría producirse durante el día más energía de la que se consume. Este tipo de sistemas es muy utilizado en países como Estados Unidos, España, Alemania y otros países en los que las leyes permiten vender a la red eléctrica la energía adicional producida. En estos casos, se debe tener un medidor de entrada, para medir la energía tomada de la red eléctrica y un medidor de salida, para medir la energía vendida a la red.

Híbridos:

Así como el sistema interconectado tiene un sistema fotovoltaico sin almacenamiento con respaldo en la red eléctrica, un sistema híbrido tiene también un sistema de respaldo, que puede ser generadores a diesel, turbinas de generación eólica, entre otros.

II.14 Objetivos a considerar en una instalación eléctrica [10]

Los objetivos a considerar en una instalación eléctrica y que se deben satisfacer en cada proyecto, deben estar de acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas y son los siguientes:

- Seguridad (para las personas y partes de la instalación, en particular incendios)
- Distribución apropiada y balanceada eléctricamente de equipos y aparatos eléctricos
- Accesibilidad y facilidad de mantenimiento



- Economía
- Mínimas pérdidas

II.14.1 Instalaciones de seguridad y confort en las residencias y otros servicios

Conexiones a tierra:

Cualquier reglamento de instalaciones eléctricas, debe tomar en cuenta, lo que se conoce como, conexión a tierra, que es obligatoria para todas las instalaciones eléctricas domésticas o residenciales y se debe considerar en todas las tomas de corriente y todos los puntos de salida para lámparas o luminaria o equipos y un conductor llamado también conductor de protección.

La conexión a tierra es un elemento fundamental de seguridad, ya que permite que la corriente sea enviada a tierra en caso de un contacto directo. Estas disposiciones, aplica para una casa o cuando se trata de apartamentos.

Pararrayos:

Para proteger las instalaciones contra el efecto de las descargas atmosféricas se debe dotar a las viviendas, tanto de conexiones a tierra como de un sistema de protección contra descargas atmosféricas.

La protección debe considerar el impacto de las descargas de la red de distribución de donde se alimenta a la acometida de las viviendas. Cuando se trata de edificios multifamiliares, hasta el tablero principal y equipo de medición. Esto significa que el sistema también debe conectarse a tierra con electrodos de tierra en distintos puntos del sistema

En los equipos de baja tensión se deben instalar también pararrayos, ya que las ondas de sobretensión, pueden causar daño a equipos como: computadoras, impresoras, equipos de fax, etc. Estos se instalan, según las fases del sistema (monofásico, bifásico o trifásico).



CAPÍTULO III – MARCO METODOLÓGICO

El dimensionado del sistema fotovoltaico se realizará para dos casos de estudio:

Caso A. Será un edificio de interés social, ubicado en una zona semi-urbana (como pueden ser ciudades dormitorio), de cuatro plantas, cuatro apartamentos por planta de 62 m² cada uno, con un consumo de energía moderado, tratando de optimizar las cargas utilizando cocina y calentador de agua a gas, bombillos ahorradores y limitando el uso de aparatos eléctricos, incluyendo en el desarrollo una bomba hidroneumática que abastecerá los requerimientos del edificio.

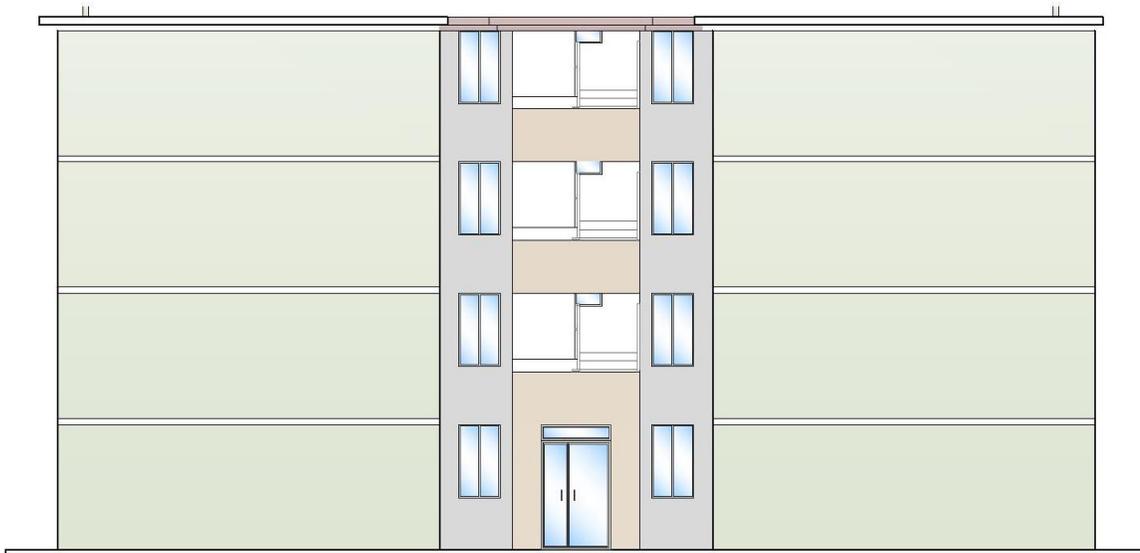


Fig. 11- Fachada frontal edificio típico [22]

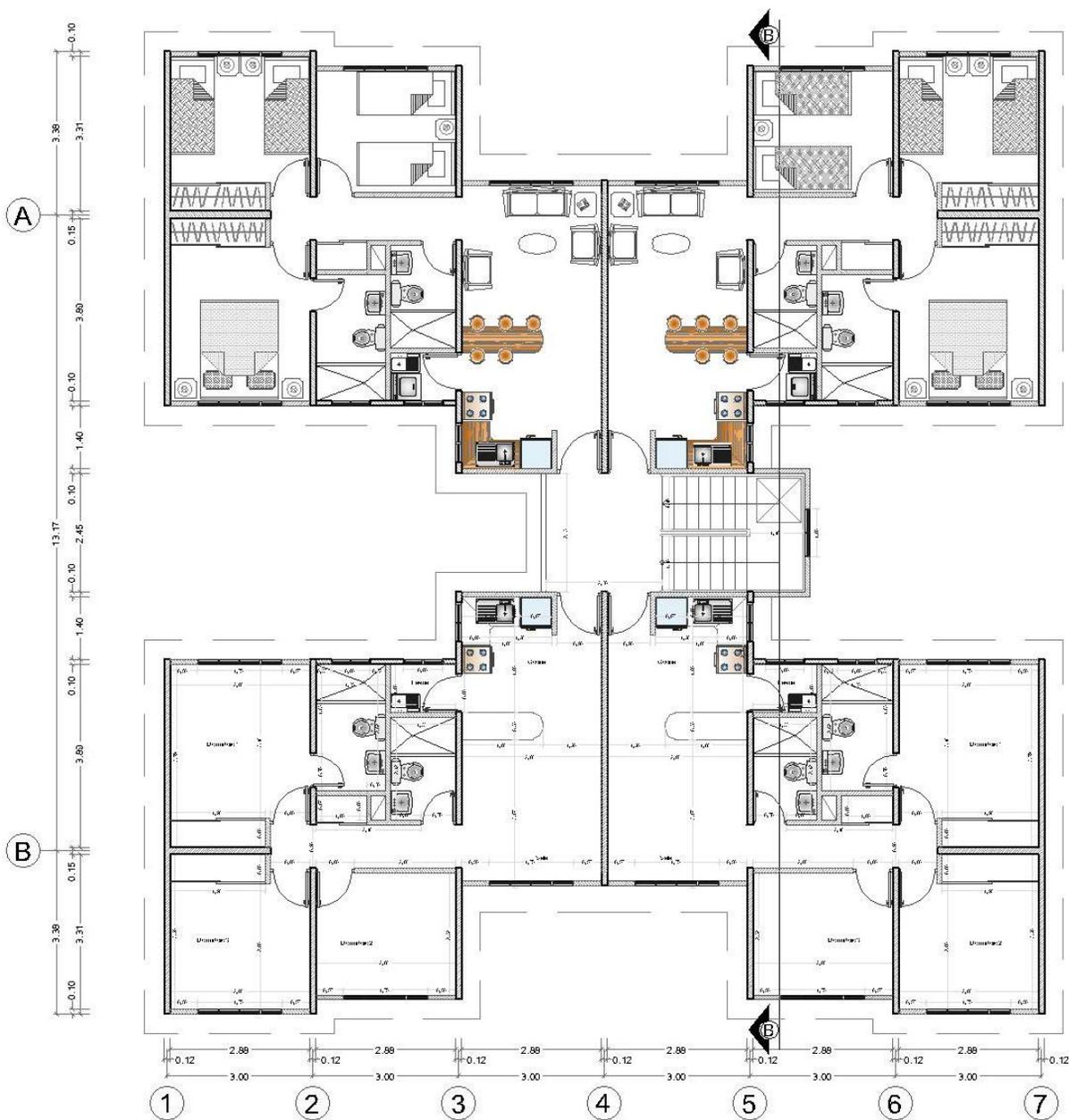


Fig. 12 - Plano de planta edificio típico [22]

Caso B. Será una vivienda ubicada en una zona rural, que por definición tiene un bajo consumo de energía eléctrica, ya que se supone que el abastecimiento de agua es a través



de un acueducto rural, por lo tanto el desarrollo no dispone de bomba hidroneumática, y tampoco dispone de tantos aparatos eléctricos como en el caso anterior.

