

MASTER EN ENERGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Universidad
Católica
"Nuestra Señora de la Asunción"



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

**MODULO 10: PROYECTO FINAL DE MASTER
COORDINADOR: DANIEL GARCIA-ALMIÑANA**

**Auditoría de un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la
Red y Valoración de su impacto sobre la Eficiencia
Energética del Centro Juvenil Don Bosco en Managua.**

- MEMORIA / ANEXOS -

Autora :
Lic. María del Carmen Morales Correa

GRUPO G12/2011-EST
Tutores:
M. Sc. René Martín Miranda Urbina
M. Sc. Orbelith Murillo Jarquín
Presentación:
Estelí, 14 de Enero de 2012

AUDITORÍA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED Y VALORACION DE
SU IMPACTO SOBRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL CENTRO JUVENIL DON BOSCO EN
MANAGUA.

AUTORA:
MARÍA DEL CARMEN MORALES CORREA
LICENCIADA EN FÍSICA
UNAN, MANAGUA
NICARAGUA

PRESENTADO A LA FUNDACIÓN POLITÉCNICA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA
TERRASA, BARCELONA, ESPAÑA
Y
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
ESTELÍ, NICARAGUA

TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR AL TITULO DE MÁSTER EN
ENERGÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGETICA.

ENERO 2012

Contenido	Página
Resumen del trabajo:	3
AGRADECIMIENTOS	4
Capítulo1 Introducción.....	5
Capítulo 2 Justificación y Objetivos.....	6
2.1 La Energía Fotovoltaica en América Central.....	6
2.2 Sistema Fotovoltaico	6
2.3 Tipos de Módulos Fotovoltaicos.....	7
2.4 Baterías.....	8
2.5 El Regulador o Controlador de Carga	10
2.6 El inversor.....	10
2.7 Sistemas Centralizados Conectados a Red	10
2.8 Objetivos	12
2.9 El Centro Juvenil Don Bosco	13
2.10 Descripción del sistema instalado	14
2.11 Delimitación y Alcance del Proyecto	15
Capitulo 3 Descripción de las Tecnologías implicadas	16
3.1 Equipos Existentes.....	18
3.2 Iluminación y Ventilación	18
3.3 Manuales y documentos de apoyo	19
3.4 Cableado.....	19
3.5 Seguridad Física	19
Capitulo 4 Valoración del Sistema Instalado.....	21
4.1 Trabajo realizado	21
4.2 Evaluación.....	22
Capítulo 5 Consideraciones ambientales, económicas y de seguridad.....	28
Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones	32
Capítulo 7Referencias/Bibliografía	33
ANEXOS.....	34
A-FOTOS	35
B-DATOS TECNICOS	37
C-TABLAS	40

Palabras clave:

Auditoría, Sistema, Módulos, Fotovoltaico, Eficiencia Energética, Energía Eléctrica, Arreglos, Centro de Carga, Potencia, Inversores

Resumen del trabajo:

Tomando en cuenta la necesidad de buscar soluciones de energía limpia que ayuden a resolver las necesidades energéticas, tanto en los hogares como en la industria, educación y salud, se considero de suma importancia realizar la auditoría de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica comercial con el fin de evaluar su impacto sobre la eficiencia energética en el Centro Juvenil Don Bosco, ubicado en la ciudad de Managua, Nicaragua.

El Centro fue visitado y con ello se pudo hacer un recorrido por las áreas en donde están ubicados los diferentes componentes del sistema, tales como, elementos de protección, conexiones de distribución, inversores, etc.

Fue observado el tipo de equipos y maquinarias utilizadas en el centro tanto para efectos de educación como para atención a empresas, sistema de iluminación, seguridad de los componentes del sistema e identificación del cableado de conexión.

Este ejercicio de auditoría se enmarcó en la revisión del Manual del sistema, relacionada con Operación y Mantenimiento, elaborado por la empresa que instaló el sistema fotovoltaico, ECAMI.

Dentro del marco del estudio, se realizó la evaluación de la eficiencia del sistema mediante la evaluación del comportamiento de consumo antes y después de la puesta en funcionamiento del sistema fotovoltaico, en Noviembre 2010, evaluación que contempló el período desde el mes de Julio 2010 hasta Octubre 2011.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores,

M. Sc. René Martín Miranda Urbina,

Por su apoyo incondicional, dedicación, empeño y orientación

M. Sc. Orbelith de la Concepción Murillo Jarquín,

Por su disposición y apoyo en la elaboración de la tesis

A los Directivos del Centro Juvenil Don Bosco en Managua, por el apoyo brindado para la elaboración del presente trabajo

A mi Madre,

Mis Hijas,

Mi amada Nieta,

Por todo el apoyo y comprensión brindada en todo momento.

Capítulo 1 Introducción

Para la región de América Central, las tecnologías de energía renovable a pequeña escala presentan una alternativa económica y ambiental factible para la provisión de energía a comunidades rurales remotas y para la expansión de la capacidad eléctrica instalada, ya sea por medio de sistemas aislados o por proyectos conectados a la red eléctrica. La región cuenta con suficientes recursos para desarrollar sistemas hidráulicos, solares, eólicos y de biomasa, principalmente.

Adicionalmente, estas tecnologías pueden disminuir la contaminación del medio ambiente, causada por las emisiones de gases de los sistemas convencionales, que utilizan combustibles fósiles, como el carbón y productos derivados del petróleo. Estos gases contribuyen al efecto invernadero y al calentamiento global de nuestro planeta

A partir de septiembre del 2000, en la Cumbre del Milenio de la Naciones Unidas, quedó manifiesta la importancia de la falta de acceso a formas modernas de energía. Los líderes de las naciones del mundo acordaron cumplir con ocho objetivos con el fin de combatir la pobreza, el hambre, el analfabetismo, la desigualdad de género, la enfermedad y la degradación ambiental, estos son los llamados Objetivos del Milenio. Aunque en ninguno de ellos se cita la energía, es evidente que el acceso a ésta es un requisito para el éxito de aquellos. Así se reconoció en la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible de Johannesburgo en 2002.

Si se enfoca el acceso a formas modernas de energía como parte integrada en los Objetivos del Milenio, puede potenciarse el crecimiento económico, la igualdad social y el desarrollo sostenible.

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras. Sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones. En el caso particular de América Central, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnicas y económicas, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar. Según las clasificaciones de la intensidad de la radiación solar en diferentes regiones del mundo, América Central es una región muy privilegiada con respecto del recurso solar disponible, aunque siempre es necesario evaluar el potencial solar de un sitio específico donde se planea instalar un sistema fotovoltaico.

En Nicaragua, existe poco aprovechamiento del potencial energético proveniente de fuentes renovables, esto no sólo se debe a los altos costos de inversión en nuevas tecnologías y el tiempo de recuperación de dicha inversión, sino también al hecho de que aún no hayan leyes claras que permitan de alguna manera, fundamentalmente en el caso de energía fotovoltaica con sistemas conectados a la red, la retribución de la energía entregada a la misma.

Capítulo 2 Justificación y Objetivos

Justificación

2.1 La Energía Fotovoltaica en América Central

El estado actual de difusión de la tecnología fotovoltaica es muy significativo para el área de América Central debido a los siguientes factores:

- Existen organismos internacionales y regionales que promueven el uso sostenible de las energías renovables.
- Los precios de los equipos fotovoltaicos se han reducido considerablemente en años recientes. Por ejemplo, para un sistema fotovoltaico típico para aplicaciones rurales, los costos en el año 2000 se han reducido en un 29% con respecto del año 1997.
- Es posible adquirir equipos fotovoltaicos en todos los países de América Central

2.2 Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- El módulo o panel fotovoltaico
- La batería
- El regulador de carga
- El inversor
- Las cargas de aplicación (el consumo)

❖ Módulos Fotovoltaicos

La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico, estos son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.

Celdas Fotovoltaicas

Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales.

Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de la las celdas fotovoltaicas.

Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 cm y produce alrededor de un watt a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos constan de 36 celdas fotovoltaicas.

❖ Marco de Vidrio y Aluminio

Este tiene la función principal de soportar mecánicamente a las celdas fotovoltaicas y de protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie, por ejemplo: humedad y el polvo. Todo el conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia los impactos y una posterior de plástico EVA (acetato de vinil etileno).

El vidrio frontal es antirreflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados.

2.3 Tipos de Módulos Fotovoltaicos

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

- Módulos de silicio monocristalino: son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- Módulos de silicio policristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.

- Módulos de silicio amorfo: tienen menor eficiencia que los dos anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

❖ **Potencia**

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55Wp es capaz de producir 5,5 W más o menos un 10% de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1kW/m^2 y sus celdas poseen una temperatura de 25°C . En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55W.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

2.4 Baterías

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

❖ **Funciones de las baterías:**

- Almacenar energía eléctrica en períodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.

- Proveen la energía eléctrica necesaria en períodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar tanto lámparas o bombillas así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.
- Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico.

❖ **Características de las baterías**

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 A durante 2s, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 A durante 100 h.

