



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA**

**UNAN - MANAGUA**

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA**

**Seminario de graduación para optar al Título de Ingeniería en Electrónica.**

**TEMA:**

**Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red para la empresa  
BATNCSA en el periodo 2016-2017.**

**AUTORES:**

**OSCAR ANDRES SANCHEZ SANCHEZ**

**MIGUEL ANGEL MUÑOZ PEREZ**

**TUTOR: MSc. Edison Diógenes Cuevas Videa.**

**MANAGUA, NICARAGUA JULIO 2017**

## **DEDICATORIA.**

*Primeramente, le doy gracias a Dios por darme la vida, la fortaleza, entendimiento, y la oportunidad por haber llegado hasta aquí ya que nunca nos ha abandona, siempre está con nosotros dándonos la sabiduría para que todo salga bien, y la honra y gloria a Jehová por su misericordia, gracias por permitirnos llegar hasta la culminación nuestros estudios superiores, dando un paso de firmeza en mi vida y así enorgullecer a nuestras familias.*

*A nuestros queridos padres Martha Ninoska Sánchez Bendaña, Angélica María Pérez Valle, Martha Ninoska Sánchez Bendaña, Oscar Andrés Sánchez Mejía , Fabio José Muñoz Gutiérrez, que con sus esfuerzos nos apoyaron con su sabiduría durante todo este camino el cual ha sido largo y difícil y en lo económico para ser una mejor persona y lograr este fin y principalmente brindándonos su apoyo incondicional y gracias por su paciencia.*

*A nuestros hermanos, familiares y amigos que siempre estuvieron pendiente y nos brindaron su consuelo ante los días de preocupación, mi más sincero afecto asía ustedes.*

*Al Msc. Edison Diógenes Cuevas Videa y a todos los profesores quienes nos han orientado en todo momento, en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea partícipe en el mejoramiento y el desarrollo de nuestras vidas como profesionales*

*Igualmente, a los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.*

“GRACIAS”

## AGRADECIMIENTOS

*Para poder realizar este trabajo de la mejor manera posible fue necesario del apoyo de muchas personas a las cuales quiero agradecer su apoyo incondicional y la confianza que tuvieron en nosotros.*

*Agradecemos grandemente y primeramente a DIOS por permitirnos llegar a este punto de nuestra carrera. Por darnos la salud, la paciencia y el entendimiento de cada día.*

*A cada uno de los profesores de la carrera de ingeniería en electrónica que compartieron con nosotros sus conocimientos durante todo el transcurso de la carrera, para que hoy estemos aquí y poder enfrentar los retos que la vida nos prepara.*

*A los profesores MSc. Edison Diógenes Cuevas Videa. por ayudarnos a llenar nuestros vacíos metodológicos y terminar este trabajo de seminario de graduación para optar al título de ingeniero en electrónica.*

*Al Gerente general de la empresa BATNCSA por permitir nos realizar el estudio en su empresa y así poder realizar nuestro trabajo de la mejor manera posible.*

*Y a todas y cada una de aquellas personas que aportaron un granito de arena para la conclusión de este trabajo.*

“MUCHAS GRACIAS”

## NOMENCLATURA

<u>Símbolo</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>
Ec:	Energía consumida.	W-H
Pw:	Potencia pico del inversor.	Watts
Ppanel:	Potencia nominal del panel	Watts
Tn:	Tiempo promedio.	H
T:	Tiempo.	H
Ec:	Energía consumida.	W-H
LT:	Consumo total anual.	KW
Lma:	Consumo medio anual.	KW
Wp:	Watts picos necesarios.	Watts
ED:	Energía consumida por día.	KW
RAD:	Radiación solar en la zona.	W/m <sup>2</sup>
Vinv:	Tensión de entrada del inversor.	Voltios
Dmin:	Distancia mínima entre aristas de paneles.	d
L:	Longitud del panel.	d
H:	Altura solar al medio día.	d
$\beta$ :	Grado de inclinación del panel respecto a la horizontal.	--
$\theta$ :	Angulo de la sombra respecto a la Horizontal.	--
A:	Distancia de la arista inferior del panel a la arista superior.	d

## INDICE

1. RESUMEN .....	1
2. INTRODUCCION .....	3
3.OBJETIVOS .....	4
3.1 Objetivo general: .....	4
3.2 Objetivos específicos:.....	4
4.JUSTIFICAION.....	5
5.Marco teórico.....	7
5.1 Conceptos Generales.....	7
5.1.1Energía Fotovoltaica .....	7
5.1.2. Radiación Solar.....	7
5.1.3. Radiación Solar Fotovoltaica. ....	8
5.1.6. Cantidad de Radiación Solar. ....	10
5.1.7. El efecto fotovoltaico (FV).....	11
5.1.8. Célula fotovoltaica.....	12
5.1.9. Módulos fotovoltaicos. ....	13
5.1.10. Sistemas fotovoltaicos (SFV) .....	15
5.1.11. Criterio de diseño de un sistema fotovoltaico (SFV) .....	16
5.1.12. Cálculo de la energía consumida diariamente. ....	16
5.1.13. Verificación de la aptitud del lugar. ....	17
5.1.14. Elección de la inclinación de los módulos.....	17
5.1.15. Evaluación de las pérdidas de sistema.....	19
5.1.16. Selección del inversor.....	19
5.1.17. Clasificación de los SFV por su estructura .....	20
5.1.18. Sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) .....	21
5.1.20. Costo de un SFV.....	23

5.1.21. LEY No. 532 .....	24
5.1.22. Incentivos:.....	24
5.1.23. Ley N° 554 .....	24
5.1.24. Normativa nacional existente .....	25
6.Desarrollo .....	26
6.1. Diagrama de flujo del cálculo de un sistema fotovoltaico.....	26
6.2. Emplazamiento de la instalación .....	27
6.2.2 Carga efectiva de los equipos conectados a la red eléctrica de la empresa BATNICSA. ....	30
6.3.1. Energía consumida.....	32
6.3.2. Selección de los módulos de FV e inversor .....	33
6.3.3. Calculo del número de módulos fotovoltaicos.....	35
6.3.4. Calculo del arreglo de los paneles FV .....	35
6.3.5. Determinación de número de inversores .....	36
6.3.6. Instalación del SFCR para la empresa BATNICSA.....	37
6.3.7. Calculo de inclinación, sombras y distancia entre paneles. ....	39
6.3.8. Diagrama de distribución de los paneles FV.....	42
6.3.9. Diagrama de conexión de los módulos FV .....	42
6.3.10. Diagrama de instalación de anclaje de los módulos .....	43
6.3.11. Estructura (fija).....	43
6.3.12. Selección de los conductores .....	45
6.3.13. Calculo de cableado y canalizaciones .....	46
6.3.14. Cableado entre paneles y de cada panel a cada inversor .....	47
6.3.15. Cableado entre inversores y caja de conexiones .....	47
6.3.16. Cableado entre la caja de conexiones y el punto de conexión a la red. .....	47
6.3.17. Diagrama unifilar.....	49
6.3.18. Mantenimiento del SFCR.....	49

6.3.19 Mantenimiento d preventivo .....	49
6.3.20. Mantenimiento correctivo .....	50
6.3.21. Mantenimiento predictivo .....	51
6.4.1. Diseño del sistema fotovoltaico con el programa PVSYST .....	52
6.5.1. Costo del SFV .....	61
6.5.2. Total, del material utilizado .....	61
6.5.3. Calculo de la energía eléctrica propuesta con paneles fotovoltaicos	61
6.5.4. Costo por consumo de la energía eléctrica con paneles fotovoltaicos .....	62
6.5.5. Estudio económico del plazo de recuperación del SFCR .....	62
Cuadro1.4: Costo evitados desde el año 5 al año 14 del SFCR.....	65
6.5.6. Impacto ambiental.....	65
7.CONCLUSIONES.....	67
8. RECOMENDACIONES .....	68
9. BIBLIOGRAFIA .....	70
9.1 Sitios web visitados. ....	71
10.ANEXOS .....	72

## 1. RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en una propuesta de generación de energía limpia a través de un sistema fotovoltaico, utilizando la radiación solar como fuente de energía aprovechando sus características de ser una fuente casi ilimitada de energía. Nuestra propuesta será para la empresa BATNICSA (baterías de Nicaragua).

Entre los problemas encontrados para el diseño del sistema fotovoltaico se pueden mencionar:

- El número de paneles que se van a utilizar
- La cantidad de baterías o acumuladores que se necesitan para soportar la carga que estará conectada al sistema.
- La elección del inversor y el regulador de voltaje que dependerá de la carga total de la empresa.

Otro problema no menos relevante fue determinar la radiación solar que incide sobre el sitio, por esto se realizó un cálculo de la cantidad de potencia por metro cuadrado que hay en el lugar donde se realizará la instalación, así como la medición de las horas pico donde la radiación es más fuerte.

Para la realización de la investigación se tuvo que visitar la empresa para hacer un censo de carga y obtener la cantidad de equipos conectados a la red eléctrica y la potencia de los mismos para conocer la carga total, también se hicieron monitoreo de la cantidad de horas en que los equipos se encuentran conectados para así hacer un cálculo más aproximado de la potencia necesaria que se va a generar.

La información obtenida ayudó a realizar un trabajo enfocado en resultados reales, la cual favorecerá a obtener un mejor diseño de nuestro sistema fotovoltaico y ser más eficiente y así saltar al siguiente paso de generación eléctrica para la empresa BATNICSA a través de energía solar y también para cualquier empresa que quiera optar por este sistema.

Esta propuesta ayudará a un ahorro económico considerable durante un periodo de tiempo corto. Reducir los costos en la factura de energía eléctrica y también optar por un sistema de energía limpia y renovable.

Se recomienda no conectar equipos de alta potencia que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a un especialista, una sobrecarga en el

sistema podría provocar un mal funcionamiento, así también no se debe conectar equipos de potencia superior a la del inversor, pues esta sobrecarga podría dañarlo. Finalmente se sugiere. No efectuar modificaciones a la instalación, dado que esta ha sido dimensionada para el uso que se estableció en un principio.

## 2. INTRODUCCION

En la actualidad ha sido evidente el impulso en el uso de fuentes renovables, para la generación y transformación de la energía. Es por ello, que en Nicaragua se deben tomar responsabilidades en el marco energético, aprovechando los recursos naturales que posee una de las fuentes renovables que se ha utilizado para generar energía útil, como lo es la energía de los ríos (hidráulica), transformándola en energía eléctrica. Igualmente, en los últimos años los avances tecnológicos han permitido que la radiación solar sea también utilizada para la generación de energía eléctrica.

Se tomó como base el diseño del sistema fotovoltaico (SFCR) el consumo promedio y la carga total de la empresa BATNICA, esto con el propósito de conocer el porcentaje de consumo eléctrico actual. También se mostrarán los resultados de los cálculos y ecuaciones para definir la ubicación, orientación e inclinación del módulo del sistema fotovoltaico. En cuanto al cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico se obtuvo mediante la simulación y recopilación de datos durante su funcionamiento.

En el documento se describirán los procedimientos para la instalación de un sistema fotovoltaico, se explicará paso a paso la forma de cómo se ubicará, su interconexión eléctrica, la configuración del inversor y la conexión de los cables de alimentación del sistema, así como el cálculo del número de paneles necesarios para la instalación.

La viabilidad del proyecto, tomando en cuenta los factores implicados en el diseño, muestra aspectos económicos del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica interna durante sus primeros 20 años de funcionamiento. Las variables consideradas en el plano económico se miden a partir del costo (presupuesto), es decir la inversión del sistema fotovoltaico. Por otra parte, se ha tomado en cuenta la no contaminación y preservación del medio ambiente ya que la energía que se aprovecha en el sistema es la energía solar, una energía considerada limpia sin efectos negativos al cambio climático.

### **3.OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general:**

Diseñar un sistema fotovoltaico conectado a red para reducir los costos del consumo energético de la empresa BATNICSA.

#### **3.2 Objetivos específicos:**

- Realizar censo de carga de todos los equipos conectados a la red eléctrica de la empresa BATNICSA.
- Diseñar el sistema fotovoltaico en red a partir del consumo real de carga de la empresa BATNICSA.
- Simular el sistema fotovoltaico propuesto con el programa pvsyst.

#### 4.JUSTIFICAION

El problema energético de Nicaragua, de acuerdo a las perspectivas del mercado sobre el negocio del petróleo cubren actualmente el 50%de la energía producida, entre tanto no haya propuestas de generación energéticas sostenibles no se solucionará este problema. La empresa Baterías de Nicaragua (BATNICSA) no está exenta de la problemática energética existente, por ello debe impulsar proyectos de generación de energía limpia que ayuden a la solución de bajar el costo de la tarifa de energía eléctrica. Este proyecto se realizará debido a que existe una opción de generar energía limpia por medio de un panel solar, por esto proponemos diseñar un sistema fotovoltaico que contribuya a la generación de energía limpia y sostenible, al mismo tiempo combatir con el calentamiento global debido a que la energía eléctrica solar es considerada energía no contaminante.

El sistema fotovoltaico utiliza equipos cuya vida útil es muy amplia (20 hasta 30 años), lo cual nos permite obtener ganancias durante muchos años, después de haber recuperado la inversión Los cálculos económicos satisfacen la viabilidad y factibilidad del proyecto, debido a que es sostenible, convirtiéndose en un sistema atractivo para ser implementado en cualquier empresa del país o empresa nacional.

Las posibilidades de reducción del consumo de energía en la empresa, desde el simple cambio de una lámpara hasta la implementación de nuevos sistemas con equipamiento electrónico inteligente. Cabe destacar que la electricidad debe ser generada, transportada, distribuida, medida y facturada, pero todo este proceso requiere de un sistema eléctrico que debe mantenerse al día, donde se incluye personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos, mientras que, en un sistema fotovoltaico, se generara energía sin necesidad de tener un personal que este todo el tiempo pendiente de él.

Estos sistemas satisfacen las necesidades básicas de la electricidad de familias ya que este tipo de energía suministra un servicio mejor aparte de ser más ecológica y económica. Las ventajas de estos sistemas radican en su simplicidad, ya que por lo general son sistemas simples y modulares, se instalan fácilmente y pueden ampliar el sistema, la reparación y cambio de componente, es fácil y económico y son sistemas adaptables a la mayoría de las empresas o comunidades, siempre y

cuando haya luz solar. Considerando que no se emiten gases que contribuyen al efecto invernadero o humos tóxicos y la energía solo se produce donde es necesario siendo los costos de esta tecnología bajos en relación a tecnologías convencionales.

## **5.Marco teórico**

### **5.1 Conceptos Generales**

#### **5.1.1Energía Fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas. La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica.

En este proceso de conversión los fotones de un determinado rango de energía chocan con átomos de ciertos materiales semiconductores (el Silicio es el más representativo) les ceden su energía produciendo un desplazamiento de electrones que es en definitiva una corriente eléctrica.

Estos fotones se caracterizan por su energía y su longitud de onda (que forman lo que se llama espectro solar). Solo una parte de este espectro (que depende del material semiconductor) es aprovechado para el desplazamiento de los electrones del material semiconductor.

#### **5.1.2. Radiación Solar.**

La radiación solar es la energía electromagnética que surge en los procesos de fusión del hidrógeno contenido en el Sol. La energía solar que en un año llega a la Tierra a través de la atmósfera es aproximadamente 1/3 de la energía total interceptada por la Tierra fuera de la atmósfera de la cual 70% llega al mar y la energía restante ( $1.5 \times 10^{17}$  kW-h) a tierra firme. La radiación solar recolectada fuera de la atmósfera sobre una superficie perpendicular a los rayos solares es conocida como constante solar y es igual a  $1353 \text{ W/m}^2$ , variable durante el año en un  $\pm 3\%$  a causa de la elipticidad de la órbita terrestre. El valor máximo medido sobre la superficie terrestre es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$ , en condiciones óptimas de Sol a mediodía y en un día de verano despejado.

### 5.1.3. Radiación Solar Fotovoltaica.

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser directa o dispersa, Mientras la radiación directa incide sobre cualquier superficie con un ángulo de incidencia único y preciso, la dispersa cae en esa superficie con varios ángulos. Cuando la radiación directa no incide sobre una superficie a causa de un obstáculo, el área en sombra no se encuentra completamente a oscuras debido a la contribución de la radiación dispersa. Esta observación tiene importancia técnica para los dispositivos fotovoltaicos (FV), que pueden funcionar en algunos casos solamente con radiación dispersa. Una superficie inclinada puede recibir la radiación reflejada por el terreno, por espejos de agua o por otras superficies horizontales, fenómeno conocido como albedo. Las proporciones de radiación directa, dispersa y albedo (**figura 2.1**) recibida por una superficie dependen de:

- Las condiciones meteorológicas: En un día nublado la radiación es prácticamente dispersa en su totalidad; en un día despejado con clima seco predomina la componente directa que puede llegar hasta el 90% de la radiación total.
- La inclinación de la superficie respecto al plano horizontal: Una superficie horizontal recibe la radiación dispersa máxima si no hay alrededor objetos a una altura superior a la de la superficie.
- La presencia de superficies reflectantes: Debido a que las superficies claras son las más reflectantes, la radiación albedo aumenta en invierno por efecto de la lluvia y disminuye en verano por efecto de la absorción de la hierba o del terreno.

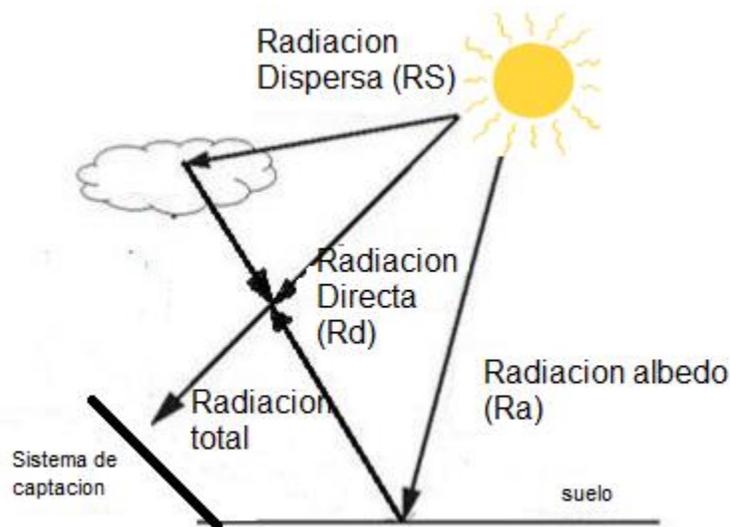


figura 2.1 Radiación Solar

La relación entre la radiación dispersa y la total, varía en función del lugar, ya que, al aumentar la inclinación de la superficie de captación, disminuye la componente dispersa y aumenta la componente albedo. Por ello, la inclinación que permite maximizar la energía recogida puede ser diferente dependiendo del lugar. La posición óptima se obtiene cuando la superficie está orientada al Sur, esto maximiza la radiación solar captada recibida durante el día, con un ángulo de inclinación igual a la latitud del lugar. La radiación solar total que cae sobre una superficie es ecuación (1.1):

$$R_t = R_d + R_s + R_a \quad (1.1)$$

Dónde:  $R_d$  es la radiación directa,  $R_s$  es la radiación dispersa y  $R_a$  corresponde a la radiación de albedo como se muestra en la **figura 2.1**

El aprovechamiento de la energía del Sol está condicionado por la intensidad de radiación que se recibe en la Tierra (**figura 2.2**). La radiación varía según la latitud del lugar, el momento del día, las condiciones atmosféricas y climatológicas. La unidad métrica utilizada para la radiación es el  $W/m^2$  que expresa la cantidad de energía que llega a un área de un metro cuadrado.