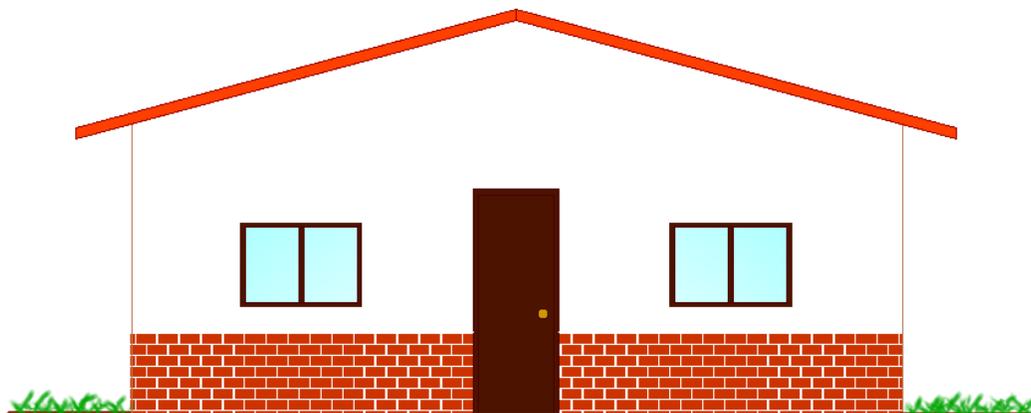


Fig. 13 - Fachada Frontal Vivienda Rural [22]

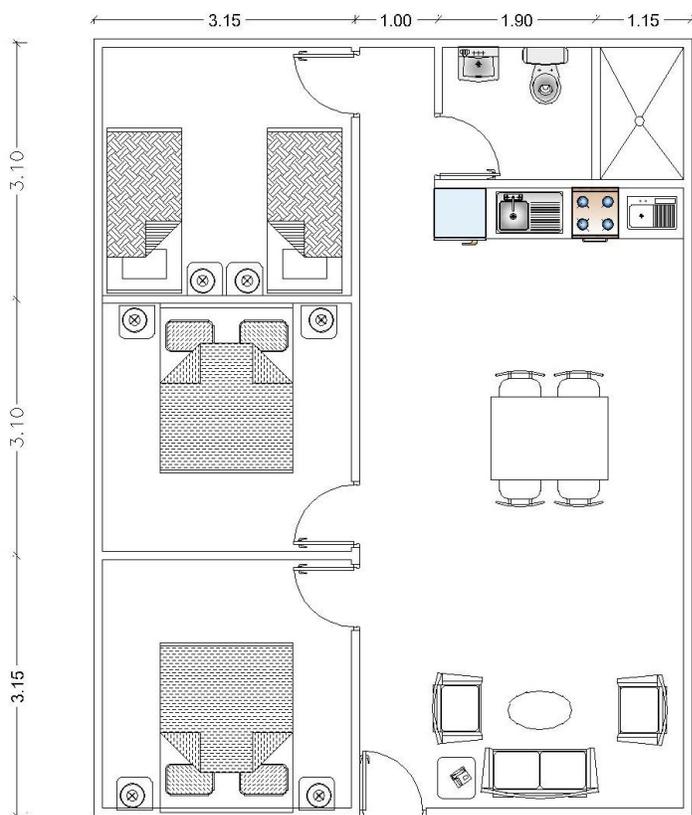


Fig. 14- Plano de planta vivienda rural [22]



Dimensionado del sistema fotovoltaico:

Para dimensionar el sistema fotovoltaico, se realizará una serie de cálculos para determinar el conjunto de paneles, regulador, banco de baterías e inversor que se utilizará para abastecer la demanda de energía requerida.

III. 1 Análisis de las cargas

Se debe realizar un análisis detallado de todas las cargas, con su demanda de potencia y tiempo de operación, para estimar así el consumo diario de energía del sistema. Es importante realizar un buen detallado en este primer paso, debido a que una baja estimación de las cargas, puede causar que el sistema sea insuficiente para suplir esa demanda, confiriéndole una baja confiabilidad. De igual manera, una sobrestimación de las mismas puede aumentar considerablemente los costos del proyecto.

Se considerarán la cocina y el calentador de agua de gas, ya que su equivalente eléctrico incidiría fuertemente en la carga necesaria para la unidad de vivienda. El suministro de gas puede ser por bombona recargable

Para estimar las potencias requeridas por carga, se tomarán los valores determinados por los mismos fabricantes de los electrodomésticos. Éstos, pueden variar dependiendo del fabricante, del tamaño y tipo de los productos.

Sabiendo que la energía es la potencia requerida en un periodo de tiempo, se puede estimar el consumo de energía diario. Las cargas no suelen operar de manera continua, por lo tanto, se hace indispensable determinar el tiempo de operación de cada una de ellas.

El tiempo de operación de las cargas depende del ciclo de trabajo de las mismas. Algunas trabajan con ciclos de operación programados (Prendido-Apagado), en donde el tiempo de operación es el porcentaje de tiempo diario en el cual se encuentra encendido, mientras que otras son manipuladas manualmente por los usuarios y en este caso el tiempo de operación es fácil de calcular si se utilizan una vez al día o un número de horas por semana.



III. 2 Selección del inversor

Para seleccionar el inversor, se debe calcular la potencia corregida, que representa todas las cargas que pueden estar conectadas al mismo tiempo y se debe escoger previamente un inversor para conocer la eficiencia del inversor, potencia nominal y tensiones de entrada y salida.

De manera que:

$$N^{\circ} \text{ inversores} = \frac{P_{\text{corregida}}}{P_{\text{nominal}}}$$

Ecuación 7 - Energía eléctrica en CC

Donde,

$P_{\text{corregida}}$: Potencia que puede esperarse que esté conectada simultáneamente (W)

P_{nominal} : Potencia nominal del inversor seleccionado (W)

Al seleccionar el inversor debe conocerse el voltaje de entrada apropiado y producir el voltaje de salida requerido con la forma de onda adecuada, con la que funcionan los dispositivos eléctricos. Existe onda senoidal pura y senoidal modificada, la primera funciona para cualquier dispositivo, pero la segunda no es tan versátil, es por eso que los inversores de onda senoidal pura son más costosos que los de onda transformada. El voltaje de entrada en corriente continua será el voltaje del banco de baterías y el voltaje de salida será el transformado, respectivo a la corriente alterna, que se requiere en el tablero del edificio (Bifásico 110/220V)

III.3 Dimensionamiento del Banco de Baterías

Para seleccionar una batería se debe seguir los siguientes pasos:

- Cálculo del consumo de energía diaria requerida y se corrige por eficiencia del inversor y eficiencia de cableado.



- Conocer el voltaje del sistema

Dependiendo de los requerimientos de potencia máxima continua se selecciona el voltaje apropiado del sistema, a partir de la disponibilidad comercial de los componentes del sistema fotovoltaico.

La máxima autonomía requerida por el sistema dependerá del tipo de clima, del tipo de sistema fotovoltaico (aislado o interconectado), consideraciones de costo, entre otros. Para sistemas aislados se debe garantizar una seguridad más elevada del suministro eléctrico, por esto, se supone una autonomía de aproximadamente entre 3 y 5 días, donde la batería es la encargada de garantizar energía sin el aporte de los paneles fotovoltaicos. En sistemas interconectados se puede trabajar con una autonomía entre 1 y 3 días. De cualquier manera esto depende de la insolación en el sitio y de los datos suministrados por estaciones meteorológicas sobre días oscuros consecutivos.

