



ISBN: 978-99961-50-20-3

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA
INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL”

**SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES: ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL**

AUTOR: TÉC. RENÉ ESTANISLAO FUENTES PALACIOS

SAN MIGUEL, ENERO 2015



ISBN: 978-99961-50-20-3

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA
INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL”

**SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES: ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL**

AUTOR: TÉC. RENÉ ESTANISLAO FUENTES PALACIOS

SAN MIGUEL, ENERO 2015

Rectora

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Edición

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. David Emmanuel Agreda

Lic. Ernesto José Andrade

Sra. Edith Cardoza

Director Coordinador del Proyecto

Lic. Mario Alsides Vásquez Cruz

Autor

Téc. René Estanislao Fuentes Palacios

FICHA CATALOGRÁFICA

621.47

F954d Fuentes Palacios, René Estanislao

Diseño e implementación de un laboratorio de energía fotovoltaica para ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel / René Estanislao Fuentes Palacios. - 1ª ed. San Salvador, El Salvador: ITCA Editores, 2015.

121 p. ; il. ; 28 cm.

ISBN: 978-99961-50-20-3

1. Recursos energéticos renovables, 2. Colectores solares. 3. Energía Solar.
II. Título.

Este documento es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA–FEPADE, tiene el propósito de difundir conocimiento y resultados de proyectos entre la comunidad académica y el sector empresarial. El contenido de este Informe de Investigación puede ser reproducido parcial o totalmente, previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA–FEPADE. Para referirse al contenido, debe citar la fuente de información. El contenido de este documento es responsabilidad de los autores y los docentes investigadores citados.

Sitio web: www.itca.edu.sv

Correo electrónico: bibliotecologos@itca.edu.sv

PBX: (503) 2132 – 7400 / FAX: (503) 2132 – 7423

Tiraje: 16 ejemplares

ISBN: 978-99961-50-20-3

Año 2015

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
2.2 ANTECEDENTES	8
2.3 JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVOS.....	10
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. HIPÓTESIS.....	11
5. MARCO TEÓRICO	11
5.1 La Celda Solar	11
5.2 Tipo de Celda Solar.....	14
5.3 Paneles solares.....	15
5.4 Generador fotovoltaico.	18
5.5 Pérdidas.	22
5.6 Sistema de almacenamiento.....	23
5.7 Tipos de baterías.	24
5.8 Regulador de carga.	30
5.9 Sistema de adaptación de corriente (inversor):.....	35
5.10 Electrificación rural con sistemas fotovoltaicos autónomos.....	40
6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
7. RESULTADOS ESPERADOS.....	42
8 CONCLUSIONES	79
9 RECOMENDACIONES	79

10 GLOSARIO	80
11 FUENTES BIBLIOGRAFICAS.....	82
12 ANEXOS.....	83
PRACTICA DE LABORATORIO #1.....	84
PRACTICA DE LABORATORIO #2.....	86
PRACTICA DE LABORATORIO #3.....	88
PRACTICA DE LABORATORIO # 4.....	91
PRACTICA DE LABORATORIO # 5.....	93
PRACTICA DE LABORATORIO # 6:.....	95
PRACTICA DE LABORATORIO #7.....	98
PRACTICA DE LABORATORIO # 8.....	103
PRACTICA DE LABORATORIO #9.....	107
PRACTICA DE LABORATORIO #10.....	110
PRACTICA DE LABORATORIO #11.....	115
FOTOGALERIA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL LABORATORIO.....	120

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene información concerniente al proyecto de investigación realizado por docentes en colaboración con los estudiantes de la carrera de Técnico en Ingeniería Eléctrica del centro regional de San Miguel, denominado “Diseño e implementación de un laboratorio de energía fotovoltaica para ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel”. El objetivo principal era diseñar y construir un laboratorio para que los estudiantes y docentes puedan desarrollar las prácticas de la asignatura “energías renovables”.

En este documento se encuentra contenida la siguiente temática: El planteamiento del problema de la investigación, en el cual se define de forma detallada la situación o problema a resolver con la construcción del laboratorio; Los antecedentes de la institución que forman parte de la investigación preliminar y documentación necesaria para la realización del proyecto; La justificación del problema que responde a las preguntas del porqué de la investigación, quiénes son los beneficiarios directos e indirectos con este tipo de investigación. Se plantea también la hipótesis, la cual constituye uno de los ejes principales de toda investigación. Está plasmada en ella la pregunta a la cual se le dará respuesta con el desarrollo del proyecto. En el marco teórico está plasmada la teoría base y que fundamenta toda investigación, la cual se ha tomado como referencia para enriquecer y realzar el proyecto. La metodología constituye el mapa a seguir, los lineamientos y procedimientos necesarios para alcanzar los resultados deseados con el proyecto. Se presenta además la conclusión y recomendación, las cuales de forma descrita nos dan la pauta sobre aquellos conocimientos a los cuales se llegaron y así mismo las respuestas a cómo debería dársele seguimiento y explotación de las energías renovables.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Como consecuencia del aumento del costo de la energía eléctrica generada por medio de combustibles fósiles a nivel mundial, la energías renovables se has convertido en una alternativa que además de ser menos costosa produce un impacto ambiental mínimo, ya que está presente de forma potencial en la naturaleza, y con posibilidades de utilización prácticamente ilimitadas y cuya fuente de obtención se renueva constantemente. Los países desarrollados desarrollar proyectos de gran envergadura para potenciar el uso de las energías renovables. En países como

el salvador se le está dando impulso al aprovechamiento de este tipo de fuentes de energía. Existen esfuerzos de empresas privadas por generar sus propios proyectos de generación de energía, además de un creciente apoyo financiero para invertir en este tipo de generación. Sin embargo una de las dificultades que se enfrentan para dar un mayor impulso a una industria de generación eléctrica a base de energías renovables es la falta de mano de obra calificada tanto para el diseño e implementación, como para el mantenimiento de los equipos que se necesitan

En la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Regional San Miguel se imparte las carreras técnicas en Ingeniería Civil, en Ingeniería de Sistemas Informáticos e Ingeniería Eléctrica. Esta la última ha tenido un crecimiento muy notable en la población estudiantil. Su plan de estudio incluye la asignatura de energías renovables, la cual se imparte a un promedio de 60 estudiantes. El contenido de la asignatura se enfoca principalmente en el uso de la energía solar fotovoltaica. Sin embargo, para que la entrega de las sesiones de clases sea efectiva y se logren las competencias no se cuenta con el equipo, las herramientas y el espacio necesarios que permitan dar a los estudiantes las prácticas en un ambiente ideal en el uso de este tipo de energía alternativa, dándoseles solamente los conocimientos teóricos. Lo anterior implica que los técnicos graduados de esta carrera carecen de las capacidades necesarias en el tema de energías renovables.

2.2 ANTECEDENTES

2.2.1 DE LA INSTITUCIÓN

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Regional San Miguel, es una institución que cuenta con una reconocida trayectoria académica, que tiene como objetivo formar profesionales integrales e impulsar la capacitación y el recurso humano en la zona oriental del país. Es una institución gubernamental con administración privada por medio de la Fundación Empresarial para el Desarrollo Educativo, FEPADE.

Desde 1998 administra el antes conocido Instituto Tecnológico de San Miguel, ITESAM. En este Centro Regional se cuenta con tres carreras técnicas en ingeniería con una duración de 2 años: Eléctrica, Civil y de Sistemas Informáticos. En el Centro Regional, también se imparte cursos libres de Educación Continua, consistentes en cursos, diplomados y capacitaciones a todo tipo de personas interesadas en desarrollarse profesionalmente. Como toda Institución de Educación Superior, IES de realiza las actividades de investigación y proyección social.

La Escuela Especializada Regional San Miguel en el año 2014 atendió a 334 estudiantes en carreras Técnicas, de los cuales 130 son de la especialidad de Eléctrica. Además se atienden en esta área a un promedio de 32 estudiantes en Servicios de Desarrollo Profesional,

2.2.2 DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

En la mayoría de los países del mundo se están desarrollando cada día más en las tecnologías que permitan la generación de energía fotovoltaica.

El Salvador como la mayoría de los países del mundo está incursionando en el desarrollo de energías limpias y amigables con el medioambiente. Para tal fin se ha creado el Consejo Nacional de Energía (CNE) quienes se encargan de la coordinación y formulación de políticas energéticas del país. Uno de los temas que conciernen al CNE es el de impulsar el desarrollo de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica, para lo cual está motivando a instituciones relacionadas con el rubro al uso y generación de estos tipos de energía limpia. Además el CNE ha realizado el estudio de un caso que desarrolló con la Cooperación Alemana sobre un proyecto de generación fotovoltaico conectado a la red, en donde se especifican todos los procedimientos para el diseño e instalación, inclusive la parte legal.

Es así como muchas instituciones como la Comisión Ejecutiva del Rio Lempa (CEL), la Escuela Europea, la empresa Geotérmica de Ahuachapán ya cuenta con su generación de energía solar fotovoltaica y están realizando estudios para la producción de este tipo de energía.

2.3 JUSTIFICACIÓN

El incremento de los precios del petróleo y el costo de la energía están en crecimiento año con año, al igual que la dependencia del uso de energía aumenta a tal grado que la mayoría de los procesos en la industria, la educación y transporte no se pueden hacer sin el uso de tal servicio. Para satisfacer la creciente demanda, los países han recurrido al uso de combustibles fósiles para generar energía, con la consiguiente producción de CO₂ a la atmosfera contribuyendo al calentamiento global.

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE Regional San Miguel tiene también como parte de su misión formar profesionales competentes en el área de electricidad; pero para poder realizar con éxito esta misión existe la necesidad de contar con un laboratorio para la generación de energía solar fotovoltaica, que cuente con los equipos y herramientas apropiados para poder

impartir la asignatura de energías renovables. De esta forma se dará un aporte al desarrollo integral de los estudiantes de la especialidad de Técnico en Ingeniería Eléctrica, ya que contando con las herramientas, recursos y espacio necesario para tal finalidad se podrán alcanzar los conocimientos y competencias en esta área, que como ya se mencionó está siendo cada vez más utilizada o aplicada para la obtención de energía limpia y eficiente.

Como parte del desarrollo de la zona oriental del país se está incursionando en la explotación de la energía fotovoltaica mediante la generación en viviendas rurales. En la zona norte se encuentran instalados sistemas fotovoltaicos que han sido implementados por parte de FOMILENIO; pero no existen instituciones que capaciten a las personas para poder realizar trabajos de instalación y mantenimiento, lo que abre la posibilidad a la Institución de desarrollar un laboratorio que permita realizar cursos libres por medio de servicios de desarrollo profesional y para impartir de una forma más completa la asignatura de energías renovables, pudiendo así abrir más oportunidades de empleo con mayores ingresos a los estudiantes.

Por lo tanto se considera apropiado y oportuna realizar esta investigación para poder diseñar e implementar un laboratorio que permita obtener todos los beneficios académicos y económicos antes mencionados.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

“Diseñar e implementar un laboratorio de energía fotovoltaica para ITCA-FEPADE Regional San Miguel”.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar el laboratorio de energía solar fotovoltaica en ITCA-FEPADE Regional San Miguel que permita que los estudiantes puedan realizar prácticas.
- Realizar investigación bibliográfica sobre el estado actual de la ciencia sobre energía fotovoltaica.
- Realizar un análisis de la carga que se alimentara con el sistema fotovoltaico para implementarlo en el laboratorio.
- Presentar presupuesto de los diferentes materiales y equipos a utilizar en el laboratorio.

- Elaborar un manual de guías prácticas de laboratorio sobre energía solar fotovoltaica que permita que los estudiantes puedan ampliar los conocimientos.

4. HIPÓTESIS

¿Será posible diseñar e implementar un laboratorio de energía fotovoltaica para que los estudiantes de la carrera de Técnico en Ingeniería Eléctrica puedan incrementar sus competencias en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE, Regional San Miguel?

5. MARCO TEÓRICO

5.1 La Celda Solar

La conversión directa de la luz solar en energía eléctrica se consigue mediante las celdas solares, por un proceso llamado efecto fotovoltaico (FV). Para comprender este efecto, se considera a continuación la forma en que se construyen las celdas solares y los procesos internos que permiten la generación de una corriente eléctrica a partir de la radiación solar incidente sobre dichas celdas.

La celda solar posee una estructura similar a la de un diodo, y como tal, los principales componentes que conforman su estructura interna son los materiales semiconductores. Están compuestas básicamente por una capa de semiconductor tipo N y otra capa de semiconductor tipo P.

Los materiales en general pueden clasificarse en conductores, aislantes y semiconductores, de acuerdo con su conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica indica el grado de movilidad que presentan los electrones dentro de una sustancia específica.

Los electrones que pueden generar una corriente eléctrica en un material son los que se encuentran en las órbitas exteriores o banda de valencia de los átomos, que tienen menor fuerza de atracción por parte del núcleo y pueden ser liberados de la misma al aplicar una diferencia de potencial al material (3). Para ser liberado de la fuerza de atracción del núcleo del átomo, la energía suministrada al electrón por el campo eléctrico generado por una diferencia de potencial, deberá ser suficiente para que este salte de la banda de valencia sobre la llamada banda prohibida, hacia la banda de conducción. La figura 2.1 muestra la disposición de estas bandas en materiales conductores, aislantes y semiconductores.

En materiales conductores las bandas de valencia y de conducción se traslapan por lo que los electrones de la banda externa de valencia tienen mucha movilidad, y pueden saltar de átomo a átomo, aún a la temperatura ambiente. El valor de la conductividad (inversa de la resistividad) es elevado en estos materiales.

En materiales aislantes, aun cuando se apliquen voltajes elevados a la estructura del material, la fuerza que se ejerce sobre los electrones de la órbita externa no es suficiente para permitir que estos atraviesen la banda prohibida y puedan establecer una corriente.

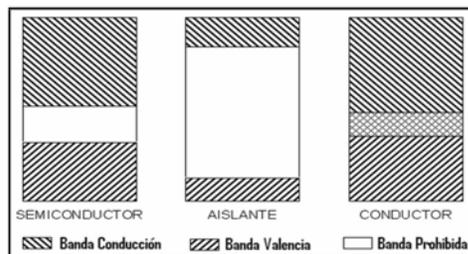


Figura 1 Bandas de energía en los materiales

Los materiales semiconductores presentan características intermedias entre conductores y aislantes, el nivel de energía necesario para que los electrones crucen la banda prohibida en estas sustancias es mayor que el necesario en un conductor pero no tan elevado como en el caso de un aislante. El salto de energía entre una banda y otra en un semiconductor es pequeño, por lo que suministrando energía pueden conducir la electricidad y su conductividad puede regularse, puesto que basta disminuir la energía aportada para que sea menor el número de electrones que salte a la banda de conducción; cosa que no puede hacerse con los metales, cuya conductividad es constante o poco variable con la temperatura.

Se puede conseguir un efecto de conversión fotovoltaica en todos los semiconductores, aunque los semiconductores más aptos para la conversión de??? son los más sensibles, es decir, aquellos que dan el mayor producto de corriente-voltaje para luz visible (la mayor cantidad de energía transmitida por los rayos solares está en las partes visibles del espectro).

El silicio es el más importante material semiconductor para la conversión fotovoltaica de energía solar. En su forma cristalina pura, este material presenta pocas cargas libres en su interior y una resistividad alta. Mediante un proceso llamado difusión se puede introducir pequeñas cantidades de otros elementos químicos, que permiten decrecer el valor inicial de resistividad y crear simultáneamente una región tipo p y una región tipo n, de modo de que se produce una unión p-n.

Un átomo del silicio tiene 4 electrones de valencia, que enlazan a los átomos adyacentes. Substituyendo un átomo del silicio por un átomo que tenga 3 o 5 electrones de la valencia producirá un espacio sin un electrón (un agujero), o un electrón extra que pueda moverse más libremente que los otros. La creación de agujeros, es alcanzada mediante la incorporación en el silicio de átomos con 3 electrones de valencia, generalmente se utiliza boro. La creación de electrones adicionales es alcanzada incorporando un átomo con 5 electrones de valencia, generalmente fósforo. Este proceso de dopado puede visualizarse en la figura 2.