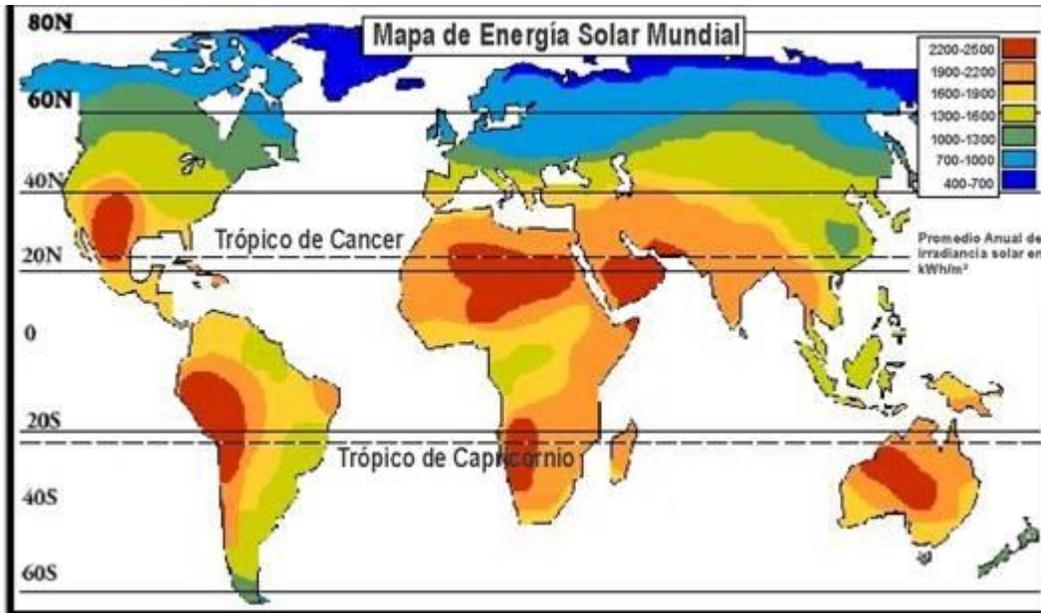


Figura 2.2 Intensidad de radiación solar 1

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos82/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/image007.jpg>

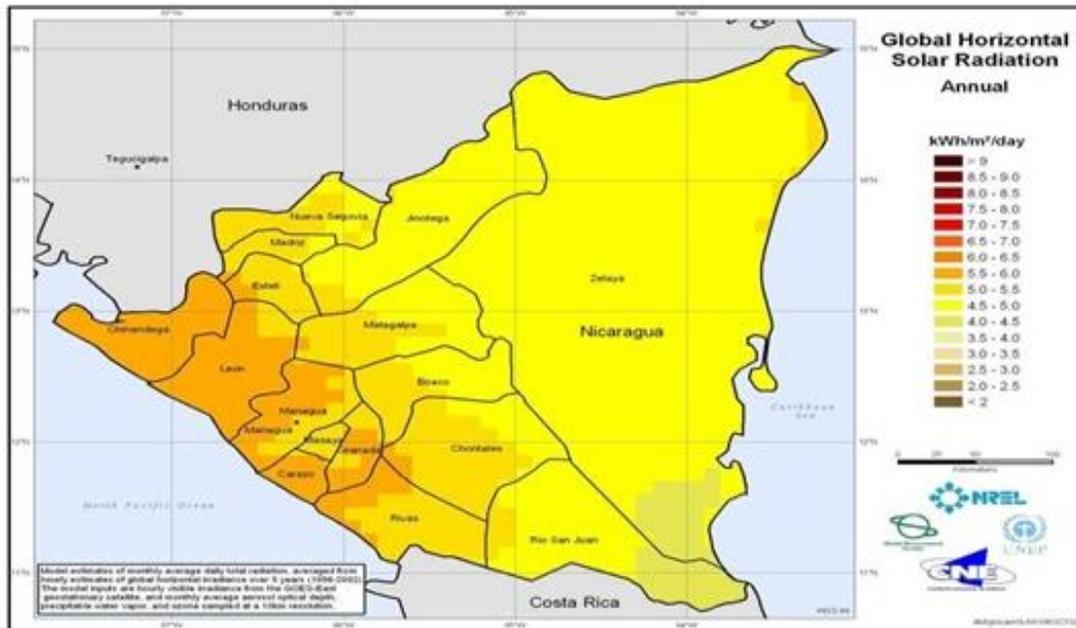
El fenómeno de la radiación solar permite obtener la energía del sol para ser aprovechada de distintas formas y por distintos dispositivos, como son:

**5.1.4. Energía fototérmica:** Cuando la radiación solar es aprovechada para el calentamiento.

**5.1.5. Energía fotovoltaica:** Cuando la radiación solar se aprovecha para la generación de electricidad a través del efecto FV.

**5.1.6. Cantidad de Radiación Solar.**

Los datos para diferentes estaciones se pueden conseguir con el Instituto Meteorológico Nacional, las cuales cuentan con equipos para medir la cantidad de radiación y brillo solar. Aunque la (**figura 2.3**) muestra, la radiación global anual medida en varios lugares de Nicaragua. El valor oscila entre 2.0 (Managua) y 1.4 (puerto cabeza) KWh/m<sup>2</sup>-año y son muy importantes como base para cualquier simulación de sistemas solares.



Zonas	Pacífico			Central Montañosa		Atlántica	
	Chinandega	Managua	Muy Muy	San Carlos		El Rama	Puerto Cabezas
MWh/m <sup>2</sup> -año	2.0	2.0	2.0	1.7	1.7	1.4	1.4
kWh/m <sup>2</sup> -día	5.48	5.48	5.48	4.65	4.65	3.83	3.83
KW/m <sup>2</sup>	0.8	0.8	0.8	0.67	0.67	0.55	0.55

**FIGURA 2. 3** Mapa de radiación solar de Nicaragua.

Fuente: [http://3.bp.blogspot.com/\\_8sX4mrlkB5Y/R3Re9-q1u8I/AAAAAAAAAFk/SUek5wEWUI4/s1600-h/Mapa+Solar+de+Nicaragua.JPG](http://3.bp.blogspot.com/_8sX4mrlkB5Y/R3Re9-q1u8I/AAAAAAAAAFk/SUek5wEWUI4/s1600-h/Mapa+Solar+de+Nicaragua.JPG)

### 5.1.7. El efecto fotovoltaico (FV).

La conversión directa de la energía solar en energía eléctrica se debe al fenómeno físico de la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores, fenómeno conocido como efecto FV. El objeto físico en el que este fenómeno tiene lugar es la celda solar, que es un diodo con la característica esencial de tener una superficie de unas decenas de cm<sup>2</sup>. Para describir el efecto FV se emplea conceptualmente el funcionamiento del diodo unión p-n (**figura 2.4**), el elemento más utilizado para la realización de las celdas solares es el silicio.

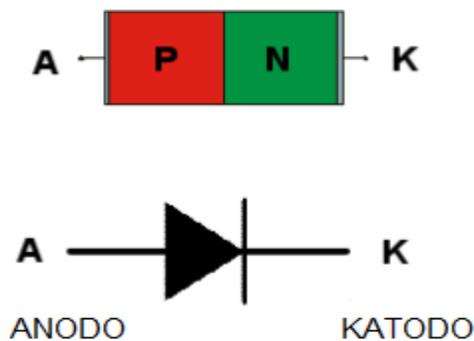


FIGURA 2. 4 Símbolo del diodo.

La transformación se produce en un elemento semiconductor denominado célula fotovoltaica. Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. La tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo, tal como se muestra en la (figura 2.5).

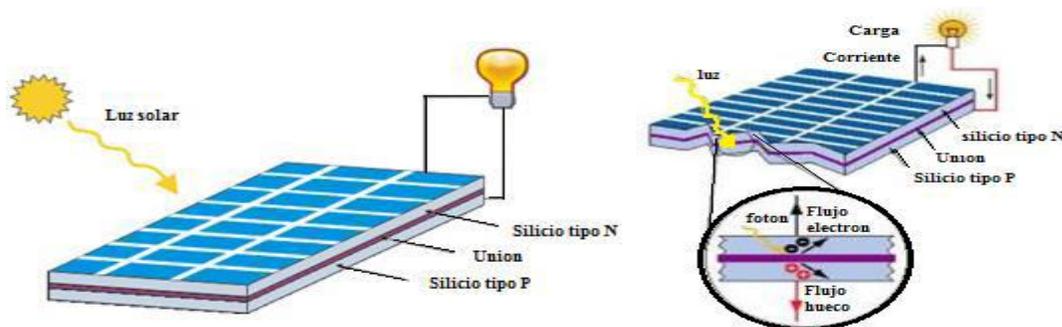


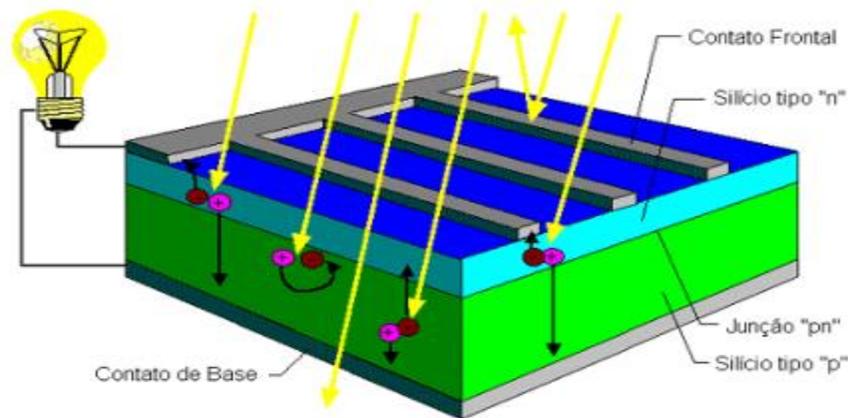
FIGURA 2. 5 Efecto fotovoltaico en un módulo fotovoltaico.

Fuente: <http://www.enforce-eeen.eu/esp/index.php?page=principio-de-funcionamiento>

### 5.1.8. Célula fotovoltaica

La celda FV es un dispositivo formado por una lámina delgada de material semiconductor. Una celda FV tiene un espesor entre 0.25 mm y 0.35 mm y es de una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximada de 100 cm<sup>2</sup>. Para la realización de las celdas el elemento más utilizado es el silicio usado por las industrias electrónicas cuyo proceso de fabricación presenta costos muy altos por la pureza del Si requerida en esta aplicación. Actualmente, el material más eficiente es el silicio mono-cristalino que presenta características y duración en el tiempo

superior a cualquier otro material utilizado para el mismo fin; la conversión de la radiación solar en una corriente eléctrica tiene lugar en la celda FV (**figura 3.1**).



**FIGURA 3. 1** Célula fotovoltaica

Fuente: [http://www.oocities.org/institutoingefor2/construccion/construccion03/celula\\_fotovoltaiica.gif](http://www.oocities.org/institutoingefor2/construccion/construccion03/celula_fotovoltaiica.gif)

Otros materiales para la realización de las celdas FV son:

- Silicio Mono-cristalino con rendimiento energético desde 15% hasta 17%.
- Silicio Poli-cristalino con rendimiento energético desde 12% hasta 14%.
- Silicio Amorfo con rendimiento energético menor del 10%.
- Otros materiales son: Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio.

#### **5.1.9. Módulos fotovoltaicos.**

Las celdas FV constituyen un producto intermedio de la industria FV, proporcionan valores de tensión y corriente limitados, en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos convencionales, son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y sin un soporte mecánico. Por lo que estas son ensambladas para constituir una estructura única: los módulos FV. El módulo FV es una estructura robusta y manejable sobre la que se colocan las celdas FV. Los módulos pueden tener diferentes tamaños desde 0.5 m<sup>2</sup> hasta 1.3 m<sup>2</sup> y constan normalmente de 36 celdas conectadas eléctricamente en serie (**figura 3.2**).



**FIGURA 3. 2** Módulos fotovoltaicos presentes en el mercado.

Las características eléctricas principales de un módulo FV son las siguientes: Potencia pico: Potencia suministrada por el módulo en condiciones normalizadas de prueba).

**Radiación solar:** 1000 W/m<sup>2</sup>.

**Temperatura:** 25 °C.

**Corriente nominal:** Corriente máxima suministrada por el módulo.

**Tensión nominal:** Tensión máxima suministrada por el módulo.

Los módulos formados tienen una potencia entre los 100 W<sub>p</sub> y 320 W<sub>p</sub>, según el tipo y la eficiencia de las celdas que lo componen. El peso de los módulos se considera de 15 kg/m<sup>2</sup>; en su caso, la estructura de soporte de los módulos pesa otros 10 kg/m<sup>2</sup>. Los efectos del viento se suponen en algunos casos una carga adicional. Si los módulos se instalan en tejados y terrazas, el peso de los módulos no suele representar ningún problema, pero siempre es recomendable consultar la normativa vigente de edificación, aunque raramente habría que reforzar las estructuras. En el caso de edificios nuevos o de reformas importantes, el módulo FV se puede integrar en el edificio facilitando su instalación, optimizando su rendimiento y reduciendo costos.

Los módulos FV generan electricidad durante todo el año, mientras se tenga radiación solar. Normalmente en verano es cuando más electricidad genera, debido a la mayor duración del tiempo soleado, aunque la inclinación de los módulos también es importante. En los días nublados también se genera electricidad, aunque el rendimiento energético se reduce proporcionalmente a la reducción de la intensidad de la radiación. La vida de los módulos FV está entre 25 y 30 años; en el

mercado se tienen módulos con garantías de 10, 15 y 20 años. Estos componentes nunca dejan de generar electricidad, aunque por lo menos en 10 años las celdas FV reducen su potencia en un 10%.

#### 5.1.10. Sistemas fotovoltaicos (SFV)

Varios módulos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, por lo que un SFV está formado por el conjunto de paneles FV, componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, en energía eléctrica utilizable. Los SFV generan electricidad a partir de la intensidad de la radiación solar, no del calor; por lo que el frío no representa ningún problema para el aprovechamiento. Los paneles FV pueden ser conectados en serie, en paralelo o la combinación adecuada para obtener la corriente y tensión eléctrica necesaria para una determinada aplicación. Los módulos FV que forman el SFV (**figura 4.1**), están montados sobre una estructura mecánica capaz de sujetarlos y que está orientada para optimizar la radiación solar. La cantidad de energía producida por un SFV varía durante el año en función de la radiación de la localidad y de la latitud de la misma.

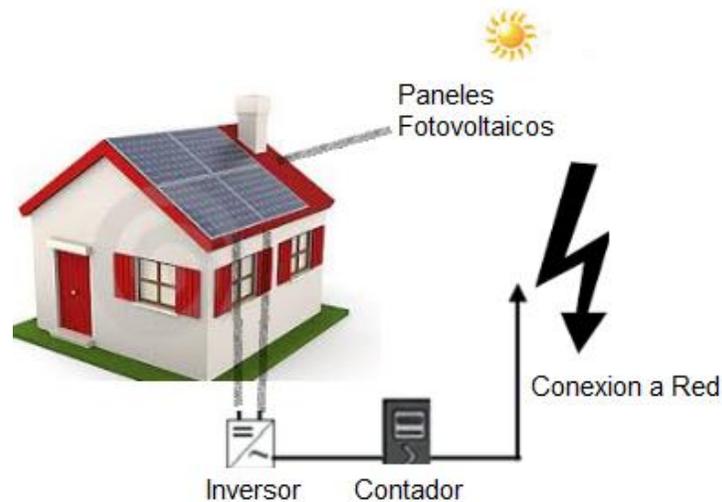


FIGURA 4. 1 Sistema fotovoltaico conectado a la red.

Para cada aplicación, el SFV tendrá que ser dimensionado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Carga eléctrica.
- Potencia pico.
- Latitud del lugar y radiación solar media anual del mismo.
- Características arquitectónicas específicas del edificio.
- Características eléctricas específicas de la carga.
- Posibilidad de conexión a la red eléctrica.

#### **5.1.11. Criterio de diseño de un sistema fotovoltaico (SFV)**

A continuación, se describen las etapas para establecer los criterios de diseño de un SFCR.

#### **5.1.12. Cálculo de la energía consumida diariamente.**

Un método de cálculo consiste en obtener mediante tablas adecuadas las horas equivalentes del lugar considerado y la inclinación deseada de los módulos FV. Se define como “hora equivalente u hora pico solar” el período de tiempo en el que la radiación solar toma un valor igual a 1000 W/m<sup>2</sup>. Esta metodología es utilizada en los cálculos de las dimensiones de una instalación FV y en la energía consumida diariamente. La energía consumida diariamente se expresa con la ecuación 1.2 y la potencia total se obtiene de la ecuación 1.3.

$$E_c = P_{total} * t$$

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

Donde:

EC = Energía consumida, W-h.

t = Tiempo de utilización, h.

P = Potencia, W.

PTOTAL = potencia total, W.

### 5.1.13. Verificación de la aptitud del lugar.

Un aspecto fundamental en la localización de los módulos es asegurar que no existen obstáculos que puedan dar sombra, al menos durante las horas centrales del día (vegetación, edificios, elementos constructivos, otros módulos, etc.). Estas características determinan la ubicación del SFV, su exposición respecto al Sur geográfico, la mayor inclinación sobre el plano horizontal, y las características de las estructuras de soporte.

La integración de módulos FV en la edificación siempre debería tener en cuenta adicionalmente los criterios de la arquitectura bioclimática y atender a las características particulares de cada climatología de manera que se asegure que la temperatura de los módulos no se incremente sustancialmente ya que disminuiría su eficacia. Además, ayudaría a evitar que se produzcan acumulaciones de calor en el edificio que pudieran forzar un aumento significativo del consumo de energía para el acondicionamiento de aire. La superficie que ocupa este tipo de instalación depende de la potencia a instalar y del tipo de módulos utilizados, pero en general se considera que se debe contar con que cada kWp de módulos ocupa una superficie comprendida entre 2m<sup>2</sup> y 4m<sup>2</sup>. Por lo tanto, es fácil encontrar una superficie disponible en la mayoría de los edificios.

### 5.1.14. Elección de la inclinación de los módulos.

En las latitudes de Managua. Mostrada en la tabla 1.1, la orientación óptima de los módulos FV es hacia el Sur. Sin embargo, lo que se deja de generar por estar orientados hacia el Sureste o Suroeste representa sólo un 0.08% por cada grado de desviación respecto al Sur (cuando se parten de desviaciones de  $\pm 25^\circ$  respecto al Sur). Del mismo modo, la inclinación óptima de los módulos FV depende de la latitud del lugar donde se van a instalar.

Datos de la estación meteorológica		
LATITUD (norte)	LONGITUD (oeste)	ALTITUD (msnm)
12.13	-86.23	108m

CUADRO 1.1: Latitudes de la ciudad de Managua

La inclinación normalmente tiene que ser igual a la latitud del lugar, lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan. La latitud del sitio define la orientación e inclinación que deberá poseer un SFV.

Los techos horizontales son convenientes para la instalación de un SFV, debido a que el montaje puede realizarse en estructuras con condiciones óptimas de orientación e inclinación ya que son aspectos determinantes para su producción eléctrica (tabla 1.2). Si se establece una orientación hacia el Sur geográfico y un ángulo de inclinación igual al ángulo de latitud, se maximiza la producción en términos anuales, la inclinación se selecciona para aumentar la captación del mes con menos radiación; el ángulo es tal que el mínimo anual una vez inclinado sea el máximo respecto a las otras inclinaciones, por lo que se mejora la captación en una época y se desfavorecer en otra. Es usual que la inclinación óptima equivalga a un ángulo respecto a la horizontal dado por la ecuación 1.4.

$$\text{Inclinación} = \text{Latitud} + 10^\circ \quad (1.4)$$

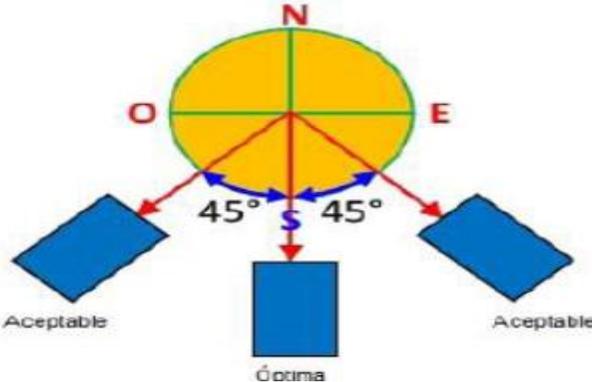


FIGURA 4. 2 Orientación del módulo FV para máxima producción anual

ANGULO DE INCLINACION	RESULTADO
LATIDUD	GENERACION ELECTRICA MAXIMA ANUALIZADA
-15 GRADOS	VERANO
+15 GRADOS	INVIERNO

Cuadro 1.2: Ángulo de inclinación para la generación eléctrica máxima

En cualquier caso, es recomendable una inclinación superior a  $10^{\circ}$  para permitir que el agua de la lluvia escurra, para favorecer el deslizamiento de la lluvia no obstante se debe procurar acercarse lo más posible a las condiciones óptimas de instalación. En caso de que los techos ya posean cierta inclinación, su orientación deberá ser preferentemente hacia el Sur geográfico y en ningún caso al Norte, si el montaje es horizontal, la ganancia energética es menor, pero puede ser aceptable estimándose una reducción en la producción de menos el 10%.

#### **5.1.15. Evaluación de las pérdidas de sistema.**

Es necesario tener en cuenta las pérdidas/caídas de tensión introducidas por los componentes que forman el sistema (regulador de carga, cables de conexión, etc.) Suponiendo que las pérdidas totales del sistema sean aproximadamente del 20%, entonces es necesario aumentar en el mismo porcentaje la potencia pico del SFV.