Se debe calcular la capacidad de descarga de la batería, con la siguiente fórmula:

$$C_x = \frac{E_{\text{corregida}} \times N_{\text{AUT}}}{V_{\text{SIST}} \times PD_{\text{MÁX}}}$$

Ecuación 8 - Capacidad de descarga de una batería

Donde:

X: Índice de horas de autonomía

Ecorregida: Energía corregida por eficiencia del inversor y cableado (Wh/día)

Naut: número de días de autonomía (días)

V: voltaje del sistema (V)

PDmax: Máxima profundidad de descarga de la batería (%)

- Se selecciona una batería con una cierta capacidad nominal (Cn)

Finalmente para calcular el número de baterías se utiliza:



$$N^{\circ} \text{ de baterías paralelo} = \frac{Cx}{Cn}$$

Ecuación 9- Número de baterías en paralelo

$$N^{\circ} \text{ de baterías serie} = \frac{Vsistema}{Vn \text{ batería}}$$

Ecuación 10 - Número de baterías en serie

$$N^{\circ} \text{ total de baterías} = N^{\circ} \text{ baterías serie} \times N^{\circ} \text{ baterías paralelo}$$

Ecuación 11 - Dimensionado del banco de baterías

III. 4 Selección y Dimensionado del Regulador de Carga

Para este proceso se utilizarán los siguientes parámetros:

- Intensidad de corto circuito de los paneles seleccionados
- Número de paneles conectados en paralelo
- Corriente nominal del controlador comercial seleccionado

Para calcular el número de controladores:

$$N^{\circ} \text{ de controladores} = \frac{Ix}{In}$$

Ecuación 12- Número de controladores

Donde,

In: corriente nominal del regulador seleccionado

Ix: corriente que debe ser capaz de manejar el regulador



$$Ix = Np \times Icc$$

Ecuación 13 - Corriente a manejar por el controlador

Donde,

N_p : es el número de paneles en paralelo

I_{cc} : es la corriente de corto circuito de los paneles seleccionados

III. 5 Cálculo y dimensionado del arreglo fotovoltaico

Para calcular el arreglo de paneles fotovoltaicos del sistema se debe determinar el número de paneles en serie y el número de cadenas en paralelo, basados en la demanda del voltaje y la corriente del sistema. Además se selecciona previamente un modelo de panel, para obtener según las especificaciones del fabricante la corriente nominal y el voltaje de operación del mismo.

Para calcular el número de paneles en serie, se utilizará la siguiente fórmula:

$$N_s = \frac{V_{CD}}{V_m}$$

Ecuación 14- Número de paneles en serie

Donde,

V_{CD} = Voltaje en CC

V_m = Voltaje de operación de un módulo

Para calcular el número de cadenas en paralelo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$N_p = \frac{\left(\frac{E_{corregida}}{V_{sistema}}\right)}{I_{pm} \times h_{sp}}$$

Ecuación 15- Número de cadenas en paralelo



Donde,

N_p = Número de cadenas en paralelo

$E_{\text{corregida}}$ = Demanda de energía corregida por la eficiencia del inversor, las baterías y el cableado

I_{pm} = intensidad de potencia máxima (A)

h_{sp} = horas de sol pico (h)



CAPÍTULO IV – CÁLCULOS Y RESULTADOS

Dimensionado del sistema fotovoltaico en cada caso:

Caso A. Edificio de interés social

IV.A.1 Análisis de cargas

CARGAS EN C.A						
Descripción de las cargas	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de Operación de Lunes a Viernes (h/día)	Tiempo de Operación de Sabado a Domingo	Consumo estimado de Energía (Wh/día)	Pcorregida (W)
Televisor (19-21")	1,00	70,00	3,00	10,00	350,00	70,00
Alumbrado de habitaciones	3,00	20,00	6,00	6,00	360,00	60,00
Alumbrado de sala y comedor	2,00	20,00	6,00	6,00	240,00	40,00
Alumbrado de cocina	1,00	20,00	6,00	6,00	120,00	20,00
Lavadora	1,00	1.600,00	0,20	1,00	685,71	1.600,00
Nevera	1,00	100,00	10,00	10,00	1.000,00	100,00
Horno Microondas	1,00	850,00	0,25	0,25	212,50	-
Licuadora	1,00	300,00	0,10	0,10	30,00	-
Cafetera eléctrica	1,00	600,00	0,17	0,17	100,57	-
Tostadora	1,00	1.000,00	0,05	0,05	50,00	-
Cocina a gas	1,00	-	2,00	4,00	-	-
Equipo de sonido	1,00	150,00	0,50	1,00	96,43	150,00
Computadora	1,00	100,00	2,00	4,00	257,14	100,00
Plancha	1,00	1.000,00	0,40	0,25	357,14	-
Ventilador de techo	4,00	60,00	6,00	6,00	1.440,00	120,00
Calentador de agua a gas	1,00	-	1,00	1,00	-	-
TOTAL		5.890,00	43,67		5.299,50	2.260,00

La potencia total estimada por apartamento es de 5.890 W, y la energía estimada a utilizar por cada apartamento es de 5.299,50 Wh/día.



IV. A. 2 Cálculo del número de inversores

Selección del inversor por apartamento

Datos

Potencia corregida	2.260,00	W
--------------------	----------	---

Modelo Inversor	Potencia nominal (W)	Eficiencia (%)	Tensión entrada (VC)	Tensión salida (VA)	N° de inversores
Samlex S1500-248 48VDC/220VAC	1.500,00	90,00	48,00	110 / 220	2,00

Selección inversor para bomba de agua e iluminación

Datos

Potencia total	3.889,00	W
----------------	----------	---

Modelo Inversor	Potencia nominal (W)	Eficiencia (%)	Tensión entrada (VC)	Tensión salida (VA)	N° de inversores
Outback 3000W FX3048T 48VDC/120VAC Inverter	3.000,00	93,00	48,00	110,00	2,00
Magnum MS-PAE 4448 Inverter / Charger	4.400,00	94,00	48,00	220,00	1,00

Se utilizarán dos (2) inversores *Samlex S1500* por apartamento y un (1) inversor *Magnum MS-PAE 4448* para el sistema de bomba e iluminación.



IV. A. 3 Cálculo del banco de baterías

Banco de baterías por apartamento

DATOS:

Requerimientos totales de energía diarios	5.299,50	Wh/día
Eficiencia del inversor	90,00	%
Eficiencia de cableado	95,00	%
Tiempo de autonomía	3,00	días
Voltaje Nominal del sistema	48,00	V
Profundidad de descarga	0,70	%
Voltaje nominal de las baterías	12,00	V

Cálculos:

Energía corregida	6.198,25	Wh/día
Capacidad de descarga en 72h	553,41	Ah

Modelos de baterías	Capacidad (Ah)	Nº baterías
8A8D AGM Battery LTP Terminal	245,00	12,00
DUNCAN SP-200-12	200,00	12,00



Banco de baterías para bomba e iluminación

DATOS:

Requerimientos totales de energía diarios	24.294,00	Wh/día
Eficiencia del inversor	0,93	%
Eficiencia de cableado	0,95	%
Tiempo de autonomía	3,00	días
Voltaje Nominal del sistema	48,00	V
Profundidad de descarga	0,70	%
Voltaje nominal de las baterías	12,00	V

Cálculos:

Energía corregida	27.497,45	Wh/día
Capacidad de descarga en 72h	2.455,13	Ah

Modelos de baterías	Capacidad (Ah)	Voltaje (V)	N° baterías serie	N° baterías paralelo	N° total baterías
8A8D AGM Battery LTP Terminal	245,00	12	4,00	11	44,00
Duncan STX-880	880,00	2	24,00	3	72,00
Duncan STX-2300	2.300,00	2	24,00	2	48,00
Duncan MTX-150	150,00	6	8,00	17	136,00
Surette 2-YS-31PS	2.430,00	2	24,00	1	24,00
Surette 8-CS-25PS	820,00	8	6,00	3	18,00
Surette 4-KS-25PS	1.350,00	4	12,00	2,00	24,00

Se utilizarán doce (12) baterías modelo *8A8D AGM* por apartamento y dieciocho (18) baterías modelo *Surette 8-CS-25PS* para el sistema de bomba e iluminación.