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, esta capacidad, en Amperio-hora, se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

❖ **Mantenimiento y vida útil de las baterías**

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas “baterías libre de mantenimiento”, no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida.

La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta “muere súbitamente” debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas. Normalmente, procesos excesivos de carga o descarga tienen como consecuencia que la vida útil de la batería se acorte considerablemente.

2.5 El Regulador o Controlador de Carga

La batería puede representar hasta un 15-30% del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, esto es, el regulador o controlador de carga.

El Regulador de carga es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad.

Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

Es recomendable adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensionen e instale correctamente.

2.6 El inversor

Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas, sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

El tipo de la energía se refiere principalmente al comportamiento temporal de los valores de voltaje y corriente con los que se suministra esa energía. Algunos aparatos eléctricos, como lámparas, radios y televisores funcionan a 12 V de corriente directa, y por lo tanto pueden ser energizados a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12 V.

Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 V por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V.

2.7 Sistemas Centralizados Conectados a Red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son una alternativa prometedora en el futuro de las energías renovables. En estos sistemas, la energía obtenida no se almacena sino que se provee directamente a la red eléctrica comercial. Esto implica por una parte que el banco de baterías ya no es necesario y, por otra, que se necesita de un equipo especial para adaptar la energía producida por los paneles a la energía de la red.

Las aplicaciones inmediatas son la venta de energía eléctrica o la reducción de la facturación mensual. Esto se debe a que el sistema, integrado arquitectónicamente en el propio edificio, combina las características de generador y consumidor de energía, con el consiguiente intercambio energético entre el edificio y la red eléctrica: el sistema vierte energía a la red cuando la generación supera al consumo en determinado instante y extrae energía de ella en caso contrario.

Desde el punto de vista energético, se trata de la aplicación de la energía solar fotovoltaica de mayor eficiencia, ya que la generación tiene lugar en el lugar de consumo-se evitan pérdidas de transporte y distribución-, con pocas pérdidas de transformación, y puede aprovecharse en su totalidad, debido a la elevada fiabilidad de la red eléctrica.

Desde el punto de vista funcional, el generador fotovoltaico es susceptible de ser empleado como elemento constructivo con diversos fines arquitectónicos: estético, innovador, protector, recubrimiento, etc.

Desde el punto de vista ambiental, estos edificios suponen una forma eficiente de reducir las emisiones de agentes contaminantes a la atmósfera (CO_2 , SO_2 Y NO_x principalmente), derivados de la generación de energía mediante combustibles fósiles.

El uso de esta tecnología es reciente, pero existen experiencias interesantes en España y Alemania que permiten suponer un desarrollo rápido de estos sistemas. Parece ser que la tecnología ha alcanzado un nivel de madurez aceptable, sin embargo, aún falta mucho por hacer en cuanto a la legislación que permita la venta de energía fotovoltaica de pequeños usuarios privados a empresas distribuidoras de energía convencional.

2.8 **Objetivos**

Objetivo General

- Valoración de la Eficiencia energética post sistema.

Objetivos específicos

- Evaluación del Consumo energético antes y después de la instalación del sistema fotovoltaico.
- Evaluación de la interconexión del sistema fotovoltaico a la red.
- Evaluación de las emisiones equivalentes de CO₂ del sistema.

2.9 El Centro Juvenil Don Bosco

El Centro Juvenil Don Bosco, ubicado en la ciudad de Managua, es administrado por padres Salesianos cuya misión es apoyar a la comunidad, especialmente a los jóvenes con pocas oportunidades económicas y educativas, para su inserción laboral en diversos campos de desarrollo, a nivel técnico.

Además de su esfuerzo por la superación profesional, el Centro dispone en sus instalaciones de una extensa y variada área deportiva para la recreación de los diferentes elementos de la comunidad.

Para la preparación de jóvenes, el centro ofrece las siguientes capacitaciones:

INFORMATICA

- Redes Cisco CCNA
- Administrador en Sistemas de Información
- Operador de Microcomputadoras
- Programación en java
- Programación Visual Basic+
- SQL Server

CARRERAS TECNICAS

- Soldador Industrial
- Soldador de Procesos SMAW
- Mecánico Automotriz "C"
- Electricista Residencial
- Electricista Industrial
- Ebanista
- Asistente de Ebanista
- Operario de máquina de Ebanistería
- Tornero CNC
- Fresador CNC
- Dibujo Técnico asistido por computadora
- Costura Industrial
- Costura Básica
- Asistente de Belleza

ATENCION A EMPRESAS

- Bordados
- Imprenta
- Panadería

2.10 Descripción del sistema instalado

El Sistema Fotovoltaico (FV) instalado está compuesto por:

- Un arreglo fotovoltaico compuesto por 144 módulos, Marca Kyocera Modelo KD215, 215 W de potencia pico cada uno y 33,2 VDC de circuito abierto. La tecnología de este módulo es Silicio Poli cristalino alcanzando una eficiencia máxima del 16%. Los 144 módulos fotovoltaicos están conectados en sub arreglos de 12 paneles solares en serie, para obtener una potencia de 2580 W y 350 VDC con 8,3 A por cada sub arreglo.(Fig.1 y 2)

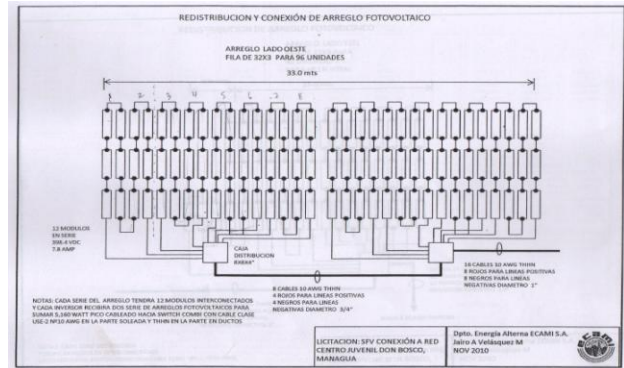


Fig.1 Arreglo lado Oeste. Fila de 32x3 para 96 Unidades

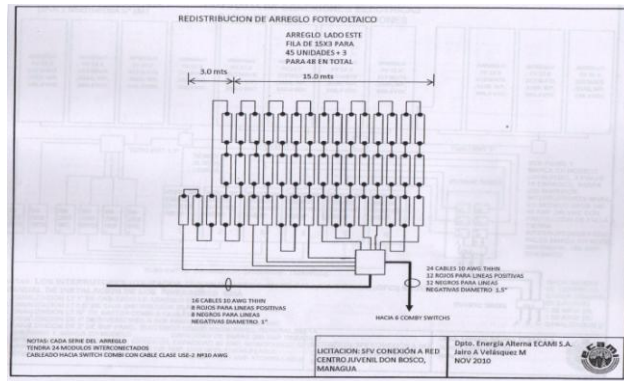


Fig. 2 Arreglo lado Este. Fila de 15x3 para 45 Unidades + 3 para 48 en total

- Un banco o arreglo de inversores, compuesto por 6 inversores marca Sunny Boy, Modelo SB 600US, con una potencia máxima de 6400W, 120/240 VAC en su salida y 600 VDC de entrada.(Fig.3)



Fig.3 Inversores

- Un juego de protecciones DC, compuesto por interruptores marca Sunny Boy, Modelo Comby Box.
- Un juego de Protecciones AC, Compuesto por Centros de Carga e interruptores marca Cuttler Hammer, y un Supresor de picos y transientes marca Leviton.
- Medidores de potencia producida, equipo de alta precisión modelo Shark 100, bidireccional trifásico.

- Sistema de Aterrizamiento (polo a tierra), compuesto por un sistema de aterrizamiento tipo "Pata de Ganso", con resistencia de 3,3 ohm. (Fig. 4)

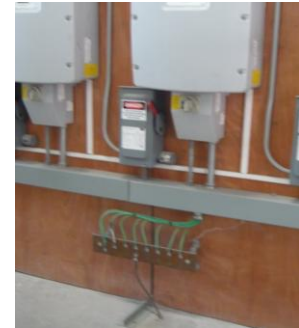


Fig.4 Polo a tierra tipo "Pata de Ganso"

- Sistema de monitoreo, compuesto por un equipo sensor marca SMA modelo Sunny Sensor Box y un Sunny Web Box para enlace y transmisión de datos Vía Web (actualmente no utilizado)

2.11 Delimitación y Alcance del Proyecto

Debido a la situación de cambios en los directivos del Centro Juvenil Don Bosco, el alcance de la auditoría debió variarse y adaptarse a la realidad del momento, fundamentalmente por falta de tiempo para obtener mayor información, debido a que el Centro estaba a un par de días de iniciar período de vacaciones de cierre de año.

No fue posible levantar el inventario, subir al techo a revisar la disposición de los paneles fotovoltaicos y realizar mediciones de carga.