#### **5.1.16. Selección del inversor.**

El inversor es uno de los componentes más importantes en los sistemas conectados a red, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo FV y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga. Es un dispositivo que transforma la energía continua producida por los módulos (12 V, 24 V, 48 V) en energía alterna (generalmente 220 V), para alimentar el sistema y/o introducirla en la red con la que trabaja en régimen de intercambio. Existen diferentes tipos de inversores, pero se recomienda seleccionarlo en función del tamaño de la instalación que se pretende realizar. El inversor se instala entre el SFV y el punto de conexión a la red. En el mercado también se encuentran inversores incorporados a los módulos FV, formando un único sistema compacto que se puede conectar directamente a las cargas, debe proporcionar la potencia que pueda estar conectada, ya sea así el caso más crítico es cuando todas las cargas están conectadas al sistema ( $P_{total}$ ). Así que el tipo que hay que utilizar se puede identificar una vez decidida la potencia del SFV y por lo tanto el número de módulos FV. En el caso de un sistema aislado, es necesario evaluar la potencia total máxima que tendrá que conectarse al inversor además de tener en cuenta la forma de la onda producida.

### **5.1.17. Clasificación de los SFV por su estructura**

Los SFV, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

- Aislados.
- Conectados a red

Los sistemas aislados, por el hecho de no estar conectados a red eléctrica, normalmente están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el SFV puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche. Durante la fase de radiación es necesario prever una acumulación de la energía no inmediatamente utilizada, que es proporcionada a la carga cuando la energía disponible es reducida e incluso nula. Una configuración de este tipo implica que el SFV debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de radiación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación.

Los sistemas conectados a red normalmente no tienen sistemas de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de radiación es canalizada a la red eléctrica; y durante las horas de radiación escasa o nula, la carga viene alimentada por la red. Un sistema de este tipo desde el punto de vista de la continuidad de servicio resulta más fiable que uno no conectado a red que en caso de avería no tiene posibilidad de alimentación alternativa. La tarea de los sistemas conectados a red es la de introducir en la red la mayor cantidad posible de energía.

Es necesario tener en cuenta que en el caso especial de un sistema conectado a red sin acumulación; es la red misma la que desempeña la tarea de acumulador de capacidad infinita y la carga la representa el usuario conectado a red. La estructura física de un SFV aislado o conectado a red puede ser muy diferente, pero se pueden distinguir tres elementos:

- El campo FV.
- Sistema de acondicionamiento de la potencia.
- Sistema de adquisición de datos.

### 5.1.18. Sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR)

- Los principales componentes que forman un SFCR son:
- Módulos FV.
- Inversor para la conexión a red.
- Dispositivo de intercambio con la red eléctrica.
- Contador de energía bidireccional.

Los módulos FV para SFCR están disponibles en capacidades de 100 Wp a 450 Wp nominales. Esta potencia corresponde a condiciones normalizadas con radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de módulo de 25°C y sin viento. Las tensiones nominales de módulos y arreglos en sistemas autónomos pueden ser de 24 V, 48 V y 90 V, convenientes para acoplarse a bancos de baterías, sin embargo en sistemas conectados con la red se configuran tensiones más elevadas, típicamente de 90 V a 600 V. Determinada la energía consumida, esta tiene que ser suministrada por una fuente y es representada por un panel de módulos FV conectados entre sí de tal forma que son capaces de suministrar la energía necesaria para alimentar la carga eléctrica. Por lo tanto, no solo deben ser capaces de suministrar la energía que se consume a lo largo del día, sino estar un poco sobredimensionados como lo muestra la ecuación 1.5.

$$M = E_c / (E_{gm} * N_{sis}) \quad (1.5)$$

Donde:

M= Número de módulos FV, sin unidades.

EC= Energía consumida diariamente, W-h.

E<sub>gm</sub>= Energía generada diariamente por cada módulo, W-h.

N<sub>sis</sub>= Eficiencia combinada de los controladores, baterías e inversores.

Como cada fabricante suministra la eficiencia de sus equipos electrónicos, el término N<sub>sis</sub> se puede obtener multiplicando la eficiencia de cada uno de los elementos (controlador de carga, inversor, etc.). Sin embargo, la ecuación 1.5 no contempla los parámetros técnicos de los módulos, un factor de sobredimensionamiento, ni el nivel de radiación en el área de estudio, por lo que la ecuación anterior se modifica a la ecuación 1.6.

$$M = E_c / (V_m * I_m * H_p) \quad (1.6)$$

Donde:

M= Número de módulos FV, sin unidades.

Ec= Energía consumida diariamente, W-h.

Vm= Tensión máxima del módulo, V.

Im= Corriente máxima del módulo, A.

hp= Radiación en la localidad, hp

#### **5.1.19. Contador de intercambio de energía.**

El contador mide la energía producida por el SFCR durante su periodo de funcionamiento, necesita dos contadores ubicados entre el inversor y la red; uno para cuantificar la energía que se genera e inyecta en la red para su posterior remuneración y el otro para cuantificar también el pequeño consumo del inversor FV en ausencia de radiación solar, así como garantía para la compañía eléctrica de posibles consumos que el titular de la instalación pudiera hacer. El consumo de electricidad de la empresa se realiza desde la red con su propio contador, siendo una instalación totalmente independiente y en paralelo con la instalación FV.

El mantenimiento de los SFCR es mínimo, y de carácter preventivo; no tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricación. Entre otras cuestiones, se considera recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente. Dos aspectos a tener en cuenta son, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos, y mantener limpias las caras expuestas al sol de los módulos FV. Los SFCR tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se efectúa un mantenimiento preventivo. Básicamente, las posibles reparaciones que puedan ser necesarias son las mismas que cualquier aparato o sistema eléctrico, y que están al alcance de cualquier electricista autorizado. En muchos casos se pueden prevenir las averías, mediante la instalación de elementos de protección como los interruptores termo magnéticos.

En los SFCR, como en cualquier otro tipo de instalación eléctrica de tensión baja, existe la posibilidad de descarga eléctrica y/o cortocircuito. Aunque el riesgo es muy bajo, para evitarlo existen los dispositivos de protección que se montan en las

instalaciones normales: termo magnético, derivaciones a tierras, aislantes, etc. Los tejados FV no deben suponer un riesgo añadido para las personas ocupantes del edificio, ni para la red eléctrica y sus equipos. Para prevenir riesgos, hay que tener en cuenta la importancia de la conexión a tierra de todos los elementos metálicos como medida importante para la seguridad de las personas. Los SFCR no conllevan la exigencia de instalar pararrayos, aunque la instalación de conductores a tierra en los elementos externos puede contribuir a disminuir el efecto electrostático de los rayos.

#### **5.1.20. Costo de un SFV**

Existen dos conceptos de costo que se debe tomar en cuenta al considerar la adquisición de un SFV: el costo de inversión y el costo de energía. El costo de inversión de un SFV depende de diversos factores, como son:

- La capacidad del sistema.
- La preparación y ejecución del proyecto, lo que incluye diseño, instalación, conexión y puesta en marcha del sistema.
- Las características tecnológicas y económicas de los componentes,

Principalmente de los módulos y el inversor.

El costo de energía se refiere al costo por cada kW-h de electricidad producida por el SFV. En el ámbito técnico se denomina costo nivelado de energía y se puede comparar directamente contra el precio de electricidad de la red. En su determinación intervienen los siguientes factores:

- El monto de la inversión.
- La eficiencia con la cual se estará efectuado la conversión de energía solar a eléctrica.
- La localidad donde se instalará el sistema.
- La vida útil del sistema.

Los SFV requieren una importante inversión de capital inicial, pero dependen de las condiciones locales como, la normatividad, radiación solar, espacio disponible,

impacto ambiental y su vida útil esta entre 25 años y 30 años. En algunos casos, la inversión inicial se amortiza sólo por el hecho de que el costo para electrificar la zona es superior al de la instalación de SFV. En muchas ocasiones el SFV presenta un costo por kW-h producido notablemente superior al costo del kW-h comprado de la red eléctrica. Por ello, la rentabilidad de la instalación depende mucho de los incentivos por parte de las administraciones públicas. Para obtener un costo por kW-h producido por un SFV comparable al kW-h comprado de la red, es necesario contar con la financiación de subvenciones en porcentaje entre 70% y 80%.

### **Marco jurídico nacional.**

#### **5.1.21. LEY No. 532**

Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables, Aprobada el 13 de abril del 2005, Publicada en La Gaceta No.102 del 27 de mayo del 2005.

Tiene por objeto promover el desarrollo de nuevos proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables y de proyectos que realicen ampliaciones a la capacidad instalada de generación con fuentes renovables, estableciendo incentivos fiscales, económicos y financieros que contribuyan a dicho desarrollo, dentro de un marco de aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos renovables.

#### **5.1.22. Incentivos:**

Exoneración del pago de los Derechos Arancelarios de Importación (DAI), de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para los proyectos de generación de energía, entre ellos los paneles y baterías solares.

Exoneración del pago del Impuesto al Valor Agregado (IVA), también destinado a todas las inversiones en distribución asociadas a proyectos de generación, entre ellos la compra de paneles y baterías solares.

#### **5.1.23. Ley Nº 554**

Ley de estabilidad energética, aprobada el 03 de noviembre del 2005, publicada en la gaceta No. 224 del 18 de noviembre del 2005

Artículo 4, inciso b: Se otorga un subsidio tarifario a todos aquellos clientes domiciliarios que consuman 150 kWh o menos al mes.

El monto mensual correspondiente a tal subsidio, previa certificación del Ente Regulador de la Energía será acreditable en las declaraciones del IVA que las Empresas de Distribución Eléctrica realizan mensual ante la DGI.

#### **5.1.24. Normativa nacional existente**

A través de diversos documentos, la Unión Europea ha establecido 3 objetivos en materia de energía y cambio climático para el año 2020 (conocidos como 20-20-20 para 2020): Incremento de un 20% de la eficiencia energética. Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20%. Aumento hasta el 20% de la contribución de las energías renovables en el consumo energético A nivel nacional, el Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 establece medidas que permitirán alcanzar en el año 2010 una contribución de las fuentes de energía renovables del 12,1% de la demanda total de energía primaria. En el caso del consumo bruto de electricidad, las energías renovables deben contribuir en un 30,3%, mientras que el consumo de biocarburantes será del 5,83% del consumo total de gasolina y gasóleo previsto para el transporte.

## 6.Desarrollo

### 6.1. Diagrama de flujo del cálculo de un sistema fotovoltaico.

Para el cálculo, diseño del sistema fotovoltaico se requiere seguir los pasos del diagrama de flujo que se muestran en la **figura 6.1**.

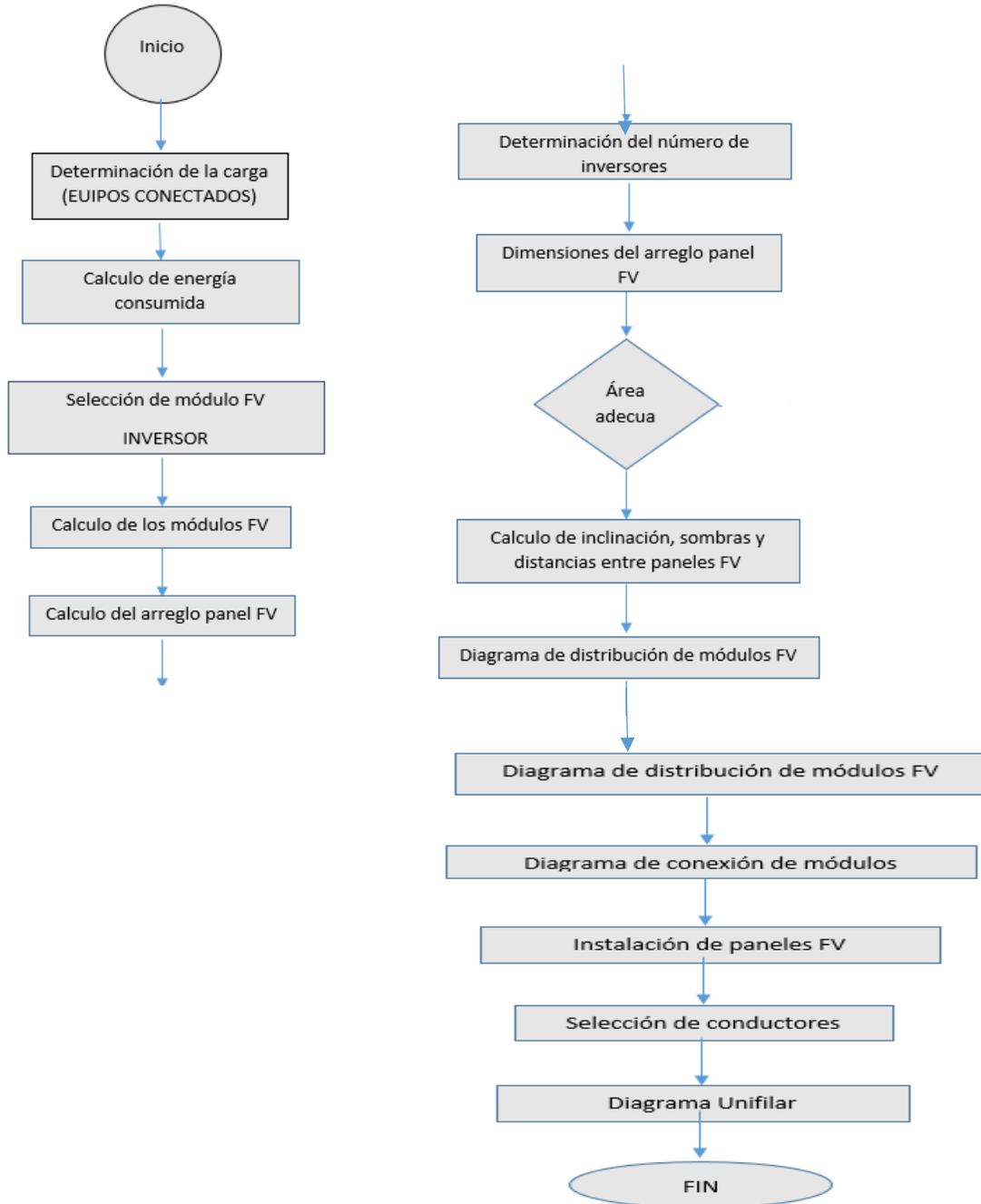


FIGURA 6. 1 DIAGRAMA DE FLUJO.

## 6.2. Emplazamiento de la instalación

La ubicación de la instalación que se proyecta se localiza en un edificio existente situado en el casco urbano de la ciudad de Managua concretamente de la clínica don Bosco ½ c. al sur.

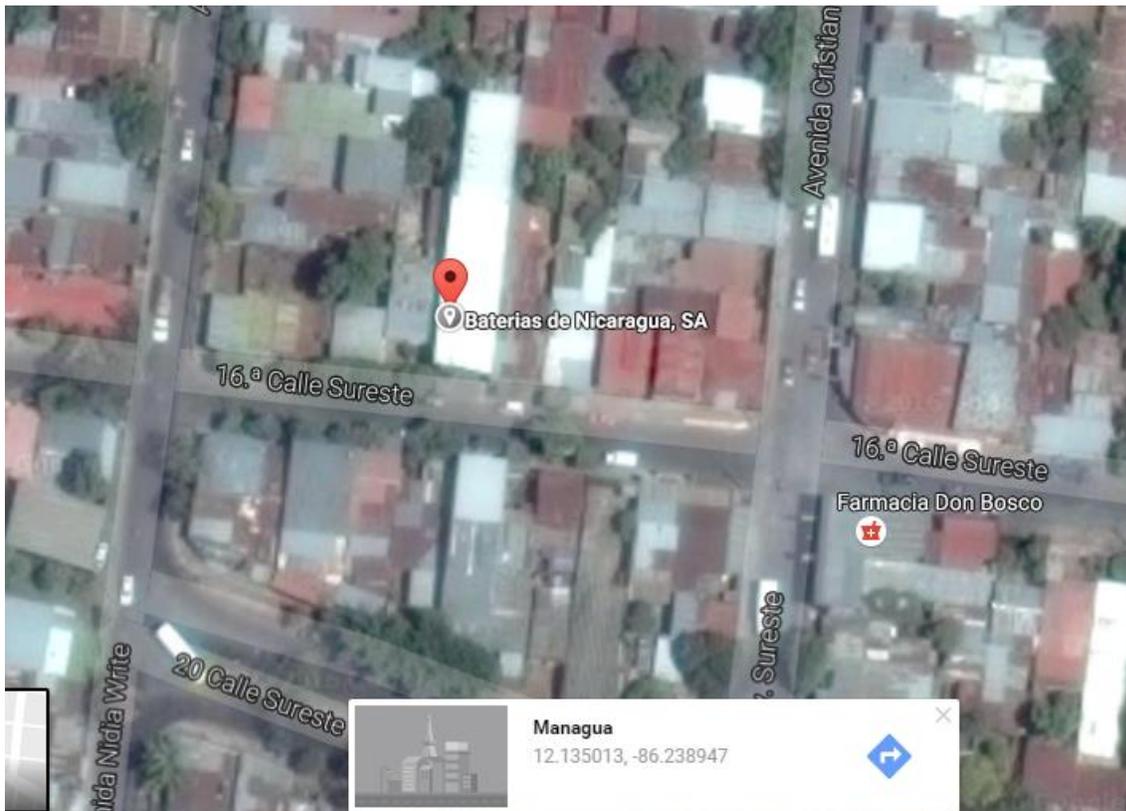


Figura 6.2 vista aérea donde está ubicada la empresa BATNICA.

Fuente: Google maps.

La empresa se localiza a 283m sobre el nivel del mar y sus coordenadas son:

- Latitud :12°,135',5013"
- Longitud: -86°,238',8947"

La **figura 1.6 y 1.7** muestra el mapa solar del sitio donde se encuentra ubicada la empresa.



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



Latitude **12.135** / Longitude **-86.239** was chosen.

	Unit	Climate data location						
Latitude	°N	12.135						
Longitude	°E	-86.239						
Elevation	m	285						
Heating design temperature	°C	20.39						
Cooling design temperature	°C	32.39						
Earth temperature amplitude	°C	10.65						
Frost days at site	day	0						

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	25.4	62.2%	5.55	98.0	5.7	26.4	0	479
February	26.5	56.8%	6.06	98.0	5.1	28.3	0	466
March	27.7	53.0%	6.69	97.9	4.5	30.6	0	545
April	28.4	54.3%	6.52	97.9	3.7	31.8	0	549
May	26.9	70.7%	5.77	97.9	3.4	28.8	0	526
June	25.6	80.5%	5.69	97.9	3.6	26.4	0	475
July	25.5	78.1%	5.78	98.0	4.4	26.0	0	489
August	25.5	78.5%	5.75	98.0	3.8	26.1	0	491
September	25.2	81.1%	5.36	97.9	3.2	25.9	0	467
October	24.9	80.2%	5.27	97.9	3.7	25.4	0	473
November	24.7	75.4%	5.24	97.9	4.5	25.0	0	453
December	24.9	68.2%	5.33	98.0	5.7	25.4	0	470
<b>Annual</b>	25.9	69.9%	5.75	97.9	4.3	27.2	0	5883
Measured at (m)					10.0	0.0		

**FIGURA 6. 3** Datos de radiación solar de la ubicación de la empresa.

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>

A continuación, se describe cada uno de los pasos que marca la metodología de la **figura 6.1**.

1. Para realizar el cálculo del sistema fotovoltaico, se debe de obtener la carga instalada de los equipos conectados en la empresa BATNCSA.
2. En este paso se calcula la energía consumida, con base a las horas en que se utilizan los equipos en todas las áreas de la empresa.
3. El paso siguiente es seleccionar el módulo FV e inversor de un fabricante.

4. Lo siguiente es calcular el número total de paneles FV que sean adecuados para la carga instalada en la empresa.
5. A continuación se calcula el arreglo del panel FV dependiendo de las especificaciones de entrada/salida del inversor y panel.
6. Para transformar la corriente continua en corriente alterna se usan inversores, este paso consiste en calcular el número de inversores para el sistema fotovoltaico.
7. Ya seleccionados los paneles fotovoltaicos, se procede a calcular el área total que ocuparan estos; si excede el área total disponible, se tiene que volver a seleccionar el módulo FV e inversor, tal como lo se describe en el paso 2 y seguir los pasos correspondientes. Si el área es la adecuada se continúa.
8. Después se calcula la inclinación, sombras y distancia entre paneles que son necesarios para un buen uso y aprovechamiento de estos.
9. En este paso se refiere al diagrama de distribución de los paneles FV sobre el techo de la empresa.
10. Lo que sigue es realizar el diagrama de instalación eléctrica de los paneles FV, que incluye conexión serie y paralelo.
11. En este paso se realiza el diagrama de anclaje de los paneles FV sobre el techo de la empresa BATNICSA, en donde se explicará cómo serán instalados los paneles fotovoltaicos en el techo de la empresa BATNICSA y la manera en que serán anclados al mismo.
12. La determinación de los conductores en este paso, se hace necesaria para tener en cuenta la normatividad que debe ser utilizada en la selección de los conductores.
13. En este paso se hará el diagrama unifilar del SFV.