IV. A. 4 Cálculo de los paneles solares

Cálculo de paneles por apartamento

DATOS:

Voltaje del sistema (VCD)	48,00	V
Demanda total de energía de área	5.299,50	Wh/día
Eficiencia de cableado	0,95	
Eficiencia de las baterías	0,90	
Eficiencia del inversor	0,93	
Demanda de energía corregida	6.664,78	Wh/día
Horas de sol pico en el ángulo de inclinación α	4,97	hsp

Modelos de paneles	Potencia del panel (W)	Corriente de Pmax (A)	Voltaje de operación (V)	N° paneles serie	N° paneles paralelo	N° total paneles
Suntech STP280-24V/d 280W 24V	280	7,95	24	2,00	4,00	8,00
Evergreen ES-A-210-fa3 210W 12V	210	11,48	12	4,00	3,00	12,00
Sharp NE-170UC1 170W 24V	170	4,9	24	2,00	6,00	12,00

Cálculo de paneles para bomba e iluminación

DATOS:

Voltaje sistema	48,00	V
Demanda total de energía de área	24.294,00	Wh/día
Eficiencia de cableado	0,95	
Eficiencia de las baterías	0,90	
Eficiencia del inversor	0,93	
Demanda de energía corregida	30.552,73	Wh/día
Horas de sol pico en el ángulo de inclinación α	4,97	hsp

Modelos de paneles	Voltaje nominal (V)	Potencia máxima (W)	Corriente de Pmax (A)	N° paneles serie	N° paneles paralelo	N° total paneles
Suntech STP280-24V/d 280W 24V	24	280	7,95	2,00	17,00	34
Evergreen ES-A-210-fa3 210W 12V	12	210	11,48	4,00	12,00	48
Sharp NE-170UC1 170W 24V	24	170	4,9	2,00	27,00	54

Se utilizarán ocho (8) paneles *Suntech STP280* por apartamento y treinta y cuatro (34) paneles *Suntech STP280* para el sistema de bomba e iluminación, lo que suma un total de ciento sesenta y dos (162) paneles.



IV. A. 5 Cálculo del área total de paneles

Modelo de panel	N° de paneles	Area de cada panel(m2)	Atotal (m2)
Suntech STP280	162	1,94	314,28

El área a ocupar por los paneles en la planta de techo del edificio típico será de 314, 28 m², y se colocarán sobre una estructura metálica de planta rectangular que cubrirá toda el área de la planta techo.

IV. A. 6 Cálculo de controladores de carga del banco de baterías

Controladores de carga para apartamentos

Modelos de controladores	lcc (A)	Corriente nominal (A)	lx	N° de controladores por apto
Morningstar Model TS-MPPT-45	8,33	45	33,32	1,00
Xantrex XW MPPT 865-1030	8,33	60	41,65	1,00

Controladores de carga para bomba e iluminación

Modelos de controladores	lcc (A)	Corriente nominal (A)	lx	N° de controladores
Morningstar Model TS-MPPT-60	8,33	60	141,61	3
Xantrex XW MPPT 865-1030	8,33	60	177,01	3

Se utilizarán un (1) controlador *Morningstar TS-MPPT-45* para cada apartamento y tres (3) controladores *Morningstar TS-MPPT-60* para el sistema de bomba e iluminación.

**Presupuesto para Caso A: Edificio típico de interés social**

Presupuesto Sistema Fotovoltaico para Caso A					Fecha	20/02/2011
# Part.	Descripción de Partida	Unidad	Cantidad	P.U. (Bsf)	Total (Bsf)	
1	Suministro de Paneles Fotovoltaicos Suntech STP280-24/Vd 280W 24V	PZA.	162,00	3.005,70	486.923,40	
2	Suministro de inversor de carga Samlex S1500-248 48VDC/220VAC para apartamentos	PZA.	32,00	2.695,11	86.243,55	
3	Suministro de inversor Magnum MS- PAE 4448 Inverter / Charger	PZA.	1,00	2.159,20	2.159,20	
4	Suministro de regulador de carga Morningstar Model TS-MPPT-45	PZA.	16,00	1.928,55	30.856,80	
5	Suministro de regulador de carga Morningstar Model TS-MPPT-60	PZA.	3,00	2.431,65	7.294,95	
6	Suministro de baterías sellada 8A8D AGM 245 Ah (20 Hr)	PZA.	192,00	2.310,91	443.693,95	
7	Suministro de baterías Surrette 8-CS- 25PS	PZA.	18,00	4.943,37	88.980,59	
8	Estructura de soporte en perfiles metálicos típicos, pintada y lista para la instalación de los paneles	KGF	5.385,00	28,00	150.780,00	
9	Instalación del sistema	S.G	1,00	129.693,24	129.693,24	
Precio total para instalación fotovoltaica (Bsf)					1.426.625,69	

**Caso B. Vivienda rural****IV.B.1 Análisis de cargas**

CARGAS EN C.A					
Descripción de las cargas	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de Operación de Lunes a Viernes (h/día)	Tiempo de Operación de Sabado a Domingo (h/día)	Consumo estimado de Energía (Wh/día)
Televisor (19-21")	1,00	70,00	3,00	10,00	350,00
Alumbrado de habitaciones	3,00	20,00	6,00	6,00	360,00
Alumbrado de sala y comedor	1,00	20,00	6,00	6,00	120,00
Alumbrado de cocina	1,00	20,00	6,00	6,00	120,00
Alumbrado externo	1,00	100,00	6,00	6,00	600,00
Nevera	1,00	100,00	10,00	10,00	1.000,00
Licudadora	1,00	300,00	0,10	0,10	30,00
Cocina a gas	1,00	-	-	-	-
Equipo de sonido	1,00	80,00	0,50	1,00	51,43
Computadora	1,00	100,00	2,00	4,00	257,14
Ventilador de techo	4,00	55,00	6,00	6,00	1.320,00
Calentador de agua a gas	1,00	-	-	-	-
TOTAL		865,00	45,60		4.208,57

La potencia total estimada por apartamento es de 865 W, y la energía estimada a utilizar por vivienda es de 4.208,57 Wh/día.

IV. B. 2 Cálculo del número de inversores

Datos

Potencia corregida	865,00	W
--------------------	--------	---

Modelo Inversor	Potencia nominal (W)	Eficiencia (%)	Tensión entrada (VC)	Tensión salida (VA)	N° de inversores
Go Power 1000W SW1000-24	1.000,00	90,00	24,00	110,00	1,00

Se utilizará un (1) inversor *Go Power SW1000-24*.



IV. B. 3 Cálculo del banco de baterías

DATOS:

Requerimientos totales de energía diarios	4.208,57	Wh/día
Eficiencia del inversor	90,00	%
Eficiencia de cableado	95,00	%
Tiempo de autonomía	3,00	días
Voltaje Nominal del sistema	24,00	V
Profundidad de descarga	0,70	%

Cálculos:

Energía corregida	4.922,31	Wh/día
Capacidad de descarga en 72h	878,98	Ah

Modelos de baterías	Capacidad (Ah)	N° baterías
8A8D AGM Battery LTP Terminal	245,00	8,00
DUNCAN SP-200-12	200,00	10,00

Se utilizarán ocho (8) baterías 8A8D AGM

IV. B. 4 Cálculo de los paneles solares

DATOS:

Voltaje del sistema (VCD)	24,00	V
Demanda total de energía de área	4.208,57	Wh/día
Eficiencia de cableado	0,95	
Eficiencia de las baterías	0,90	
Eficiencia del inversor	0,93	
Demanda de energía corregida	5.292,80	Wh/día
Horas de sol pico en el ángulo de inclinación α	4,97	hsp

Modelos de paneles	Potencia panel (W)	Corriente de Pmax	Voltaje nominal (V)	N° paneles serie	N° paneles paralelo	Numero total
Suntech STP280-24V/d 280W 24V	280	7,95	24	1,00	6,00	6,00
Evergreen ES-A-210-fa3 210W 12V	210	11,48	12	2,00	4,00	8,00
Sharp NE-170UC1 170W 24V	170	4,9	24	1,00	10,00	10,00

Se utilizarán seis (6) paneles *Suntech STP280* para cada vivienda.



IV. B. 5 Cálculo del área total de paneles

Modelo de panel	N° de paneles	Area de cada panel(m2)	Atotal (m2)
Suntech STP280	6	1,94	11,64

El área a ocupar por los paneles en la planta techo de la vivienda será de 11,64 m²

IV. B. 6 Cálculo de controladores de carga del banco de baterías

Modelos de controladores	Icc (A)	Corriente nominal (A)	Ix	N° de controladores
Morningstar Model TS-MPPT-60	8,33	60	49,98	1,00
Xantrex XW MPPT 865-1030	8,33	60	62,48	2,00

Se utilizará un (1) cargador *Morningstar Model TS-MPPT-60*.