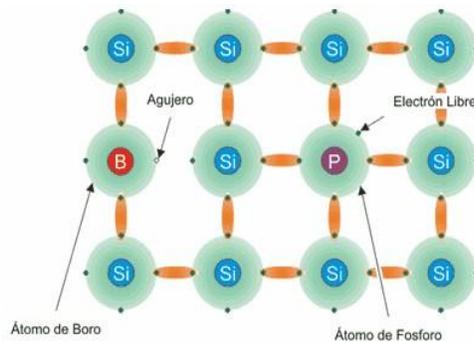


Figura 2 Dopado del silicio

En la figura 2 Se observa un diagrama de la forma en que se construyen generalmente las celdas solares.

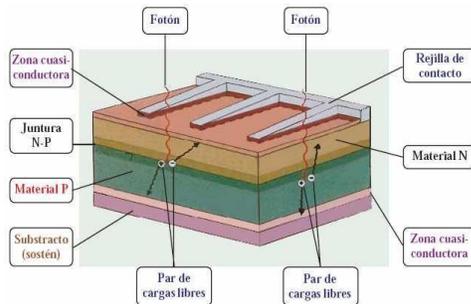


Figura 3. Construcción de la celda Solar fotovoltaica.

Se observa que los principales componentes de la celda FV son las capas adyacentes de materiales semiconductores tipo P y tipo N que se unen en una zona denominada juntura.

Las cargas mayoritarias en cada semiconductor (electrones de un lado y hoyos del otro) no permanecen inmóviles al realizar la juntura, sino que se desplazan hacia la zona adyacente, donde la concentración es baja. Este desplazamiento de cargas acumula cargas positivas en la zona N y negativas en la zona P, creando una diferencia de potencial en la juntura, la que establece a su vez un campo eléctrico en esta zona. El proceso migratorio de las cargas continúa hasta que se alcanza un estado de equilibrio, tal como se muestra en la figura 4.

Cuando la luz solar que incide sobre la zona adyacente a la juntura tiene el espectro y nivel de energía requerido por el material, las cargas eléctricas creadas por la luz mediante el efecto fotoconductor⁴ serán separadas por la por la barrera en cargas positivas en un lado y cargas negativas en el otro, creando una diferencia de potencial entre ambas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo que permite producir trabajo útil.

En el efecto fotoconductor, los fotones de la luz incidente generan cargas eléctricas libres. Esto se produce por la fotoionización interna de los átomos o iones que constituyen el cristal del semiconductor.

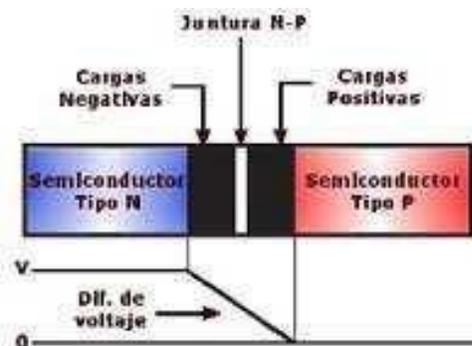


Figura 4. Juntura N-P en equilibrio.

El voltaje generado en la juntura depende del semiconductor empleado. Para las células de silicio este valor es de alrededor de 0,5 V. Como en la unión p-n se genera un campo eléctrico fijo, el voltaje de una celda FV es de corriente continua. La potencia eléctrica generada por la celda FV en un determinado instante, está dado por los valores instantáneos del voltaje y la corriente de salida. El valor de la corriente dependerá del valor de la carga, la irradiación solar, la superficie de la celda y el valor de su resistencia interna.

La superficie del material semiconductor expuesta a la luz tiende a reflejar hasta el 30% de la luz incidente, lo que reduce la eficiencia de conversión de la celda. Para disminuir este reflejo sobre la superficie de la celda se coloca una película de material anti reflectante.

5.2 Tipos de Celda Solar

Las celdas solares de silicio se elaboran utilizando planchas monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas. Se unen capas de silicio tipo p y silicio tipo n, a través de una capa de barrera, que es esencial para el efecto fotovoltaico.

Las planchas monocristalinas se cortan de un lingote monocristalino que se desarrolla a aproximadamente 1400°C, lo que resulta en un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta.

Las planchas policristalinas se realizan por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Entonces se rebana en planchas. Como las planchas policristalinas son hechas por moldeo implican menores costos de producción, pero no son tan eficientes como las celdas monocristalinas. El rendimiento más bajo se debe a las imperfecciones en la estructura cristalina, resultado del proceso de moldeo.

El otro tipo corresponde a las células amorfas. Como su nombre lo indica, estas células no poseen una estructura cristalina. Precisamente esa simplificación en la estructura conduce a un abaratamiento drástico de las mismas. Es un hecho que cuando más se aleja la técnica de fabricación de una célula FV de la estructura cristalina pura, más defectos estructurales aparecerán en la sustancia semiconductor, los que aumentan la cantidad de cargas libres que son atrapadas, disminuyendo la eficiencia de conversión.

Otro tipo de celda existente en el mercado considera el hecho de que en el semiconductor empleado en la construcción de la misma, se generan cargas libres a partir de solo una parte del espectro luminoso (aquella cuya frecuencia y energía es igual o mayor a la energía de función de trabajo ϕ del material de la celda). Es por esto que algunas celdas solares se diseñan con multijunturas. Es decir, un conjunto de celdas individuales de distintos materiales, con una sola junta, que se apilan de forma que la primera celda captura los fotones de alta energía y deja pasar el resto, para que sean absorbidos por las demás células que requieren niveles de energía más bajos. Esto permite aumentar la eficiencia de conversión pero aumenta los costos de producción.

5.3 Paneles solares.

Aspectos Generales.

Los módulos o paneles solares fotovoltaicos están conformados por un grupo de celdas solares interconectadas entre sí y protegidas contra la intemperie, impactos y corrosión. En la figura 4 se muestra el aspecto físico de un grupo de paneles solares y sus partes principales.

La función de trabajo es la energía necesaria para desprender al electrón de su átomo padre en un material específico.

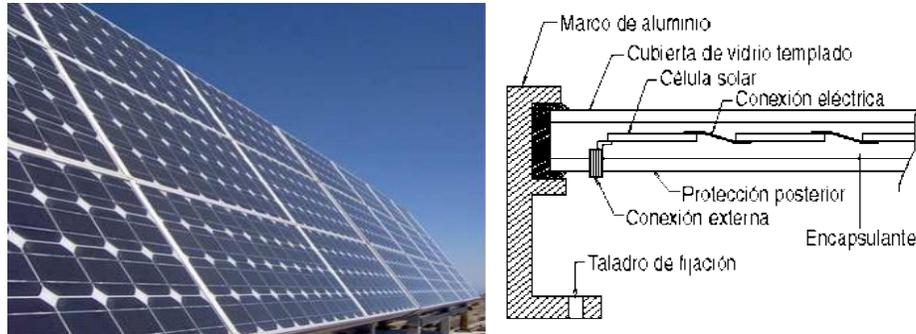


Figura 4 Paneles solares y sus principales componentes.

Como se observa, el conjunto de células está cubierto por elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan. Los principales elementos que lo conforman son los siguientes:

- Encapsulante: Material que protege las celdas dentro del panel, debe presentar un índice elevado de transmisión de la radiación y baja degradación por efecto de los rayos solares.
- Cubierta exterior de vidrio templado: Permite que el panel resista condiciones climatológicas adversas y maximiza la transmisión luminosa, debe soportar cambios bruscos de temperatura.
- Cubierta posterior: Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre las células, haciendo que vuelva a incidir otra vez sobre éstas.

Marco de metal: Se construye generalmente de aluminio lo que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto. En el se encuentran mecanismos que permiten el montaje del panel sobre la estructura de soporte.

- Caja de terminales: Incorpora los bornes para la conexión del módulo.
- Diodo de protección: Impide daños por sombras parciales en la superficie del panel.

El voltaje de los paneles depende del número de celdas solares que se conecten en serie y de la estructura cristalina del semiconductor usado. Los voltajes nominales son en general 12 o 24 Vdc. La vida útil de un panel solar fotovoltaico se considera que es entre 25-30 años y la eficiencia de dichos módulos se encuentra generalmente entre 9 y 15%.

La potencia nominal de los módulos indica la cantidad de energía que genera bajo condiciones nominales. Es decir, un módulo de 80 W de potencia nominal produce 80 W/h si durante una hora recibe la cantidad de radiación para la que fue diseñado. De forma que la potencia generada por el

panel puede ser menor que la potencia nominal para condiciones de poca radiación solar.

El valor de corriente y voltaje necesarios para una aplicación específica se obtiene conectando paneles en paralelo o en serie.

El método de fabricación de las celdas solares determina, en gran parte, la forma geométrica de las mismas. Las primeras versiones eran redondas, versiones más recientes tienen forma cuadrada, o casi cuadrada, donde las esquinas tienen vértices a 45° . La forma cuadrada permite un mayor compactado de las mismas dentro del panel FV, disminuyendo la superficie que se necesita para colocar un determinado número de células.

En la tabla 1 se muestran los valores de eficiencia y los costos promedio de los tres tipos principales de paneles fotovoltaicos que se encuentran en el mercado.

Tabla 1. Eficiencia y costo de los paneles solares.

Tipo de panel	Eficiencia (%)		Costo (€/W)
	Máxima	Comercial	
Monocristalino	25	16	≈ 8
Policristalino	20	14	≈ 7
Amorfo	13	8	≈ 6

Orientación de los Módulos FV:

Los módulos fotovoltaicos se colocan generalmente sobre los tejados o en patios. Un aspecto fundamental es cerciorarse de que ningún objeto proyecte su sombra sobre el los módulos, al menos en las horas centrales del día.

La orientación de los módulos se define a partir de dos ángulos principales:

Ángulo azimutal de la superficie (δ): ángulo entre la proyección de la normal a la superficie en el punto horizontal y la dirección sur-norte (para localizaciones en el hemisferio norte) o norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur). Inclinación (β): ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal.

La máxima captación en los colectores solares con estructura y orientación fija, se logra colocando

los módulos dirigidos hacia el Sur en el caso de una región en el hemisferio Norte, y hacia el Norte en el caso de ubicaciones en el hemisferio Sur ($\delta = 0^\circ$). Esta configuración permite balancear las posibilidades de captación entre la mañana y la tarde si se suponen características similares de irradiación. Aunque una variación de hasta 30° en el azimutal puede provocar variaciones mínimas de alrededor de 1%. Con dicha orientación ($\delta = 0^\circ$), la máxima captación en promedio anual se obtiene inclinando los paneles un ángulo igual a la latitud de la región en que se instalan. Las variaciones en la inclinación de $\pm 15^\circ$ respecto al ángulo óptimo produce una reducción aproximada del 2,5% en la capacidad de captación del panel.

Si se desea maximizar la captación de energía en las mañanas, el panel deberá orientarse al Este ($\delta \approx -75^\circ$) con una inclinación mayor de la acostumbrada (mayor que la latitud). En lugares en que existe asimetría de radiación solar en las mañanas y en las tardes, por ejemplo por el aumento de nubosidad en las tardes, provocan que el máximo de captación, no se logre con azimutal = 0° , sino con una orientación ligeramente hacia el Este.

En cualquier caso es recomendable una inclinación mayor de 10° , para que el agua de lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel. Si se asumen algunas pérdidas, en muchos casos pequeñas, se tiene un abanico más amplio de posibilidades de orientación, lo que puede facilitar la instalación y mantenimiento de los módulos. Pero siempre debe buscarse que la orientación sea lo más cercana a la orientación que maximiza la captación anual ($\delta = 0^\circ$, $\beta = \text{latitud} > 10^\circ$).

Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo.

Se describen a continuación los principales componentes de un sistema fotovoltaico autónomo, sus funciones, así como las principales especificaciones que se deben tener en cuenta para realizar la escogencia de componentes que permitan un funcionamiento eficiente y confiable de dicho sistema.

5.4 Generador fotovoltaico.

Aspectos Generales.

Se compone de uno o más módulos fotovoltaicos interconectados para conformar una unidad generadora de corriente continua.

Los módulos FV deberán, preferiblemente estar certificados de acuerdo con la norma internacional IEC-61215, o con la norma nacional utilizada en el país de interés.

Los fallos que se presentan generalmente en sistemas FV no se asocian al generador, sino a los otros componentes del sistema (baterías, regulador, etc.). Por lo que se considera que este es uno de los componentes de más alta fiabilidad.

En algunos módulos, los fabricantes incluyen diodos de paso para protegerlos contra el fenómeno de “punto caliente”. La probabilidad de que un módulo FV sea dañado por este fenómeno es despreciable en sistemas CC de menos de 24V, por lo que el uso de tales diodos es irrelevante en esos casos.

Es preferible la instalación de los módulos FV sobre pedestales o paredes, que hacerlo sobre los tejados. Los montajes sobre pedestal o sobre pared generalmente permiten más fácil acceso a los módulos, sin poner en riesgo la estanqueidad del techo, y este tipo de instalación puede representar un grado de libertad adicional cuando se buscan localizaciones sin sombras para el generador fotovoltaico. Los montajes sobre tejados a veces permiten reducir costos y, por lo tanto, también pueden ser aceptados, a condición de dejar un espacio entre el techo y los módulos para que circule aire.

Los módulos fotovoltaicos con el mismo voltaje nominal pueden conectarse en paralelo sin ninguna restricción, por lo tanto cuando se agranda un generador fotovoltaico sólo es necesario verificar la sección de los cables y la capacidad del regulador para manejar el nuevo valor de la corriente máxima.

Dimensionamiento de los Paneles.

El tamaño del generador fotovoltaico debe asegurar que la energía producida durante el peor mes pueda, como mínimo, igualar a la demandada por la carga. Por lo que para dimensionar tanto los módulos como las baterías de un sistema FV autónomo, es necesario conocer las cargas a conectar (televisores, radios, etc.), la potencia nominal de cada una (P), el número de aparatos de determinado tipo (n) y las horas diarias de funcionamiento (t). El consumo diario (Cd), medido en Wh/día, para cada tipo de carga se calcula entonces de la siguiente forma.

$$Cd = P * n * t(1)$$

Para sistemas FV domésticos, en que el generador se coloca en cerca de la vivienda, se calculan por aparte las cargas en CC y en CA, ya que solo las de CA se conectan al inversor. En el caso en estudio, en que se pretende alimentar varias viviendas a partir de una central FV, se considera que toda la energía producida deberá convertirse en corriente alterna en el inversor para ser luego

transmitida a las viviendas.

La suma de los consumos diarios de todas las cargas, calculados a partir de la ecuación (1), constituye el consumo energético teórico E_t en Wh. A partir de este valor debe calcularse el consumo energético real, E (Wh), que considera los diversos factores de pérdida en la instalación FV de acuerdo con la siguiente ecuación $E = E_t / R$ (2)

Donde el parámetro R es el rendimiento global de la instalación fotovoltaica definido como

$$R = (1 - k_b - k_c - k_w) * \left(1 - \frac{I_a * N}{d} \right) \quad (3)$$

Donde k_b : Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:

0,05 en sistemas que no se producen descargas intensas

0,1 en sistemas con descargas profundas

k_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas.

0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas k_v : Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto Joule, etc.)

El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es

$0,05 < k_v < 0,15$ k_a : Coeficiente de autodescarga diaria de las baterías, los valores típicos son

0,002 para baterías de baja autodescarga (Ni-Cd)

0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)

0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI) N : Días de autonomía de la instalación

104-10 días como valores de referencia

P_d : Profundidad de descarga diaria de la batería:

No deberá exceder el 80% de la capacidad nominal del acumulador

Ahora, es necesario conocer la radiación solar diaria (H), medida en KWh/m²/día para cada mes del año en función de la localización geográfica e inclinación de los paneles y en base a datos estadísticos históricos de la zona.