### **6.2.2 Carga efectiva de los equipos conectados a la red eléctrica de la empresa BATNICSA.**

En esta sección se realizó un inventario de cada uno de los equipos existentes en la empresa en la (figuras 6.2, 6.3, 6.4, 6.5) se muestran los equipos con sus especificaciones.



**FIGURA 6.4** Lámparas led



**FIGURA 6.5** Aire a condicionado inverter



**FIGURA 6.6** Abanico de techo



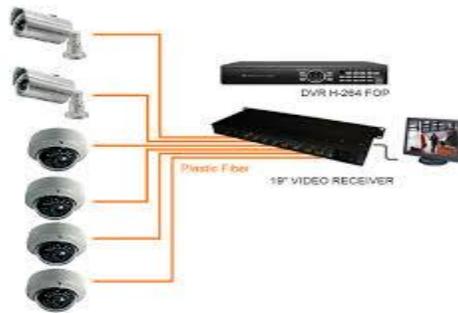
**FIGURA 6.7** PC de escritorio



**FIGURA 6.8** oasis



**FIGURA 6.9** Computadora portátil



**FIGUARA 6.10** Sistema CCTV

Fuente: EMPRESA, BATERIAS DE NICARAGUA S, A (BATNICSA)

Cargas conectadas	UNIDADES	TENSION	POTENCIA	HORA/DIA	ENERGIA DIARIA WH/DIA	ENERGIA KWH/MES
Unidades de inverter 24,000Btu	3	240v	1728W	8	41472	1244.16
Abanico de techo 100Btu	6	120v	100W	5	3000	90
Pc de escritorio oasis	8	120v	100W	9	7200	216
Luces LED	1	120v	150W	8	1200	36
Laptop	20	120v	20W	10	4000	120
Sistema CCTV	3	120v	150W	8	3600	108
Total	1	120v	661W	24	15878	476.34
			8245W		76350	2290.5

Cuadro 1.2.2: EQUIPOS CONECTADOS.

### 6.3.1. Energía consumida

Se tiene que la carga total para la empresa BATNICSA es de 8245 Watts al día si es que todos los equipos están conectados por eso se crean diferentes tiempos de utilización de los equipos en la empresa. El promedio de tiempo de utilización (T) de la empresa se calcula dividiendo el tiempo total entre 1 como se muestra en la ecuación

$$T_n = \frac{(tiempo\ total)}{1}$$

$$T = \frac{(24)}{1} = 24h$$

Con la ecuación 1.8 se calcula el promedio de tiempo total de utilización de la empresa: dividiendo la suma de los promedios T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7 (lista de equipos conectado a la red clase), entre 1, como se muestra a continuación:

$$T_{promedio} = \frac{(T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7)}{1} \quad 1.8$$

$$T_{promedio} = \frac{(8+5+9+8+10+8+24)}{7} = 10.28 \text{ Horas diarias}$$

Se obtiene un tiempo de 10.28 h, pero debido a que se toman valores de tiempo cuando toda la empresa está operando, esto quiere decir que todos los equipos están encendidos. La energía consumida diariamente se calcula aplicando la

ecuación 1.9, con los datos de la potencia total y el tiempo promedio, siendo esta de:

$$Ec = (8245w)(10.28h) = 84758W/h \quad 1.9$$

Como dato adicional, podríamos calcular el consumo total anual (LT) y medio anual (Lma), con la ecuación 2.0

$$LT: (lma)(365) \text{ dias} \quad 2.0$$

$$LT: (84758.6w/)(365)$$

$$LT: 30,936,889 \text{ kwh/año}$$

### **6.3.2. Selección de los módulos de FV e inversor**

Una vez obtenida la energía consumida diariamente, se selecciona un proveedor de módulos FV. Una de las principales razones para la selección de los módulos es la eficiencia y su potencia pico, ya que, a mayor eficiencia y potencia, menor número de módulos por instalación y área a utilizar. Se optaron por módulos mono cristalinos marca powerwell de 320 W (**figura 6.7**), ya que su potencia es una de la más alta en su clase y su material tiene una mayor eficiencia a comparación de otros materiales, (silicio poli-cristalinos, silicio amorfo, arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre), además de que permite al módulo operar sin problemas en múltiples configuraciones de montaje, más datos del módulo FV se muestran en el anexo. A1.



**FIGURA 6. 11** Modulo mono cristalino.

Fuente: Zhejiang Powerwell Solar Energy Co., Ltd.

Considerando que el inversor a utilizar debe proporcionar la potencia que pueda estar conectada al sistema y las características de la instalación (monofásica, trifásica, etc) en donde el caso más crítico es cuando todas las cargas ( $P_{total}$ ) están conectadas al SFV, así como los parámetros de entrada del inversor, por lo que se selecciona un inversor para conexión a red (**figura 6.8**) con una potencia máxima de salida de 6 kW, tensión nominal de 120/240V de corriente alterna, de la marca Schneider Electric, cuyas características se muestran en el anexo A2.



**FIGURA 6. 12:** Inversor.

Fuente: solar.schneider-electric.com

### 6.3.3. Calculo del número de módulos fotovoltaicos

Considerando las especificaciones de salida del módulo FV que se encuentra en el anexo A2, se calcula el número de módulos que necesita el sistema FV con la ecuación 1.10.

$$No\ panles = \frac{ET * 1.3}{Hps * PP} = \frac{(84758W/h)(1.3)}{(5h)(320W)} = 68.86 = 69\ Paneles$$

$$Nmax = 69\ Modulos$$

Donde:

ET: Potencia Total

1.3: Factor de Seguridad

PP: Potencia nominal del panel

Hps: Horas pico sol

De acuerdo al cálculo se tienen que utilizar 69 módulos FV para cubrir la carga requerida de los equipos conectados en la empresa BATNICSA

### 6.3.4. Calculo del arreglo de los paneles FV

Para calcular el número de filas de módulos en serie que se van a conectar para un inversor, se emplea la ecuación 1.11 viene limitado por la tensión mínima de entrada al inversor Por ello se debe dimensionar, de manera que el número mínimo de módulos conectados en serie se obtenga como el cociente de la tensión mínima de

entrada del inversor el PMP y de la tensión mínima del módulo en el punto de máxima potencia para  $1000W/m^2$ .

$$\text{No. de filas en serie} = \frac{V_{inv}}{V_m} \quad (1.11)$$

$$\text{No. de Columnas en paralelo} = \frac{I_{inv}}{I_m} \quad (1.12)$$

Se considera una tensión de entrada del inversor de 48 V, de las especificaciones de valor de tensión de entrada.

$$V_{inv} = 48V$$

Aplicando la ecuación 1.11 se obtiene el número de filas en serie

$$\text{No de fila en serie} = 48V / 12V = 4 \text{ filas en serie.}$$

Aplicando la ecuación 1.11 se obtiene el número de filas en serie

$$\text{No de fila en serie} = 48V / 12V = 4 \text{ filas en serie.}$$

Aplicando la ecuación 1.12 se obtiene el número de columnas en paralelo.

$$\text{No. de columnas en paralelo} = 45A / 26.66A = 2 \text{ columnas en paralelo.}$$

Para asegurar si la tensión de los 7 módulos en serie no rebasa la tensión de entrada del inversor se hace la siguiente comprobación, multiplicando el número de módulos por la tensión de salida de cada módulo.

$$(4 \text{ módulos}) (12 \text{ v}) = 48 \text{ v}$$

Al igual que los módulos en serie, se hace la misma comprobación para los módulos en paralelo, en este caso se multiplica la corriente de salida del módulo por el número de módulos en paralelo.

$$(2 \text{ módulos}) (26.66 \text{ A}) = 53.32 \text{ A}$$

### **6.3.5. Determinación de número de inversores**

Para asegurar que los inversores cubren la potencia requerida para la carga de la empresa BATNICSA, se hace la siguiente comprobación, multiplicando el número de inversores por la potencia de salida del inversor.

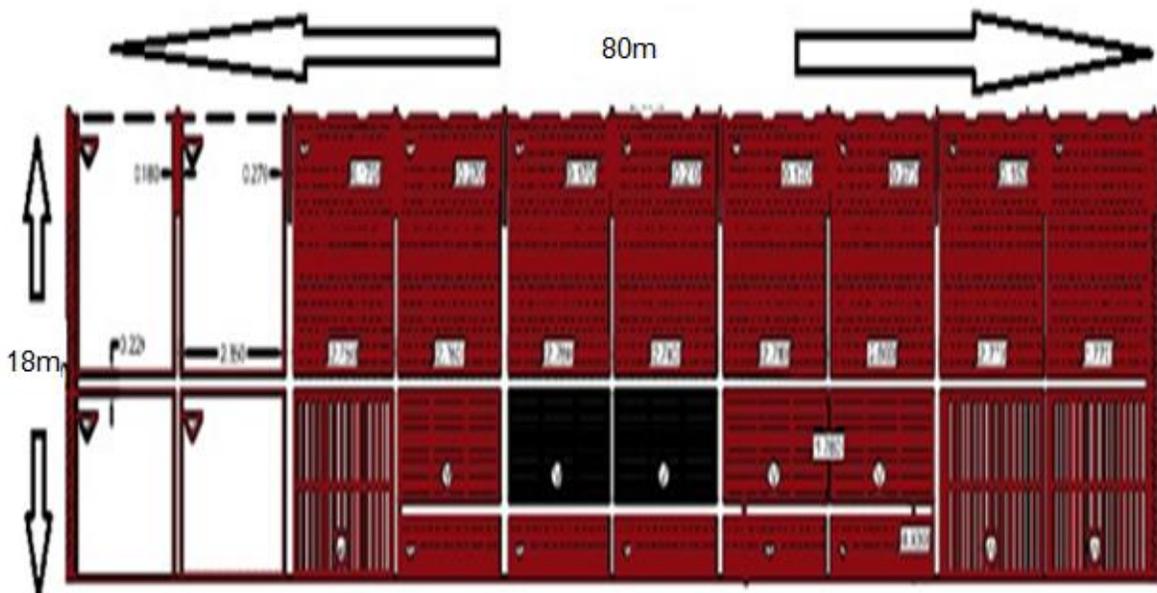
$$(2)(6 \text{ kw}) = 1275 \text{ kw}$$

### 6.3.6. Instalación del SFCR para la empresa BATNICSA

El Sistema fotovoltaico conectado en red se instalará en la Empresa Baterías de Nicaragua, con el propósito de inyectar energía eléctrica a la Empresa La figura 6.10 muestra la posición geográfica de la empresa BATNICSA

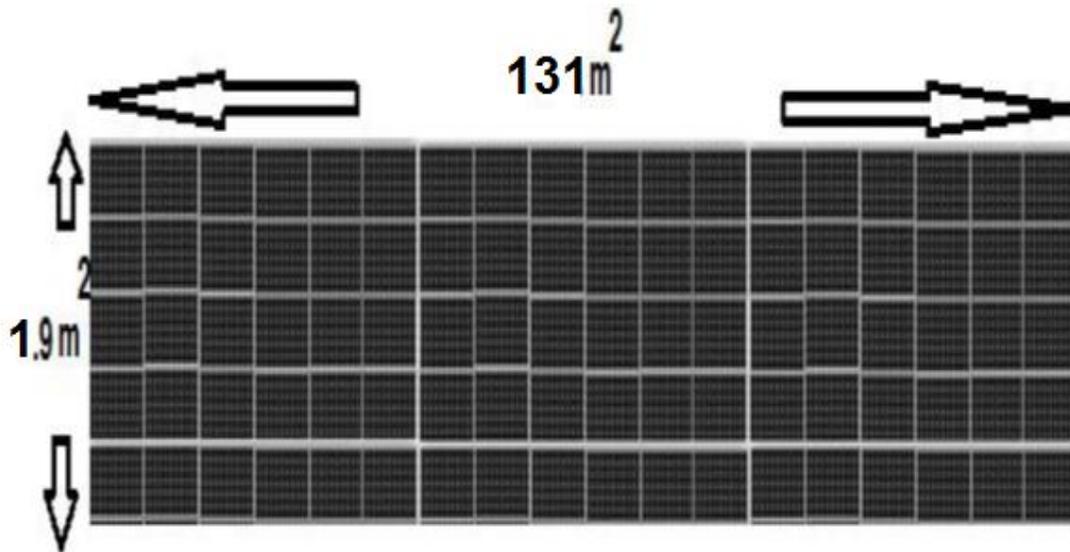


**Figura 6.13** vista aérea de la empresa BATNICA.  
Fuente: google maps.



**FIGURA 6. 14** Dimensiones de la empresa BATNICA  
Fuente: Diseño y Construcción de BATNICA.

El área que se va a ocupar tomando en cuenta los diferentes tipos de dimensiones de los módulos y los arreglos por inversor, se distribuye el arreglo de la **figura 6.9** de tal manera que no rebase al área a utilizar y tomando en cuenta como recomendación que el número de módulos que se pueden conectar en serie son 2 por lo que las dimensiones de los paneles FV que se van a utilizar quedan de la siguiente manera (1.9m<sup>2</sup>) (69 módulos) =área de 131 m<sup>2</sup> como lo muestra la **figura 6.15**.



**FIGURA 6. 15** PANEL FOTOVOLTAICO DE 18\*5 MODULOS.

Fuente: propia basados en las ecuaciones.

Se instalarán 3 paneles como el de la **figura 6.12**, para así obtener las condiciones de entrada de cada inversor, además de los 69 módulos este sistema fotovoltaico generara un poco más en el sistema.

Ya que el inversor entrega más potencia cuando opera en condiciones normales. Para asegurar que el área del techo es adecuada para la instalación de los paneles FV se hace la siguiente comprobación, utilizando las dimensiones de la empresa BATNCSA y las áreas de los paneles.

$$\text{Área del techo de BATNCSA} = (18\text{m}) (80\text{m}) = 140\text{m}^2$$

$$\text{Área total de PFV} = (1.75\text{m}^2) (69 \text{ paneles}) = 120\text{m}^2$$

Por lo que el área es suficiente para colocar los paneles FV.

### 6.3.7. Cálculo de inclinación, sombras y distancia entre paneles.

Teniendo en cuenta que la trayectoria del Sol durante un día es de Este a Oeste, pero la trayectoria durante un año es de Norte a Sur (figura 6.13) se requiere que los paneles fijos se coloquen inclinados hacia el Sur (figura 6.14). El ángulo óptimo del panel que garantice su mejor aprovechamiento varía de acuerdo al lugar, por lo que el cálculo de inclinación del panel FV se obtiene de acuerdo a la ecuación 1.4 y el valor de la latitud para Managua se obtiene de la tabla 1.1.

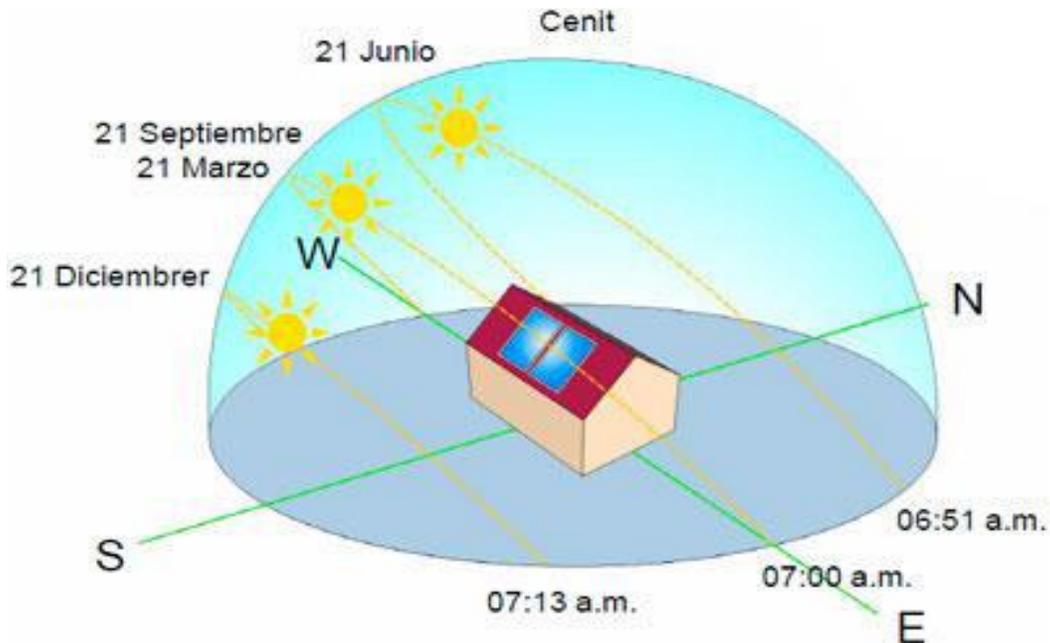


FIGURA 6. 16 Trayectoria del sol.

Fuente: <http://www.sunra.mx/img/trayectoria.jpg>

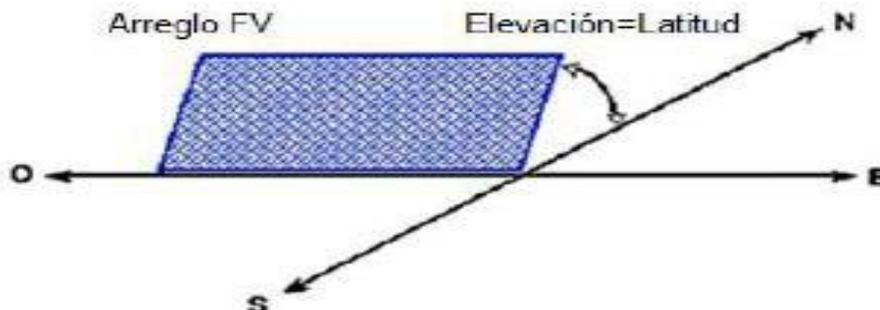
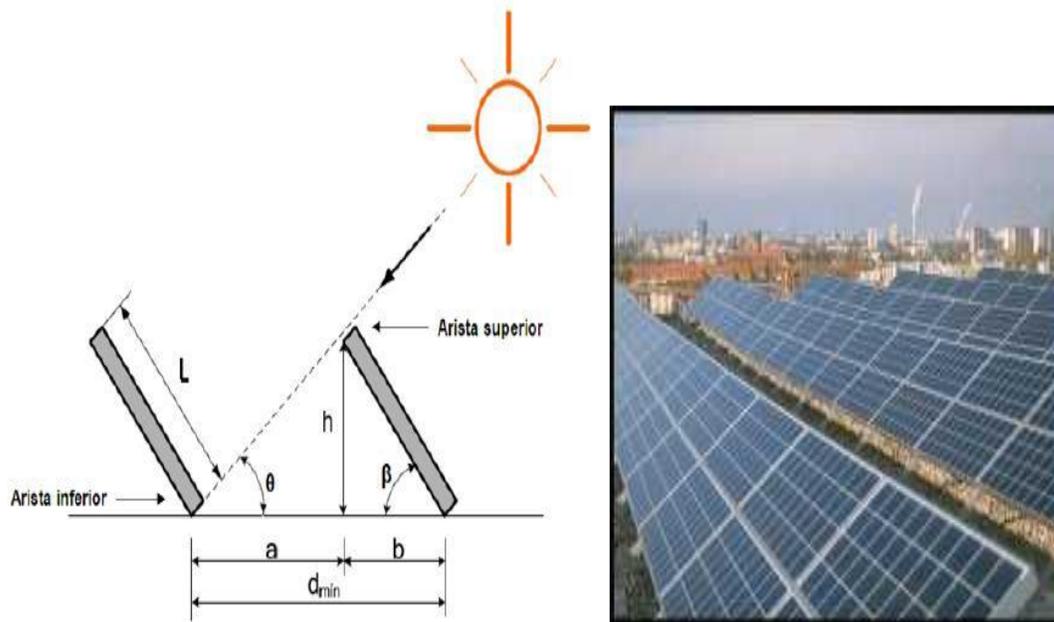


FIGURA 6. 17 Orientación de la estructura fija para maximizar la captación de radiación solar.

Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/images/image49s.gif](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/images/image49s.gif)

La distancia entre paneles se establece de tal forma que al medio día, la sombra de la arista superior del panel se proyecte, como máximo, sobre la arista inferior del panel siguiente, tal y como se observa en la **figura 6.15**.