Presupuesto para Caso B: Vivienda rural

Presupuesto para Sistema Fotovoltaico Caso B					Fecha	20/02/2011
# Part.	Descripción de Partida	Unidad	Cantidad	P.U.	Total	
1	Suministro de Paneles Fotovoltaicos Suntech STP280-24/Vd 280W 24V	PZA.	6,00	3.005,70	18.034,20	
3	Suministro de inversor Go Power 1000W SW1000-24	PZA.	1,00	1.926,40	1.926,40	
4	Suministro de regulador de carga Morningstar Model TS-MPPT-60	PZA.	1,00	2.431,65	2.431,65	
5	Suministro de baterías sellada 8A8D AGM 245 Ah (20 Hr)	PZA.	8,00	2.310,91	18.487,25	
7	Instalación del sistema y fijación de paneles	S.G	1,00	4.087,95	4.087,95	
Precio total para instalación fotovoltaica (Bsf)					44.967,45	

**CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para comparar el costo de instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos con la instalación del tendido eléctrico tradicional, se presentan los siguientes presupuestos, de desarrollos similares a los estudiados. El primero estimado para un desarrollo de veinte (20) edificios, que constituyen trescientos veinte (320) apartamentos y el segundo de un desarrollo de trescientos veinte (320) viviendas rurales.

21/01/2011

OBRA: ESTIMADO TENDIDO ELÉCTRICO AÉREO AT Y DISTRIBUCIÓN BT. 320 AP EN 20 EDF

# Part.	Descripción de Partida	Unidad	Cantidad	P.U. (Bsf)	Total (Bsf)
Estimado tendido de AT 13.8KV por Kilómetro					
1	U.611.616.108 Poste sencillo tubular de acero 12,20 m de longitud	UN	40,00	5.562,57	222.502,70
2	U.624.110.013 Percha de 4 aisladores para alineación montada en poste	UN	40,00	2.518,61	100.744,28
3	U.641.111.110 Suministro y Colocación conductor trenzado Arvidal # 2/0	M	4.000,00	29,05	116.204,40
Sub Total (Bs/Km)					439.451,38
Estimado banco de transformadores					
4	U.633.109.113 Suministro e Instalación de banco de tres transformadores Monofásicos de 167 KVA 13,8KV/240-120V.	UN	3,00	253.625,94	760.877,82
5	U.628.314.009 Suministro y Colocación de tres seccionadores de 15KV 600 amp, incluye conectores a compresión y adaptador de cruceta	PIEZA	3,00	11.228,66	33.685,99
Sub Total (Bs)					794.563,81
Estimado instalación desarrollo en baja tensión (1)					
6	S/C Bancada en BT conformada por 2 tubos d=4" embutidos en concreto sin armar	M	562,50	946,29	532.290,21
7	E.521.224.134 Suministro e instalación de cable trenzado TTU 4/0 AWG	M	2.513,40	269,23	676.692,48
Sub Total (Bs)					1.208.982,69

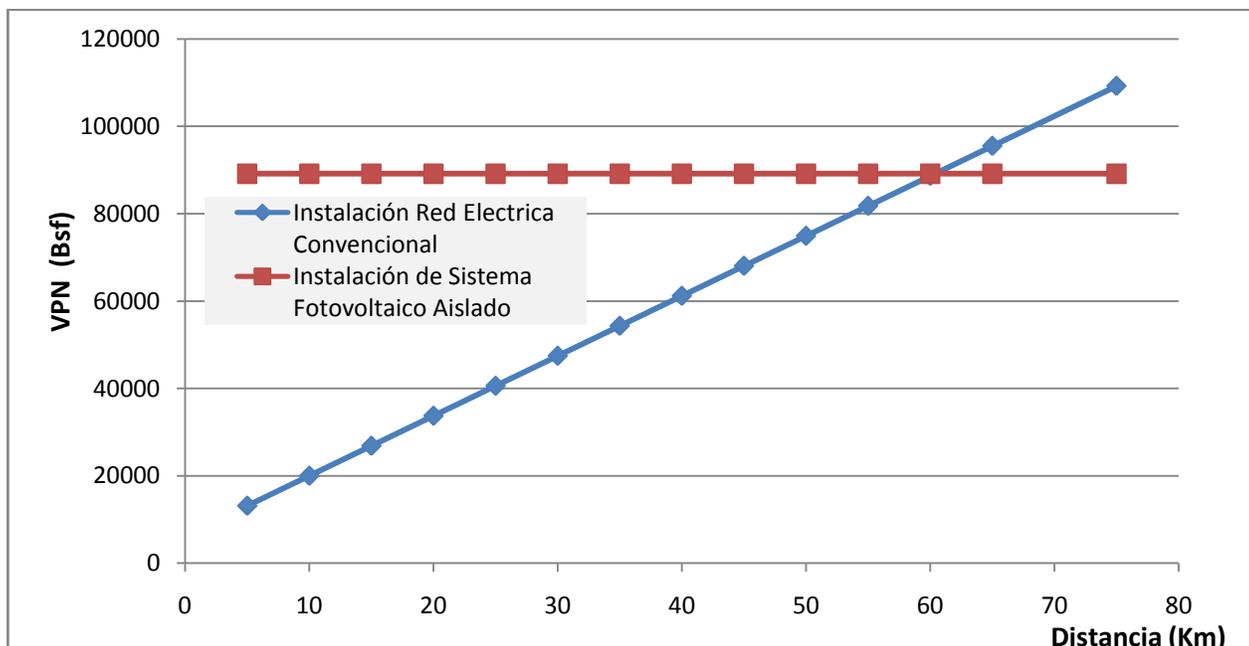


OBRA: ESTIMADO TENDIDO ELÉCTRICO AÉREO AT Y DISTRIBUCIÓN BT. 320 VIVIENDAS RURALES					
					21/01/2011
# Part.	Descripción de Partida	Unidad	Cantidad	P.U. (Bsf)	Total (Bsf)
Estimado tendido de AT 13.8KV por Kilómetro					
1	U.611.616.108 Poste sencillo tubular de acero 12,20 m de longitud	UN	40,00	5.562,57	222.502,70
2	U.624.110.013 Percha de 4 aisladores para alineación montada en poste	UN	40,00	2.518,61	100.744,28
3	U.641.111.110 Suministro y Colocación conductor trenzado Arvidal # 2/0	M	4.000,00	29,05	116.204,40
Sub Total (Bs/Km)					439.451,38
Estimado banco de transformadores					
4	U.633.107.113 Suministro e Instalación de banco de tres transformadores	UN	1,00	118.059,83	118.059,83
5	U.628.314.009 Monofásicos de 75 KVA 13,8KV/240-120V. Suministro y Colocación de tres seccionadores de 15KV 600 amp, incluye conectores a compresión y adaptador de cruceta	PIEZA	1,00	11.228,66	11.228,66
Sub Total (Bs)					129.288,50
Estimado instalación desarrollo en baja tensión (1)					
6	S/C Bancada en BT conformada por 2 tubos d=4" embutidos en concreto sin armar	M	562,50	946,29	532.290,21
7	E.521.224.134 Suministro e instalación de cable trenzado TTU 6 AWG	M	2.250,00	34,97	78.673,73
Sub Total (Bs)					610.963,93



A continuación se presenta la comparación de los valores presentes netos del costo de instalación por vivienda para ambos casos de estudio, evaluados en un periodo de veinte (20) años. El valor presente neto de la alternativa del SFV considera la reinversión cada diez (10) años del banco de baterías y un porcentaje pequeño de equipos dañados.