Debido a lo anterior, el alcance se adaptó acorde a la información recibida, verbal, electrónica e impresa (Manual de reparación y mantenimiento, facturas de energía eléctrica desde Julio 2010 hasta Octubre 2011) por parte de la administración al momento de la visita realizada, respaldada por las imágenes tomadas en el lugar.

Capítulo 3 Descripción de las Tecnologías implicadas

El emplazamiento de un SFV afecta a su capacidad generadora en un doble sentido. Por una parte, el lugar determina el potencial de la radiación solar incidente (cantidad, distribución temporal y proporción de difusa). Por otro lado, la superficie particular (orientación, inclinación y sombras) que aloja al generador determina el grado de aprovechamiento de dicho potencial, esto es, considerar los datos específicos del lugar.

La distribución estadística de la radiación solar afecta a la generación de energía en un SFV, debido a que la eficiencia de sus componentes, y muy en particular la del inversor, es función de la potencia de trabajo.

En este sentido, el llamado Año Meteorológico Típico, AMT o TMY/TRY (siglas del “Typical Meteorological/Reference Year”), formado por valores horarios de irradiación horizontal y temperatura ambiente correspondientes a un año hipotético pero especialmente representativo de la climatología de un determinado lugar, constituye una herramienta estandarizada de cálculo muy completa, dichos valores, y mucho más, pueden obtenerse de “NASA Langley Atmospheric Science Data Center”.

❖ Principales Iniciativas

• Japón

- Proyecto “Sol Naciente”
- 148.4 MWp conectados a red a finales de 1999
- 12,000 Techos fotovoltaicos residenciales a finales de 1999
- Alrededor de 200 sistemas en edificios públicos
- Alrededor de 200 sistemas en instalaciones industriales
- 10 Compañías eléctricas han adoptado esquemas de “medición neta”

• Alemania

- Programa “100,000 Techos Fovoltaicos”, 1999
- 58 MWp conectados a la red a finales de 1999. Se prevé un incremento substancial en los años siguientes.
- La ley de generación eléctrica prevé el pago de precios preferenciales a la energía proveniente de fuentes renovables

• Estados Unidos

- Programa “1 Millón de Techos Solares”
- 33.1 MWp conectados a la red a finales de 1999
- La mayoría de los estados han adoptado esquemas de “medición neta”

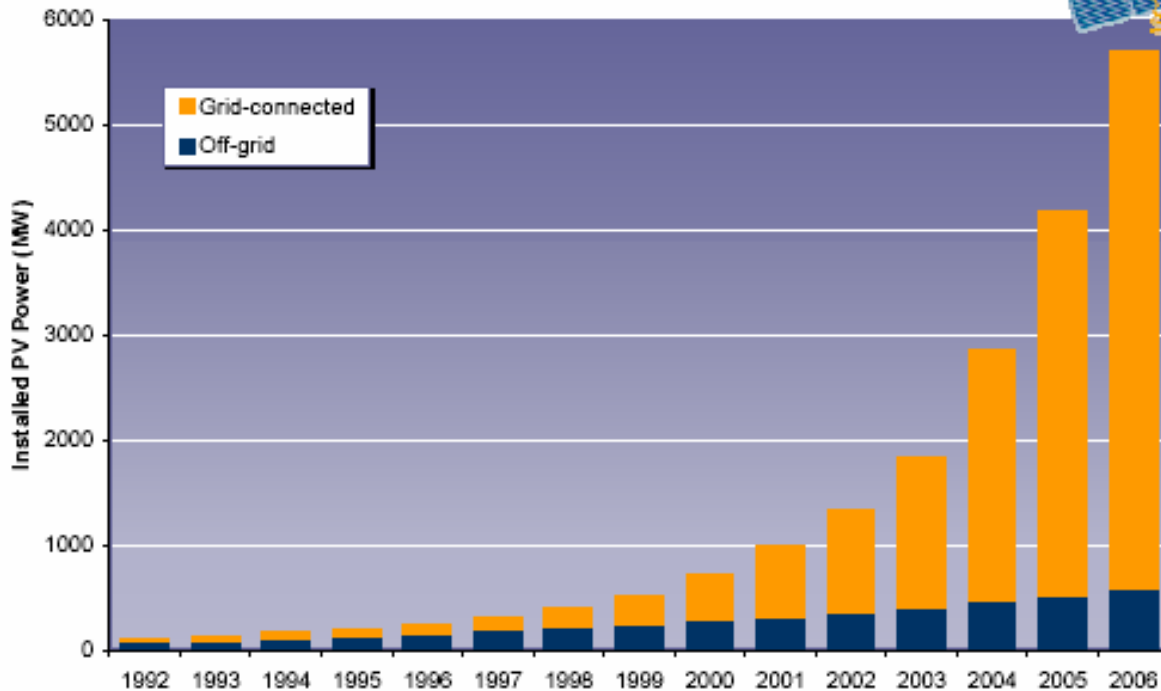
La auditoría energética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía, de cualquier empresa e institución que desee controlar su gasto de energía. Básicamente, la auditoría consta de analizar el uso de la energía y los costos que ello implica, así como, realizar un plan de mejoras con su correspondiente valoración económica, esto es, analizar tres áreas de consumo: la iluminación, la climatización y los equipos que consumen energía en el edificio.

Estadísticas Mundiales Potencia instalada acumulada

Figure 1: Cumulative installed grid-connected and off-grid PV power in the reporting countries

Graph Downloaded from the IEA PVPS Website, <http://www.iea-pvps.org>

Data may be reproduced with acknowledgement to IEA Photovoltaic Power Systems Programme



En el marco de este trabajo, se tomo nota de lo siguiente:

- Los equipos consumidores de energía eléctrica existentes en la instalación
- Iluminación y ventilación
- Existencia de manuales de operación y mantenimiento del sistema
- Documento del proyecto de implementación del sistema fotovoltaico
- El mantenimiento a los paneles fotovoltaicos
- Arreglo de los inversores
- Protección del sistema
- Cableado
- Identificación de cableado
- Ubicación de los transformadores
- Seguridad Física del sistema

3.1 Equipos Existentes

Dada las características de la instalación, adicional a la iluminación, equipos de oficina y aire acondicionado, en ella hay diversos equipos utilizados tanto para enseñanza como para servicios, por ejemplo: computadoras, máquinas de coser, máquinas fresadoras, tornos, etc.(Fig. 4, 5, 6)



Fig.4 Máquina de torno



Fig.5 Máquina Fresadora

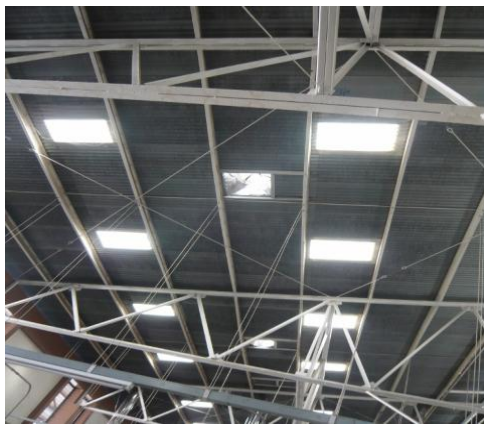


Fig.6 Área de Impresiones

3.2 Iluminación y Ventilación

Las áreas destinadas para oficina están iluminadas con lámparas fluorescentes de 40 W y el edificio está diseñado de tal forma que se aprovecha la luz solar diurna. Sin embargo, los aires acondicionados están orientados hacia el sur, este hecho da lugar a obtener una baja eficiencia ya que el Sol impacta sobre ellos y las paredes.

En el edificio en donde están ubicados los paneles e inversores, tiene aproximadamente la altura de un edificio de dos pisos, no cuenta con cielo raso, el de tal forma que es posible aprovechar la luz del día para iluminar el área ya que están distribuidas láminas para techo que permiten el paso de la luz al local (Fig.7). Se pudo contar 17 pares de tubos de 59W cada uno (Fig. 8).



La altura y el tipo de ventana permiten tener razonablemente ventilado el lugar.



Fig.8 Tipo de luminaria utilizada en el área de Taller

3.3 Manuales y documentos de apoyo

El Centro además del documento del Proyecto cuenta con el Manual de Operación y Mantenimiento del sistema en formato impreso, no así con los planos eléctricos.)

3.4 Cableado

Visualmente, la conexión desde los paneles fotovoltaicos a la caja de distribución e inversores era adecuada. Se observó también que todos los inversores estaban funcionando.

En cuanto al cableado de los arreglos de inversores hacia el juego de protecciones AC, compuesto por Centros de Carga, Interruptores, supresor de Picos y transientes, hacían falta los planos e identificación en algunos elementos conectados.

3.5 Seguridad Física

Se notó que en donde está ubicado el juego de protección AC hace falta mayor seguridad ya que son fáciles de abrir.

Hay limitada posibilidad de acceso al arreglo fotovoltaico, ya que debido a la altura del edificio y la vigilancia del lugar, solo se puede lograr utilizando medios de apoyo difíciles de ocultar (Fig.9).



Fig.9 Vista de la ubicación de los Paneles Solares Fotovoltaicos sobre el techo del edificio.