**FIGURA 6. 17** DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ARISTAS DE LOS ARREGLOS FOTOVOLTAICO.

Fuente: <http://oretano.iele-ab.uclm.es/~arodenas/solar/fig3.3.bmp>

Inclinación=Latitud + 10° (1.4)

Inclinación: 12.1°+10°

Inclinación: 22.1°

Donde:

d<sub>min</sub>: Distancia mínima entre aristas de paneles para evitar sombras, m.

L: Longitud del panel (columna de módulos en paralelo), m.

h: Altura solar al medio día, m.

β: Grado de inclinación del panel respecto a la horizontal, °.

θ: Ángulo de la sombra respecto a la horizontal, °.

a: Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro, m.

b: Distancia de la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal, m.

Una vez obtenido el grado de inclinación del panel que es  $22.1^\circ$  y la longitud del panel (L) que es 8.5 m, se calcula la altura solar al medio día.

$$h = \text{Sen } B * L = (\text{Sen } 22.1^\circ) (8.5\text{m}) = 3.19$$

Con los mismos datos se calcula la distancia "b".

$$B = \text{cos } B * L = (\text{cos } 22.1^\circ) (8.5\text{m}) = 7.87$$

Considerando el ángulo de inclinación del panel y los ángulos rectos que se forman, se complementan los demás ángulos y se determina que el ángulo  $\theta$  es de  $60^\circ$ .

Enseguida se calcula la distancia "a", utilizando como dato la altura (h) y el ángulo  $\theta$ .

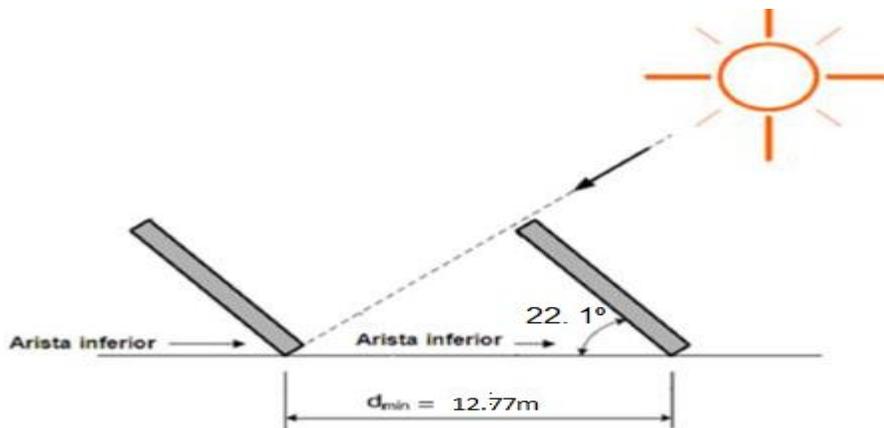
$$a: h / \tan \theta$$

$$a: \frac{3.19}{\tan 60^\circ} = 1.84$$

Por último, se suma la distancia "a" más la distancia "b" para obtener la distancia mínima entre aristas de paneles, para evitar la sombra sobre otro panel.

$$d_{\text{min}} = a + b = 1.84\text{m} + 7.87\text{m} = 12.77\text{m}$$

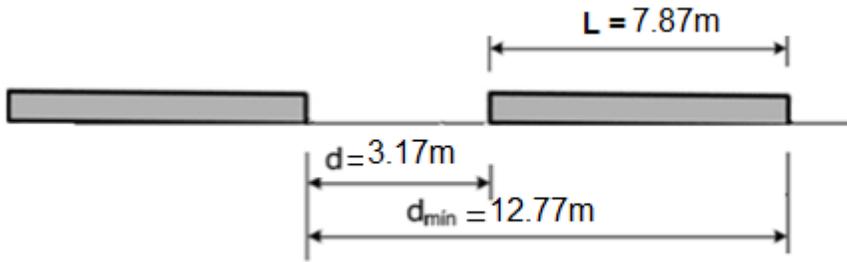
Por lo que la distancia entre las aristas inferiores tiene que ser igual o mayor a 12.77 m (**figura 6.16**).



**FIGURA 6. 18** Distancia entre aristas inferiores.

Fuente: propia con los caculos

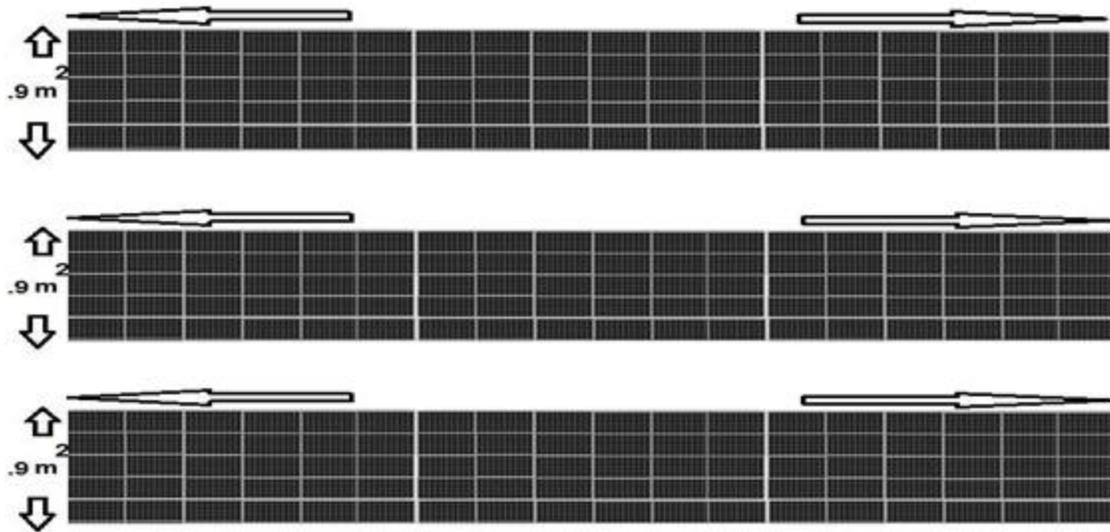
La distancia que debe de haber entre el final de un panel y el inicio de otro (d) es igual a  $d_{\text{min}}$  menos la distancia del módulo (L), por lo que la distancia (d) es igual 3.17 (**figura 6.19**).



**FIGURA 6. 19:** Distancia entre paneles  
Fuente: propia con los cálculos

### 6.3.8. Diagrama de distribución de los paneles FV

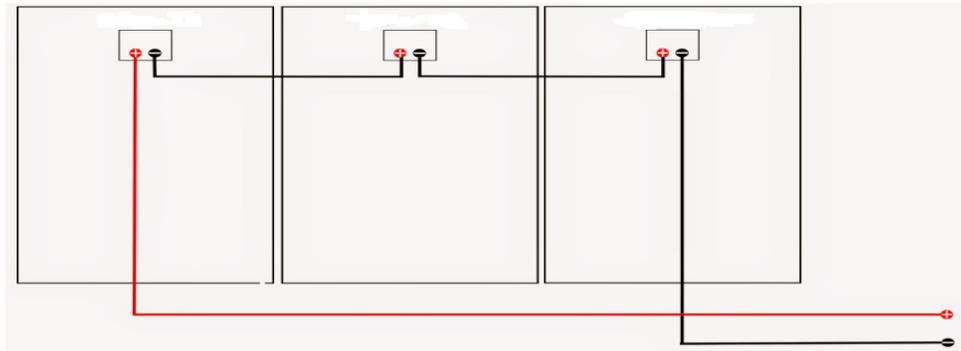
Considerando las dimensiones de los paneles y el área del techo de BATNICSA se tomará una distancia entre paneles de 0.8 m. para mayor fiabilidad. Distribuyendo los paneles como se muestra en la **figura 6.18** y con una separación de 12.7 m. entre los paneles de las filas y columnas, se observa que el área es suficiente para arreglo de 69 módulos FV.



**FIGURA 6. 20** Distribución en el area de la azotea de la empresa BATNICSA  
Fuente: propia arreglo fotovoltaico con las ecuaciones

### 6.3.9. Diagrama de conexión de los módulos FV

La conexión de los módulos de los tipos de paneles a utilizar se hace de la siguiente manera, 69 módulos se conectan en serie y así mismo estas en paralelo, por lo que el panel se encuentra en conexión mixta como se muestra en la figura 6.20.



**FIGURA 6. 21:** Conexión del panel FV.

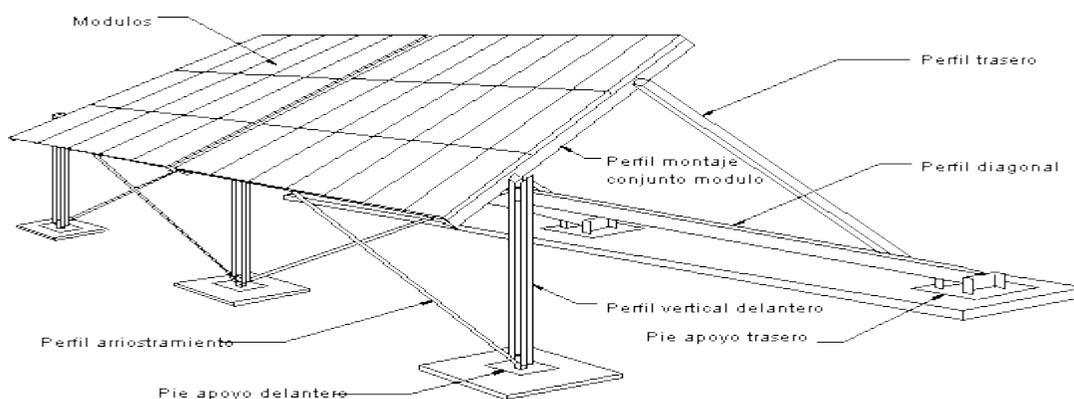
Fuente: [www.google.com.ni/search?q=conexión+MIXTO+del+panel+fv&tbn](http://www.google.com.ni/search?q=conexión+MIXTO+del+panel+fv&tbn)

### 6.3.10. Diagrama de instalación de anclaje de los módulos

La instalación se hará sobre la superficie de techo de la empresa, por lo que se considera adecuado utilizar una estructura fija tipo alfa. Las especificaciones de la estructura seleccionada se pueden ver en el anexo A4.

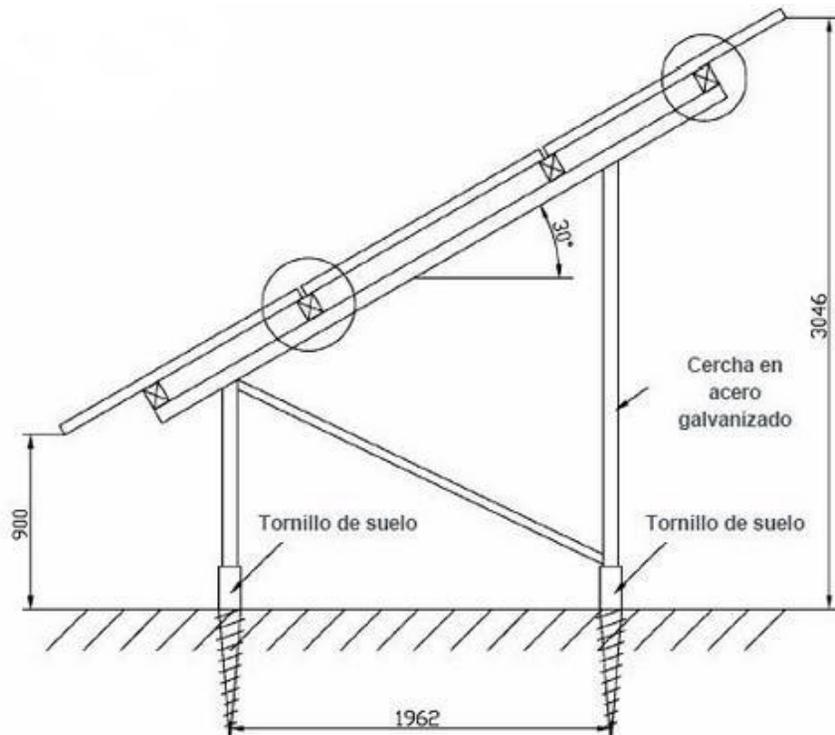
### 6.3.11. Estructura (fija)

La estructura es altamente resistente, estable para el diseño y dimensionado de la estructura que soporta los módulos FV teniendo en cuenta todas las sobrecargas, las reales por el peso de la misma estructura, así como las consideradas por condiciones meteorológicas (**figuras 6.23 y 6.24**).

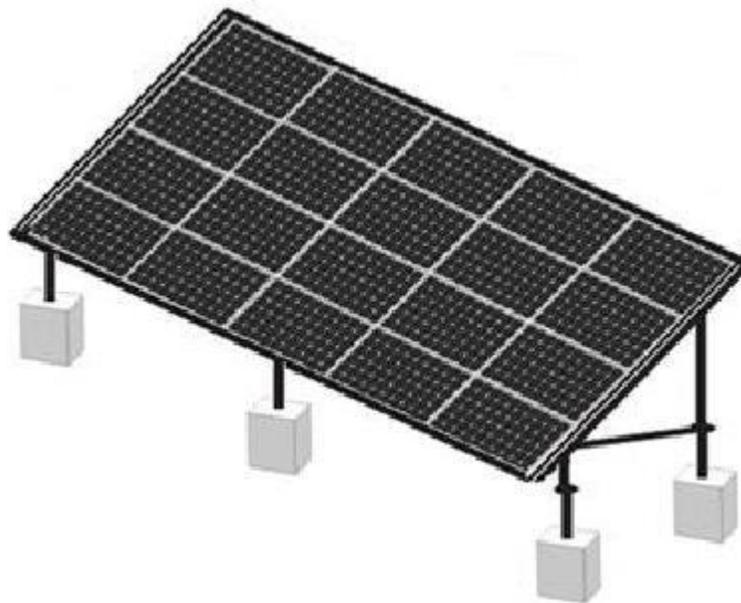


**FIGURA 6. 22** Estructura para el modulo fotovoltaico.

Fuente: [www.tecnicsuport.com/enerenov/taulesconsulta/fotovoltaics/estruc8.gif](http://www.tecnicsuport.com/enerenov/taulesconsulta/fotovoltaics/estruc8.gif)



**FIGURA 6. 24** Medidas de la estructura para los módulos FV (Vista lateral).  
 Fuente: [opex-energy.com/fotovoltaica/estructura%20modulos.JPG](http://opex-energy.com/fotovoltaica/estructura%20modulos.JPG)



**FIGURA 6. 25** Anclaje de los paneles FV.  
 Fuente: [i.ytimg.com/vi/x8j2hvo5reA/hqdefault.jpg](http://i.ytimg.com/vi/x8j2hvo5reA/hqdefault.jpg)

### 6.3.12. Selección de los conductores

Recomendaciones para la selección del cable conductor para un sistema fotovoltaico.

a) Capacidad de conducción de corriente eléctrica y dispositivos de protección contra sobre corriente. La capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores y la especificación o ajuste de los dispositivos de protección contra sobre corriente en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no deben ser menores a 125% de la corriente eléctrica calculada. b) Cable con conductor dúplex. Se permite cable tipo TWD-UV en circuitos de la fuente fotovoltaica, cuando se instalen a la intemperie y expuestos a los rayos del Sol. c) Cables y cordones flexibles. Cuando se usen cables y cordones flexibles para conectar las partes móviles de seguidores solares, se debe cumplir con lo indicado y deben ser cordones para uso extra rudo

Por lo que los cables indicados para el SFCR son los cables tipo PV ZZ-F (AS) de la marca TOPSOLAR (figura 6.29), ya que las propiedades que ofrecen los convierten en los ideales para aplicaciones fotovoltaicas más especificaciones en anexo A3.



**FIGURA 6. 27** Cables tipo PV ZZ-F (AS).

Fuente: topsolar

Estos cables soportan temperaturas extremas, humedad, acciones químicas, servicios móviles. Todo ello garantizando las máximas prestaciones de seguridad en caso de incendio. Los cables tipo PV ZZ-F (AS) para paneles solares son de muy fácil instalación y ofrecen un rendimiento alto y fiabilidad a largo plazo en instalaciones fotovoltaicas, fabricados con poliolefinas especiales, estos cables unipolares con doble aislamiento tienen capacidad para transportar corriente continua hasta 1800 V de manera eficiente.

La prestación más demandada para un cable fotovoltaico es la de ofrecer una vida útil de al menos 25 años de perfecta funcionalidad en cualquier instalación Fotovoltaica que esté correctamente diseñada y en adecuadas condiciones de uso mantenimiento durante ese período. Las principales características de un cable tipo PV ZZ-F (AS) se pueden resumir en tres conceptos:

- Resistencia térmica, que se comprueba mediante ensayos de endurecida térmica.
- Resistencia climática (UV, frío, humedad), que se comprueba mediante ensayos de resistencia a la intemperie.
- Resistencia al incendio, que se comprueba mediante ensayos de incendio. Los materiales de aislamiento y de cubierta han de ser de alta calidad reticulados, de alta resistencia mecánica además de flexible. El conductor de los cables del cableado de los módulos y hasta la caja de conexiones debe ser estañado, ya que confiere una mayor resistencia a la posible corrosión por oxidación.

### **6.3.13. Calculo de cableado y canalizaciones**

La intensidad soportada por los conductores no será inferior al 125% de la máxima intensidad del generador, según la misma ITC mencionada en el anterior punto.

Número de módulos en serie. Número de ramas por caja. Distancias.

El conductor a utilizar en la instalación variará según la aplicación de éste. La unión entre módulos se realizará mediante los propios conectores y conductores incluidos en el módulo. En caso de ser necesario llevar uno de los dos polos hasta la caja de conexión más cercana o inversor, cuya característica principal es el aumento de resistencia ante los rayos ultravioletas.

En la zona interior del centro de transformación, el conductor a utilizar será libre de halógenos con aislamiento.

Las fórmulas básicas empleadas en la elaboración de esta tabla son las siguientes:

Tensión continua:

Tensión alterna trifásica, Corriente continua, Corriente alterna trifásica

#### **6.3.14. Cableado entre paneles y de cada panel a cada inversor**

Si buscamos en lo que se refiere a cables con conductores de cobre en instalación tenemos:

Coeficiente de corrección F para temperaturas ambiente distintas de 40°C. Tendremos cable recubierto por PVC, cuya temperatura máxima de servicio es de 70°C. Además, sabemos que la temperatura media del mes más cálido es de 22°C. Interpolando los valores de la tabla de la ITC.

-Intensidad máxima admisible para cables de cobre de sección nominal, aislamiento de PVC, en servicio permanente y en instalaciones al aire Se comprueba que:

$$I_{diseño} < I_{máx}'$$

#### **6.3.15. Cableado entre inversores y caja de conexiones**

Parámetros para el cálculo de la intensidad.

-Potencia pico instalada - Potencia máxima que saldrá de cada inversor - tensión nominal, corriente.

Coeficiente de corrección F para temperaturas ambiente distintas de 40°C. Tendremos cable recubierto por PVC, cuya temperatura máxima de servicio es de 70°C. Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire.

-Intensidad máxima admisible para cables de cobre de sección nominal, aislamiento de PVC, en servicio permanente y en instalaciones al aire. Se comprueba, por tanto, que usando cables se cumple el criterio de:

$$I_{diseño} < I_{máx}'$$

Aunque para algunos de los grupos de inversores se usa cable de 10 mm<sup>2</sup> de sección, no es necesario comprobar si cumplen el criterio de intensidad máxima puesto que sólo varía a la sección respecto del cálculo anterior. Puesto que ésta es mayor, la intensidad máxima permitida será mayor aún.

#### **6.3.16. Cableado entre la caja de conexiones y el punto de conexión a la red.**

Se trata de un cable trifásico con neutro que se llega al punto de entronque. Si buscamos en el RBT en lo que se refiere a cables con conductores de cobre en instalación al aire tenemos:

- Coeficiente de corrección F para temperaturas ambiente distintas de 40°C. Tendremos cable recubierto por PVC, cuya temperatura máxima de servicio es de 70°C. Además, sabemos que la temperatura media del mes más cálido es de 22°C. Interpolando los valores de la tabla de la ITC.

- Intensidad máxima admisible para cable trifásico de cobre de sección nominal 150 mm<sup>2</sup>, aislamiento de PVC, en servicio permanente y en instalaciones al aire.

Se comprueba que  $I_{diseño} < I_{máx}$

### 6.3.17. Diagrama unifilar

Para la instalación, también se debe contar con un diagrama unifilar (figura 6.30), en donde se muestran los equipos que contiene el sistema fotovoltaico, tales como la acometida, transformador, contador bidireccional (que tiene la función de contabilizar la energía recibida por la compañía suministradora y la energía que es enviada al sistema eléctrico), interruptores de transferencia, tableros para cada piso, inversores, paneles solares.