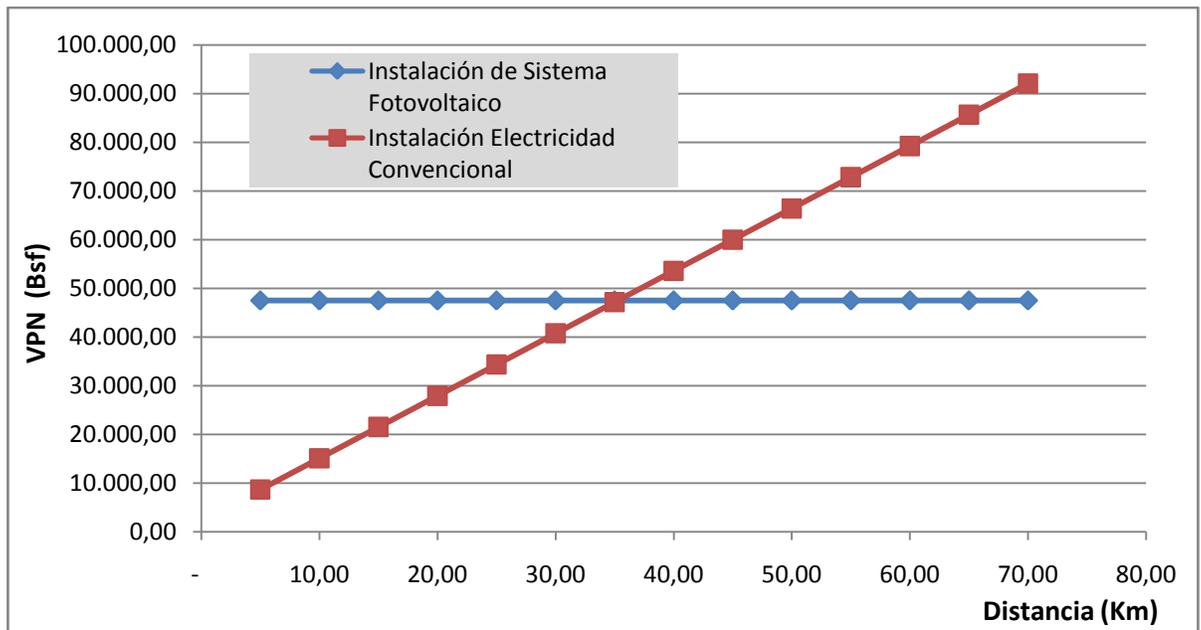
Caso A. Edificio de interés social



En la gráfica mostrada se puede observar que para desarrollos cercanos a la red eléctrica es más económica la opción tradicional de conexión a la red, mientras que los sistemas fotovoltaicos comienzan a ser más económicos cuando la distancia de tendido eléctrico a instalar pasa de los sesenta y cinco (65) kilómetros aproximadamente.



Caso B. Vivienda rural



En este caso, la alternativa fotovoltaica comienza a ser factible cuando el desarrollo de viviendas se encuentra alejado de la red tradicional unos treinta y cinco (35) kilómetros aproximadamente.



CONCLUSIONES

Se pudo observar que en Venezuela resulta factible en cuanto a tecnología, la instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos, para los casos de vivienda estudiados, debido a que existen numerosas empresas dedicadas a la instalación, comercialización y asesoría de los equipos que se utilizan en estos sistemas.

El costo de inversión de esta tecnología es elevado cuando son sistemas de generación independientes que necesitan almacenamiento de energía, ya que el costo del banco de baterías representa aproximadamente la mitad de la inversión. Una de las aplicaciones de estos sistemas es conectarse a la red para disminuir la demanda en la misma y en algunos casos inyectar el exceso de producción eléctrica fotovoltaica. Sin embargo, hasta la fecha no existe en Venezuela un marco legal que permita venderle energía a la red. Se necesitaría implementar en el país políticas gubernamentales que promuevan la instalación de estos sistemas.

A partir de los resultados obtenidos al comparar el costo estimado de alimentación eléctrica desde una fuente cercana, se puede concluir que es más factible la instalación de sistemas fotovoltaicos para cargas pequeñas, como es el caso de viviendas rurales. Esta alternativa resulta más económica cuando la conexión a la red se encuentra a una distancia mayor de treinta (30) kilómetros. Mientras que para cargas mayores, como es el caso del edificio típico estudiado, es factible solamente en el caso de que el desarrollo se encuentre más alejado de sesenta (60) kilómetros aproximadamente de la conexión a la red.

De esta manera se puede promover el desarrollo de asentamientos poblacionales en zonas rurales o de servicio especial, donde se podría alimentar escuelas, ambulatorios, conservación de medicamentos, comunicaciones, instalaciones militares, entre otros, aumentando así la calidad de vida de estos habitantes.

En zonas donde el suministro eléctrico es irregular puede utilizarse la tecnología fotovoltaica para alimentar los sistemas que cubren las necesidades básicas de



desarrollos habitacionales como son bombeo de agua e iluminación de áreas comunes, planta de tratamiento de aguas servidas, conservación de alimentos, entre otros.

El costo de distribución de electricidad tradicional puede ser menor si existe un potencial de desarrollo en la zona tal que, la compañía eléctrica decida invertir a futuro y electrificar muchas parcelas.

Comparando el costo de la energía fotovoltaica con la generada usando combustible fósil, los costos causados por los daños ambientales son impredecibles en el mediano plazo, si se continua quemando estos combustibles como se ha venido haciendo. La producción de estas energías contaminantes, tiene impacto sobre el medio ambiente (emisión de gases de invernadero que están generando un severo cambio climático en el mundo), la salud pública (enfermedades respiratorias y alergia a los contaminantes) y políticos (conseguir el acceso y control del petróleo). De tener estos factores en cuenta, el costo de la energía fotovoltaica resulta económicamente viable

Otra ventaja que se puede apreciar de la energía solar fotovoltaica es que se consume en el mismo sitio de producción con lo que se evitan las pérdidas del transporte que pueden llegar a ser considerables y no requieren de logística de abastecimiento de combustible.

El mantenimiento anual de los sistemas fotovoltaicos tiene un bajo costo, suele ser suficiente con la limpieza de los paneles realizada por la propia lluvia. Y por haber utilizado baterías selladas no requieren de restitución del nivel de electrolito.



RECOMENDACIONES

Necesariamente al pensar en instalar un sistema de generación fotovoltaico se debe asociar a un consumo racional de energía, donde se optimicen las cargas a abastecer, de manera que cargas elevadas como la cocina y el calentador de agua sean abastecidas a gas. Se debe saber también que no se pueden instalar aires acondicionados, cocina eléctrica, calentador eléctrico y secadora porque son aparatos con una potencia muy elevada, de manera de disminuir el consumo energético de manera que el dimensionado del sistema sea práctico y factible.

Al dimensionar el sistema, debe tomarse en cuenta si será un sistema rígido o si es posible una ampliación del sistema, en ese caso, se deben sobredimensionar los equipos fijos como inversor, controlador de carga y baterías, de manera que al colocar nuevos paneles el sistema sea capaz de aprovechar esa generación adicional.

Aunque los sistemas fotovoltaicos son libres de un mantenimiento continuo, debe aplicarse una revisión por lo menos dos veces al año por personal calificado, a fin de hacerles un seguimiento a cada uno de los equipos y así tomar las medidas necesarias según sea el caso. Es importante destacar que la labor del equipo de trabajo que instala el sistema no se detiene al instalarlo, es una tarea constante que permite garantizar a las comunidades un servicio eléctrico permanente y confiable.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aguilar, J., Perez, P., De la Casa, J., & Rus, C. *Cálculo de la energía generada por un sistema fotovoltaico conectado a red: aplicación docente*. Universidad de Jaén.
- [2] Alcor, E. (2002). *INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS*. Madrid, España: Promotora General de Estudios S.A.
- [3] Aristizabal, A., & Gordillo, G. (2006). Monitoreo del desempeño del inversor que conforma el primer sistema fotovoltaico interconectado de Colombia, usando instrumentación virtual. *Revista Colombiana de Física* , 38 (1).
- [4] Caso Sánchez, M. J., & Tabet Abou-Said, W. (Marzo de 2008). Evaluación de programas actuales de uso de energía solar en construcciones civiles en Venezuela. *Tesis de Grado* . Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.
- [5] Cediél, E., Hernandez, J., Cano, J., Forero, N., & Gordillo, G. (2003). Caracterización de módulos fotovoltaicos. *Revista Colombiana de física* , 35.
- [6] El Paso Solar Energy Association. (s.f.). *EPSEA. LA RADIACIÓN SOLAR*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2010, de <http://www.epsea.org/>
- [7] Gabiña, J. (s.f.). *Nabarralde*. Recuperado el 3 de Enero de 2011, de <http://www.nabarralde.com/es/nabarmena/5457-el-gran-potencial-de-la-energia-mareomotriz>
- [8] García, L. M. (2007). ENERGÍA, ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y CELDAS SOLARES DE ALTA EFICIENCIA. *Revista Digital Universitaria* , 8 (12).
- [9] Gonzáles-Longatt, F. M. *Fuentes de Energía Distribuida Tecnologías Disponibles*. Caracas: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada.
- [10] Henriquez Harper, G. (2010). *Instalaciones eléctricas domésticas convencionales y solares fotovoltaicas*. D.F, México: Limusa.
- [11] <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/energia-solar-termica/>. (s.f.). Recuperado el 15 de Diciembre de 2010



- [12] Montilla, A. (2007). *Energías Alternativas*. Recuperado el 11 de Octubre de 2010, de
- [13] Quiñonez, A. M. (2006). *Energías alternativas: Solución para el desarrollo sustentable*. Buenos Aires: REFINOR.
- [14] Stratfor. (s.f.). *Strafor Global Intelligence*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2010, de http://www1.stratfor.com/images/interactive/Venezuela_Crisis.html
- [15] Electronorte. *Fontes renováveis*. En *Fontes renováveis*, Energia Hidráulica. (págs. 50-51). Brasil: Electronorte.
- [16] GIROD GEOTERMIA. (s.f.). Recuperado el 30 de Octubre de 2010, de http://www.girodgeotermia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=209&Itemid=134
- [17] Taninni, R., Gonzalez, J., & Mastrángelo, S. (2004). Energía Eólica. *Boletín Energético CNEA* (13).
- [18] Asociación Empresarial Eólica (2010). *AEE*. Recuperado el 25 de Octubre de 2010, de http://www.aeelica.es/userfiles/file/aee-publica/Observatorio%20Eolico%202010_baja.pdf
- [19] El Paso Solar Energy Association. (s.f.). *EPSEA. PANELES FOTOVOLTAICOS*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2010, de <http://www.epsea.org/>
- [20] *Energía Solar Fotovoltaica*. (2006). Recuperado el 28 de Octubre de 2010, de <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html>
- [21] Panorama. (12 de Febrero de 2011). *Cámara Venezolana de la Construcción*. Recuperado el 13 de Febrero de 2011, de <http://www.cvc.com.ve>
- [22] Elaboración propia
- [23] Mena, K. C. (2008). Sistemas fotovoltaicos: Sembrando Luz en Venezuela. *La Luz del Alba* (2), 26-35.