Un concepto importante necesario para realizar el dimensionamiento de la cantidad de paneles necesarios en la instalación es el número de horas pico solares, HPS, que se10 Días continuos en que la instalación deberá operar bajo una irradiación mínima (días nublados). Se consume una cantidad de energía mayor que la generada por el sistema FV.

La eficiencia del acumulador decrece en gran medida con ciclos profundos de carga y descarga. Se refiere al número de horas diarias de luz solar equivalentes referidas a una irradiación constante $I=1\text{kWh/m}^2$, a la cual se mide siempre la potencia de los paneles. Este un método para estandarizar la curva diaria de irradiancia solar, tal como se muestra en la figura 2.5. El área del rectángulo, definida a partir de las horas pico solares, es igual al área bajo la curva horaria de irradiancia real.

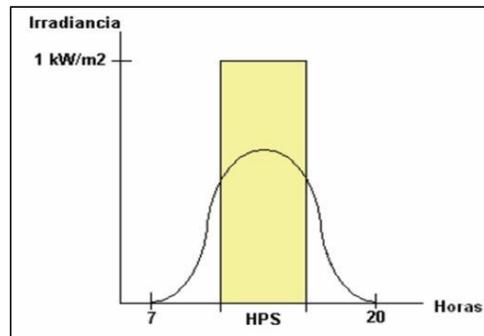


Figura 5. Definición de las horas pico solares.

La irradiación H (kWh/m^2), es igual al producto de la irradiancia de referencia, I , y las horas pico solares, HPS. Como $I=1\text{kWh/m}^2$, se tiene entonces que los valores numéricos. La cantidad de energía producida por un panel a lo largo de todo el día, es equivalente a la energía que se produciría en las horas de pico solar si el panel opera a su potencia máxima o nominal (W_p). Dicha potencia es el principal parámetro que describe el funcionamiento del panel y la especificación más importante en el dimensionamiento del generador FV.

El número de paneles necesario (N_p) se calcula empleando el número de horas picosolares del peor mes del año y la potencia pico del panel escogido:

$$N_p = \frac{E}{0.9 * W_p * HPS} \quad (5)$$

$$N_p = \frac{E}{0.9 * W_p * HPS} \quad (5)$$

5.4 Pérdidas.

Las principales pérdidas que pueden generarse en el generador fotovoltaico son debidas a sombras, temperatura de las celdas superior a los 25°C, elementos desparejos, pérdidas en cables, o diferencias significativas entre el voltaje de operación y el del punto de máxima potencia.

Estas pérdidas pueden compensarse inicialmente mediante una instalación cuidadosa, que permita una adecuada ventilación de los módulos y cables. Debe buscarse además, que las características eléctricas de los módulos empleados permitan una adecuada recarga de las baterías en las condiciones climáticas particulares del lugar en que se instalan.

Con el fin de disminuir las pérdidas, deben considerarse los siguientes requerimientos:

El generador fotovoltaico debe estar totalmente libre de sombras durante por lo menos 8 horas diarias, centradas al mediodía, y a lo largo de todo el año.

El voltaje del punto de máxima potencia del generador fotovoltaico, a una temperatura ambiente igual a la máxima anual del lugar y a una irradiancia de 800 W/m², debe estar comprendido en el rango de 14,5 a 15 V.

Este último requisito, asegura que la corriente del generador FV sea mayor que la corriente en el punto de máxima potencia la mayor parte del tiempo; siempre que se cumplan los requisitos sobre las caídas de tensión en los cables y en el regulador de carga. Si el rango de voltajes de operación del generador se encuentra generalmente por debajo de estos límites, es posible que las baterías no se recarguen adecuadamente.

Estructura de soporte mecánica para el generador.

Pueden emplearse diversos materiales para tales estructuras: aluminio, acero inoxidable, hierro galvanizado o madera tratada, entre otros.

La estructura de soporte debe ser capaz de resistir un mínimo de 10 años expuesta a la intemperie, sin que la corrosión o fatiga del material sea apreciable. Debe también soportar vientos de altas velocidades (120 km/h).

Los módulos fotovoltaicos con marco deben fijarse a la estructura únicamente mediante elementos de acero inoxidable. Las estructuras de soporte estáticas son generalmente preferibles a las de seguimiento. El diseño de la estructuras de soporte debe facilitar la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexión. El montaje de dichas estructuras debe

preservar su resistencia a la fatiga, corrosión y efectos del viento.

5.5 Sistema de almacenamiento.

Aspectos generales.

El sistema de almacenamiento en un sistema fotovoltaico está formado por un conjunto de baterías, generalmente de plomo-ácido, que almacenan la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación.

Una de las características más importante de un batería en una instalación fotovoltaica es el ciclado. El ciclado diario se refiere a que la batería se carga en el día y se descarga en la noche. Superpuesto a este ciclo diario está el ciclo estacional que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación. Estos ciclos conjuntamente con otros parámetros de operación como temperatura ambiente, corriente, etc.; inciden sobre la vida útil de la batería y sus requisitos mantenimiento.

Para alargar la vida de las baterías deben evitarse las siguientes situaciones:

- Elevados voltajes de carga, que elevan la corrosión y pérdida de agua.
- Bajos voltajes en descarga.
- Descargas profundas largos periodos sin recarga total.
- Elevadas temperaturas, que aceleran los procesos de envejecimiento.
- Estratificación del electrolito.
- Bajas corrientes de carga.

Estas recomendaciones conducen a especificaciones para el dimensionamiento tanto de las baterías como del generador FV y el regulador de carga. Algunas de estas recomendaciones son contradictorias, por lo que deben buscarse soluciones de compromiso que tomen en consideración las condiciones locales, como los niveles de radiación solar, precios e impuestos de las baterías y paneles FV, equipos de fabricación local, etc.

Los principales parámetros que definen el funcionamiento de una batería en un sistema FV son:

- El máximo valor de corriente que puede entregar a una carga fija, en forma continua, durante un número específico de horas de descarga.
- Capacidad de almacenamiento de energía.

- Profundidad de descarga máxima □ La vida útil.

Con la finalidad de poder comparar distintos tipos de baterías, la prueba que determina la corriente de descarga máxima se ha estandarizado en la industria. La corriente máxima corresponde al valor de corriente que permite una descarga continua de 20 horas, al cabo de la cual la energía remanente representa el 20% de la potencia máxima inicial.

Debido a que los parámetros utilizados en la prueba son corriente y tiempo, la capacidad de la batería se define en Ampere-horas (Ah). A partir de este valor puede determinarse la corriente máxima para un determinado régimen de descarga.

Debido a la necesidad de evitar descargas excesivas, debe limitarse la máxima profundidad de descarga (PD max) a un valor específico, generalmente está entre 0,3 y 0,6 de la capacidad nominal. Al alcanzar este límite debe interrumpirse el suministro de energía a las cargas. La capacidad disponible C_u , es menor que la capacidad nominal C_b (carga total que podría extraerse de la batería). Y se tiene que $C_u = C_b * P_d \text{ max}$

La profundidad de descarga de la batería en un ciclo diario se denomina PDd.

5.6 Tipos de baterías.

Baterías SLI.

Las baterías para automóviles, referidas como SLI (Starting, Lighting, Ignition), presentan algunas otras ventajas. Son las baterías más baratas cuando se las compara en términos de capacidad nominal, generalmente se producen localmente y están ampliamente disponibles en todos los mercados. La producción local presenta ventajas por razones económicas y sociales, y además porque representa la posibilidad para el reciclado de las baterías usadas, lo que evita problemas ambientales. El principal inconveniente de esta batería es su relativamente corta vida. Debido a que el diseño de los vasos se optimiza para entregar altas corrientes durante períodos cortos de tiempo, ya que necesita asegurar el arranque del vehículo cuando la temperatura ambiente es baja (disminuye la actividad química), tienen grandes áreas y placas delgadas, y están poco adaptados para suministrar corrientes bajas durante largos períodos de tiempo antes de recargarlos de nuevo, como se requiere en los sistemas de generación FV. Este tipo de baterías debe entregar una corriente pico cercana a los 1000 A durante un periodo de alrededor de tres segundos, pero tiene asegurada una recarga inmediata que continúa mientras el automóvil permanezca encendido, por lo que los regímenes de carga son totalmente distintos. Por lo tanto, es necesario utilizar baterías de capacidad más grande, $PDd \leq 0,1$, y densidad del electrolito menor a la que se

utilizaría normalmente (por ejemplo, 1,24 en lugar de 1,28 g/cl). Esto es necesario para reducir la corrosión y prolongar así la vida de las baterías. El aumento de resistencia interna de la batería, que se genera mediante estas prácticas, no representa ningún problema en el funcionamiento del sistema FV, porque los regímenes de carga y descarga son relativamente bajos en comparación con los regímenes a que se somete la batería generalmente. Las baterías SLI clásicas utilizan aleaciones de plomo y antimonio en las rejillas, y requieren ser frecuentemente rellenadas con agua destilada. Las celdas de las baterías solares tienen una mayor cantidad de material activo por unidad de volumen para alargar la vida útil de las mismas. Este incremento en la cantidad de material activo explica el aumento en el costo de las baterías diseñadas para uso solar.

SLI modificada.

Existe un procedimiento mediante el cual se varían algunas características del diseño de la batería SLI, permitiendo alargar la vida útil de la misma sin alterar su funcionamiento. Las modificaciones más comunes son: introducir placas más gruesas y una mayor cantidad de electrolito en el espacio sobre las placas. Este tipo de baterías se conoce como SLI modificada y se encuentran en los mercados a veces con el nombre de baterías solares. Este tipo de batería representa una alternativa importante en el diseño de sistemas FV y su empleo, siempre que sea posible, debe preferirse en lugar de baterías SLI convencionales.

S.L.I bajo mantenimiento.

Otro tipo de baterías SLI son las llamadas de bajo mantenimiento, comercializadas a veces como baterías libres de mantenimiento, que emplean aleaciones de plomo y calcio en las rejillas. El calcio aumenta el voltaje a que se inicia el gaseo, reduciendo la cantidad de agua que consume la batería, pero reduce la cohesión del material activo de las placas y la resistencia al ciclado de la batería. Este tipo de baterías son muy vulnerables a los daños por descargas profundas, y están sujetas a deterioro por variaciones en la temperatura. Por estas razones muchos diseñadores de sistemas fotovoltaicos recomiendan no utilizarlas en aplicaciones FV en países cálidos.

V.R.L.A

Otra clase de baterías del tipo “libres de mantenimiento”, son las referidas como VRLA (Valve Regulated Lead Acid) para aplicaciones profesionales utilizando electrolito gelatinoso. En estas baterías los gases generados durante el ciclado pueden ser parcial o totalmente recombinados, lo que permite que la caja de la batería sea hermética lo que las hace más resistentes a las descargas profundas. El grado de recombinación depende de la actividad química en el electrolito (valor de corriente). Este tipo de baterías posee una válvula de seguridad que funciona como un cortocircuito externo en condiciones de emergencia, de ahí su nombre. El precio de este tipo de

baterías es elevado en comparación con las SLI, pero en los últimos años ha aumentado su uso debido a las numerosas ventajas que ofrece en sistemas FV, por lo que su disponibilidad en el mercado ha aumentado notablemente.

A.G.M:

La sigla inglesa AGM denota un tipo de construcción de baterías herméticas:

Aggregate Glass Mat, que significa conglomerado con alfombrilla “vitrosa” y electrolito. La alfombrilla es un separador de placas hecho de una estructura fibrosa de silicio y boro de apariencia vitrosa. El electrolito, reducido a una masa gelatinosa, forma parte del conglomerado.

Este tipo de baterías usan electrolito de ácido y agua, pero con un grado de saturación menor que el electrolito líquido. Algunas de sus características ventajosas son: toleran más abuso que las demás baterías herméticas, debido a que tienen un grado de recombinación de los gases de carga algo superior al 99%; tienen una autodescarga menor al 3% mensual; pueden recargarse al 100% aún después de ser descargada completamente; dejan escapar solamente el 4% o menos del total de los gases de carga; no requieren ningún mantenimiento; poseen mejor resistencia a temperaturas ambientales bajas; y abaratan costos de envíos, ya que se clasifican como sustancia no peligrosa.

Tubulares:

Son las baterías de mejor calidad para uso fotovoltaico, están hechas con placas tubulares y rejillas con bajo contenido de Sb-Se. Con este tipo de baterías pueden alcanzarse vidas útiles de más de ocho años, con PDD = 0,2 y frecuencias de mantenimiento entre 1 y 2 veces al año. Una desventaja particular de las baterías tubulares en sistemas fotovoltaicos, es que no aceptan fácilmente regímenes de carga muy bajos, además, son caras y no se asegura su disponibilidad en los mercados actuales de los países en desarrollo. El aumento en el uso de este tipo de baterías, al igual que en el caso de las VRLA, ha resultado beneficioso para los programas de electrificación rural a gran escala, ya que se ha incentivado a los fabricantes para que expandan y diversifiquen el mercado de estos productos. Debido a estas numerosas ventajas, el costo de estas baterías es obviamente más elevado (dos o tres veces superior) que el de las baterías con electrolito líquido. Este tipo de batería también requiere un mayor tiempo de carga.

Ni-Cd:

Las baterías de Níquel Cadmio de ciclo profundo tienen un costo de 6 a 8 veces superior a las baterías de plomo ácido con electrolito líquido, aunque su costo operacional a largo plazo es hasta 5 veces menor al de una batería de plomo ácido con la misma capacidad.

Este tipo de baterías usan un diseño conocido como “placas con bolsillos”. Las placas son de acero inoxidable con depresiones donde se coloca el material activo. El electrolito que se usa en este caso es una solución de agua con hidróxido de potasio con una fina capa de aceite en la superficie superior, que evita la oxidación por el oxígeno del ambiente.

Entre las principales ventajas que ofrece esta clase de baterías están: soportan sin dañarse cargas y descargas excesivas, y operación con bajo estado de carga; mayor eficiencia a altas y bajas temperaturas, y pueden operar con temperaturas variables y una alta humedad en el ambiente, lo que las hace óptimas para climas tropicales; no presentan sulfatación de placas o congelación del electrolito; la auto descarga, que inicialmente es elevada, disminuye con el tiempo permitiendo prolongados periodos de almacenamiento; su vida útil puede ser hasta más de dos veces mayor que la de una batería solar de plomo ácido de la misma capacidad.

Entre sus principales desventajas está la característica de descarga, debido a que el voltaje de la batería permanece prácticamente constante durante la descarga, hasta que cae súbitamente cuando se agota su capacidad de almacenaje, por lo que no permite tener un aviso previo. Para delimitar los límites de carga de la batería se requiere un voltímetro de gran exactitud, debido a que la diferencia de voltaje entre una batería cargada y descargada es muy pequeña. El bajo voltaje por celda requiere de la colocación de un número mayor de estas para lograr voltajes cercanos a los 12V.

Dimensionamiento de las baterías.

Los ensayos de ciclado para baterías, en condiciones representativas de su operación en sistemas FV, son lentos y difíciles. Aunque se han realizados intentos de llevar a cabo estos ensayos, no existen aún procedimientos ampliamente aceptados y es probable que esta situación se mantenga en años venideros. Debido a esto, la solución más práctica consiste en confiar en normas existentes y bien establecidas para usos convencionales de las baterías. Esto implica utilizar valores correspondientes a una descarga en 20 horas y el número de ciclos correspondientes a una profundidad de descarga de 50.

La primera etapa en el dimensionado de las baterías, consiste en asegurar que la producción de energía excederá la demanda durante el peor mes. Para lograr esto, la capacidad útil de la batería (capacidad nominal multiplicada por la máxima profundidad de descarga) debe permitir entre 3 y 5 días de autonomía (días que el sistema puede suministrar energía en ausencia de radiación solar usando solo las baterías).