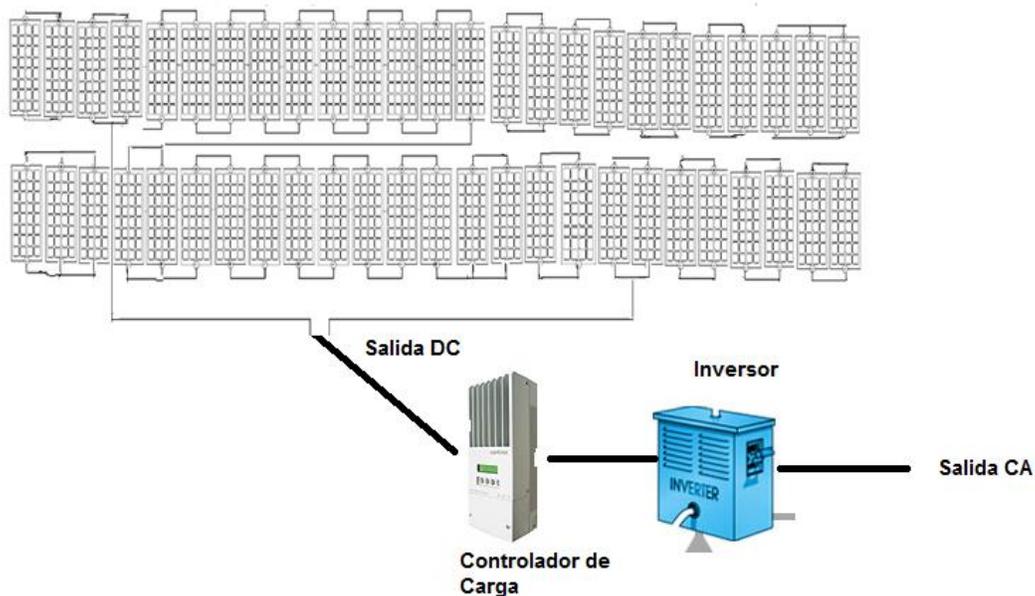


FIGURA 6. 28 Diagrama unifilar del SFV

Fuente: propia

### 6.3.18. Mantenimiento del SFCR

Para tener un control óptimo general del SFCR y de las tareas particulares a realizar, la forma de hacerlas y reportes de operación a llenar, se deben de llevar a cabo tres tipos principales de mantenimiento:

- 1 Mantenimiento Preventivo
- 2 Mantenimiento Correctivo
- 3 Mantenimiento Predictivo

### 6.3.19 Mantenimiento d preventivo

Tiene por objeto prevenir el funcionamiento ineficiente de un sistema manteniendo las mismas condiciones óptimas que existían en su puesto en marcha inicial y

minimizando el riesgo de aparición de averías. Las operaciones relativas al mantenimiento preventivo de la instalación se realizarán siguiendo un esquema realizado previamente con todas las tareas asignadas, donde para mayor comodidad se pueden ver reflejadas en una tabla donde se indicará la tarea a realizar y su periodicidad en el tiempo. En todo mantenimiento preventivo se debe prestar una atención mayor a aquellos equipos e instalaciones que hubieran sido objeto de un mayor número de incidencias según el registro de historial que se lleve. El mantenimiento de los paneles FV es mínimo, no tiene partes móviles sometidas a desgaste, no requiere cambio de piezas (salvo que se rompan por alguna circunstancia no prevista) o lubricación. Dos aspectos a tener en cuenta son por asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos y mantener limpios los módulos FV donde normalmente la lluvia se encarga de realizar la limpieza de los mismos. Las tareas a realizar son: a. Inspección visual de residuos. b. Limpieza de paneles. c. Inspección del cableado de los paneles. d. Control de las características eléctricas del módulo. e. Inspección de la estructura metálica. f. Efecto sombra.

Se debe realizar el mantenimiento en las siguientes partes: Cajas de agrupamiento. Cuadros eléctricos. Canalización y cableado. Sistema de puesta a tierra. Medición de la resistividad de los suelos. Mantenimiento del inversor de conexión a red. Mantenimiento del terreno. Estas tareas de mantenimiento se deben realizar al menos una vez al año.

#### **6.3.20. Mantenimiento correctivo**

Se conoce como mantenimiento correctivo a toda operación de reparación de averías o defectos que puedan surgir en la instalación fotovoltaica. Normalmente se puede subsanar la situación con el reemplazo de los elementos dañados, aunque otras veces es necesaria una reparación y debe de realizarse por personal especializado. En este tipo de mantenimiento es fundamental el tiempo de respuesta, teniendo en cuenta que el tiempo perdido en la reparación repercute en la producción del SFV. Un punto fundamental en el mantenimiento correctivo es la pronta detección de la falla, por el método o recurso disponible que sea.

Detectada la falla el siguiente paso es ubicarlo dentro del sistema fotovoltaico; se debe de tener controlado los stocks de repuestos, de esta manera se determinará el tipo de falla, la urgencia de la misma, el motivo de la avería, el personal técnico. Encargado de solucionarlo y el material necesario cuando se presentan las fallas y se requiere hacer un análisis.

### **6.3.21. Mantenimiento predictivo**

Los trabajos de mantenimiento predictivo del SFV consistirán en la atención diaria a las contingencias. Las actividades a realizar serán, controlar las operaciones de arranque y paro de los sistemas, inversores, la vigilancia y supervisión de la adecuada operación de producción, el análisis de las señales, alarmas y parámetros de la planta fotovoltaica como corrientes, tensiones, potencias; y la adecuada intervención para evitar averías graves. Actualmente, la mayoría de fabricantes de inversores y de aplicaciones ofrecen productos que registran, comparan y analizan parámetros que permiten garantizar el funcionamiento correcto de la instalación. A este sistema de registro de datos y comunicación con los equipos se le conoce como monitorización. Algunos de los datos que estos sistemas deben registrar y controlar, son la tensión, intensidad de corriente y potencia.

### 6.4.1. Diseño del sistema fotovoltaico con el programa PVSYS

A continuación, se visualizará los equipos (panel e inversor) **figuras 7.1 y 7.2** utilizados en el diseño del sistema fotovoltaico en red con el programa pvsyst que es una herramienta que sirve para desarrollar instalaciones fotovoltaicas que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica, que permite su diseño en 3D y que tiene en cuenta la proyección de sombras gracias a la simulación del movimiento del sol durante el día para la empresa Baterías de Nicaragua (BATNICSA).

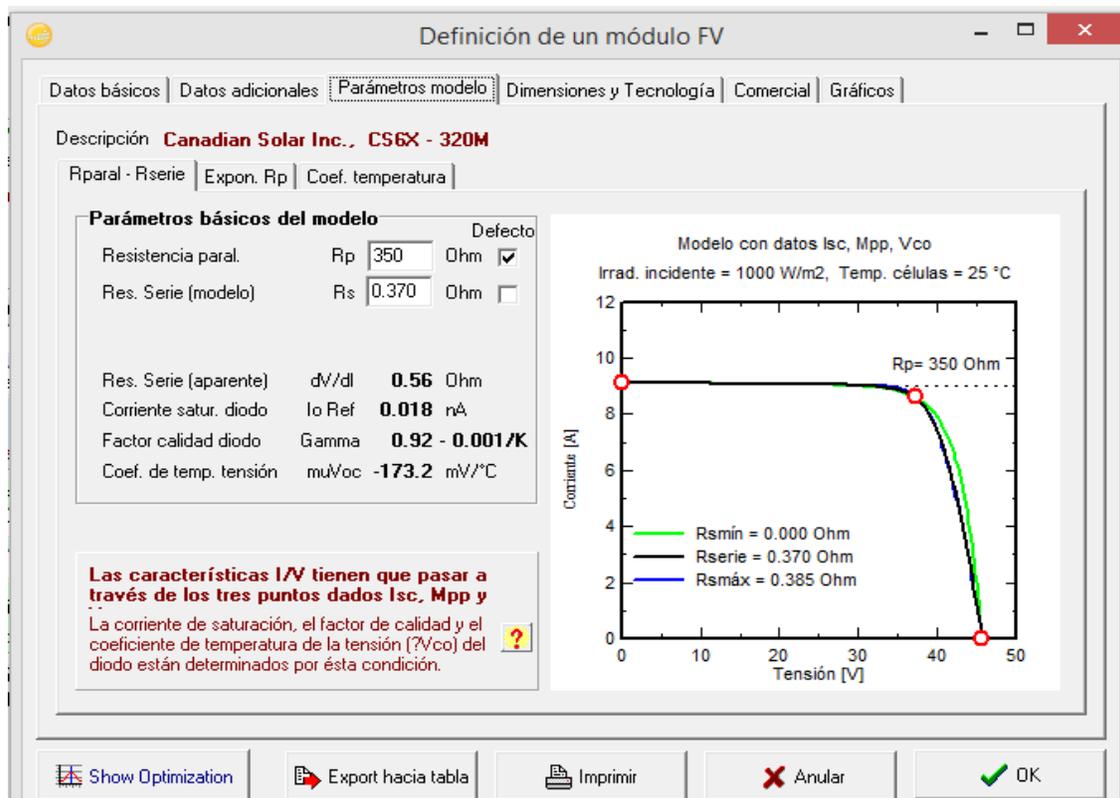


FIGURA 7. 1 Definición del módulo utilizando.

Fuente: pvsyst

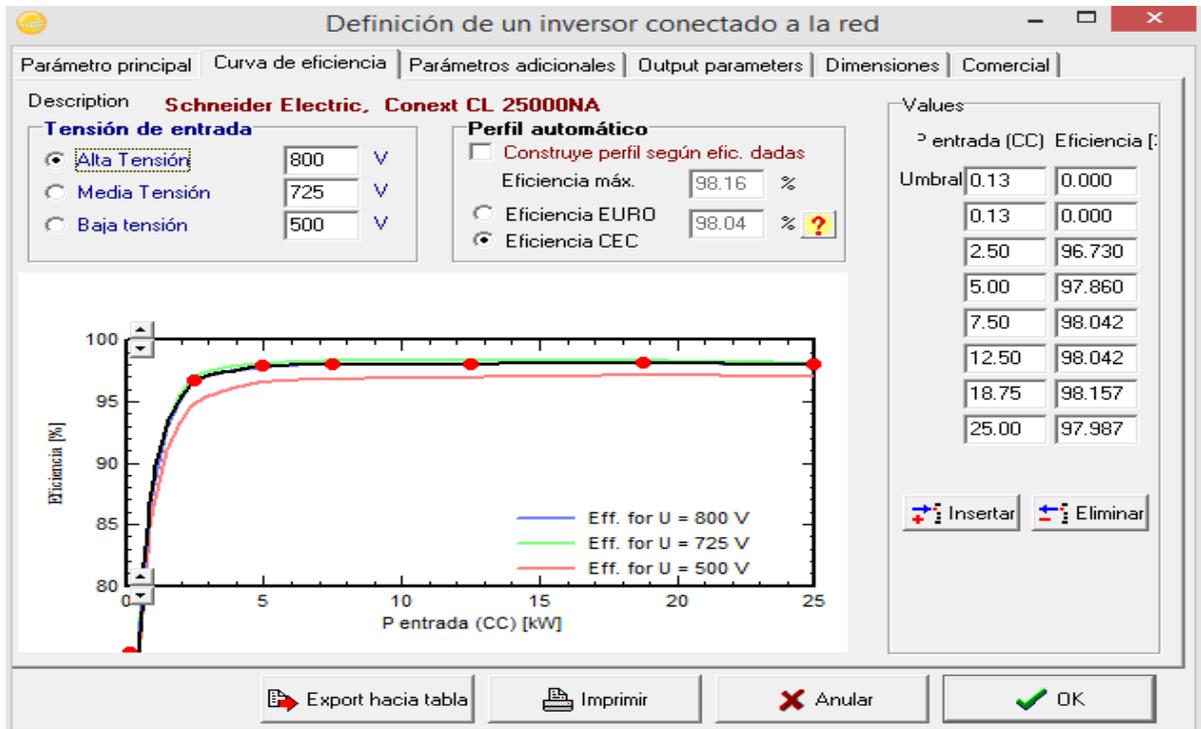


FIGURA 7. 2 Definición del inversor.

Fuente: pvsyst

La **figura 7.3** se muestra los sub-generadores que son 3 cada uno con 1 inversor en el conectado 90 paneles que es igual a 3 inversores con 270 paneles.

Definición de un sistema red, Variante "Nueva variante de simulación edwin"

**Configuración global sistema**

N° de tipos de sub-campos: **3**

Esquema Simplificado

**Resumen sistema global**

N° de módulos	270	Potencia nominal FV	86.4 kWp
Superficie módulos	518 m²	Potencia máxima FV	82.5 kWdc
N° de inversores	3	Potencia nominal CA	75.0 kWac

---

Sub-generador #1 | Sub-generador #2 | Sub-generador #3

**Sub-array name and Orientation**

Name: Sub-generador #1 | Order: 1

Orient.: **Plano Inclinado Fijo** | Tilt: 12° | Azimuth: 0°

**Ayuda al Dimensionado**

No Sizing | Entrar Pnom deseada: 28.8 kWp

... o superficie disponible: 173 m²

---

**Selección del módulo FV**

Disponible actualmente: [dropdown] | Lista módulos por:  Potencia  Tecnología

Canadian Solar Inc. | 320 Wp 31V | Si-mono | CS6X - 320M | Since 2013 | Manufacturer 2014 E | **Abrir**

Tensiones de dimensionado: V: 31.0 V | Voc (-10°C): 51.5 V

Use Optimizer

**Selección del inversor**

Disponible actualmente: [dropdown] | Lista inversores por:  Potencia  Tensión (máx)

Schneider Electric | 25 kW | 500 - 800 V TL | 60 Hz | Conext CL 25000NA | Since 2014 | **Abrir**

N° de inversores: 1 | Tensión Funciona.: 500-800 V | Pglobal inversor: 25.0 kWac

Utilice característica m | Tensión máx de entrada: 1000 V | **Inversor con 4 MPPT**

---

**Diseño del generador FV**

**N° de módulos y cadenas**

Mód. en serie: 18 |  entre 17 y 19

N° de cadenas: 5

Perdida sobrecarg: 0.3 % | Relación Pnom: 1.15 | Pérd. sobrecarg: [?]

**N° módulos: 90 | Superficie: 173 m²**

**Cond. de funcionamiento**

Vmpp (60°C): 558 V | Vmpp (20°C): 684 V | Voc (-10°C): 927 V

Irradiancia plano: 1000 W/m²

Imp (STC): 43.4 A | Isc (STC): 46.3 A | Isc (en STC): 45.7 A

Máx. en bases |  STC

Pmáx en funcionamiento en 1000 W/m² y 50°C: 25.6 kW

**Potencia nom gener. (STC) 28.8 kWp**

---

**System summary**

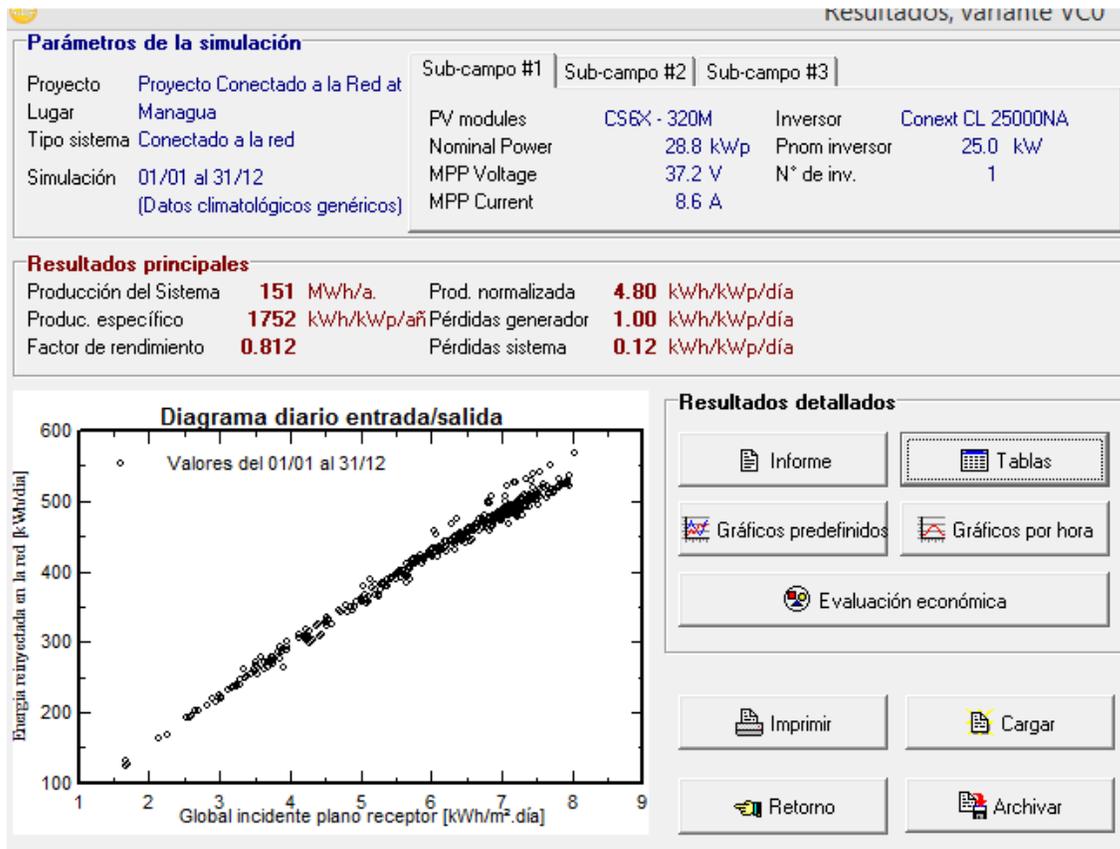
**Anular**

**OK**

**FIGURA 7. 3** Definición del sistema

Fuente: pvsyst

La **figura 7.4** se muestra los parámetros de la simulación donde dan los resultados principales, también está el diagrama de entrada y salida a la red.