[24] Bermudez, L. (10 de Febrero de 2011). Ingeniero eléctrico UCV. Energías Alternativas: Solar y Eólica de Venezuela S.A. (A. Seekatz, S. Delgado, Entrevistadores)

[25] *Sitio Solar: Portal de Energías Renovables.* (s.f). Recuperado el 9 de Febrero de 2011, de

<http://www.sitiosolar.com/La%20historia%20de%20la%20energia%20solar%20fotovoltaica.htm#fase1>

[26] *Textos Científicos.* (s.f.). Recuperado el 19 de Febrero de 2011, de <http://www.textoscientificos.com/energia/eolica>



ANEXO 1. INSTALACIONES PROGRAMADAS POR FUNDELEC

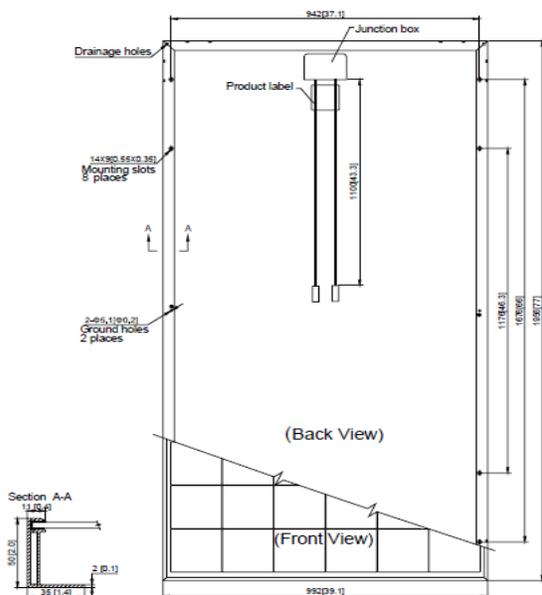
INSTALACIONES PROGRAMADAS					
REGIÓN	ESTADO	MUNICIPIOS	COMUNIDADES	SISTEMAS PROGRAMADOS	POBLACIÓN BENEFICIADA
1	Zulia	6	41	53	14485
	Falcón	5	21	27	4318
2	Táchira	2	19	29	7044
	Mérida	7	19	28	2716
	Trujillo	3	7	12	709
3	Yaracuy	5	40	46	6884
	Carabobo	5	13	17	3015
	Lara	5	14	24	2619
4	Barinas	3	30	57	6300
	Cojedes	6	25	28	2828
	Portuguesa	5	18	21	3687
5	Aragua	4	19	25	5082
	Guárico	4	24	27	4258
	Miranda	3	13	26	2014
6	Apure	5	39	83	5047
	Amazonas	6	55	86	8264
7	Sucre	4	12	15	2019
	Nueva Esparta	5	6	10	173
	Anzoátegui	7	13	27	2084
8	Bolívar	5	55	82	10038
9	Monagas	6	18	20	3079
	Delta Amacuro	4	21	63	8491
TOTALES		105	522	810	105154

[Fuente: Información suministrada por la Coordinación del Proyecto de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos, Programa Sembrando Luz, FUNDELEC-MENPET, Caracas, 22-5-2008.]

Anexo 1 - Instalaciones Programadas por Fundelec [23]



ANEXO 2:



Electrical Characteristics

STC	STP280-24/Vd
Optimum Operating Voltage (Vmp)	35.2V
Optimum Operating Current (Imp)	7.95 A
Open - Circuit Voltage (Voc)	44.8V
Short - Circuit Current (Isc)	8.33 A
Maximum Power at STC (Pmax)	280 W
Module Efficiency	14.4%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum System Voltage	600 V DC (UL) / 1000 V DC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Power Tolerance	0/+5 %

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5;
Power measurement tolerance: ± 3%

Anexo 2 - Panel Suntech STP280-24/Vd 280W 24V

ANEXO 3:

Models	MS4024PAE	MS4448PAE	MS3748PAEJ
Inverter Specifications			
Input battery voltage range	18.0 to 33.8 VDC	36.0 to 67.6 VDC	36.0 to 67.6 VDC
Absolute maximum DC input	50 VDC	68 VDC	68 VDC
Nominal AC output voltage	120 / 240 VAC split phase		
AC output voltage accuracy	L-N: 120 VAC ±5%, L-L: 240 VAC ±5% (continuous power)		
Output frequency and accuracy	60 Hz ± 0.04%		50 Hz ± 0.4Hz
Total Harmonic Distortion (THD)	< 5%		
Continuous power output (at 25 °C with 12.5 VDC nominal)	4000 VA (L-L) (max 81% output imbalance from L-N)	4400 VA (L-L) (max 81% output imbalance from L-N)	3700 VA (L-L) (max 81% output imbalance from L-N)
Continuous AC output current	L-N: 27.0A/120VAC, L-L: 16.7A/240VAC	L-N: 29.7A/120VAC, L-L: 18.3A/240VAC	L-N: 25.0A/120VAC, L-L: 15.5A/240VAC
1 msec surge current (amps AC)	L-N: 120, L-L 70	L-N: 120, L-L 70	L-N: 120, L-L 70
100 msec surge current (amps AC)	L-N: 72, L-L 40	L-N: 75, L-L 40	L-N: 75, L-L 32
5 sec surge power (real watts)	5800	8500	6200
30 sec surge power (real watts)	5200	6000	6000
5 min surge power (real watts)	4800	5400	3600
30 min surge power (real watts)	4500	4800	3500
Maximum continuous input current	267 ADC	147 ADC	123 ADC
Inverter efficiency (peak)	93%	94%	91%
HBCO / HBCI (High Battery Cut Out / In)	>33.8 VDC / 33.2 VDC	>67.6 VDC / 66.4 VDC	>67.6 VDC / 66.4 VDC
LBCO / LBCL (Low Battery Cut Out / In)	18.0 VDC (adjustable) / 25.0 VDC	36.0 VDC (adjustable) / 50.0 VDC	36.0 VDC (adjustable) / 50.0 VDC
AC Relay Transfer time (minimum)	16 msecs		
Power Consumption - searching	< 6 watts		< 10 watts
Power Consumption - inverting (no load)	27 watts	25 watts	22 watts
Output Waveform	Pure Sine Wave		

Anexo 3 - Inversor Magnum MS-PAE 4448



ANEXO 4:

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Electrical

		TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• Maximum Battery Current		45 amps	60 amps
• Nominal Maximum Solar Input	12 Volt	600 Watts	800 Watts
	24 Volt	1200 Watts	1600 Watts
	48 Volt	2400 Watts	3200 Watts
TS-MPPT-45 and TS-MPPT-60			
• Peak Efficiency		99%	
• Nominal System Voltage		12, 24, 36 or 48 volts DC	
• Max. Solar Open Circuit Voltage		150 volts DC	
• Battery Operating Voltage Range		8-72 volts DC	
• Maximum Self-consumption		4 Watts	
• Transient Surge Protection		4500 Watts/port	

Anexo 4 - Regulador de carga Morningstar Model TS-MPPT-45/ TS-MPPT-60

ANEXO 5:

Specification	Model No.					
	S1500-112	S1500-124	S1500-148	S1500-212	S1500-224	S1500-248
Continuous Output Power	1500W					
Surge Rating	2000W					
Input Voltage	12V	24V	48V	12V	24V	48V
Output Voltage	100 / 110 / 115 / 120V ± 3%			200 / 220 / 230 / 240V ± 3%		
Frequency (Switch Selectable)	50/60Hz +/- 0.05%					
Peak Output Current	25A			11A		
Efficiency (full load)	85%	87%	88%	86%	89%	90%