La ecuación (7) permite calcular la capacidad del banco de baterías C (kAh), a partir del consumo energético real E, calculado en la ecuación (2); los días de autonomía N; la tensión nominal del acumulador V (usualmente 12 V); y la profundidad de descarga permitida Pd.

Con este dato, puede calcularse el número de baterías que se requieren (Nb) en base a la capacidad de la batería elegida (Qbat) en kWh.

$$C = \frac{E * N}{V * Pd} \quad (7) \quad Nv = \frac{C}{C_{bat}} \quad (8)$$

Una vez confirmado que la producción de energía excederá la demanda durante el peor mes y que el banco de baterías brinda los días de autonomía necesarios, el dimensionado de la batería deberá regirse por las siguientes reglas (se consideran especificaciones para baterías tubulares y SLI como valores de referencia, de acuerdo con la referencia :

La máxima profundidad de descarga, PdMAX, (referida a la capacidad nominal de la batería en 20- horas) no debe exceder los valores propuestos en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de descarga máxima porcentual permitida.

Tipo de Batería	PDmax (%)	
	Obligatorio	Recomendado
Tubular	80	70
SLI:		
-Clásica	50	30
-Modificada	60	40
-Bajo mantenimiento	30	20

La capacidad útil de la batería, Cu, (la capacidad nominal en 20 horas, como se definió anteriormente, multiplicada por la máxima profundidad de descarga) deberá permitir entre tres y cinco días de autonomía.

La capacidad útil de la batería, Cu, debe también tomar en cuenta las condiciones meteorológicas locales. Cuanto más grande sea la cantidad de días nublados esperados, más grande deberá ser el valor de Cu.

Todos los valores de capacidad recomendados corresponden a descargas en 20 horas. Si se trabaja con otros regímenes de descarga, pueden emplearse las siguientes relaciones empíricas:

$$\frac{C_{100}}{C_{20}} = 1.25 \quad \frac{C_{40}}{C_{20}} = 1.14 \quad (9)$$

Una buena tecnología de baterías puede ser desaprovechada porque en el campo no puedan respetarse las instrucciones de carga inicial. Por lo tanto, deben hacerse las provisiones necesarias para asegurar que la capacidad inicial de las baterías no está significativamente por debajo de los valores nominales. Esto puede lograrse con un proceso apropiado de formación durante la fabricación de la batería, o mediante la realización de cargas iniciales cuando la batería ya está instalada. Si se elige esta última alternativa, el personal que instale las baterías debe tener los equipos necesarios para cargarlas, y estar capacitado para controlar y realizar las cargas iniciales. Por lo que este tipo de solución es generalmente inapropiada en el caso de sistemas FV para electrificación rural, debido a lo remoto de las condiciones características de operación.

A menudo las baterías se transportan sin electrolito, y se llenan hasta el momento de su instalación definitiva. Este procedimiento ofrece ventajas de seguridad durante el transporte y evita la descarga durante el almacenaje, pero requiere generalmente de la realización de cargas iniciales en el lugar de la instalación, lo que, como ya se mencionó, no es una buena práctica en el caso de sistemas FV para electrificación rural. Una buena práctica es almacenar las baterías secas y llenarlas con el electrolito justo antes de enviarlas a su destino final. Esto requiere que las baterías se transporten llenas, pero permite realizar la carga inicial en el taller del instalador.

Cualquiera que sea el caso, deben hacerse las provisiones necesarias para asegurar que la capacidad inicial de las baterías puestas en operación no difiere en más del 95 % del valor nominal.

En lo referente a la resistencia de la batería, deben cumplirse las siguientes especificaciones:

- La vida de la batería (es decir, antes de que su capacidad residual caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal) a 20°C, debe exceder un cierto número de ciclos, NOC, cuando se descarga hasta una profundidad del 50%. En la tabla 3 se dan los valores de NOC para cada tipo de batería.
- La auto descarga de la batería a 25°C, no debe exceder el 6% de su capacidad nominal en un mes.

Tabla 3. Numero de ciclos requeridos antes de una descarga del 50%.

Tipo de Batería	NOC
Tubular	500
SLI:	
-Clásica	200
-Modificada	200
-Bajo mantenimiento	300

Finalmente, debe mencionarse que la batería deberá colocarse en un lugar ventilado y de acceso fácil pero restringido. Acceso fácil se refiere a que la limpieza de los terminales de la batería, la verificación del nivel de electrolito, el relleno de agua y el reemplazo de fusibles deben poder realizarse sin mover las baterías. Además por la posibilidad de ocurrencia de accidentes si la batería o su contenedor se vuelcan o si se cortocircuitan accidentalmente sus terminales, es necesario tomar las previsiones necesarias para evitar tales situaciones.

5.7 Regulador de carga.

Aspectos generales.

La función básica de este dispositivo es prevenir descargas y sobrecargas de la batería. Se emplea además para proteger las cargas en condiciones extremas de operación y brindar información al usuario. La función de regulación de carga idealmente debería depender directamente del estado de carga en la batería. Actualmente existen dispositivos que permiten realizar esta función, pero son complejos y su elevado costo limita su uso en sistemas FV domésticos. Los reguladores que se emplean generalmente atienden el voltaje de la batería.

En la mayoría de los casos, el precio del regulador representa solamente el 5% de la inversión inicial en el sistema FV. Pero su el costo que puede representar a largo plazo es mucho mayor, debido a que las baterías pueden ser el componente de mayor coste a lo largo de la vida útil del sistema, y la duración de estas dependen directamente de la calidad del regulador del carga. Por esa razón deben emplearse reguladores de carga de buena calidad y con una vida útil superior a los 10 años.

Límites de carga.

Para evitar descargas profundas en las baterías, el suministro de energía a las cargas se interrumpe cuando el voltaje de la batería cae por debajo de un cierto límite, llamado “voltaje de desconexión de carga”. El suministro no debe reanudarse hasta que la batería alcance otro límite más alto, conocido como “voltaje de reconexión de carga”. Las normas existentes son bastante inconsistentes en lo referente a los valores recomendables de dichos voltajes de umbral. Esto se debe a que el comportamiento eléctrico de la batería depende del diseño particular, del proceso de fabricación y además de la edad de la misma.

La selección del voltaje de desconexión representa un compromiso entre la satisfacción de los usuarios por la disponibilidad de energía, y la protección de las cargas, baterías y otros componentes. La experiencia de campo revela que criterios sobre protectores conducen a prácticas indeseables, como el puenteo de los terminales del regulador. Por estas razones, resulta conveniente considerar el uso de algún indicador (luces, alarma) que prevenga al usuario sobre el riesgo de desconexión, para que este pueda regular su consumo y evitar la interrupción del suministro eléctrico.

Los voltajes de conexión y reconexión de carga deben adaptarse a cada tipo de batería. No es posible establecer una relación universal entre voltaje y estado de la carga en la batería, porque estos varían dependiendo de las características de la misma. Aunque esta idea de voltajes universales se ha empleado en numerosos programas de electrificación fotovoltaica, su uso no es recomendado. Teniendo en cuenta este factor de incertidumbre, se tienen las siguientes especificaciones para la regulación de carga:

Protección contra descargas profundas.

El valor del “voltaje de desconexión de carga”, debe corresponder al valor máximo de la profundidad de descarga definido a partir de la tabla 2, en el apartado anterior. Para una corriente, en amperes, igual al consumo diario, en amperes-hora, dividido entre 5. El “voltaje de reconexión de carga” debe ser 0,08 V/vaso (ó 0,5 V para 12V) superior al voltaje de “desconexión de carga”. La inhibición manual de la protección contra descargas profundas no está permitida. Deben incluirse elementos de señalización y alarma previos a la desconexión. El “voltaje de alarma” (estado de carga bajo) debe ser 0.2V (para sistemas de 12V) superior a la tensión de desconexión del consumo. Los voltajes de desconexión, reconexión y alarma deben tener una precisión de $\pm 1\%$ (± 20 mV/vaso, o ± 120 mV/batería de 12 V) y permanecer constantes en todo el rango de posible

variación de la temperatura ambiente. Es necesario también proteger las baterías contra sobrecargas, por lo que debe limitarse la corriente de carga cuando el voltaje alcanza un cierto límite, llamado “voltaje de fin de carga”. Dicha corriente no debe restablecerse hasta que el voltaje caiga por debajo de otro límite, denominado “voltaje de reposición”.

Existen básicamente dos clases de reguladores de carga, la diferencia principal entre ellos es la posición del dispositivo de corte empleado para limitar la sobrecarga en la batería. Los reguladores "serie" interrumpen la conexión entre el generador solar y la batería, mientras que los reguladores "paralelo" (o "shunt") cortocircuitan al generador solar.

Hay además, dos tipos básicos de estrategias de control. En los controladores “on- off” se interrumpe totalmente la corriente de carga cuando se alcanza el “voltaje de fin de carga”. En los controladores con "modulación del ancho de pulso" (o PWM), se recurre a reducir gradualmente la corriente de carga cuando se alcanza el “voltaje de fin de carga”, manteniendo así el voltaje constante, y precisamente igual a este valor. Ambos tipos de reguladores y de estrategias de control son adecuadas para sistemas FV, y no se producen diferencias significativas en la vida útil de la batería por el empleo de uno u otro de estos métodos.

La selección de los voltajes de fin de carga y reposición representa un compromiso entre asegurar la carga completa de la batería y evitar la corrosión de las rejillas y el excesivo consumo de agua. Idealmente debería realizarse un ensayo de recarga en la batería, para determinar concretamente la relación entre el voltaje y la corriente de gaseo. Si dicho ensayo se realiza, el voltaje de fin de carga deberá corresponder a un factor de recarga entre 0.95 y 1, cuando la carga se produce con una corriente de carga que corresponde a la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico en condiciones estándar. El valor del voltaje de fin de carga no es tan sensible al tipo de batería, como el voltaje de desconexión de carga por lo que si no se dispone del ensayo de recarga, pueden seguirse las siguientes recomendaciones generales:

- El “voltaje de fin de carga” debe estar en el rango de 2,3 a 2,4 V/vaso, a 25°C.
- En los controladores “on-off”, el voltaje de reposición debe estar en el rango de 2,15 a 2,2 V/vaso, a 25°C.
- En el caso de reguladores PWM, el voltaje de “fin de carga” debe estar en el rango de 2,3 a 2,35V/vaso, a 25°.
- Si se espera que las temperaturas ambientales en las cercanías del regulador varíen más que $\pm 10^{\circ}\text{C}$ a lo largo del año, se requiere un circuito de compensación de temperatura que realice una corrección de -4 a -5 mV/°C/vaso.
- El “voltaje de fin de carga” y el “voltaje de reposición” deben tener una precisión del 1% ($\pm 20\text{mV/vaso}$, o $\pm 120\text{mV}$ para 12 V batería).

- Si se utilizan relés electromecánicos, la reposición de la carga debe retardarse entre 1 y 5 minutos.

La descarga normalmente no es severa, pero evitarla ayuda a mejorar el comportamiento energético del sistema. La protección contra corriente inversa es muy fácil de implementar tanto en reguladores “paralelo” como en reguladores “serie”.

Caídas de tensión.

Las caídas excesivas de voltaje (en el regulador de carga, cables, interruptores, fusibles, etc.) Tienen consecuencias negativas en el comportamiento de muchos sistemas causando con frecuencia una disminución de la capacidad efectiva de carga del generador fotovoltaico.

Debido a que los reguladores de carga miden el voltaje de la batería en los correspondientes terminales del propio regulador, tales caídas de tensión pueden reducir el voltaje de carga de la batería, y afectar con ello a su correcto funcionamiento. Caídas de tensión tan pequeñas como 30 mV/vaso pueden tener efectos significativos sobre la estimación del estado de carga de la batería y, en último extremo, sobre su tiempo de vida.

De forma análoga, cualquier caída excesiva de tensión en el circuito de consumo reduce el voltaje disponible en las cargas y puede afectar negativamente a su funcionamiento. Por estas razones, es necesario limitar las caídas de voltaje tanto en el cableado como en el propio regulador.

Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del generador, deben ser inferiores al 4 % de la tensión nominal ($\cong 0,5$ V para 12 V), en las peores condiciones de operación (todas las cargas apagadas y máxima corriente procedente del generador fotovoltaico). Entre los terminales de la batería y los del consumo, deben ser inferiores al 4 % del voltaje nominal en las peores condiciones de operación (todas las cargas encendidas y sin corriente alguna procedente del generador fotovoltaico).

Condiciones de operación.

La situación potencialmente más peligrosa, tanto para el regulador de carga como para las cargas, es la operación sin baterías. Por lo que el regulador debe ser capaz de operar sin batería, con el generador en condiciones estándar y bajo cualquier nivel de carga permitida. Para proteger las cargas, el voltaje de salida del regulador en estas condiciones no deberá ser mayor que 1.3 veces el voltaje nominal. Algunos reguladores no pueden operar con niveles bajos de tensión, por lo que interrumpen el suministro de corriente a la batería. Para evitar esta situación, el regulador deberá

permitir la carga de la batería desde el generador para cualquier voltaje mayor que 1,5 V/cel. El regulador también debe ser capaz de manejar cómodamente una corriente de carga equivalente a 1.25 veces la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico, y una corriente de descarga de 1.25 veces la correspondiente a todas las cargas encendidas a voltaje nominal.

El regulador requiere además protección contra posibles daños provocados por impactos mecánicos y por condiciones ambientales adversas. El grado de protección debe guardar relación con el tipo de instalación de que se trate. IP 32 puede ser aceptable para instalaciones interiores mientras que IP 54 debe ser siempre obligatoria para instalaciones exteriores (normas IEC 529 o DIN 40050).

Algunos requisitos adicionales sugeridos para el regulador de carga son:

- Debe estar protegido contra polaridad inversa tanto en la línea del generador como en la de la batería.
- Se debe proteger contra sobretensiones por medio de un supresor de sobre voltajes de 1000 W o mayor, instalado entre ambos polos de la entrada correspondiente al generador fotovoltaico y de la salida correspondiente a las cargas.
- No debe producir interferencias en las radiofrecuencias en ninguna condición de operación.
- El consumo energético parásito diario del regulador en condiciones normales de operación no debe exceder el 3% del consumo diario considerado en el diseño.

Información y señalización.

Los reguladores que muestran información sobre parámetros eléctricos como corriente de carga y tensión de la batería, se han empleado ampliamente en el pasado, pero en la actualidad se considera que esto no es muy útil. Preferiblemente deben emplearse señalizaciones en los reguladores que permitan determinar el riesgo de desconexión por baja disponibilidad de energía. Los principales estados que deben reconocerse y señalarse son: la disponibilidad de energía debida a una carga suficientemente elevada en la batería, situación de riesgo de desconexión por bajo nivel de carga, y desconexión de cargas debida a un nivel de carga de la batería excesivamente bajo.

Todas estas señales pueden permanecer activas, siempre que se empleen LEDs de muy bajo consumo. Aunque una mejor opción es que las señales se activen con un pulsador, esto ahorra energía y fomenta la participación del usuario en el funcionamiento del sistema.

Las señales del regulador se pueden consultar fácilmente solo si éste se ubica en un lugar accesible en una habitación de uso frecuente. Aunque otras recomendaciones indican que el

regulador debe estar lo más cerca posible de la batería (para evitar pérdidas), y esta debe colocarse en un lugar ventilado y de acceso restringido. Este inconveniente puede resolverse construyendo el alojamiento exterior de la batería contra una pared de la casa. Esta disposición permite instalar el regulador de carga en el interior de la casa manteniéndolo muy cerca de la batería, con el simple recurso de hacer que los cables atraviesen la pared.

Otro método consiste en hacer que el regulador desconecte las cargas cuando la carga en la batería alcanza un nivel de riesgo, y que la reconexión pueda realizarse de forma manual. Esto permite alertar a los usuarios sobre el riesgo de desconexión sin que tengan que estar mirando el indicador de estado de la carga.

5.8 Sistema de adaptación de corriente (inversor):

Aspectos Generales.