**FIGURA 7. 4** Parámetros de la simulación

Fuente: \_pvsyst

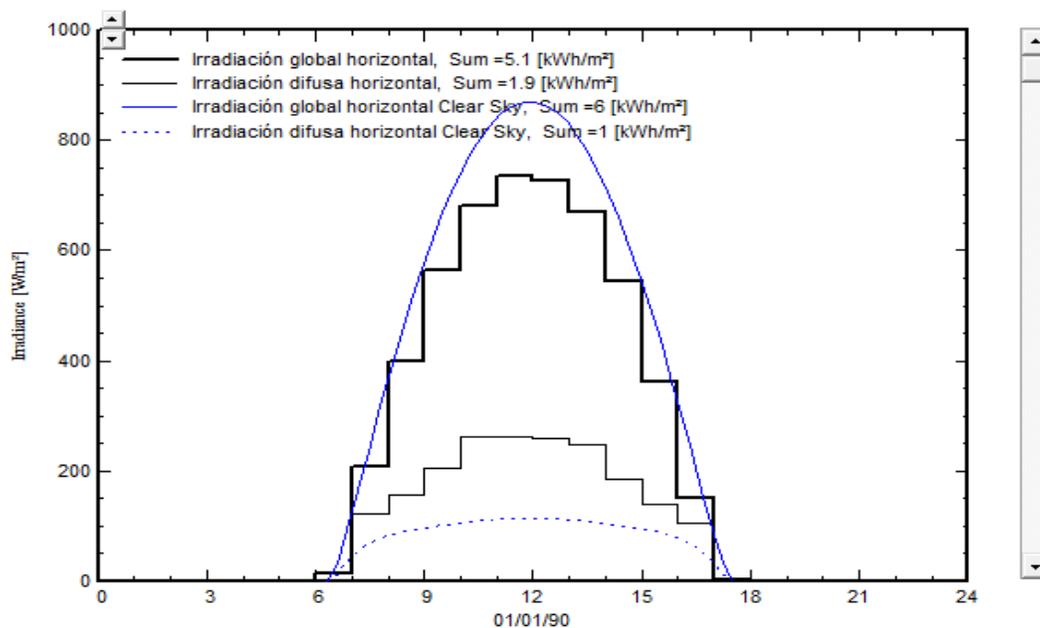
La **figura 7.5** muestra la geolocalización de la empresa visualizada desde el programa pvsyst



**FIGURA 7.5** Geolocalización BATNICSA

Fuente: pvsyst

La **imagen 7.6** muestra la climatología de la región de Managua



**Figura 7.6** climatología de la región de Managua

Fuente: pvsyst

En la **figura 7.7** se muestran los balances de la climatología mensual de Managua

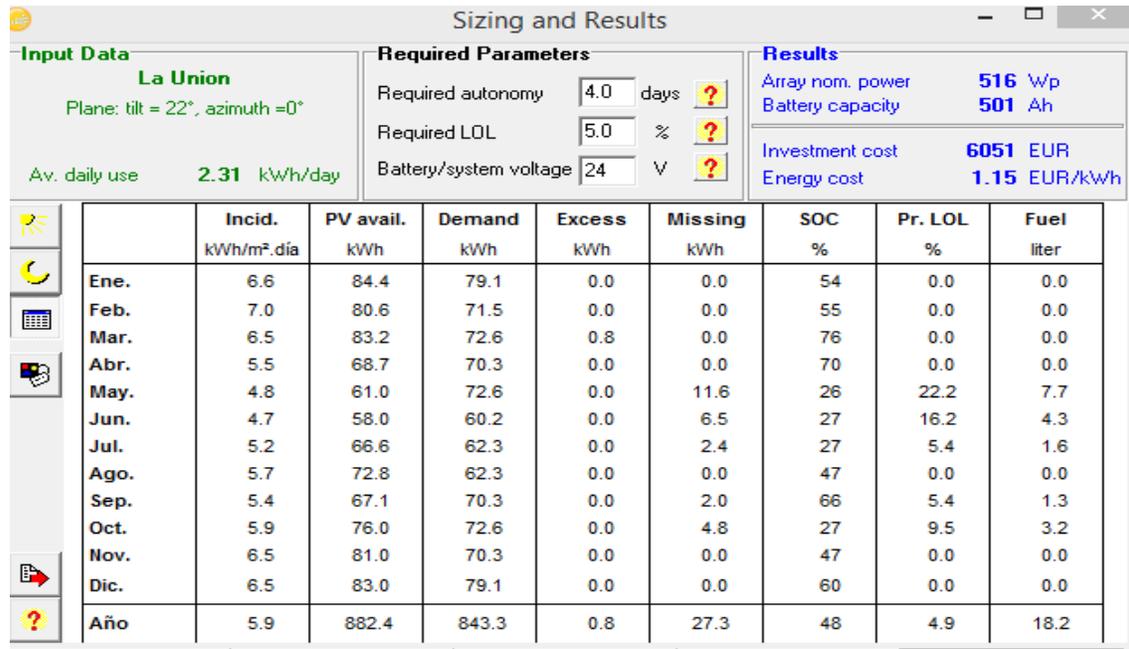


Figura 7.7 climatología mensual de Managua

Fuente: pvsyst

A continuación, en la **imagen 7.8** se realizó el censo de carga de la empresa utilizando el programa Pvsyst. Mencionando cada equipo electrónico que se utilizan a diario en la empresa BATNICSA.

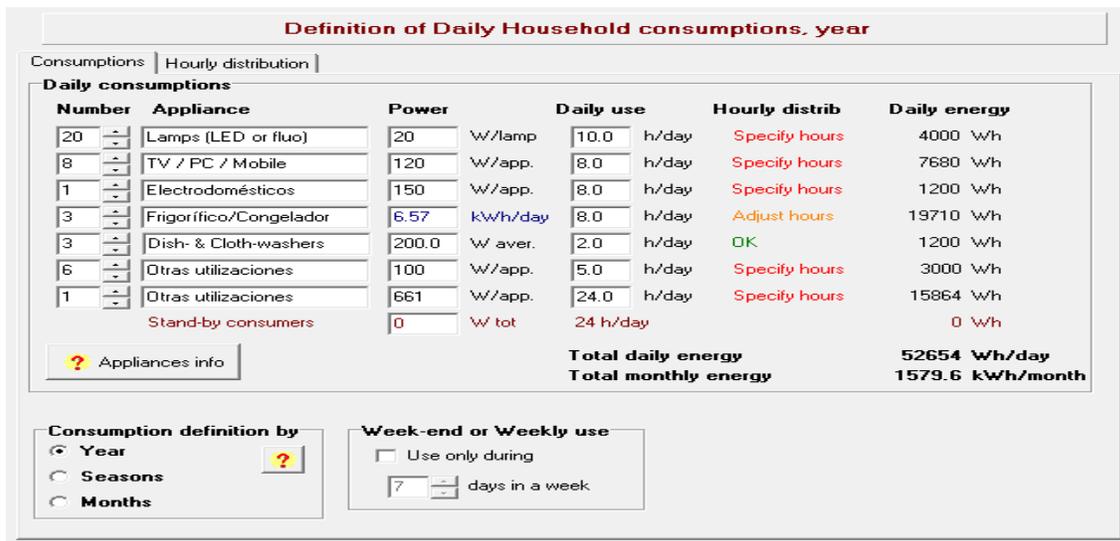
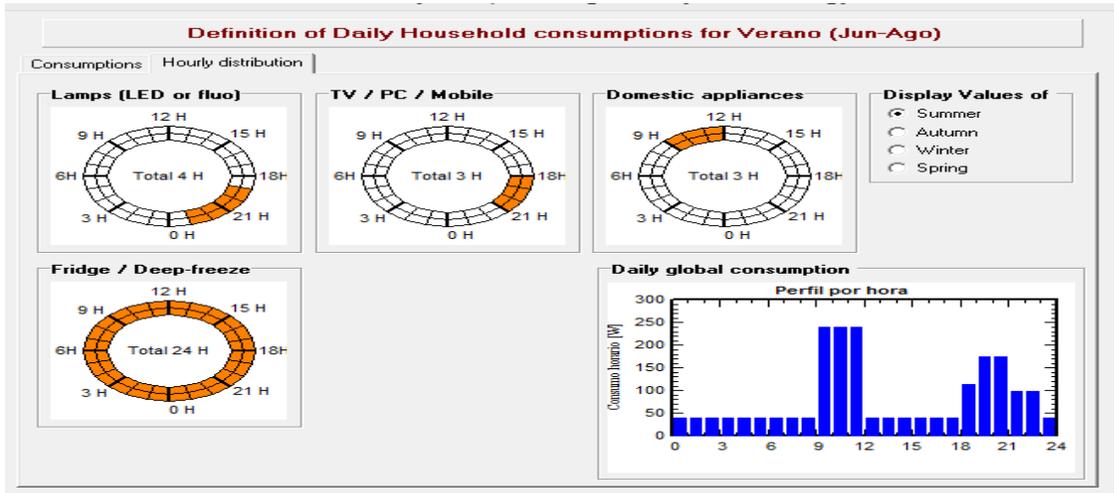


Imagen 7.8 censo de carga de la empresa BATNICSA

Fuente: pvsyst

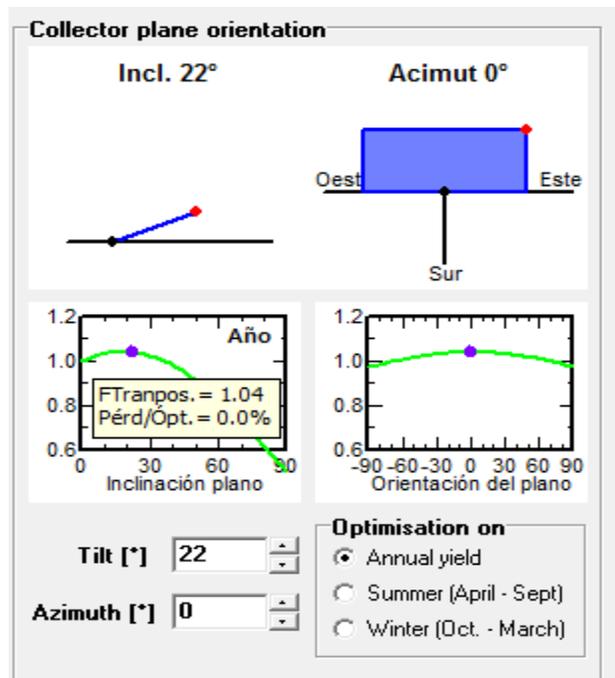
La **figura 7.9** muestra el uso diario de los equipos conectado a la red de la empresa Baterías de Nicaragua



**Figura 7.9** Tiempo de uso de los equipos

Fuente: pvsyst

La **figura 7.10** muestra el tipo de campo con la inclinación que recibe el sistema con la ecuación 1.4 antes dada. También la **figura 7.11** muestra el perfil de sombras lejanas en Managua



**FIGURA 7. 10** Campo inclinación

Fuente: pvsyst

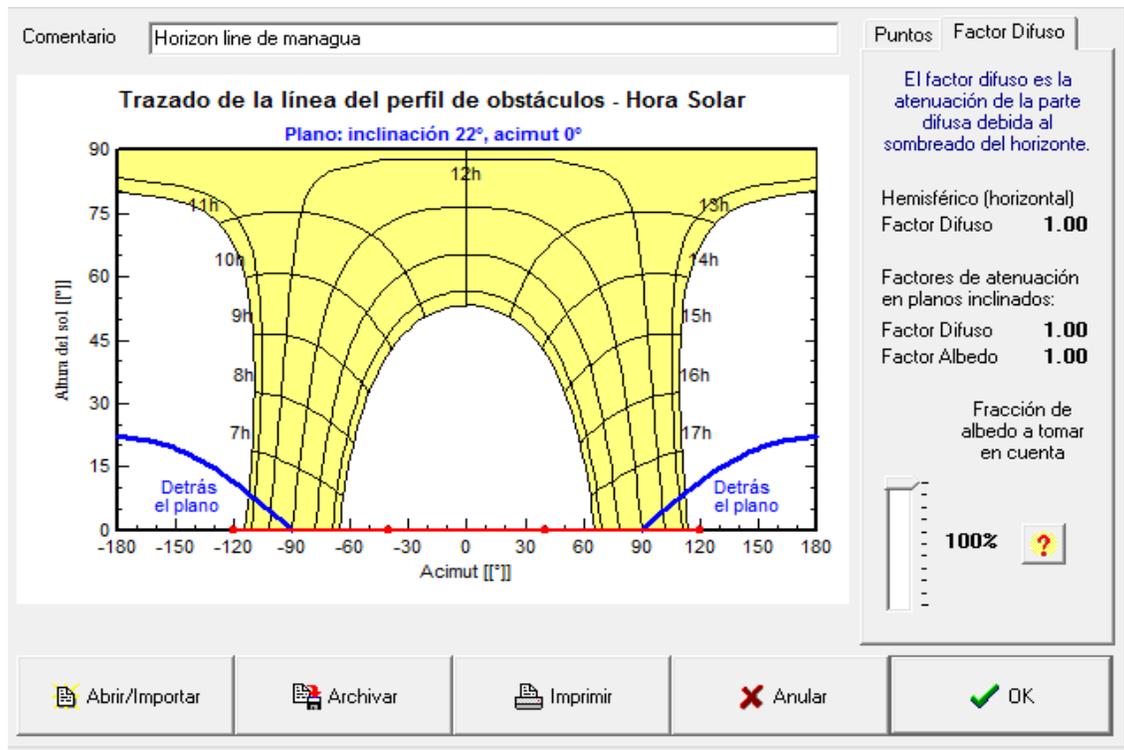


FIGURA 7.11 Perfil de obstáculos

Fuente: pvsyst

En la figura 7.13 se muestran los balances con sus resultados principales.

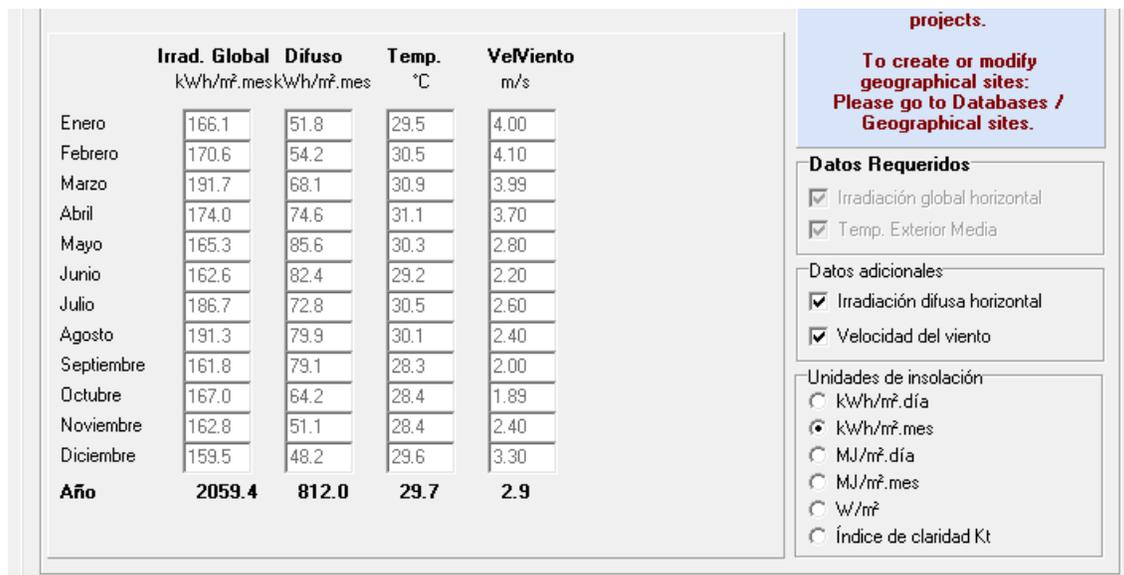
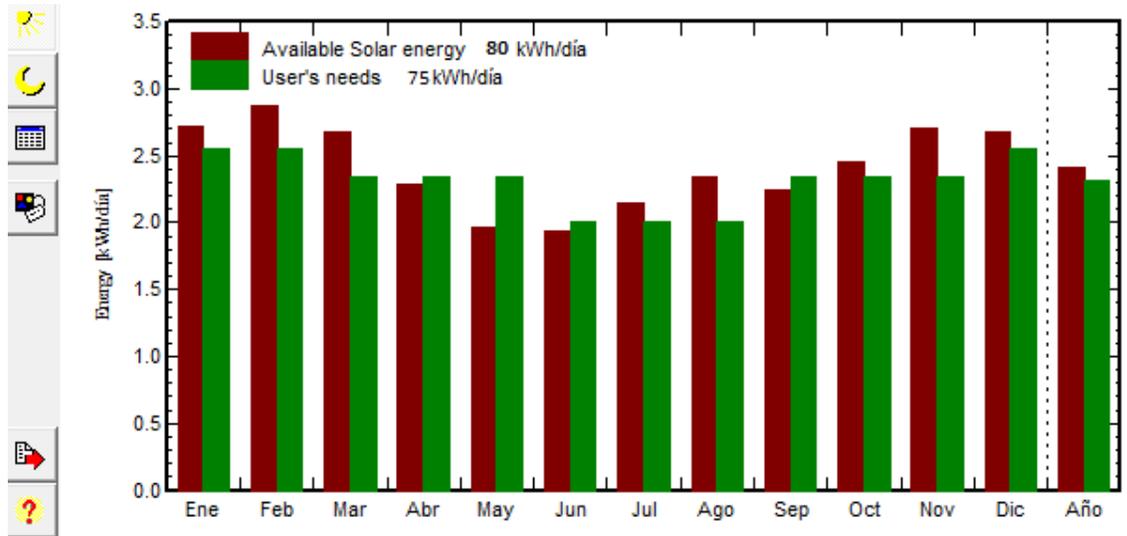


FIGURA 7.13 Balances y resultados principales

Fuente: pvsyst

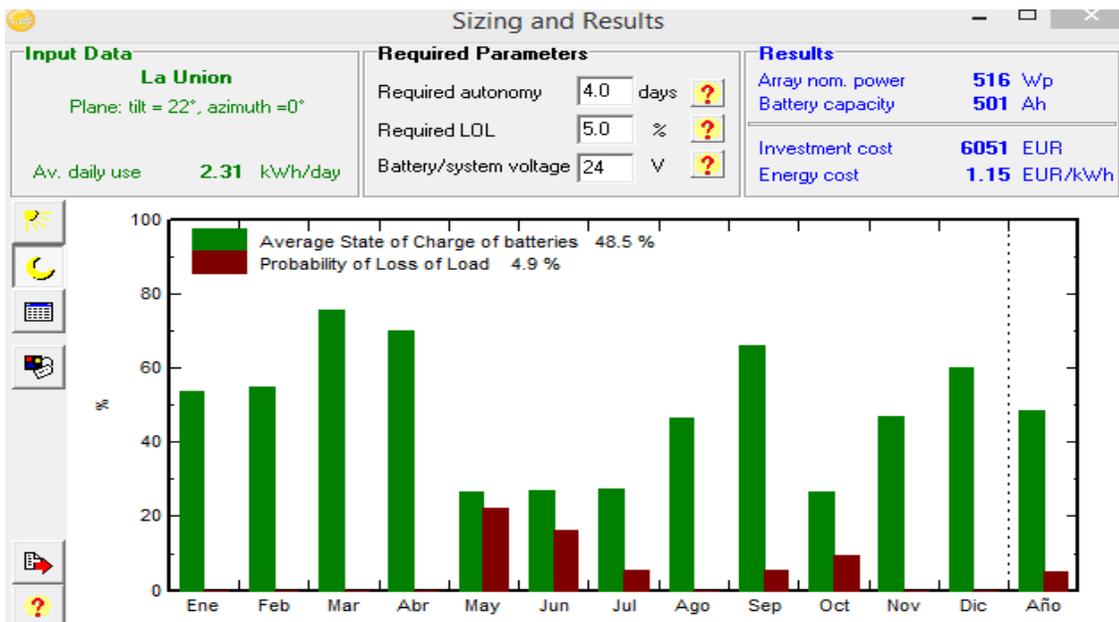
La **figura 7.14** muestra la producción de energía solar disponible en KW/día kwp con una potencia nominal de 80 en color (Rojo), y las necesidades del usuario de color (verde).



**FIGURA 7.12** Producción simulada

Fuente: pvsyst

La **figura 7.13** muestra las probabilidades de pérdidas de carga del sistema fotovoltaico y el estado promedio de la carga de las baterías



**FIGURA 7.13:** Perdidas del sistema y estado promedio de las baterías

Fuente: pvsyst

### 6.5.1. Costo del SFV

En el capítulo anterior se describió el cálculo y diseño del SFV, por lo que para llevar a cabo la instalación es necesario determinar el costo aproximado del material utilizado, de la mano de obra y de los especialistas que se requerirán en el proceso de la instalación.

### 6.5.2. Total, del material utilizado

Los precios del material que se utilizará fueron proporcionados por las empresas en dólares y tomando en cuenta que un dólar está en 29.33 córdobas; los precios ya transformados a córdobas. Se muestran en la siguiente tabla.

EQUIPOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Módulos de 320 w	69 módulos	10,854 córdobas	748,854 córdoba
Inversor de 6 kW	2 inversores	138,000 córdobas	276,000 córdobas
Otros (materiales y mano de obra )	-	100,000 córdobas	100,000 córdobas

Para tener el costo total del SFV se tiene que sumar el costo del material utilizado más el costo de mano de obra por instalación, quedando como sigue:

Costo total = total de material utilizado + mano de obra

Costo total = 100,000 + 748,854 + 276,000 = 1,124,854 córdobas.

Ya de esta forma el costo total aproximado del sistema fotovoltaico que se diseñara es de un millón, ciento veinte y cuatro mil, ochocientos cincuenta y cuatro córdobas.

### 6.5.3. Calculo de la energía eléctrica propuesta con paneles fotovoltaicos

Para obtener la energía que será generada durante la vida útil de los paneles FV que es de 20 años, se calcula con la siguiente ecuación 1. 14.

$$EG: \frac{PM * N \text{ de modulos} * hp * 365 \text{ dias} * N \text{ años}}{1000} \quad 1.14$$

$$EG: \frac{320 * 69 * 5h * 365 * 20}{1000} : 805,920 \text{ kw-h}$$

Si se requiere saber la energía generada mensual solo se debe de dividir entre el número de meses totales que son 240 meses.

$$EG(\text{mensual}): \frac{EG}{240 \text{ meses}}: 3,358 \text{ kw-h}$$

La energía total generada mensual es de 3,358 kW h, que es la que se puede aprovechar en un mes en condiciones óptimas de radiación solar. Considerando esto se puede conocer el ahorro económico que se tiene durante un mes de energía eléctrica consumida.