Anexo 5 - Inversor Samlex S1500 -248, 48 VDC/220 VAC



ANEXO 6:

Specifications*	GP-SW1000		GP-SW1500	
	12 V	24 V	12 V	24 V
Continuous Output Power		1000 W		1500 W
Surge Rating		2000 W		2000 W
Output Waveform	Sine Wave <3% THD			
Output Voltage ± 3%	115 VAC RMS			
Output Frequency ± 0.05%	50 / 60 Hz adjustable			
Input Voltage	10.5 - 15 VDC	21.0 - 30.0 VDC	10.5 - 15 VDC	21.0 - 30.0 VDC
Efficiency	85-92%		85 - 90%	
No Load Current Draw / Powersave Protection	1.4 A / 0.25 A	0.75 A / 0.15 A	1.0 A / 0.1 A	0.65 A / 0.05 A
Low Battery Alarm ± 2%	10.5 V	21.0 V	10.5 V	21.0 V
Low Battery Shut-Down ± 2%	10.0 V	20.0 V	10.0 V	20.0 V
Operating Temperature Range	0 - 40°C / 32°F - 104°F			
Storage Temperature Range	-30°C - 70°C / -22°F - 158°F			
Cooling	Thermostatically Controlled Fan			
AC Receptacle	Dual GFCI			
Dimensions (LxWxH) mm	383 x 182 x 89		419 x 279 x 102	
Dimensions (LxWxH) inches	15.1 x 7.2 x 3.5		16.3 x 10.9 x 4.1	
Weight kg / lbs	4 / 8.8		7.7 / 17	
Warranty	2 Years		2 Years	
Inverter Install Kit	GP-DC-KIT2	GP-DC-KIT2	GP-DC-KIT3	GP-DC-KIT2
UPC	8-39085-00067-0	8-39085-00136-3	8-39085-00001-4	8-39085-00039-7
Remotes	GP-SWR-B-12	GP-SWR-B-24	GP-SW-Remote	GP-SW-Remote

Anexo 6 - Inversor Go Power 1000 W, SW 1000-24

ANEXO 7:



larger image

Surrette Rolls Battery 8 Volt 820 Amp Hour 8-CS-25PS
\$1,350.29
 Rolls 8-CS-25PS

SERIES 500/5000. 8 - VOLT. 4 - CELL	
Model	Rolls 8-CS-25PS
Cap 100 Hour 1.75 VPC	1,156
Cap 20 Hour 1.75 VPC	820
Length (in)	28 1/4
Width (in)	11 1/4
Height (in)	18 1/4
Weight (lb)	424lb
Warranty	10 year

Free drop shipping for containers, for offshore.

8 CS 25P	10 YR	8 Volt	25	820	1091	1156	28 1/4" 71.76 cm	11 1/4" 28.58 cm	18 1/4" 46.36 cm	424 lbs 192.32 kg	342 lbs 155.12 kg
----------	-------	--------	----	-----	------	------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------

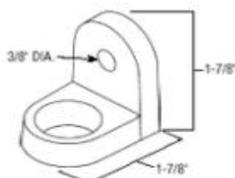
Anexo 7 - Baterías Surrette 8-CS-25PS



ANEXO 8:

SPECIFICATIONS

Nominal Voltage (V)	12V
Capacity at C/100	257Ah
Weight	158 Lbs. (71.7 kg)
Plate Alloy	Lead Calcium
Posts	Forged terminals & bushings
Container/Cover	Polypropylene
Operating Temperature Range	-40°F (-40°C) – 140°F (60°C)
Charge Voltage @ 68°F (20°C)	
Cycle	2.40 - 2.43 VPC
Float	2.25 - 2.30 VPC
Vent	Self-sealing (2 PSI operation)
Resistance	3.0 Milliohms (full charge)
Terminal	T975



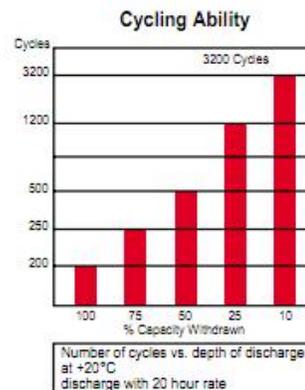
Rated non-spillable by ICAO, IATA and DOT
Approved by CEC

Valve-Regulated, Absorbed Glass Mat Technology



DIMENSIONS

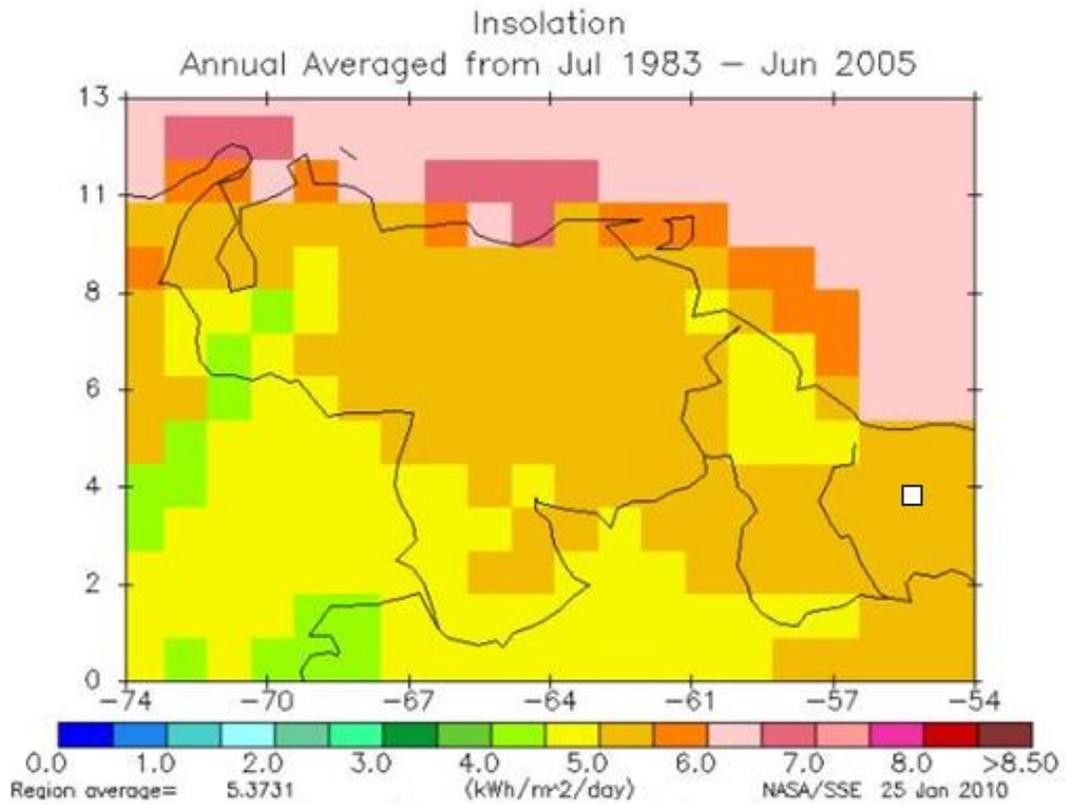
Length (mm)	20.75 (527 mm)
Width (mm)	11 (279 mm)
Height (mm)	11 (279 mm)



Anexo 8 - Baterías selladas 8A8D AGM 245 Ah (20 h)

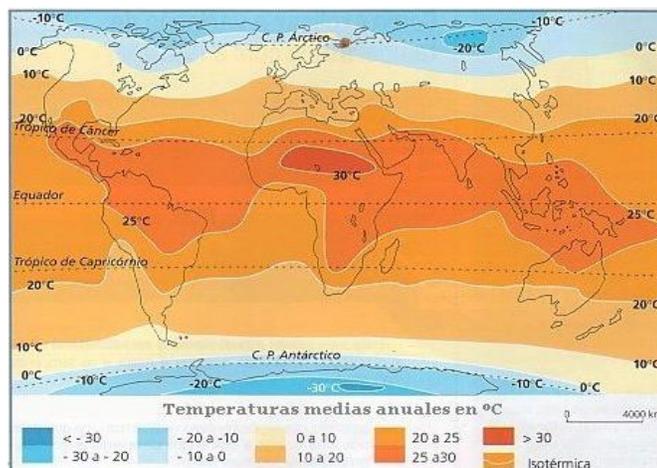


ANEXO 9:



Anexo 9 - Radiación Anual

ANEXO 10:



Anexo 10 - Temperaturas medias anuales en el mundo