Su función es adecuar las características de la energía generada a las demandadas por las aplicaciones de la instalación. Un sistema de conmutación electrónico, llamado inversor, transforma la corriente continua de las baterías en corriente alterna.

Las principales características que deben considerarse para el dimensionamiento del inversor son:

- La tensión de entrada.
- Máxima potencia que puede manejar. Margen de sobrecarga permisible.
- Potencia, tensión y forma de la onda de la salida
- Frecuencia de trabajo y máximo error de frecuencia.
- Eficiencia de transformación (generalmente cercana al 85%).

Junto a estos parámetros deben considerarse algunos otros prácticos como:

- Montaje Mecánico
- Rango de temperatura ambiente de trabajo
- Diámetro máximo permisible de los conectores de CC Protecciones automáticas

En sistemas fotovoltaicos aislados se emplean inversores de conmutación forzada o auto conmutados. Los primeros inversores, desaparecidos ya del mercado, generaban un voltaje de salida en CA en forma de onda cuadrada, tal como se muestra en la figura 2.6. Este tipo de onda presenta un alto contenido de armónicos que generaban problemas de interferencia en equipos como radios y televisores, y resultaba imposible la alimentación de un ordenador u otros equipos electrónicos.

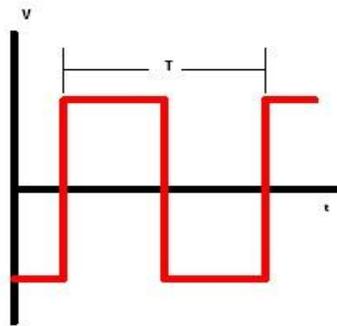


Figura 5. Tensión de salida de un inversor de onda cuadrada

Un primer avance en el diseño de inversores, permitió generar una onda de salida casi sinusoidal, conocida también como sinusoidal modificada. Esta de modulación por anchura de pulsos (PWM), onda consiste en una serie de escalones de voltaje que tratan de seguir las variaciones necesarias del voltaje CA de salida. La figura 2.7 muestra una onda de salida de este tipo.

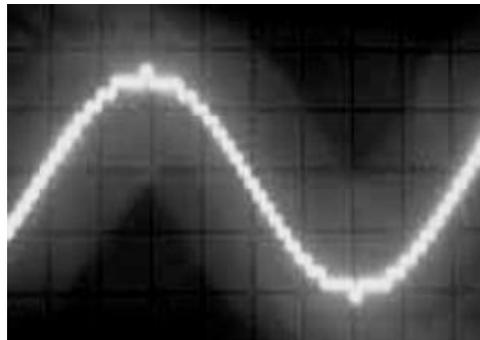


Figura 8. Tensión de salida de un inversor de onda sinusoidal modificada.

Los inversores modernos generan una onda de salida sinusoidal pura o casi pura con bajo contenido de armónicos y con un mínimo error en la frecuencia, mediante un proceso llamado modulación por anchura de pulsos (PWM). Con los PWM pueden obtenerse rendimientos de hasta 90% inclusive con bajos niveles de carga.

En el mercado se encuentran también los llamados inversores/cargadores, un equipo que combina la función de inversor para transformar la energía de una fuente renovable de energía con un cargador de baterías que funciona a partir de una fuente de CA, ya sea un grupo electrógeno de respaldo o conexión a red.

Consideraciones de diseño.

Las hojas de datos de inversores generalmente brindan dos valores de potencia, uno que corresponde a la potencia que el inversor puede suministrar en forma continua, y otro valor que indica la máxima potencia que el aparato puede tolerar durante un lapso de tiempo específico.

El valor de potencia continua que puede suministrar el inversor puede tomarse como válido si no se sobrepasa la máxima temperatura ambiente especificada, se tiene el voltaje requerido mínimo en la entrada de CC, y la carga que se conecta es resistiva o casi resistiva. Si se conectan motores, balastos u otras cargas inductivas la onda de voltaje y corriente se desfasan y cambia el factor de potencia, por lo que la potencia real que el inversor puede manejar disminuye. La eficiencia del inversor varía en función del nivel de carga. Dicha eficiencia es mayor si el nivel de carga que se conecta se encuentra cerca del valor nominal para el que fue diseñado, y disminuye cuando opera con poca carga o sobrecarga.

Los inversores que suministran potencias elevadas poseen dispositivos de seguridad que se encuentran en funcionamiento las 24 horas del día, por lo que existe un consumo aun cuando no se transfiere potencia a las cargas. Algunos inversores implementan una función adicional que permite que se desconecte la salida del mismo para dar paso a la de un generador CA de respaldo (de gasolina o diésel), lo que permite utilizar los mismos terminales de CA sin tener que realizar transferencia manual de los cables de un dispositivo a otro.

Para los equipos que generan onda sinusoidal modificada generalmente no se especifica el contenido armónico y el error es de ± 4 ciclos a 60 Hz. En el caso de onda sinusoidal pura el error en la frecuencia es generalmente ± 0.05 ciclos, alrededor de 60 veces menor. En este caso el contenido armónico se especifica como menor a 3%.

El dimensionamiento del inversor se realiza en base al pico máximo de potencia que se estima en el consumo, pero esto depende de que los usuarios planeen el uso de la energía para reducir lo más posible el pico de energía. En general las personas que utilizan el sistema no tienen idea alguna del consumo eléctrico que utilizan o que van a necesitar, y es probable que el consumo inicialmente moderado aumente con el tiempo. Es necesario realizar un cálculo certero de la distribución del consumo de energía, ya que la potencia pico que se toma como referencia en el

diseño tiene mucha influencia sobre el costo inicial del proyecto.

En el caso de un inversor/cargador, en sistemas con fuentes de respaldo (motores diésel, grupos electrógenos), la única restricción importante que se impone sobre la corriente de carga de las baterías es que esta deberá ser inferior al 10% de la capacidad total del banco de baterías.

Cableado.

Bajas tensiones y corrientes elevadas son característicos en sistemas FV, por lo incluso caídas pequeñas de tensión tienden a ser significativas y generan efectos negativo sobre la corriente entregada por el generador fotovoltaico, la regulación de carga de la batería y la vida útil de las lámparas fluorescentes.

Por estas razones, debe evitarse las caídas de tensión dimensionando adecuadamente el cableado. Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean menores al 5% entre el generador y el regulador, menores de 1% entre el regulador y las baterías, e inferiores a 5% entre el regulador de carga y las cargas. Esto en condiciones de máxima corriente. Estas caídas en los conductores, son independientes de las caídas en regulador, mencionadas en el apartado anterior.

Los cables deberán ser aptos para funcionar a la intemperie según la norma IEC 60811, o la norma para cables relevante en el país de interés.

Las terminales de los cables deberán permitir una conexión mecánicamente fuerte, segura y con baja caída de tensión.

Los cables deben asegurarse a las estructuras de soporte o a las paredes, para evitar esfuerzos mecánicos sobre otros elementos de la instalación eléctrica (cajas de conexión, balastos, interruptores, etc.).

En el caso en que se monten sobre una superficie, los cables deben graparse a las paredes, a intervalos adecuados, para asegurar su posición vertical y horizontal (no se recomienda posicionarlos de forma oblicua). De no ser así, deben embutirse en las paredes y recubrirse con yeso o un material similar. Los cables deben mantenerse fuera del alcance de los niños.

Los fusibles para la protección de los cables se eligen de forma que la máxima corriente de operación esté entre el 50 y 80% de la capacidad nominal del mismo. Los fusibles se instalan preferiblemente en las líneas de polaridad positiva.

Dispositivos de protección.

Los sistemas FV domésticos generalmente operan con tensiones bajas (del rango de (1224V). El factor que representa mayor peligro en estos casos es la batería, ya que tienen corrientes de cortocircuito muy altas, además contienen ácido sulfúrico y libera gases inflamables. Para evitar este tipo de riesgos, tanto la batería como el regulador de carga deben estar protegidos contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito. Dichas protecciones deben tener efecto tanto sobre la línea del generador fotovoltaico como sobre la línea de las cargas.

Dichas protecciones pueden realizarse de manera fácil implementando fusibles, diodos, disyuntores u otros; y pueden o no estar incluidas dentro de la caja del regulador. En cualquiera de los caso, dichas protecciones se consideran parte del regulador en lo relativo a caídas de tensión en las mismas.

La instalación de un sistema de pararrayos completo no es aceptable desde el punto de vista económico, debido a que generalmente el porcentaje de los daños en módulos y reguladores ocasionados por efecto de los rayos es muy bajo, en comparación con elevado aumento en el costo inicial del sistema FV que implica la instalación de tal sistema de protección. Por esta razón, en regiones con tormentas eléctricas frecuentes se debe instalar algún medio de aislar manualmente los polos positivo y negativo del lado del generador fotovoltaico. De este modo se puede desconectar el generador fotovoltaico cuando hay riesgo de descargas eléctricas atmosféricas.

Cargas.

Las cargas típicas en sistemas fotovoltaicos son las luminarias, radios y televisores. La iluminación constituye generalmente la mayor parte del consumo. Los radios y televisores son adquiridos directamente por los usuarios en mercados de aparatos electrodomésticos convencionales, son productos altamente estandarizados y de consumo modesto.

Por razones de eficiencia, las lámparas fluorescentes son las más comúnmente utilizadas en sistemas FV. El balasto de la lámpara fluorescente es esencialmente un oscilador que debe asegurar altas eficiencias energéticas y lumínicas, y larga vida de los tubos. Desafortunadamente para asegurar una larga vida, el tubo necesita ser alimentado por una tensión constante. Existen en el mercado balastos que incorporan una etapa estabilizadora de tensión, pero su costo asociado es alto debido a la necesidad de incorporar un transformador adicional.

5.9 Electrificación rural con sistemas fotovoltaicos autónomos.

La utilización de sistemas fotovoltaicos, y otros sistemas basados en fuentes de energía renovables, para la generación eléctrica se visualiza como una alternativa de gran importancia en la actualidad. Este tipo de sistemas se asocian generalmente con sus ventajas ambientales, como la disminución en las emisiones de CO₂ y otros contaminantes perjudiciales para la atmósfera derivados de la generación eléctrica a partir de combustibles convencionales, o la operación y tratamiento de residuos peligrosos en el caso de las centrales nucleares. Otro factor que motiva su uso es el previsible agotamiento a mediano plazo de los combustibles tradicionales como petróleo, gas y carbón; y la dependencia externa que genera su utilización, que motiva que muchos países o áreas económicas busquen lograr una mayor diversidad y autonomía energética.

Algunas iniciativas institucionales aprobadas en países europeos (como el caso de España), encaminadas a promover la generación eléctrica de origen renovable, han provocado un aumento apreciable en la producción de módulos fotovoltaicos, orientando dicha producción hacia aplicaciones de sustitución.

Una aplicación alternativa igualmente ventajosa de estas tecnologías, conjuga los beneficios para el medioambiente con el desarrollo rural y la posibilidad del acceso a electricidad de personas que actualmente no disponen de ella. En la figura 2.9 se muestran datos representativos sobre el grado de electrificación de algunos países de distintas áreas geográficas., diferenciando entre viviendas rurales y urbanas.



Figura 9. Esquema de conexión de un sistema conectado a la red.

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para realizar el diseño e implementación del laboratorio de energía solar fotovoltaica para ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

Tabla 4 Metodología de la Investigación

Objetivo	Metodología a utilizar	Meta	Responsable
<p>Objetivo 1: Realizar investigación bibliográfica sobre el estado actual de la ciencia sobre energía fotovoltaica.</p>	<p>Actividad 1: Investigación Bibliográfica. Se realizó investigación bibliográfica del estado actual de la ciencia en energía fotovoltaica.</p>	<p>Conocer el estado actual de la ciencia sobre generación fotovoltaica.</p>	<p>Lic. Vásquez Lic. Gaitán Tec. René Fuentes. Estudiantes investigadores Eléctrica</p>
<p>Objetivo 2: Realizar un análisis de carga que se alimentará con el sistema fotovoltaico para implementarlo en el laboratorio.</p>	<p>Actividad 2: Análisis de carga. Analizar las diferentes cargas a alimentar con el sistema fotovoltaico.</p>	<p>Conocer las cargas a alimentar con el sistema fotovoltaico.</p>	<p>Lic. Vásquez Lic. Gaitán Tec. Rene fuentes Estudiantes investigadores Eléctrica</p>
<p>Objetivo3. Diseñar un laboratorio de energía solar fotovoltaico que permita que los estudiantes puedan realizar prácticas.</p>	<p>Actividad 3: Caracterización las diferentes variables presentes en un sistema fotovoltaico. Que se puedan realizar mediciones.</p>	<p>Conocer las variables a analizar en el sistema fotovoltaico.</p>	<p>Lic. Vásquez Lic. Gaitán Tec. René Fuentes Estudiantes investigadores Eléctrica</p>

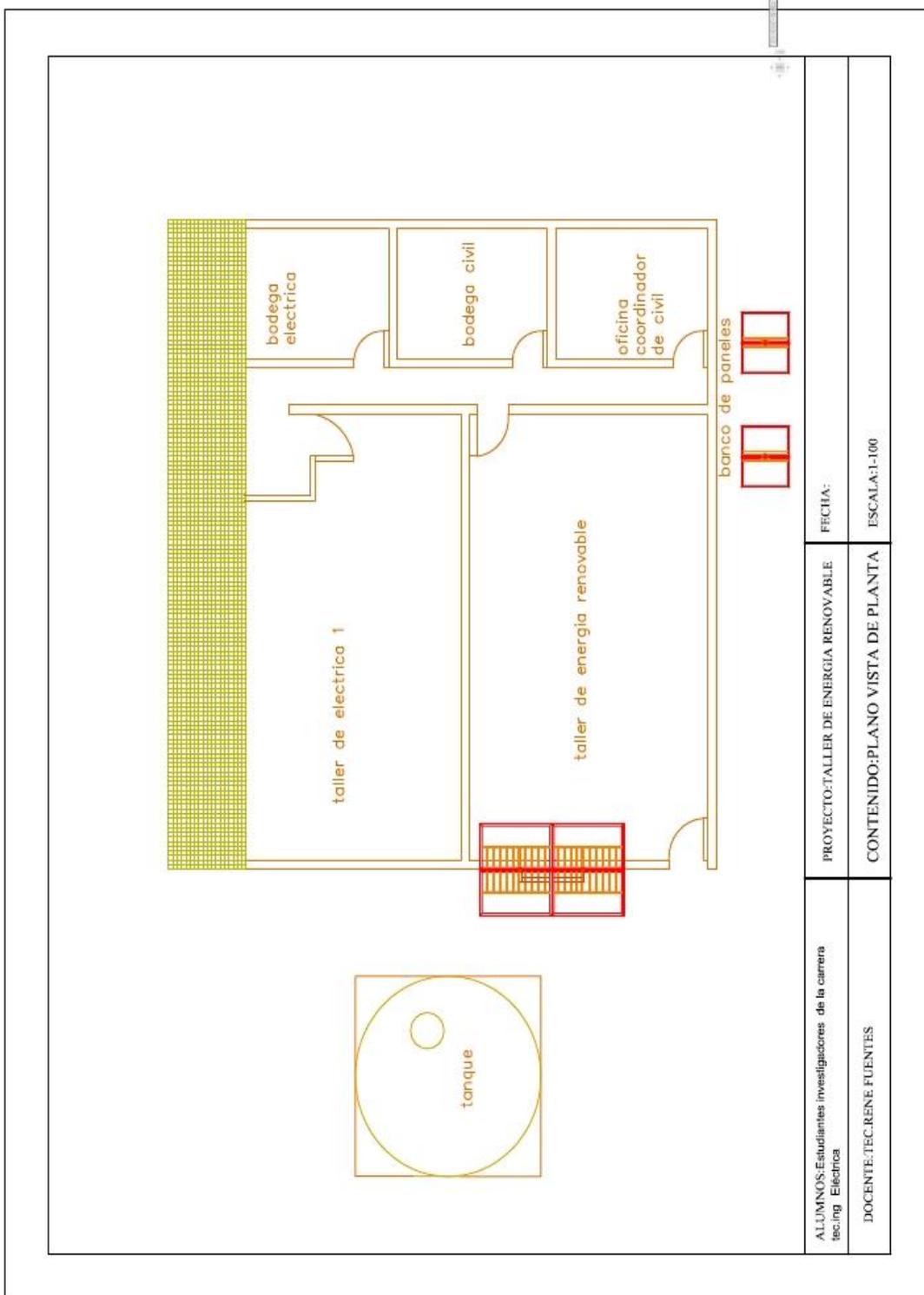
<p>Objetivo 4:</p> <p>Presentar presupuesto de los diferentes materiales y equipos a utilizar en el laboratorio.</p>	<p>Actividad 4:</p> <p>Presentación presupuesto.</p> <p>Realizar presupuesto para compra de equipos.</p>	<p>Realizar presupuesto.</p>	<p>Lic. Vásquez Lic. Gaitán Tec. René Fuentes Estudiantes investigadores Eléctrica</p>
<p>Objetivo 5:</p> <p>Implementar el laboratorio en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Regional San Miguel.</p>	<p>Actividad 5:</p> <p>Implementación del laboratorio.</p> <p>Implementar laboratorio</p>	<p>Realizar la instalación del laboratorio de energía fotovoltaica.</p>	<p>Lic. Vásquez, Lic. Gaitán, Tec. René Fuentes. Estudiantes investigadores Eléctrica</p>
<p>Objetivo 6:</p> <p>Realizar manual de guías prácticas de laboratorio sobre energía solar fotovoltaica que permita que los estudiantes puedan ampliar sus conocimientos.</p>	<p>Actividad 6:</p> <p>Realización manual de Guías prácticas.</p> <p>Realizando prácticas en función de los conocimientos que se pretende enseñar.</p>	<p>Realizar manual de Guías prácticas.</p>	<p>Lic. Vásquez Tec. René Fuentes Estudiantes investigadores Eléctrica</p>