#### **6.5.4. Costo por consumo de la energía eléctrica con paneles fotovoltaicos**

Una vez obtenida la energía generada del sistema FV, se calculará el costo por consumo con paneles FV (mensual), tomando en consideración la carga que se tiene en la empresa BATNICSA y la tarifa correspondiente de la compañía eléctrica será T1 que es igual a 7.77 córdobas por KW-h consumidos.

$$\text{Costo por consumo} = (2290.5 \text{KW/h}) (7.77 \text{C\$ KWh}) = 17,797.185 \text{C\$}$$

Con esto se tiene un ahorro de 17,797.185C\$ por cada mes de facturación, que es un gran ahorro ya que con esto se puede amortizar el costo inicial del SFV.

#### **6.5.5. Estudio económico del plazo de recuperación del SFCR**

El período de recuperación o Pay-Back estático, es el tiempo que un proyecto tarda en devolver los fondos que se le asignaron, siendo un indicador de riesgo, ya que cuanto mayor tarde en recuperarse la inversión, mayor será la incertidumbre, y afectará a la rentabilidad del mismo.

Al tratarse de un método estático posee el inconveniente de no tener en cuenta el valor del dinero en las distintas fechas o momentos, pero resulta interesante su estudio puesto que cuanto más corto sea el período de recuperación de la inversión, mejor será el proyecto.

Costo total del sistema: 1,124,854 córdobas.

Costo por consumo (ahorro mensual): 17,797.185C\$

$$\text{Pay} - \text{Back} = \frac{\text{Costo total del sistema}}{\text{costo por consumo (Ahorro Mensual)}}$$

$$\text{Pay} - \text{Back} = \frac{1,124,854}{17,797.185 \text{C\$}}$$

Pay - Back: 63.20 Meses

Los cálculos de pay-back demuestran que la inversión se recuperará en un periodo de 63.20 meses (aproximadamente 5 años), como dijimos anteriormente esta forma de calcular el tiempo de recuperación de la inversión no es conveniente ya que no

toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, es decir que no interesan las variaciones que sufre el dinero o se a que no es un resultado exacto del tiempo de retorno, sin embargo, da una idea del mismo.

VAN; (Valor Actualizado Neto) permite determinar si un proyecto tendrá ganancias, calculando el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros debidos a una inversión inicial. Se descuentan al momento actual todos los flujos de caja futuros del proyecto, es decir descontando la tasa de interés prevista que será la propuesta para la inflación.

BNA: (Beneficio neto actualizado)

$VAN = BNA - Inversión$

$$BNA = \frac{(FNE1)}{(1+i)} + \frac{(FNE2)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación (1.15)}$$

De a aquí  $i$ : Tasa de descuento (TD) a través de la cual el BNA es actualizado.

(10%)  $FNE_n$ : Flujo neto efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta después de impuestos en el año n.

$$BNA: \frac{(1,281,397.32)}{(1 + 0.05)} + \frac{1,281,397.32}{(1 + 0.05)^2} + \frac{1,281,397.32}{(1 + 0.05)^3} + \frac{1,281,397.32}{(1 + 0.05)^4} + \frac{1,281,397.32}{(1 + 0.05)^5}$$

$$BNA = 1,220,378.4 + 1,162,265.14 + 1,106,919.2 + 1,054,208.96 +$$

$$1,004,008.77$$

$$BNA: 5,547,780.47 \text{ C\$}$$

Entonces el VAN nos quedaría de la siguiente manera

$$VAN = BNA - inversión$$

$$VAN = 5,547,780.47 \text{ C\$} - 1,124,854 \text{ C\$}$$

$$VAN = 4,422,926.47 \text{ C\$}$$

TIR; Cuando el VAN toma un valor igual a 0 que en este caso sucede en  $n=5$  pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno) este parámetro indica la rentabilidad que proporciona el proyecto. Cuanta más alta sea la TIR mejor será realizar la inversión, porque hay más posibilidades de generar riqueza. En la tabla se observa que la inversión inicial de C\$ 1,124,854 se puede recuperar prácticamente en 5 años, esto se representa con las franjas de color rojo. Y después de este tiempo los datos que están en color verde serian flujos positivos, óseo dinero que no se pagarían a la empresa distribuidora de electricidad, recordando que, por no haber una regulación

en el país, toda esta energía que se inyecta a la red, la empresa no la pagará al inversionista o dueño de la instalación, en este caso a la empresa BATNICSA.

Tabla de producción-Costos del SFCR, de la empresa BATNICSA (Primeros 14 años)

Años	costo kWh	kWh Generados	C\$ ingresos	C\$ acumulados	Deuda
0					1,124,854
1	7.77	27,486	213,566	213,566.22	=911,287.78
2	7.77	27,486	213,566	427,132.44	=697,721.56
3	7.77	27,486	213,566	640,698.66	484,155.34
4	7.77	27,486	213,566	854,264.88	270,589.12
5	7.77	27,486	213,566	1,067,831.1	57,022.9
6	7.77	27,486	213,566	1,281,397.32	-156,543.32
7	7.77	27,486	213,566	1,494,963.54	370,109.54
8	7.77	27,486	213,566	1,708,529.76	583,675.76
9	7.77	27,486	213,566	1,922,095.98	797,241.98
10	7.77	27,486	213,566	2,135,662.2	1,010,808.2
11	7.77	27,486	213,566	2,349,228.42	1,224,374.42
12	7.77	27,486	213,566	2,562,769.64	1,437,940.64
13	7.77	27,486	213,566	2,776,360.86	1,651,506.86

**Cuadro1.4:** Costo evitados desde el año 5 al año 14 del SFCR

#### 6.5.6. Impacto ambiental

La energía solar contribuye a la reducción de las emisiones de gases invernadero; no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO<sub>2</sub> que favorezca el efecto invernadero. Se estima que cada kWh producido evita la emisión a la atmósfera de 0,60 kg. De CO<sub>2</sub>, 1,33 g de SO<sub>2</sub> y 1,67 g de NO<sub>x</sub> (que se generan en una central térmica). Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, a partir de la arena, elemento muy abundante en la naturaleza, y del que no se requieren grandes cantidades. No se producen daños ni erosiones en el suelo ni en las aguas superficiales o subterráneas, al no producirse contaminantes, ni vertidos ni movimientos de tierras. Constituyen sistemas silenciosos, frente a los generadores con motor de las viviendas aisladas.

**El suelo:** no produce contaminantes como vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico – químicas del suelo no causan erosión.

**En la flora y fauna:** La repercusión sobre la vegetación es nula, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales a las aves.

**El paisaje:** Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, es un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual.

**En Aguas superficiales y subterráneas:** No produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos vertidos.

**Ruidos:** La generación de energía mediante módulos solares no produce ruido alguno que pueda causar molestias o daños en el medio ambiente ya que no se produce movimiento alguno de piezas o equipos, únicamente puede producirse un pequeño zumbido por parte del inversor siendo tan leve que fuera de la propia caseta no se aprecia.

**En espacios naturales protegidos:** La energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para las reservas naturales y así dotarlas de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno.

**Impacto visual:** Las instalaciones situadas en las azoteas o tejados de los edificios solamente pueden observarse desde el cielo por tanto el impacto que pueda ejercer esta instalación fotovoltaica sobre el paisaje es nulo, además de tenerse en cuenta que se encuentra en un polígono industrial donde el impacto visual ya está provocado.

**Residuos tóxicos:** El funcionamiento de los equipos de la instalación no vierte ningún tipo de vertido al exterior. El principal impacto ambiental del sistema fotovoltaico, se produce por extracción de silicio para la fabricación de las células fotovoltaicas, esta constituye la materia prima obtenida a partir de la arena, la cual es abundante en la naturaleza, pueden reutilizarse. En los medios físicos y bióticos no existen afectaciones importantes ni sobre la calidad del aire, por tanto, las principales ventajas de sistemas conectados a red son su bajo impacto ambiental. La industria solar, es un sector clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; el uso de la energía solar fotovoltaica contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y especialmente de CO<sub>2</sub> ayudando a proteger nuestro planeta del cambio climático.

## 7.CONCLUSIONES

El diseño de un sistema fotovoltaico requiere realizar un censo de carga real, en el estudio de carga presentado en este documento se pudo encontrar que el sistema eléctrico de la empresa cuenta con las condiciones necesarias para la instalación de un sistema fotovoltaico contando con todas las protecciones requeridas.

Para la realización del diseño se optó por escoger equipos electrónicos que cumplieran con los requisitos de soportar la carga que estará conectada al sistema, por lo que las utilidades de otro modelo no garantizan un funcionamiento estable para el sistema fotovoltaico.

En la simulación realizada se encontró que los datos obtenidos son muy similares a los datos teóricos dándonos una buena referencia de información adicional de los puntos a mejorar en nuestro sistema fotovoltaico.

De los estudios y cálculos realizados se pudo calcular el tiempo de amortización del proyecto. Para este caso, en la propuesta el costo total del sistema fotovoltaico es de 1,124,854 córdobas que incluye los costos de mano de obra y del equipo que se utilizará para la instalación del sistema FV. Donde el sistema FV genera al mes 2290.5 lo que es igual 17,797.185C C\$ córdobas de ahorro tomando como referencia la tarifa de la compañía eléctrica. Por lo tanto, el tiempo de amortización del proyecto es de 5 años, el cual entra en un intervalo de 5 años aproximadamente, que es un tiempo de amortización para un sistema fotovoltaico de mediana escala. La finalidad del presente trabajo es proponer un sistema fotovoltaico conectado en red para el uso de los equipos existentes en la empresa BATNICSA de Nicaragua, la cual cubra con todos los requisitos indispensables para el diseño de un sistema fotovoltaico que son, una generación limpia de energía eléctrica por medio de los paneles fotovoltaicos, el máximo aprovechamiento de la radiación solar posible y un ahorro económico considerable durante un periodo de tiempo ajustado a la vida útil del sistema; todo esto reflejado en la viabilidad y costo del sistema fotovoltaico.

## 8. RECOMENDACIONES

- No conectar al sistema fotovoltaico equipos de gran potencia que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar un mal funcionamiento.
- No conectar equipos de potencia superior a la del inversor CC/CA, pues esta sobrecarga puede dañarlo, sobre todo cuando los inversores no son de calidad
- Los aparatos con motor, tienen, como mínimo, una potencia de arranque 3 veces superior a la potencia del aparato. Hay que tenerlo en cuenta para saber si nuestro inversor lo aceptará.
- No se deben hacer modificaciones en la instalación, dado que la instalación se dimensionó específicamente para el uso que se estableció en un principio.
- No utilizar lámparas incandescentes. Se recomienda la utilización de lámparas led o en su defecto de bajo consumo.
- Recordar siempre que, en los sistemas de energía solar fotovoltaica, como la energía es limitada, se hace mucho más necesario. Por tanto, no mantener luces o equipos encendidos innecesariamente.
- Comprobar semanalmente los indicadores del regulador de carga, que señalan su estado de funcionamiento, y verificar que tiene una producción regular.

- Bajo ningún concepto se debe tapan la salida de aire del inversor, ya que de ser así se impide la refrigeración de éste y podría desembocar en un mal funcionamiento.
- Si el inversor se protege, ya sea por sobretensión o bien por sobre intensidad, y se apaga cuando lo sometemos a una carga superior a la que admite. No debemos reiniciarlo, después de unos minutos el inversor se rearmará automáticamente.
- Revisar la aparición de nuevas sombras (vegetación, nuevas construcciones) puedan disminuir la capacidad de producción eléctrica de la instalación.
- Una vez al año comprobar el nivel de agua de las baterías de la instalación de energía solar. No utilizar, en sustitución del agua destilada para rellenar la batería de acumulación, agua de río, hervida u otro tipo que no sea la recomendada, ya que esto daña la vida útil de la batería de acumulación.

## 9. BIBLIOGRAFIA

N. Bratu; E. Campiros (1995). Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño; 2da edición; Alfa omega.

Jurgen Kulke; Reynaldo Espino Altamirano; Jesús Nieblas Valdez. (2009). Evaluación de la factibilidad técnica, económica y legal de sistemas fotovoltaicos conectados a red en Nicaragua. Estelí – Nicaragua.

La Energía Solar Fotovoltaica en los planes de desarrollo Murcia 2001.

Monografía 2011; Bachilleres Amado alemán, Francisco Morales y Maycoll

Rayo: Sistema fotovoltaico de 1 kW conectado a red de distribución eléctrica con medición neta para el laboratorio de biotecnología del (RURMA) UNAN-Managua.

Texto refundido de las especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares fotovoltaicas para producción de electricidad y las modificaciones de aplicación en el programa pro-sol.

Carrillo García Elizabeth, ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en edificios de la escuela superior de comercio y administración.

## 9.1 Sitios web visitados.

- Radiación solar en Managua. Recuperado de:  
[http://www.tutiempo.net/clima/Managua\\_A\\_C\\_Sandino/787410.htm](http://www.tutiempo.net/clima/Managua_A_C_Sandino/787410.htm)
- NASA Surface meteorology and Solar Energy – Location:  
<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>
- Componentes de la radiación solar terrestre. Recuperado de:  
<http://www.solarenergy.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico>  
<http://www.solarenergy.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico/image28031>
- Intensidad de radiación solar a nivel mundial. Recuperado de:  
<http://puntosolarchile.blogspot.com/2013/02/dudas>  
<http://puntosolarchile.blogspot.com/2013/02/dudas-preguntas-fotovoltaico-on-grid.html>
- Mapa de radiación solar Nicaragua. Recuperado de:  
[http://3.bp.blogspot.com/\\_8sx4mrlkb5y/r3re9q1u8i/aaaaaaaaafk/suek5we\\_wul4/s1600-h/mapa+solar+de+nicaragua](http://3.bp.blogspot.com/_8sx4mrlkb5y/r3re9q1u8i/aaaaaaaaafk/suek5we_wul4/s1600-h/mapa+solar+de+nicaragua)
- Símbolo del diodo. Recuperado de:  
[http://2.bp.blogspot.com/\\_pncx5zbzk0a/tejng6c0n0i/aaaaaaaaaabs/bgcosw-8pia/s320/unionpn.gif](http://2.bp.blogspot.com/_pncx5zbzk0a/tejng6c0n0i/aaaaaaaaaabs/bgcosw-8pia/s320/unionpn.gif)
- Efecto fotovoltaico en un módulo fotovoltaico. Recuperado de:  
<http://www.enforce-een.eu/esp/index.php?page=principio>  
<http://www.enforce-een.eu/esp/index.php?page=principio-de-funcionamiento>
- Ley de generación eléctrica de fuentes renovables. Recuperado de:  
<http://www.mem.gob.ni/media/file/MARCO%20LEGAL/LEYES/LEY%20532%20LEY%20DE%20GENERACION%20%20CON%20FUENTES%20RENOVABLES.pdf>
- (2014, 11 de noviembre) diferentes tipos de módulos e inversores. Recuperado de:  
<http://www.schneiderelectric.com.mx/documents/solutions/xantrex.pdf>

# 10.ANEXOS

## A1 Especificaciones del módulo seleccionado



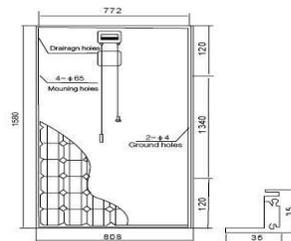
### BW-SM300-320M72 Monocrystalline Solar Module

#### KEY FEATURES

- Entire module certified to withstand high wind loads (2400 Pascal) and snow loads (5400 Pascal)
- Perfect module self-cleaning capability, reduce power loss caused by dust (soiling effect)
- More elegant cell and module appearance
- Excellent performance in low-light irradiance environment
- High salt mist and ammonia resistance



#### Dimensions



#### General Data

Cell	Monocrystalline 156mmx156mm
No. of cells	72 in series (6x12)
Weight	21.2kg
Dimensions	1956X992x40(mm)
Produced in accordance with	TUV/IEC 61215/EN 61730

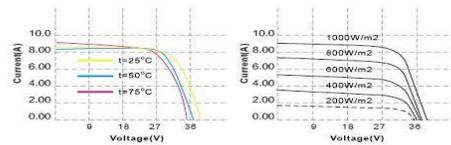
#### Electrical Data

(STC: Irradiance 1000w/m<sup>2</sup>, module temperature 25°C, AM=1.5)

	300Wp	305Wp	310Wp	315Wp	320Wp
Power	300Wp	305Wp	310Wp	315Wp	320Wp
Open circuit voltage	42.3V	42.3V	42.3V	42.3V	42.3V
Maximum power voltage	36V	36V	36V	36V	36V
Short circuit current	9.16A	9.32A	9.47A	9.62A	9.77A
Maximum power current	8.33A	8.47A	8.61A	8.75A	8.88A
Module Conversion Efficiency	15.46%	15.71%	15.98%	16.23%	16.49%
Maximum system voltage	1000V				
Operating temperature	-40°C to +90°C				
NOCT	45°C ± 2°C				
Temperature coefficient of Isc	+0.05%/°C				
Temperature coefficient of Voc	-0.34%/°C				
Temperature coefficient of Pm	-0.5%/°C				

Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice.

#### I-V Curves



## A2 Especificaciones del inversor seleccionado

### Why choose Conext XW#NA?



#### True bankability

- Warranty from a trusted partner with 178 years of experience
- World leader in industrial power drives, UPS and electrical distribution
- Strong service infrastructure worldwide to support your global needs



#### Higher return on investment

- Excellent load starting with high 30-minute and 5-second power
- Performs in hot environments up to 70°C
- Intelligent functionality enables solar prioritization, load shifting, peak shaving, and assists small generators with heavy loads
- Backup power with grid-tie functionality converts external DC power to AC power for export to the utility grid



#### Flexible

- Single or three phase systems from 7.0 kW to 102 kW
- Supports DC coupled and AC coupled off-grid and grid-tie architectures
- Supports charging of Lithium Ion battery packs



#### Easy to service

- Field serviceable with replacement boards and spare parts
- Monitor, troubleshoot or upgrade firmware with Conext ComBox



#### Designed for reliability

- Extensive quality and reliability testing
- Highly Accelerated Life Testing (HALT)
- Globally proven and recognized field performance



#### Easy to install

- System configures quickly into compact wall-mounted system
- Integrates both grid and generator power with dual AC inputs
- Balance of system components integrates battery bank, solar charge controllers and generators
- Commission the entire system with PC software tool and Conext ComBox



## A3 Especificaciones del cable conductor

BAJA TENSIÓN  
CA: 0,6/1kVCC:1,8 k

Norma de referencia EA 0038 / UTE C32-302 / TUV 2Pfg 1169 / D8.2007



### TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)

Cables para instalaciones solares fotovoltaicas

Conductor: Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según EN 60228

Aislamiento: Goma libre de halógenos tipo E16

Cubierta: Goma ignífuga tipo EMS, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.

Aplicaciones: Cables flexibles aptos para servicios móviles y para instalación fija. Adecuados para la conexión entre paneles fotovoltaicos y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna. Cables de alta seguridad (AS): no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libres de halógenos. Aptos para instalaciones interiores y exteriores.

Norma Nacional/ Europea: UNE-EN 60332-1 / UNE-EN 50266 / UNE-EN 50267-1 / UNE-EN 50267-2 / UNE-EN 61034

Norma Internacional: IEC 60332-1 / IEC 60332-3 / IEC 60754-1 / IEC 60754-2 / IEC 61034



## A4 Especificaciones de la estructura fija tipo alfa



La estructura Alfa está formada por 4 partes principales, cuya medida y espesor dependen del cálculo estructural, de las condiciones meteorológicas y del peso de la estructura.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

<b>FIJACIÓN AL TERRENO:</b>	Concrete Less / Cimentación
<b>TIPO DE ESTRUCTURA:</b>	Bi-poste
<b>TIPO DE MÓDULO:</b>	Con marco, capa fina o Amorfo
<b>ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS:</b>	Vertical
<b>ÁNGULO DE INCLINACIÓN:</b>	30° (1)
<b>ALTURA MÁXIMA:</b>	3.500 mm
<b>LONGITUD MÁXIMA:</b>	40 m (2)
<b>DESNIVEL MÁXIMO ASUMIBLE:</b>	5%
<b>DISTANCIA ENTRE FILAS:</b>	Según estudio de sombras (3)
<b>CARGA DE VIENTO:</b>	Según situación geográfica, hasta 180 km/h
<b>CARGA DE NIEVE:</b>	Según situación geográfica, hasta 110 kg/m <sup>2</sup>
<b>NORMATIVA APLICADA:</b>	CTE, Eurocódigo
<b>MATERIAL DE LA ESTRUCTURA:</b>	Acero S275
<b>TRATAMIENTO:</b>	Galvanizado en caliente según norma UNE-EN-ISO 1461
<b>FIJACIÓN DE LOS MÓDULOS:</b>	Grapas de acero Inoxidable
<b>TORNILLERÍA</b>	Acabado GEOMET
<b>GARANTÍA:</b>	25 años
<b>OPCIONES:</b>	Posibilidad de tornillería anitviolable.