Fig.10 Arreglo de los paneles fotovoltaicos. Crédito: **M. Sc. Ing. Aracely Hernández Méndez**

Los transformadores (Fig.11) están ubicados al costado norte del edificio, en una zona en donde no hay tránsito de peatones ni vehículos, se encuentran dentro de una caseta construida con bloque, cerrada con malla soldada a tubos (Fig.12).



Fig.11 Transformadores



Fig.12 Ubicación de los Transformadores

Capítulo 4 Valoración del Sistema Instalado

4.1 Trabajo realizado

- El trabajo se organizó siguiendo las orientaciones del Máster.
- Se organizó las diferentes etapas relacionadas con la actividad, siendo la primera de todas, establecer contacto con la institución.
- Se dio una primera entrevista con el director de la institución para exponerle el tipo de estudio a realizar y a su vez lo que la institución esperaba al dar lugar al mismo. El director orientó a una segunda entrevista, esta vez con el administrador del Centro.
- En la segunda entrevista, con el administrador del centro, se explicó nuevamente la intención del estudio, en esta ocasión quedó clara la posición por parte del centro en cuanto al aporte de cada una de las partes. Sin embargo no hubo una respuesta definitiva, la orientación fue esperar ya que debían conversarlo a nivel de dirección con el responsable de control interno.
- Se mantuvo contacto vía telefónica y por correo electrónico, dada la situación de cambios que experimentaba el centro.
- En la tercera entrevista, esta vez en compañía del tutor, nos reunimos con el responsable de control interno, nuevamente fue explicada la situación y quedando clara la expectativa por parte del centro en cuanto al trabajo a realizar.
- La última entrevista/visita, fue para conocer un poco más sobre el proyecto y visitar el edificio en cuyo techo está ubicado el sistema fotovoltaico. No fue posible realizar mediciones. Se obtuvo copia del manual del sistema elaborado por ECAMI S. A. (Empresa que instaló el sistema) así como copias de las facturas de consumo de energía eléctrica cubriendo el período comprendido desde 29/07/2010 hasta 29/10/2011, considerando el antes y después de la puesta en marcha del sistema, en el mes de noviembre del 2010.
- De forma paralela, con la actividad de contacto con la institución, se procedió a recopilar información de índole general, tal como, aspectos técnicos, experiencias de instalaciones en otros países, desarrollo de estos sistemas a nivel mundial, etc.
- De manera más específica se procedió a recopilar información, de orden técnico, así como leyes y normativas relacionada con el SFV instalado.

4.2 Evaluación

El sistema fotovoltaico instalado entró en funcionamiento a partir de noviembre 2010.

El tipo de tarifa del Centro Juvenil Don Bosco, acorde al pliego tarifario actualizado a entrar en vigencia el 1ro. de Enero 2003, publicado por INE (Instituto Nicaragüense de Energía) es:

Mediana Tensión (Voltaje Primario en 13,8 y 24,9 kV)

TARIFA: Industrial Mediana

CRITERIO DE CLASIFICACION: Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)

CODIGO TARIFA: T-4D

CONSUMOS: TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIO ESTACIONAL.

ENERGIA (US\$/kWh): Todos los kWh 0,07852

CARGOS POR POTENCIA (US\$/kW-mes): kW de Demanda Máxima 9,01025

El medidor instalado es Unidireccional, esto es, solamente mide el consumo desde la red eléctrica comercial.

El arreglo está compuesto por 144 módulos fotovoltaicos conectados en sub arreglos de 12 paneles solares en serie, para obtener una potencia de 2580 W y 350 VDC con 8,3 amperios por cada sub arreglo, es decir, 16,6 A en total.

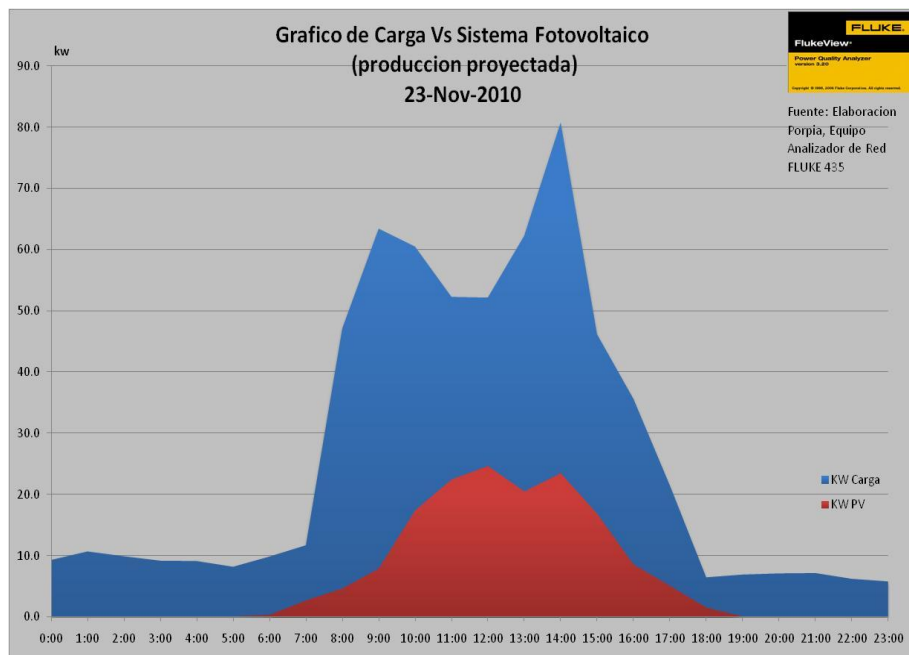


Gráfico 1 Curva de consumo vs generación sistema FV Crédito: M. Sc. Ing. Aracely Hernández Méndez

En el gráfico 1, se observa el comportamiento de la producción proyectada de la planta fotovoltaica, durante un día típico lo que equivale aproximadamente a 155kWh/día. Esto representa un ahorro de aproximadamente del 40% del consumo actual del centro Juvenil Don Bosco.

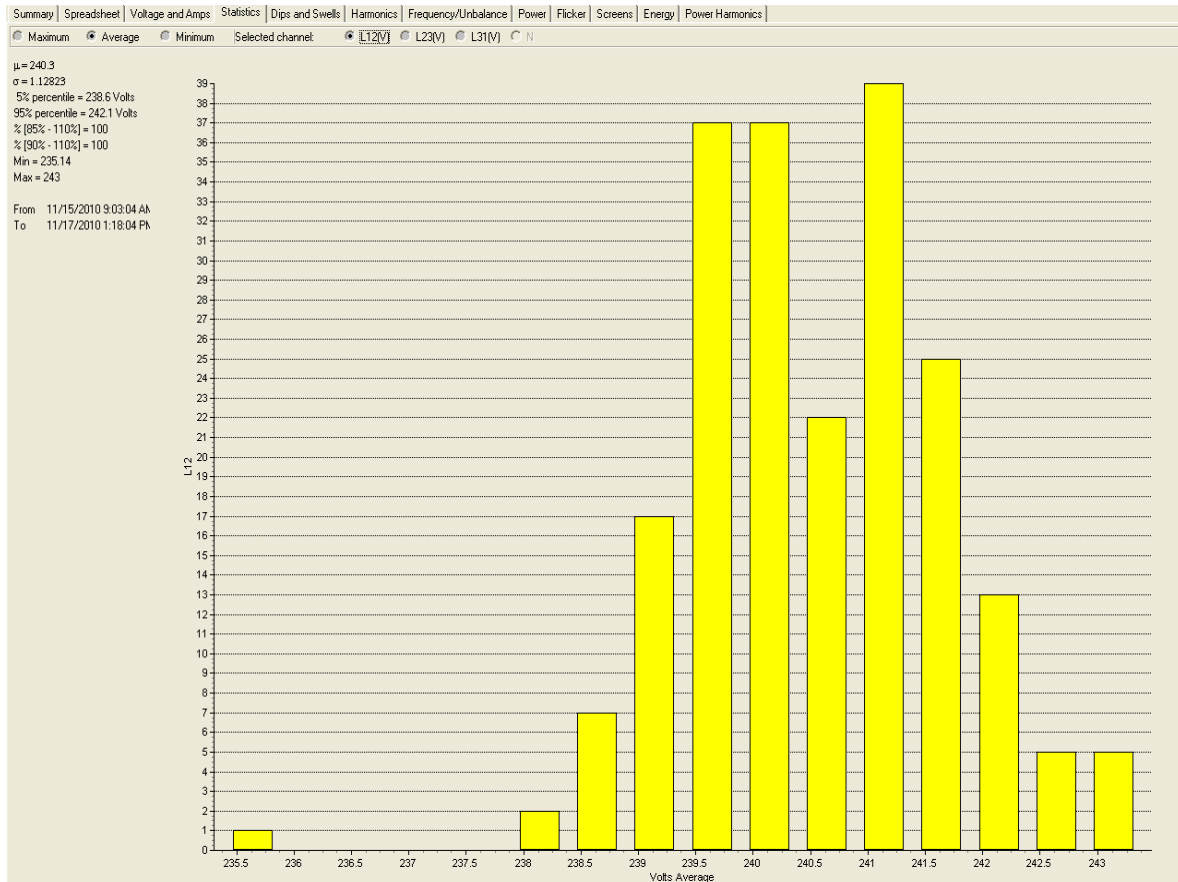


Gráfico 2 Variación del nivel de Voltaje. Equipo utilizado: Analizador de Red Fluke 435 **Curva**
Crédito: M. Sc. Ing. Aracely Hernández Méndez

En el gráfico 2, están representados los parámetros y niveles de voltaje de la red de distribución, el cual tiene un comportamiento aceptable según Normativa del Servicio Eléctrico Nicaragüense, estando estos valores dentro del margen del $\pm 10\%$ del voltaje nominal 240V entre fases.