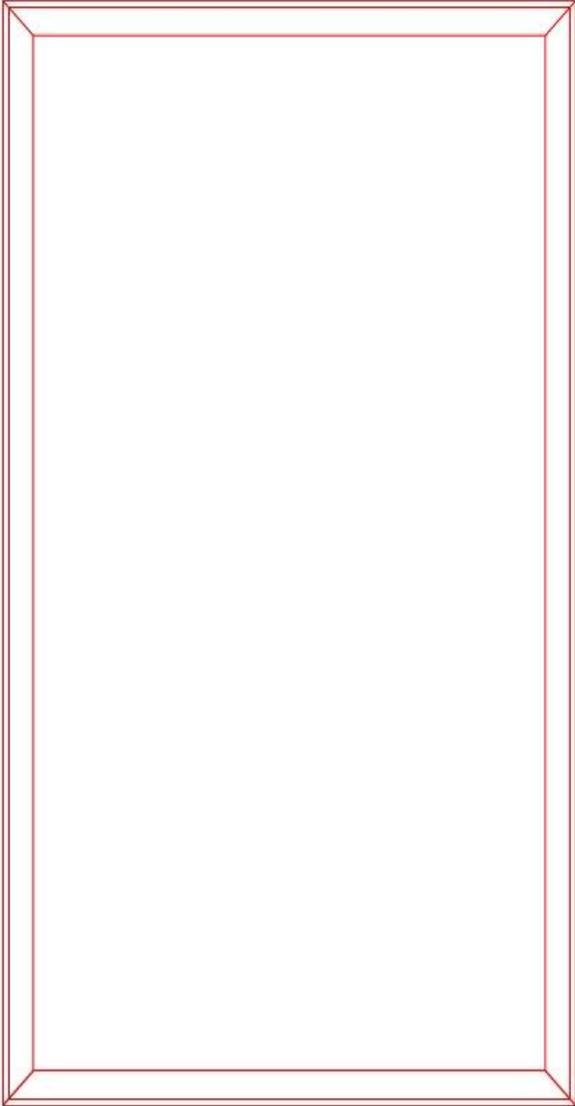
7. RESULTADOS

Con la realización del estudio de “Diseño e implementación de un laboratorio de energía solar fotovoltaica para La Escuela especializada en Ingeniería y Arquitectura ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel, se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1- Diseño e implementación de un laboratorio de energía solar fotovoltaica para que los estudiantes de la carrera de técnico en Ingeniería Eléctrica puedan realizar prácticas.
- 2- Diseño de manual de guías prácticas para poder realizarlas en el laboratorio.

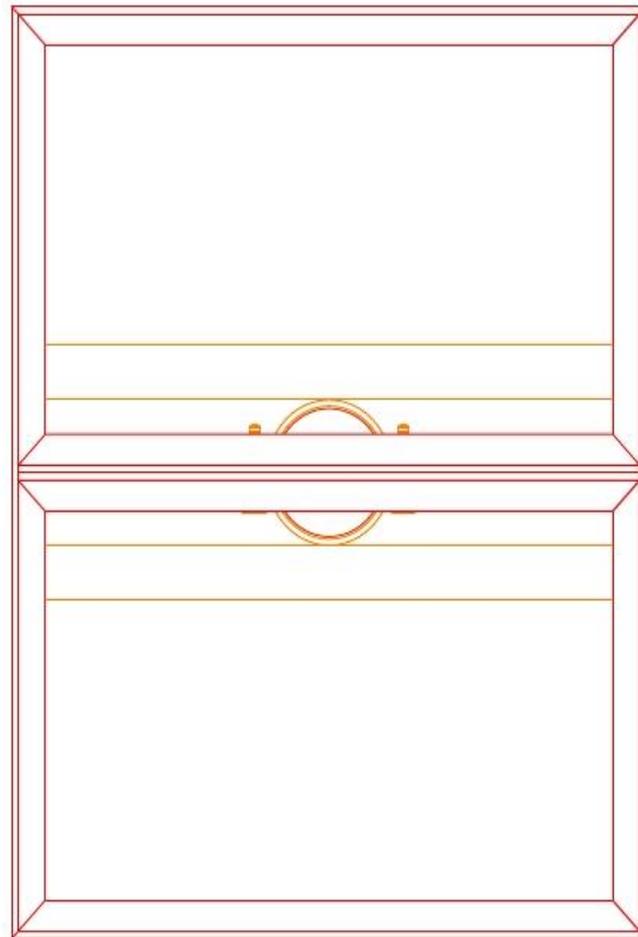
DISEÑO Y PLANOS DEL LABORATORIO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICAS.



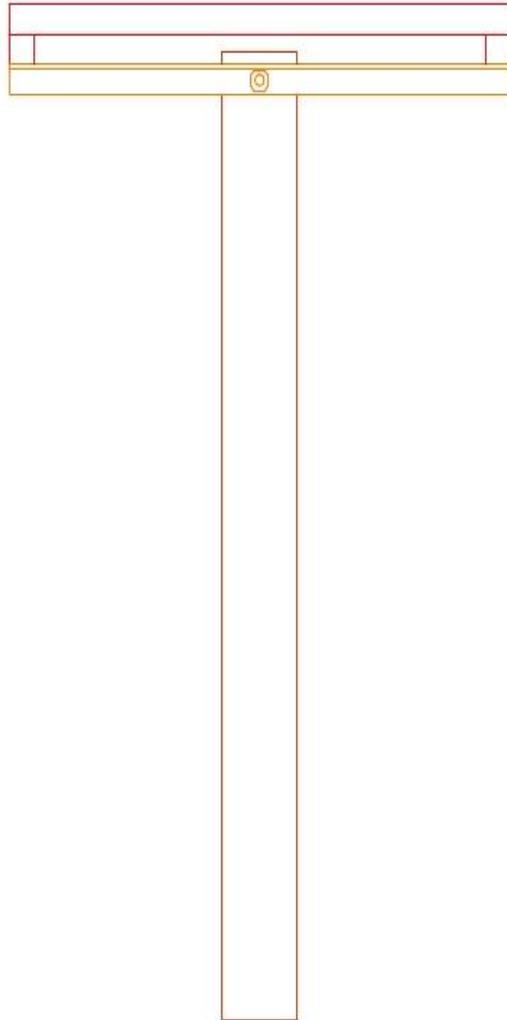


ALUMNOS:Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	PROYECTO:TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE:TEC.RENE FUENTES	CONTENIDO:MARCO DE ANGULO 1" x 1/8" PARA PANEL INSTALADO EN POSTE	ESCALA:1-100

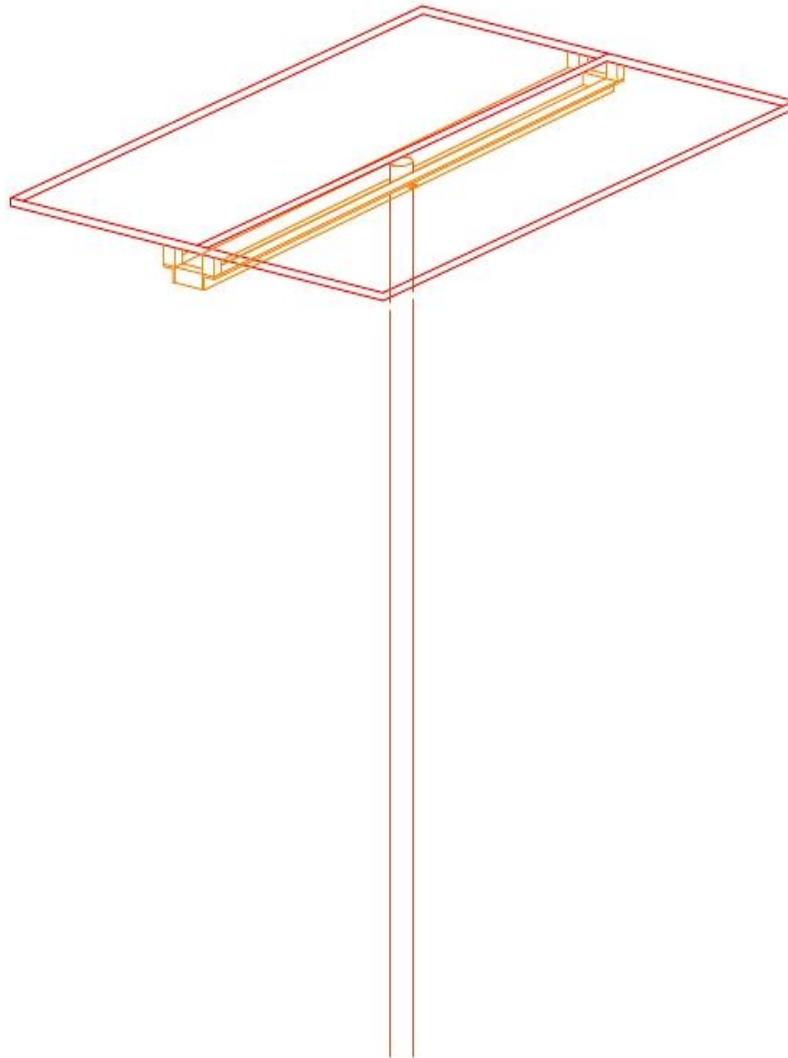
8.



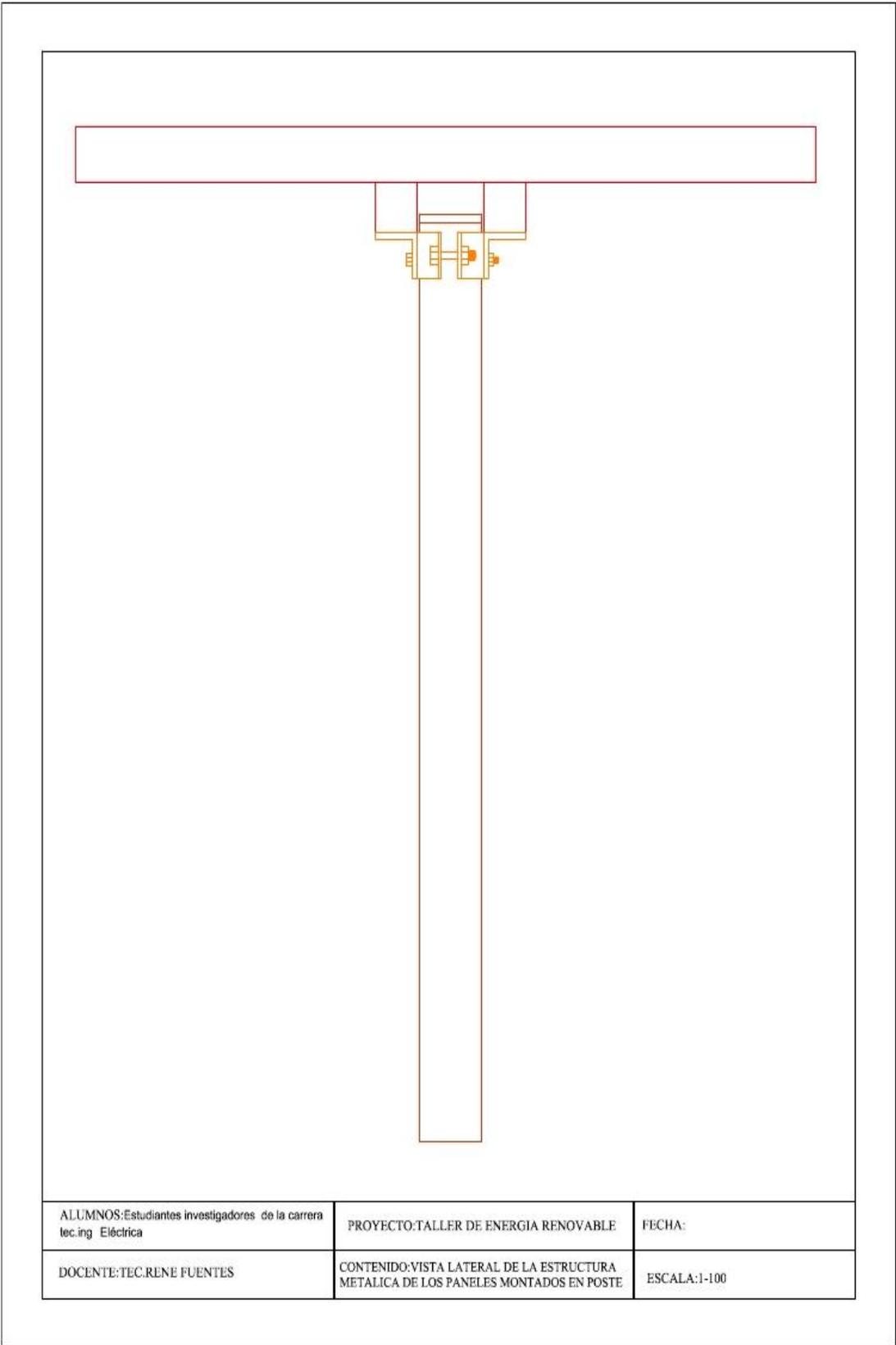
ALUMNOS:Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	PROYECTO:TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE:TEC.RENE FUENTES	CONTENIDO:ESTRUCTURA METALICA DE PANELES MONTADOS EN POSTE VISTA EN PLANTA	ESCALA:1-100

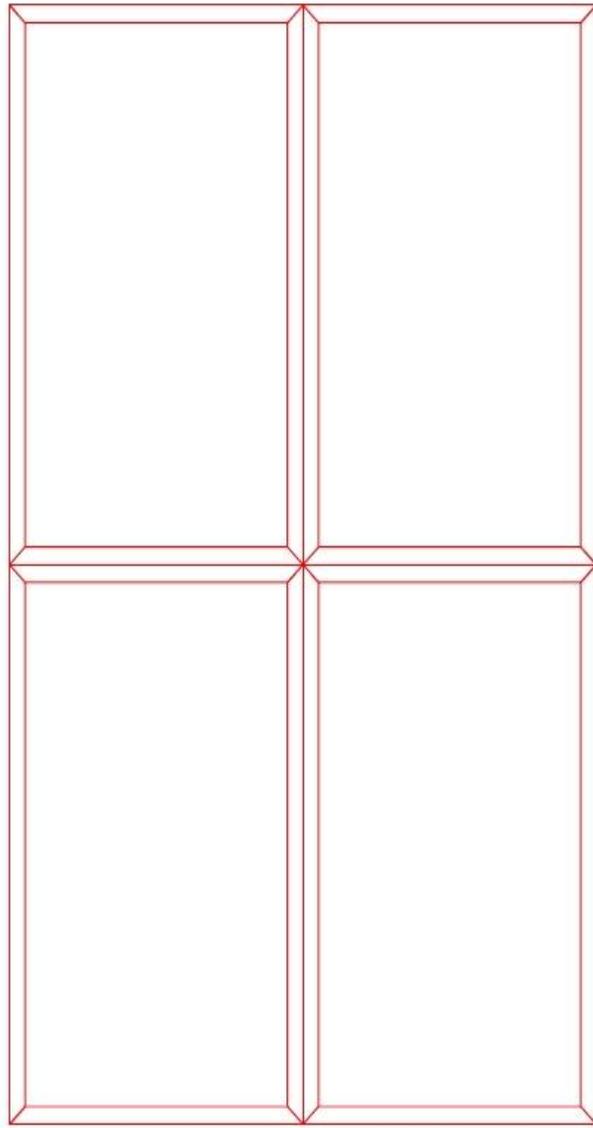


ALUMNOS: Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	PROYECTO: TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE: TEC. RENE FUENTES	CONTENIDO: VISTA FRONTAL DE LA ESTRUCTURA METALICA DE LOS PANELES MONTADOS EN POSTE	ESCALA: 1-100

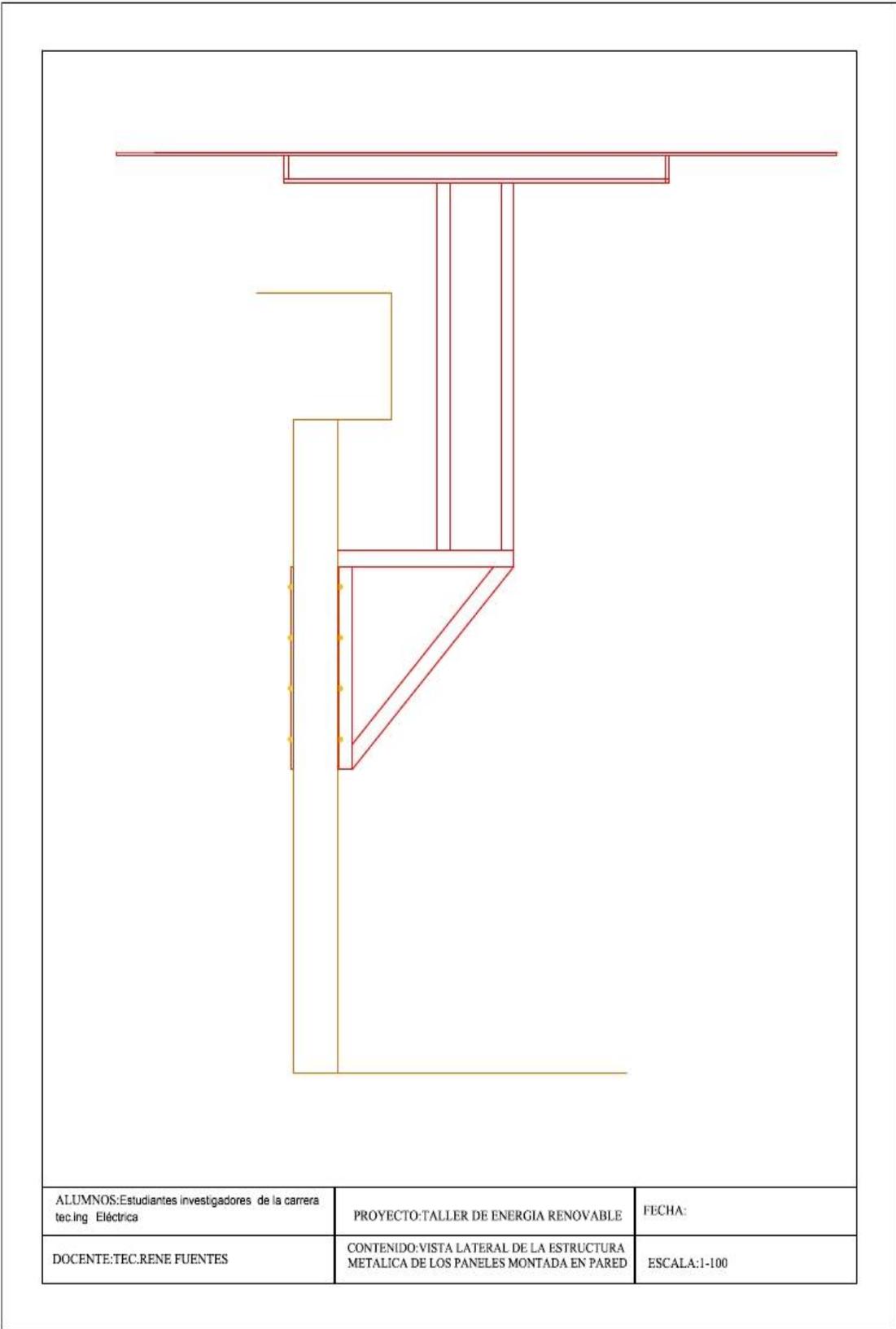


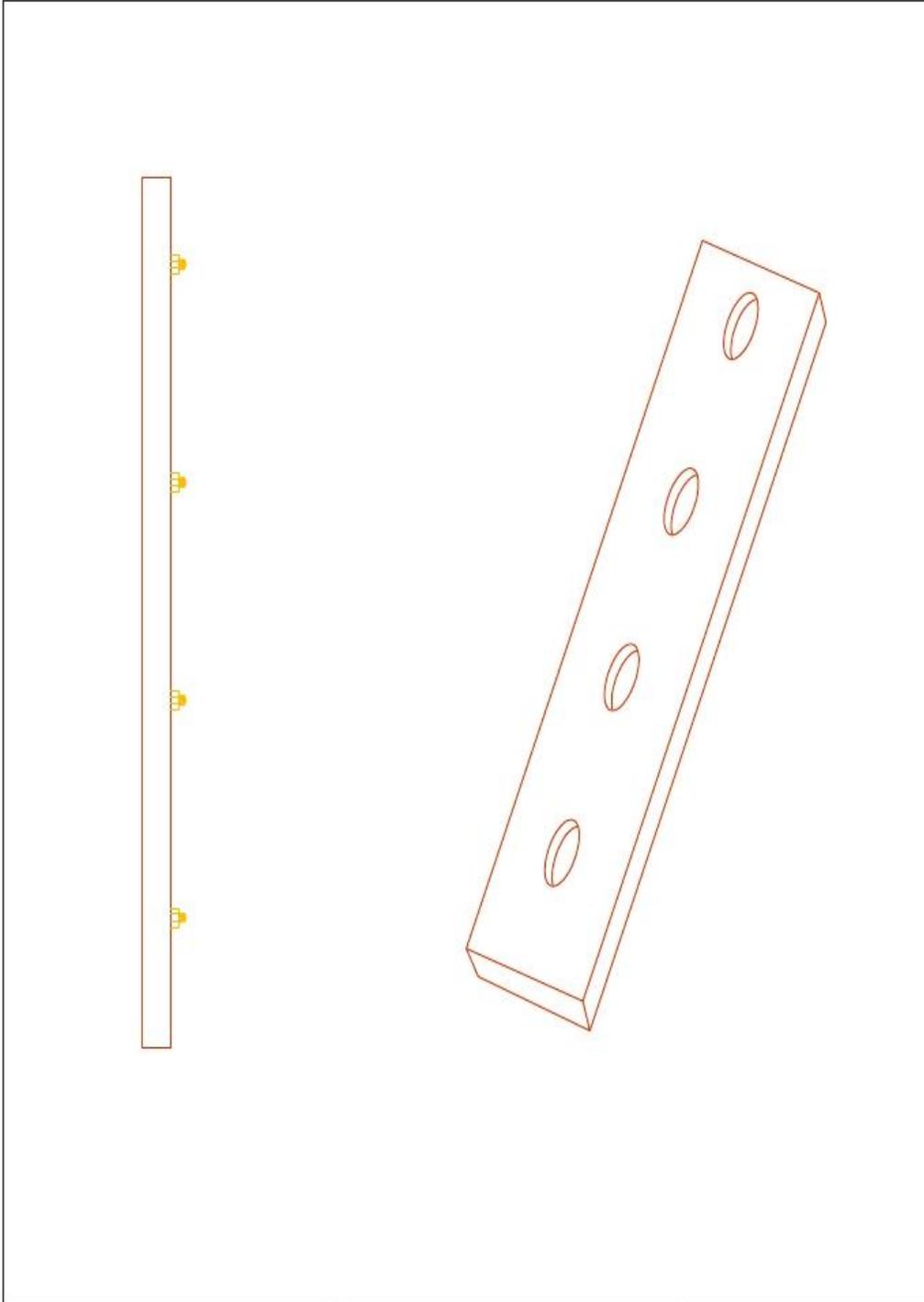
ALUMNOS: Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	PROYECTO: TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE: TEC. RENE FUENTES	CONTENIDO: VISTA DE LA ESTRUCTURAS METALICA DE PANELES MONTADOS EN POSTE	ESCALA: 1-100



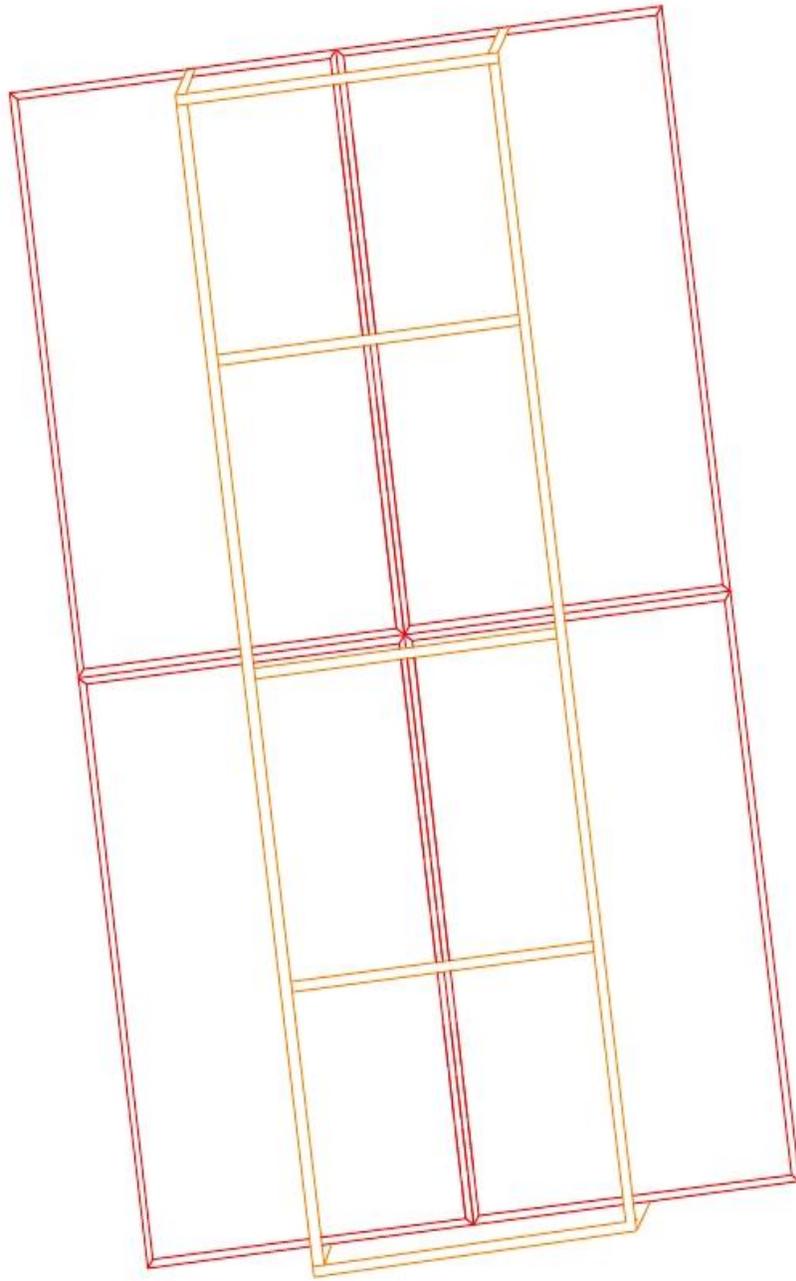


ALUMNOS:Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	PROYECTO:TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE:TEC.RENE FUENTES	CONTENIDO:ESTRUCTURA METALICA, UNION DE LOS ANGULOS QUE FORMAN LA ESTRUCTURA DE LOS PANELES	ESCALA:1-100