Con la información detallada en las facturas eléctricas, se elaboró una tabla en donde se desglosó la información energética y los diferentes importes vinculados con el consumo de energía eléctrica (Anexo C1-C3) de ésta se presentan algunos de los campos en los cuales se puede observar el comportamiento del consumo energético a partir del mes en que el SFV fue instalado. (Tabla 1).

La distribución de lo facturado en el período se refleja en el siguiente gráfico.

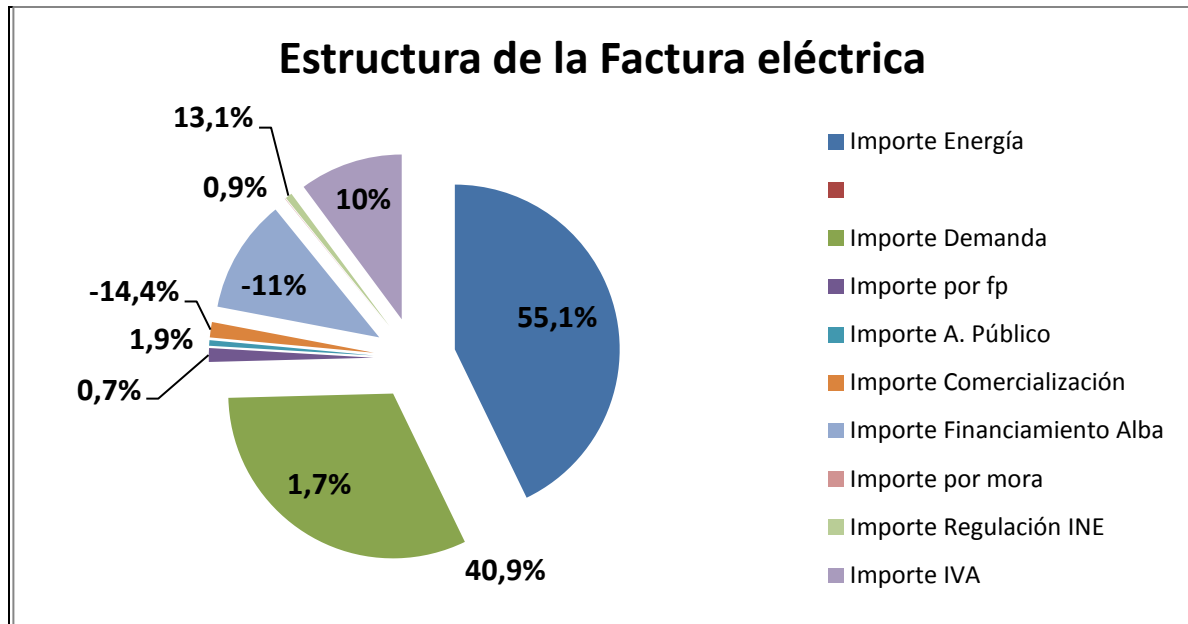
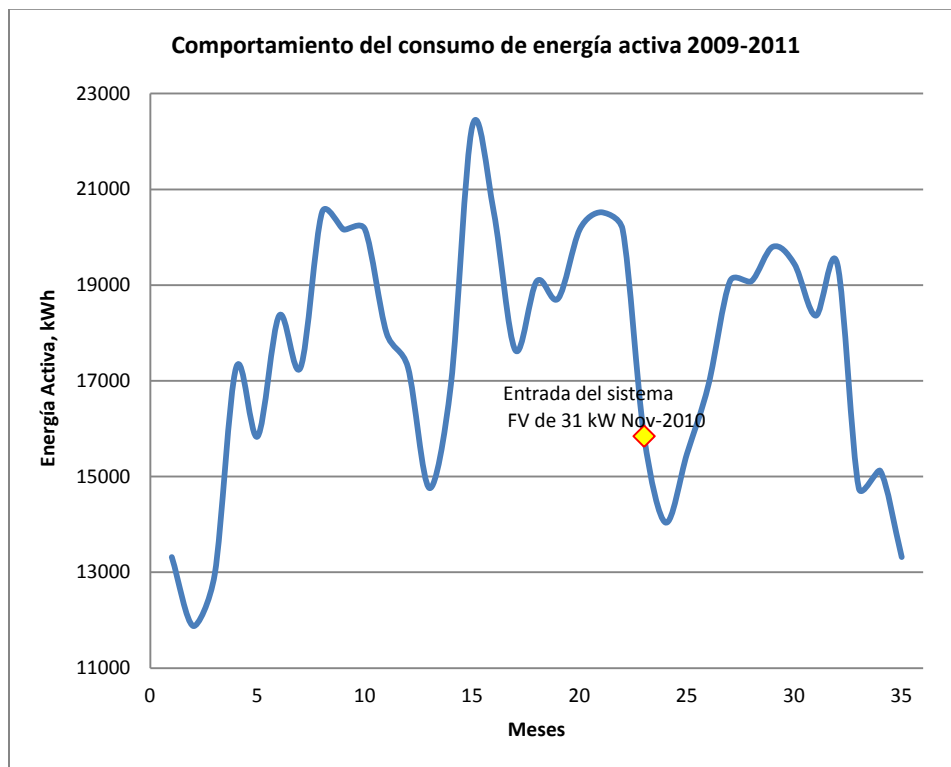
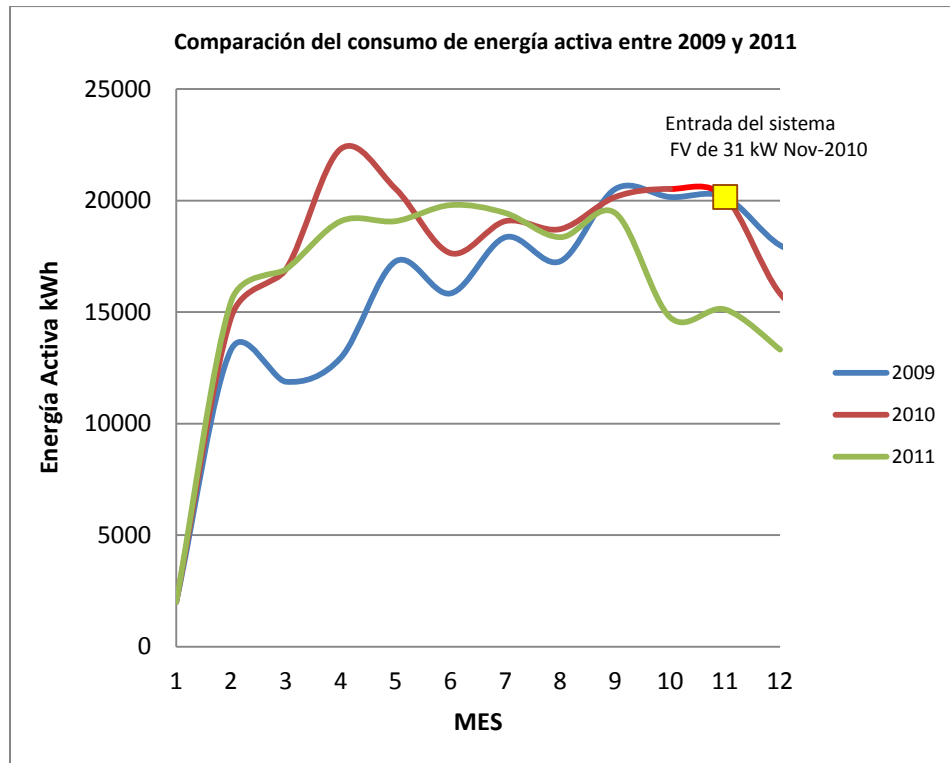


Gráfico 3 Distribución de porcentajes de los diversos importes contenidos en las facturas en el período de funcionamiento del SFV.



La gráfica del comportamiento del consumo de energía no muestra una evolución visible en disminuir el consumo con la entrada del sistema FV, solamente parece que se resuelve la aparición de "picos" agudos al comienzo del año (2011) en el CJDB.



Esta gráfica comparativa entre los mismos meses de los años 2009, 2010 y 2011, muestra las variaciones en el consumo del CJDB. Nótese que para el año 2011, se disminuye el consumo de energía activa, cambio que realmente comienza en noviembre de 2010 cuando el sistema FV se instala. Sin embargo, de febrero a septiembre de 2011, parece que la facturación se mantuvo estabilizada, y luego disminuye. Todo parece más relacionado a las actividades propias de consumo del CJDB que a la influencia o aportes de energía que hace el sistema FV.

Tabla 1 Comportamiento del consumo energético con el SFV conectado a la red eléctrica. Antes y Después de la puesta en funcionamiento SFV, en Noviembre 2010.

Ubicación:	Centro Juvenil Don Bosco, Managua
NIS:	2032377
Tarifa:	T4D MT INDU MEDIANABINOM SIN M/H
Medidor:	8902061

Fecha	Energía Activa (kWh)	Energía Reactiva (kVARh)	Demanda (Alta) (kW)	Factor de Potencia (fp)	kW cont.
29/07/2010	12817	8045	67	0.85	100
28/08/2010	13908	8454	67	0.85	100
28/09/2010	13908	8863	72	0.84	100
29/10/2010	14454	9136	76	0.85	100
27/11/2010	12545	7636	71	0.85	100
29/12/2010	8863	6408	56	0.81	100
30/01/2011	7227	5863	48	0.78	100
26/02/2011	8727	6136	61	0.82	100
29/03/2011	10090	7227	60	0.81	100
28/04/2011	10090	6272	83	0.85	100
28/05/2011	12648	8160	67	0.84	100
28/06/2011	13090	8590	95	0.84	100
29/07/2011	12817	8863	87	0.82	100
29/08/2011	11863	8045	74	0.83	100
29/09/2011	11726	7636	76	0.84	100
29/10/2011	11968	7616	76	0.84	100
28/11/2011	11454	6681	71	0.86	100
PROMEDIO	11,008.31	7,317.92	71.15	0.83	100.00

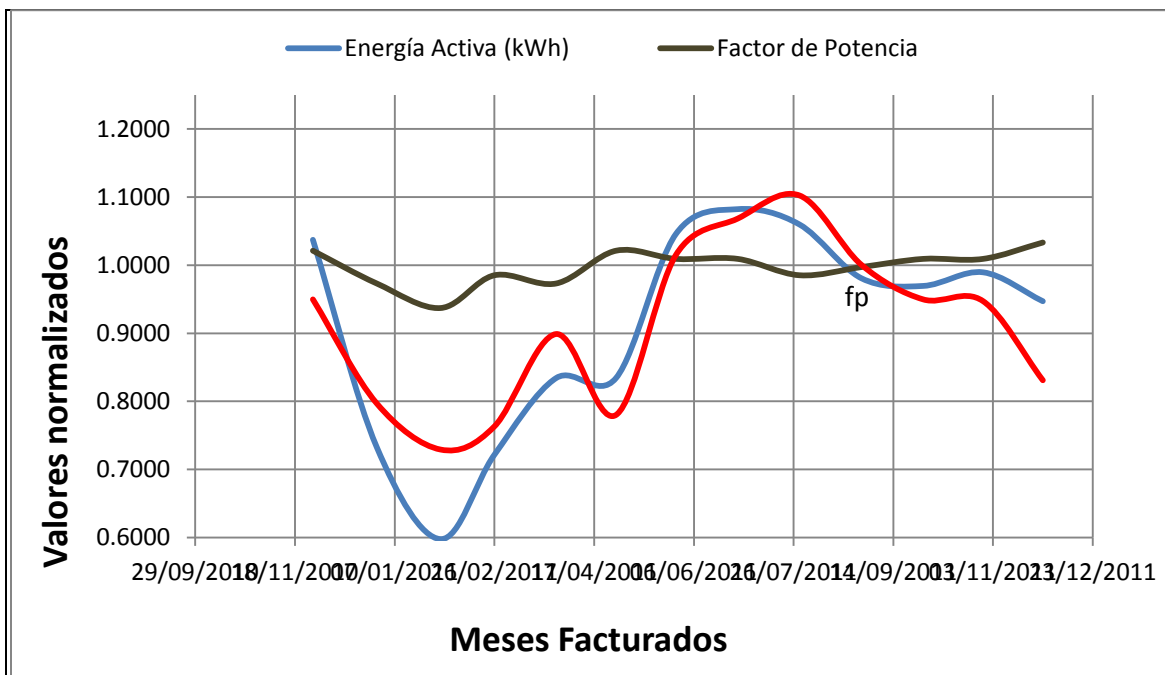


Gráfico 4 Comportamiento energético en el período de funcionamiento del SFV.

Como puede observarse en los datos de la tabla 1 y en el gráfico 4, no hubo mayor cambio en la facturación posterior a la instalación del sistema. Las leves variantes (reducción del monto de la factura) se observan en aquellos meses en que la actividad educativa en el centro es muy baja.

Sin embargo, preocupa que el factor de potencia tenga valores por debajo del valor establecido de 0.85 en casi todo el periodo observado. Esto simplemente se traduce en costos económicos por cargos sobre este parámetro. Es decir, mientras no se mejore el factor de potencia, y como se ha mostrado en el gráfico #3, se tienen pérdidas de hasta un 10% por pago en la factura eléctrica.

Esto se debe en gran parte al consumo de energía que tienen con máquinas motoras, refrigeradores y aires acondicionados. Se nota mejor si se observa la curva de la energía reactiva, la que debería disminuirse por el uso de dispositivos que aumente el factor de potencia filtrando la potencia utilizada para bajar el valor de la reactiva.

Capítulo 5 Consideraciones ambientales, económicas y de seguridad

Se puede decir que los sistemas fotovoltaicos (SFV) poseen impactos ambientales menores que las plantas eléctricas a base de combustibles fósiles. Ellos son una solución amigable con la naturaleza. Sin embargo, el mal uso y manejo de esta tecnología sí puede tener efectos dañinos al medio ambiente. Se sugieren algunas recomendaciones que se deben atender para evitar esto:

- Los SFV deben ser instalados correctamente para evitar su fallo prematuro, de lo contrario ocasionará el abandono de los equipos y su posible deterioro. No tiene sentido invertir en equipo de alta tecnología si éste no será utilizado durante muchos años, o en su efecto instalar un sistema sobreestimado cuyos costos de instalación no estén acordes a la demanda
- Debe existir un programa eficaz de retiro y reciclaje de baterías (cuando aplique): las baterías fotovoltaicas abandonadas a la intemperie después de cumplir su vida útil ocasionarán contaminación, por lo que es necesario elaborar un programa para el desecho de las baterías.
- La correcta instalación de estos SFV suponen una forma eficiente de reducir las emisiones de agentes contaminantes a la atmósfera (CO_2 , SO_2 Y NO_x principalmente), derivados de la generación de energía mediante combustibles fósiles.
- Se debe insistir con los fabricantes o la empresa que realiza el trabajo en la garantía del trabajo, mantenimiento del sistema en el menos la mitad del tiempo de vida útil y la gestión de los paneles como desechos al alcanzar la misma.
- Todos los equipos eléctricos, electrónicos, cables y otros adicionales que conforman el SFV, deben estar en zonas de acceso restringido
- Debe de haber una persona responsable de los manuales del sistema, llevar los registros de lecturas, así como la bitácora del sistema y estar a cargo de la(s) llave(s) de acceso.
- Para que el SFV funcione de forma adecuada y según lo estudiado, se debe hacer caso a las orientaciones de los proveedores y las de la empresa que lo instaló.

Con el fin de obtener un estimado de la energía generada por el SFV (System output, kWh) se utilizaron los valores de la irradiación solar para la ciudad de Managua, ubicación del CJDB, a lo largo de todo un año. Esta información, se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Detalle de Irradiación solar anual para la Ciudad de Managua. Tomado de NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables

	Gl. horiz.	Coll. Plane	System output	System output
	kWh/m ² .day	kWh/m ² .day	kWh/day	kWh
Jan.	4.84	5.65	141.1	4374
Feb.	5.46	5.98	149.4	4183
Mar.	5.97	6.04	150.7	4671
Apr.	5.87	5.42	135.3	4059
May	5.23	4.55	113.5	3520
June	4.8	4.08	101.9	3056
July	5.06	4.33	108	3349
Aug.	5.03	4.53	113.1	3506
Sep.	4.63	4.49	112	3361
Oct.	4.61	4.83	120.5	3735
Nov.	4.40	4.95	123.7	3710
Dec.	4.51	5.35	133.5	4138
Year	5.03	5.01	125.1	45663

Para realizar una evaluación en cuanto a las emisiones de CO₂, que la utilización del SFV ahorra respecto a su generación, se tomó los valores obtenidos en la tabla 1, System Output. Esto se hizo considerando las directrices del IPCC 1996 (Tabla 3) y suponiendo que toda la generación era debida al uso de petróleo.

Tabla 3 Valores IPCC 1996

Valores IPCC 1996		
10 ³ Toneladas equivalentes de petróleo (1 kTEP) representan 41.868 TJ		
1 kilotonelada representa 1Gigagramo (1Gg)		
1ton = 10 ³ kg		
1Tep = = 11,630 kWh=11.630 MWh		
1 kTep=11.63GWh=11630kWh		
1Tep = 0.0418 TJ= 41, 868, 000, 000 J = 41.868GJ=0.0418*1000TJ		
1kTep=41.868TJ		
FACTORES DE EMISION DE CARBONO FEC tC/TJ		
		t CO₂/TJ
Gasolina	18,9	69.3
GPL	17,2	63.1
Biomasa Sólida	29,9	N/D
DIESEL	20	73.3
FRACCION DEL CARBONO OXIDADO		
Carbón	0,98	
Petróleo y Derivados	0,99	

Como resultado del tratamiento de estos valores, se obtuvieron los resultados de las Tabla 4 y Tabla 5.

Tabla 4 Cálculo de Emisiones de CO₂, meses Noviembre y Diciembre de año 2010.

	Energía	Kilo toneladas Equivalentes de Petróleo	Equivalente en Terajoules	Emisión en Toneladas de Carbono	Carbono Almacenado en Gigagramos de Carbono	Fracción de Carbono que se oxida	Carbono Oxidado en Emisiones de CO2
Año 2010	kWh	Ktep	TJ	ton de Carbono	Gg de C	Gg de C	kt
NOV	12545	1.08	45.1620	903.24	0.90	0.89	3.28
DIC	8863	0.76	31.9068	638.14	0.64	0.63	2.32
ANUAL	21408	1.84	77.0688	1,541.38	1.54	1.53	5.60

Tabla 5 Cálculo de Emisiones de CO₂, Enero-Noviembre del año 2011.

Año 2011	Energía	Kilo toneladas Equivalentes de Petróleo	Equivalente en Terajoules	Emisión en Toneladas de Carbono	Carbono Almacenado en Gigagramos de Carbono	Fracción de Carbono que se oxida	Carbono Oxidado en Emisiones de CO₂
	kWh	Ktep	TJ	tC	Gg de C	Gg de C	kt
ENE	7227	0.62	26.02	520.34	0.52	0.52	1.89
FEB	8727	0.75	31.42	628.34	0.63	0.62	2.28
MAR	10090	0.87	36.32	726.48	0.73	0.72	2.64
ABR	10090	0.87	36.32	726.48	0.73	0.72	2.64
MAY	12648	1.09	45.53	910.66	0.91	0.90	3.31
JUN	13090	1.13	47.12	942.48	0.94	0.93	3.42
JUL	12817	1.10	46.14	922.82	0.92	0.91	3.35
AGO	11863	1.02	42.71	854.14	0.85	0.85	3.10
SEP	11726	1.01	42.21	844.27	0.84	0.84	3.06
OCT	11968	1.03	43.08	861.70	0.86	0.85	3.13
NOV	11454	0.98	41.23	824.69	0.82	0.82	2.99
ANUAL	121700	10.46	438.12	8762.40	8.76	8.67	31.81

Sumado los valores, obtenidos en la última columna de las tablas referidas, se obtiene que la emisión total de CO₂ en el período, totaliza 37.40 ktCO₂ (kilo toneladas de dióxido de carbono)

Considerando solamente el aporte energético del SFV, se obtiene que el total de emisiones ahorradas de CO₂ en el período, es de 11.93 ktCO₂ (kilo toneladas de dióxido de carbono). Este ahorro significa el 31.9% del total de las emisiones que tendría el CJDB consumiendo energía. Es decir, las emisiones actuales serían, y gracias al SFV, de 25.5 ktCO₂.

Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones

❖ Conclusiones

- Según los registros de la factura eléctrica no hay mayor cambio entre el antes y el después de la puesta en funcionamiento del sistema fotovoltaico. No se baja significativamente la factura eléctrica.
- Una inspección rápida al sistema de consumo sugiere que la energía producida por el sistema es entregada a la red, pero no se nota una compensación de esto en el consumo del CJDB. Además, el CJSB no cuenta con un medidor bidireccional capaz de medir lo que entrega a la red, que es muy necesario.
- El CJDB deberá replantearse la situación de cómo aprovechar mejor su SFV tal que el provecho se traduzca en una compensación económica directa por revisar y cambiar la forma en que se inyecta la energía a la red y su registro.
- Aunque el SFV cuenta con un sistema de control y monitoreo de registros de datos, el mismo se encuentra en desuso, lo que limita que se evalúe mejor el SFV. Esto es de capital importancia como para contar con argumentos y pruebas ante una revisión de su factura eléctrica.
- Según la información obtenida mediante la simulación realizada con la información disponible, la decisión de un sistema fotovoltaico es acertada para el consumo de la institución, no solo en el aporte energético sino también en la reducción de la emisión de CO₂ (31.8% de las emisiones del CJDB).

❖ Recomendaciones

- Tomando en cuenta la inversión, es necesario designar a una persona para que lleve la seguridad y bitácora del sistema así como los registros y documentación vinculada con el mismo.
- Realizar un censo de carga de tal forma que se pueda realizar un estudio actualizado y realizar las modificaciones necesarias al sistema para poder solventar el consumo por torque eléctrico debido al tipo de maquinaria utilizada en el centro.
- Debe buscarse algún tipo de arreglo con la empresa distribuidora de energía, para que se facilite la medición bidireccional y hacer efectivo una posible reducción de la factura.

Capítulo 7 Referencias/Bibliografía

❖ Bibliografía

- Manual del Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red. 30 kW pico. Operación y Mantenimiento. Exclusivamente elaborado para Centro Juvenil Don Bosco, Managua. ECAMI, Departamento de Energía Alterna, diciembre 2010.
- Edificios Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica: Caracterización y Análisis. Caamaño Martín, Estefanía. Universidad Politécnica de Madrid(1998)
- Instituto de Investigaciones Eléctricas. Diplomado Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red.
- Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996, Volumen 2.
- Informe Final. Supervisión de la Instalación del Sistema Fotovoltaico 30kW en Centro Escolar Don Bosco. M. Sc. Ing. Aracely Hernández Méndez (Consultora), (20/12/2010)
- Normativa del Servicio Eléctrico. Instituto Nicaragüense de Energía (INE), Ente Regulador, Resolución No. 006-2000.
- Alimentación Eléctrica en Nicaragua y Bolivia. José Manuel Domínguez Mouriz, Madrid (2006)
- Manual sobre Energía Renovable Solar Fotovoltaica. FOCER (Fortalecimiento de la capacidad en Energía Renovable para América Central. ISBN 9968-9708-9-1.
- Pliego Tarifario Actualizado a entrar en vigencia el 1ro de Enero del 2003. Instituto Nicaragüense de Energía (INE), Ente Regulador.
- Normativa del Servicio Eléctrico. Aprobada según Resoluciones No.12-2001 y No.18-2001. Instituto Nicaragüense de Energía (INE), Ente Regulador.

❖ Referencias

- www.kyocerasolar.es
- www.donbosco.edu.ni
- http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi_bin/sse

ANEXOS

A-FOTOS

B- DATOS TECNICOS

C- TABLAS

D-GRAFICOS

A-FOTOS



A1 Panel de distribución



A2 Combi Switch



A3 Panel de conexión



A4 Interruptores de los sub arreglos

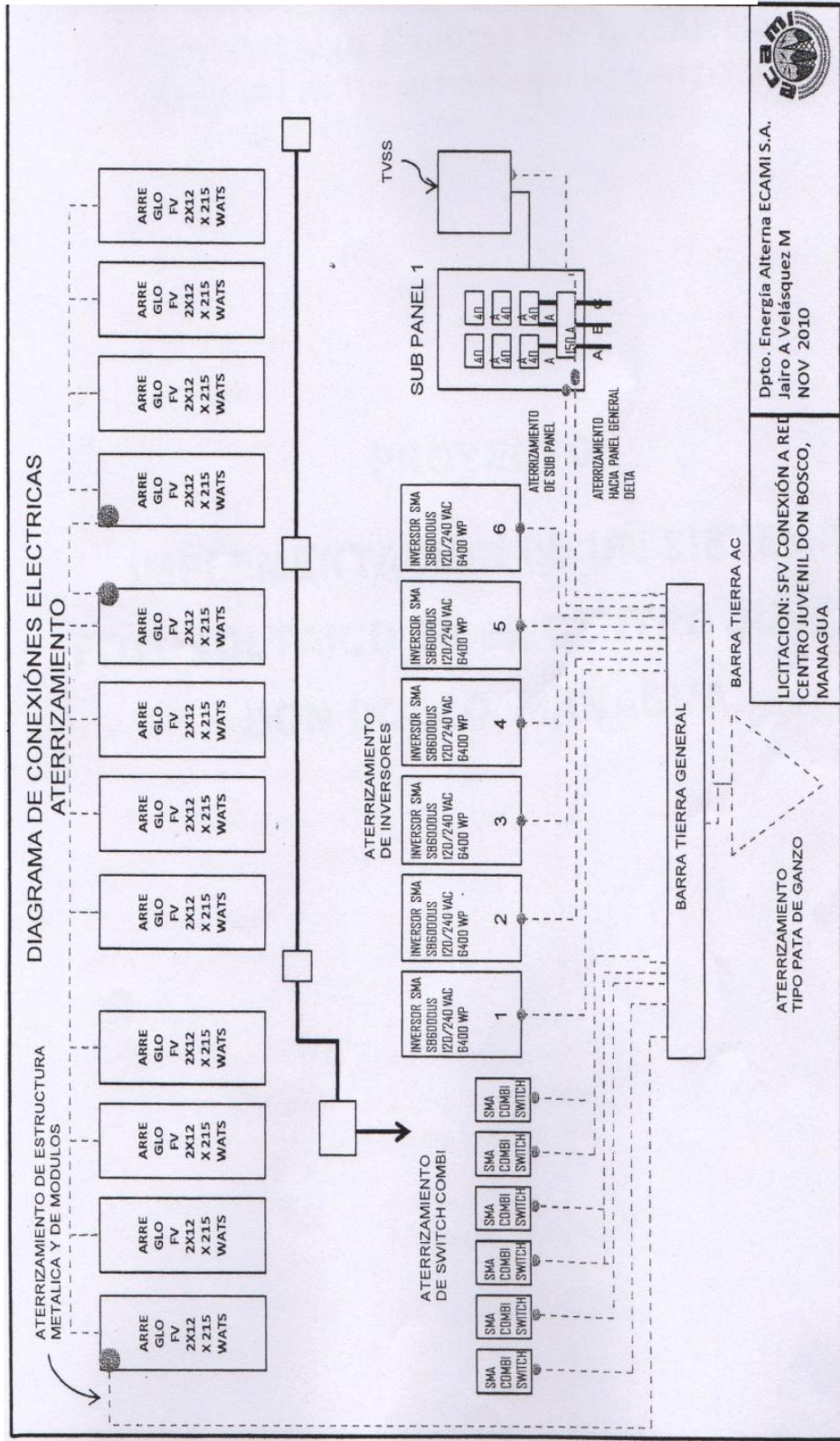


A5 Conexión de alimentación y distribución del taller



A6 Área de Bordado Industrial

B2 Diagrama de conexiones eléctricas, aterrizamiento (Polo a Tierra)



Input Data (DC)	SB 6000US
Máxima potencia FV recomendada	7500 W
Voltaje DC máx.	600 V
Máxima corriente DC de entrada	25 A
Voltaje de arranque en FV	300 V
Potencia nominal AC	6000 W
Máxima potencia AC	6000 W
Máxima corriente de salida AC, (@208, 240, 277 V)	25 A
Rango de voltaje AC Nominal	183 – 229 V @ 208 V
Rango de frecuencia AC	60 Hz / 59,3 Hz – 60,5 Hz
Eficiencia pico del inversor	97,0%
Dimensiones (Ancho x Largo x fondo en pulgadas)	18,4 x 24,1 x 9,5
Peso / Peso de envío	143 lb / 154 lb
Rango de Temperatura ambiente	-25 °C / +45 °C

B3 Datos técnicos de los inversores-Especificaciones- “Sunny Boy SB 6000US”

*La potencia del banco de inversores debe cubrir la potencia total del arreglo fotovoltaico y debe conectarse al sistema de red trifásico de la instalación

Equipos		Caída de tensión (máxima)	Longitud del tramo (máxima)	Sección del cable (mínima)
desde	hasta			
Módulos Solares	Inversor	3 %	50 m	5,26 mm ²
Inversor	Sub panel trifásico dedicado	3 %	5 m	13,3 mm ²
Sub panel trifásico dedicado	Panel trifásico principal	3 %	20 m	33,6 mm ²

B4 Dimensiones de cableado

*Con carácter general, la sección de los conductores debe ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes.

Estas distancias y secciones han sido calculadas para cables de cobre de 0,0172 $\Omega\text{mm}^2 / \text{m}$

C-TABLAS

C1 Detalle de factura Generación SFV

Fecha	Energía Activa (kWh)	Energía Reactiva (kVARh)	Demanda (Alta) (kW)	Factor de Potencia (fp)	kW cont.	Importe Energía (kWh) (C\$)
27/11/2010	12545	7636	71	0.85	100	38,217.04
29/12/2010	8863	6408	56	0.81	100	27,107.15
30/01/2011	7227	5863	48	0.78	100	22,232.12
26/02/2011	8727	6136	61	0.82	100	26,960.66
29/03/2011	10090	7227	60	0.81	100	31,290.88
28/04/2011	10090	6272	83	0.85	100	31,419.35
28/05/2011	12648	8160	67	0.84	100	39,646.51
28/06/2011	13090	8590	95	0.84	100	41,089.81
29/07/2011	12817	8863	87	0.82	100	57,030.58
29/08/2011	11863	8045	74	0.83	100	54,653.45
29/09/2011	11726	7636	76	0.84	100	52,242.36
29/10/2011	11968	7616	76	0.84	100	55,732.61
28/11/2011	11454	6681	71	0.86	100	53,418.03
PROMEDIO	11,008.31	7,317.92	71.15	0.83	100.00	40,849.27

C2 Continuación Detalle de factura Generación SFV

Fecha	Importe Demanda (kW) (C\$)	Importe por fp (C\$)	Importe Alumbrado Público (C\$)	Importe Comercialización (C\$)	Importe Financiamiento Alba (C\$)
27/11/2010	24,635.92	0.00	421.41	1,316.59	0.00
29/12/2010	19,509.23	1,864.66	423.10	1,321.88	0.00
30/01/2011	16,820.49	2,733.68	425.59	1,363.27	0.00
26/02/2011	21,464.80	1,452.76	427.36	1,368.93	0.00
29/03/2011	21,192.08	2,099.32	428.96	1,374.07	0.00
28/04/2011	29,437.44	0.00	430.74	1,379.77	0.00
28/05/2011	29,555.74	692.02	432.47	1,385.32	0.00
28/06/2011	33,969.32	750.59	434.27	1,391.07	0.00
29/07/2011	45,462.02	3,074.78	634.63	1,399.46	-30,920.74
29/08/2011	38,829.41	1,287.09	637.27	1,405.27	-29,327.15
29/09/2011	40,041.77	649.06	639.87	1,411.02	-29,578.02
29/10/2011	35,973.22	631.31	642.49	1,416.78	-28,775.62
28/11/2011	37,713.71	0.00	645.11	1,422.57	-28,597.33
PROMEDIO	30,354.24	1,171.94	509.48	1,381.23	-11,322.99

C3 Continuación Detalle de factura Generación SFV

Fecha	Importe Recargo x mora (C\$)	Importe Regulación INE (C\$)	Importe IVA (C\$)	TOTAL Importe C\$
27/11/2010	127.89	645.91	9,785.53	75,150.29
29/12/2010	104.82	502.26	7,609.24	58,442.34
30/01/2011	0.00	435.75	6,601.64	50,612.54
26/02/2011	63.79	516.75	7,828.69	60,083.74
29/03/2011	16.17	563.85	8,542.37	65,507.70
28/04/2011	0.00	626.67	9,494.10	72,788.07
28/05/2011	0.00	717.12	10,864.38	83,293.56
28/06/2011	0.00	776.35	11,761.71	90,173.12
29/07/2011	46.74	766.81	11,617.13	89,111.41
29/08/2011	0.00	674.85	10,224.03	78,384.22
29/09/2011	0.00	674.06	10,212.02	76,292.14
29/10/2011	17.83	656.21	9,941.55	76,236.38
28/11/2011	0.00	646.02	9,787.22	75,035.33
PROMEDIO	29.02	630.97	9,559.20	73,162.37

Ubicación:	Centro Juvenil Don Bosco, Managua
NIS:	2032377
Tarifa:	T4D MT INDU MEDIANABINOM SIN M/H
Medidor:	8902061

C4 Comparación de consumo del antes y después de la instalación del SFV. Julio-Octubre 2010, Julio – Octubre 2011

“Antes”

Periodo sin Sistema FV. Julio-Oct 2010			
	Máximo	Mínimo	Promedio
Activa (kWh)	14,454.00	12,817.00	13,771.75
Factor de potencia	0.85	0.84	0.85
Consumo. Reactiva	9,136.00	8,045.00	8,624.50
Importe C\$	83,765.14	73,209.69	78,659.43

“Después”

Periodo con Sistema FV. Julio-Octubre 2011			
	Máximo	Mínimo	Promedio
Activa (kWh)	12,817.00	11,726.00	12,093.50
Factor de potencia	0.84	0.82	0.83
Consumo. Reactiva	8,863.00	7,616.00	8,040.00
Importe C\$	89,111.41	76,236.38	80,006.04

Diferencia "antes" menos "después"			
	Máximo	Mínimo	Promedio
Activa (kWh)	1,637.00	1,091	1,678.25
Factor de potencia	0.01	0.02	0.02
Consumo Reactiva	273	429	584.50
Importe C\$	-5,346.27	-3,026.69	-1,346.61