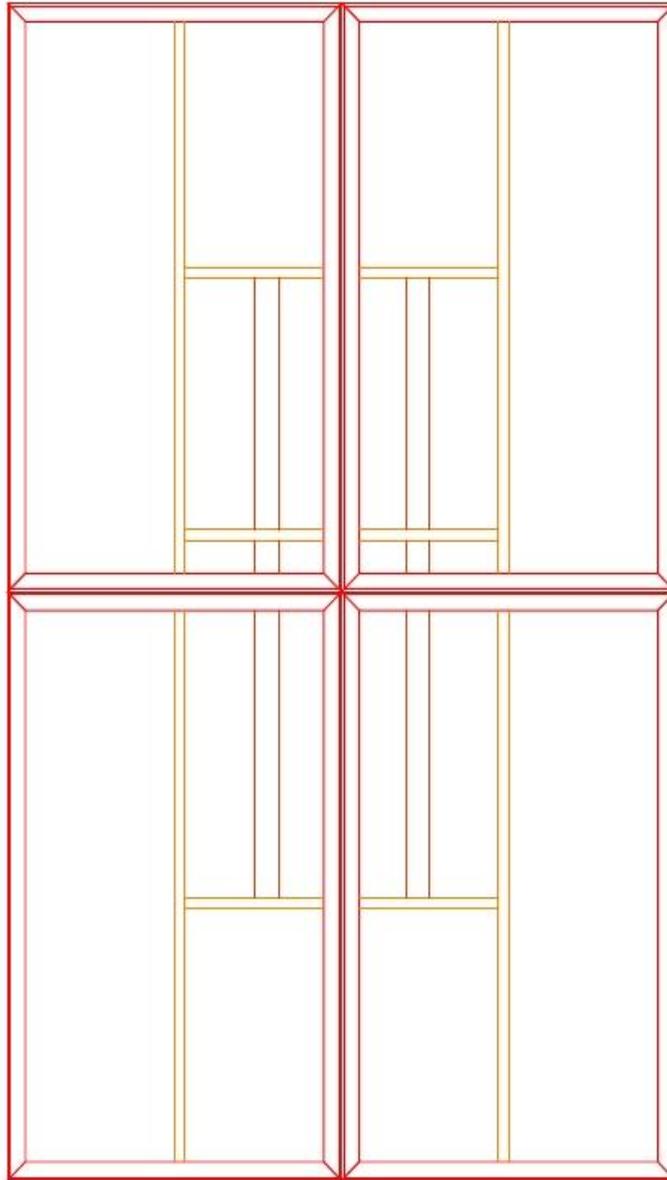




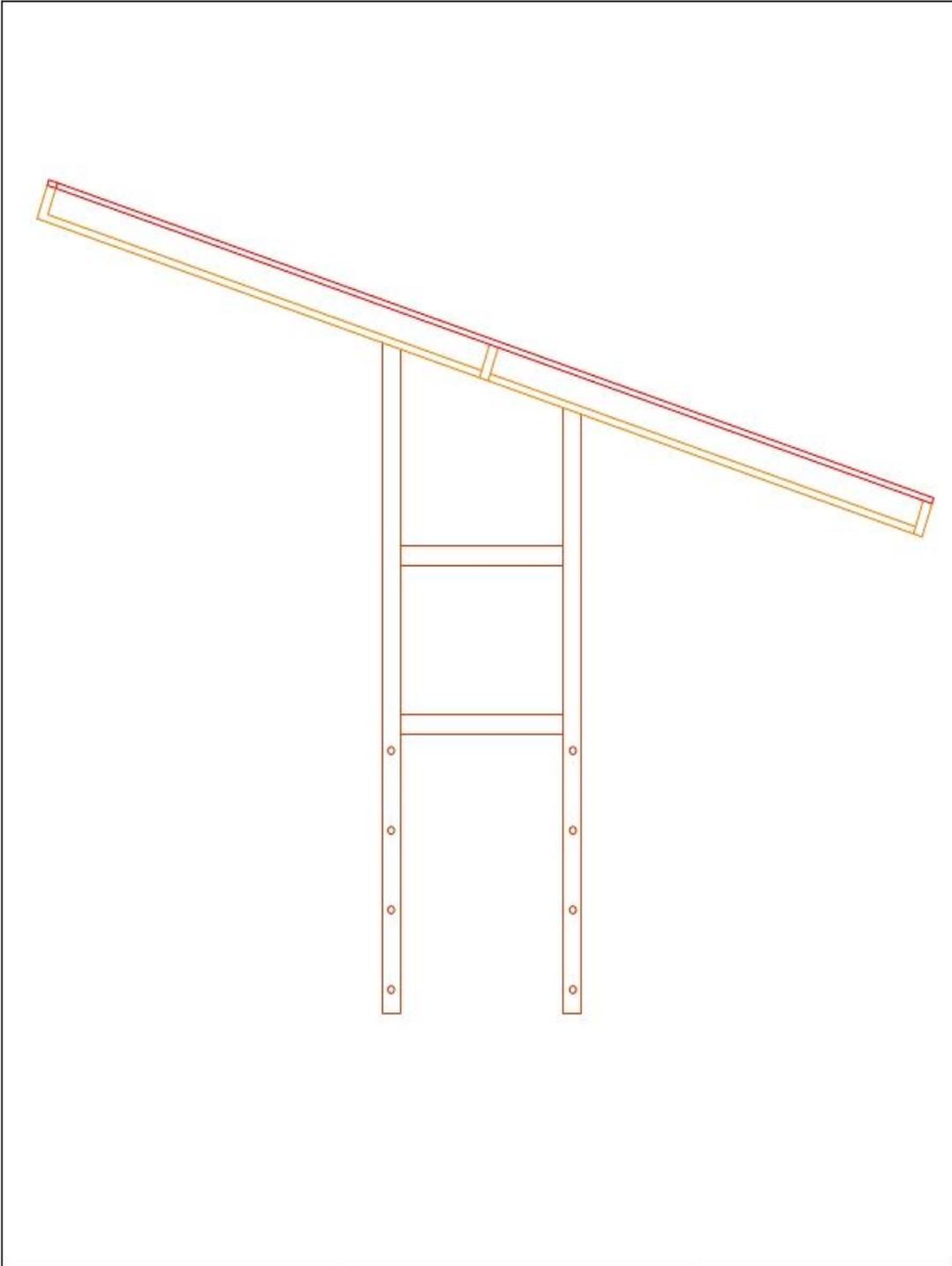
ALUMNOS: Estudiantes investigadores de la carrera tec. Ing. Eléctrica	PROYECTO: TALLER DE ENERGÍA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE: TEC. RENE FUENTES	CONTENIDO: PLATINA 2" x 1/4"	ESCALA: 1-100



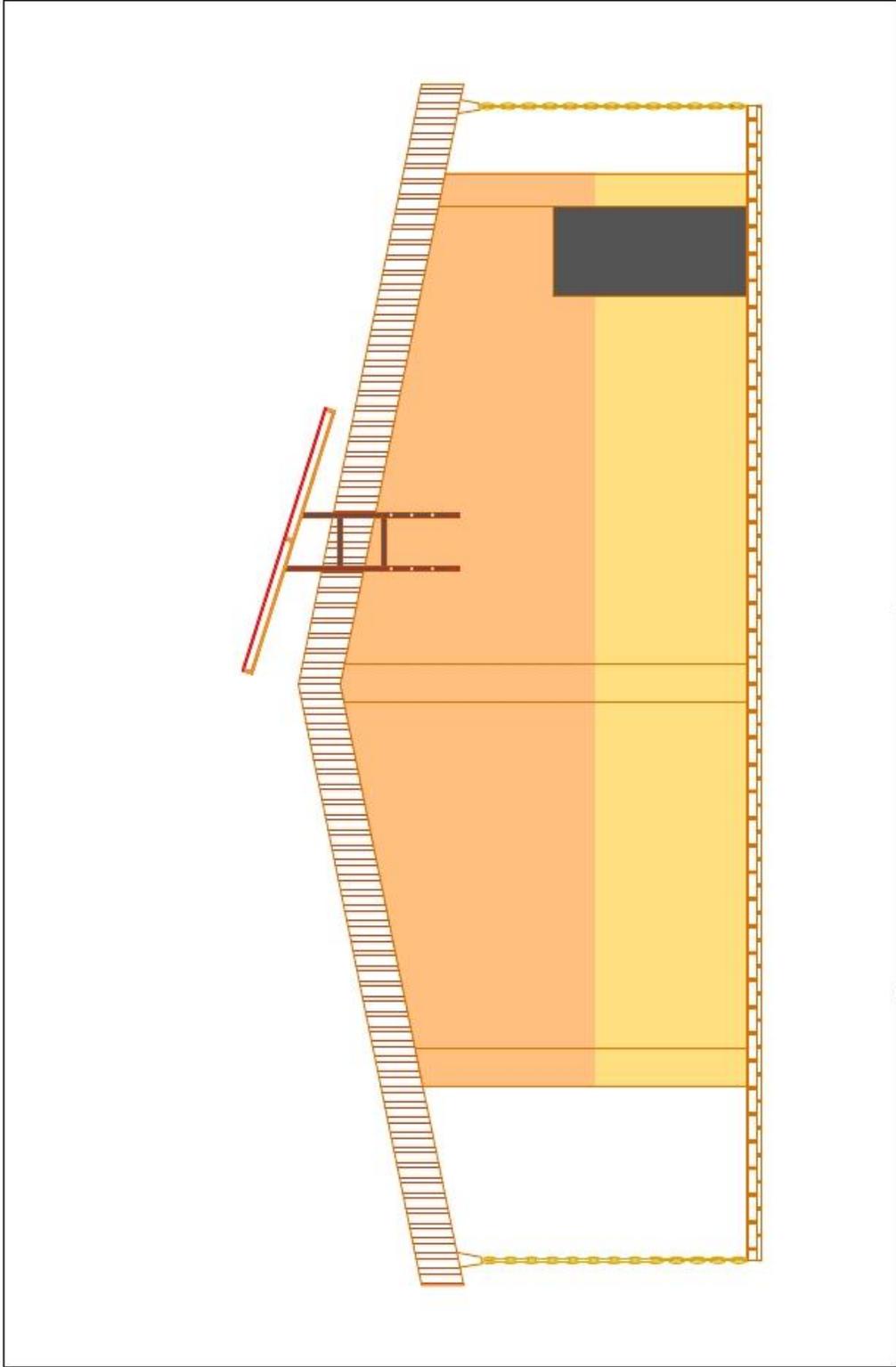
ALUMNOS:Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	PROYECTO:TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE:TEC.RENE FUENTES	CONTENIDO:ESTRUCTURA METÁLICA DONDE SE INSTALARAN LOS PANELES	ESCALA:1-100

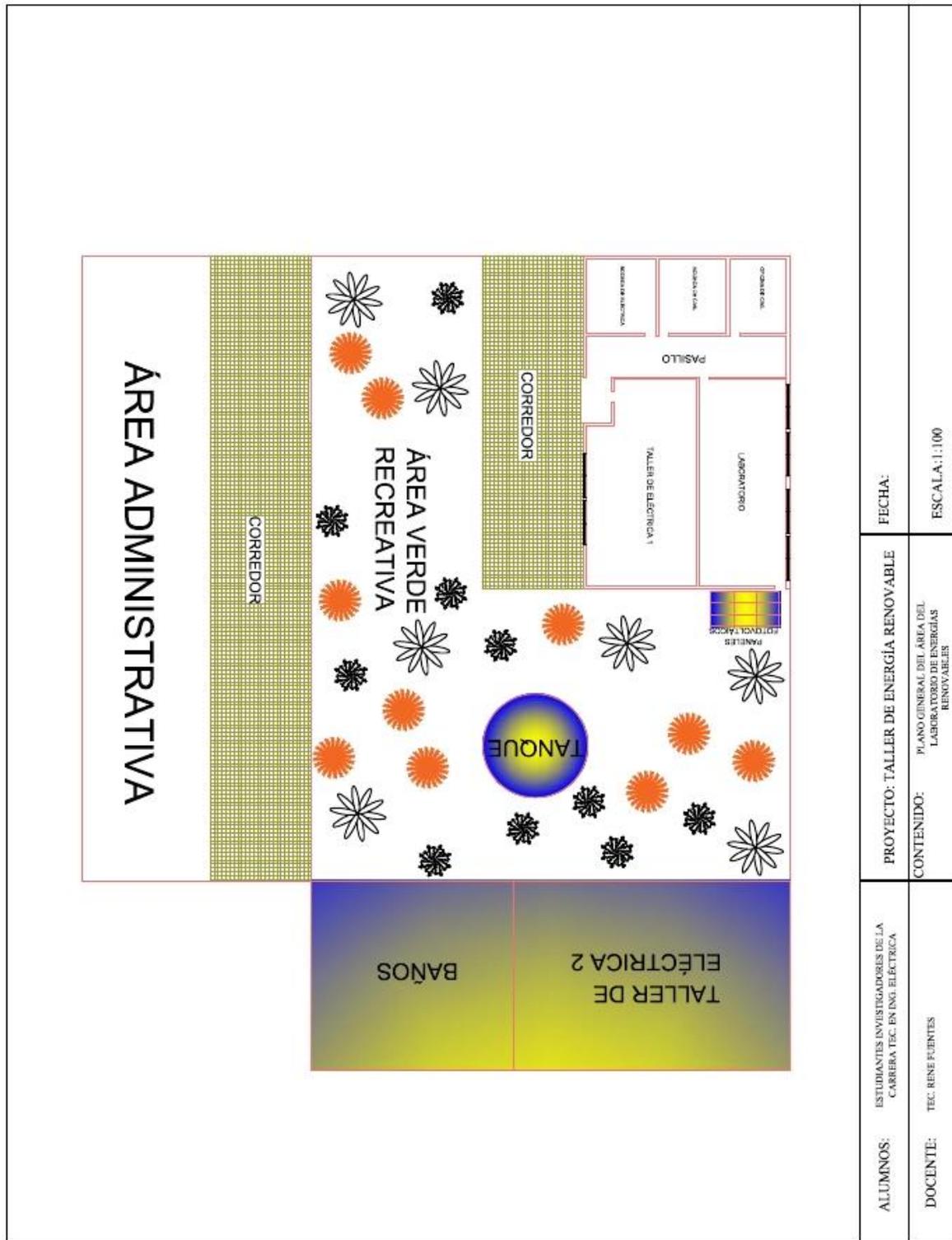


ALUMNOS:Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	PROYECTO:TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE:TEC.RENE FUENTES	CONTENIDO:VISTA DE PLANTA DE LA ESTRUCTURA METALICA DONDE SE INSTALARAN LOS PANELES	ESCALA:1-100

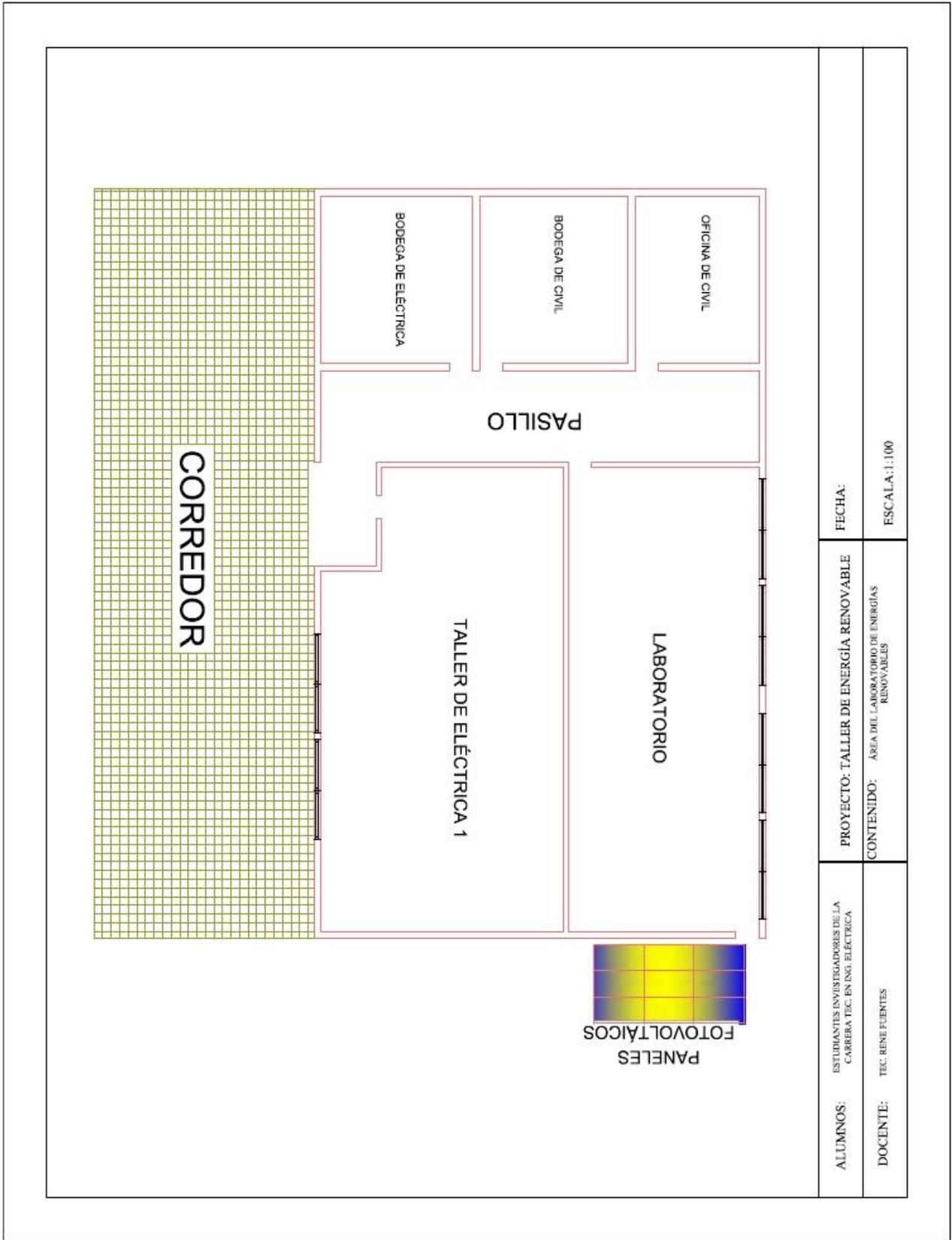


ALUMNOS:Estudiantes investigadores de la carrera tec.Ing Eléctrica	PROYECTO:TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE:TEC.RENE FUENTES	CONTENIDO:VISTA FRONTAL DE LA ESTRUCTURA METALICA MONTADO EN PARED EN DOND SE INSTALARAN LOS PANELES	ESCALA:1-100

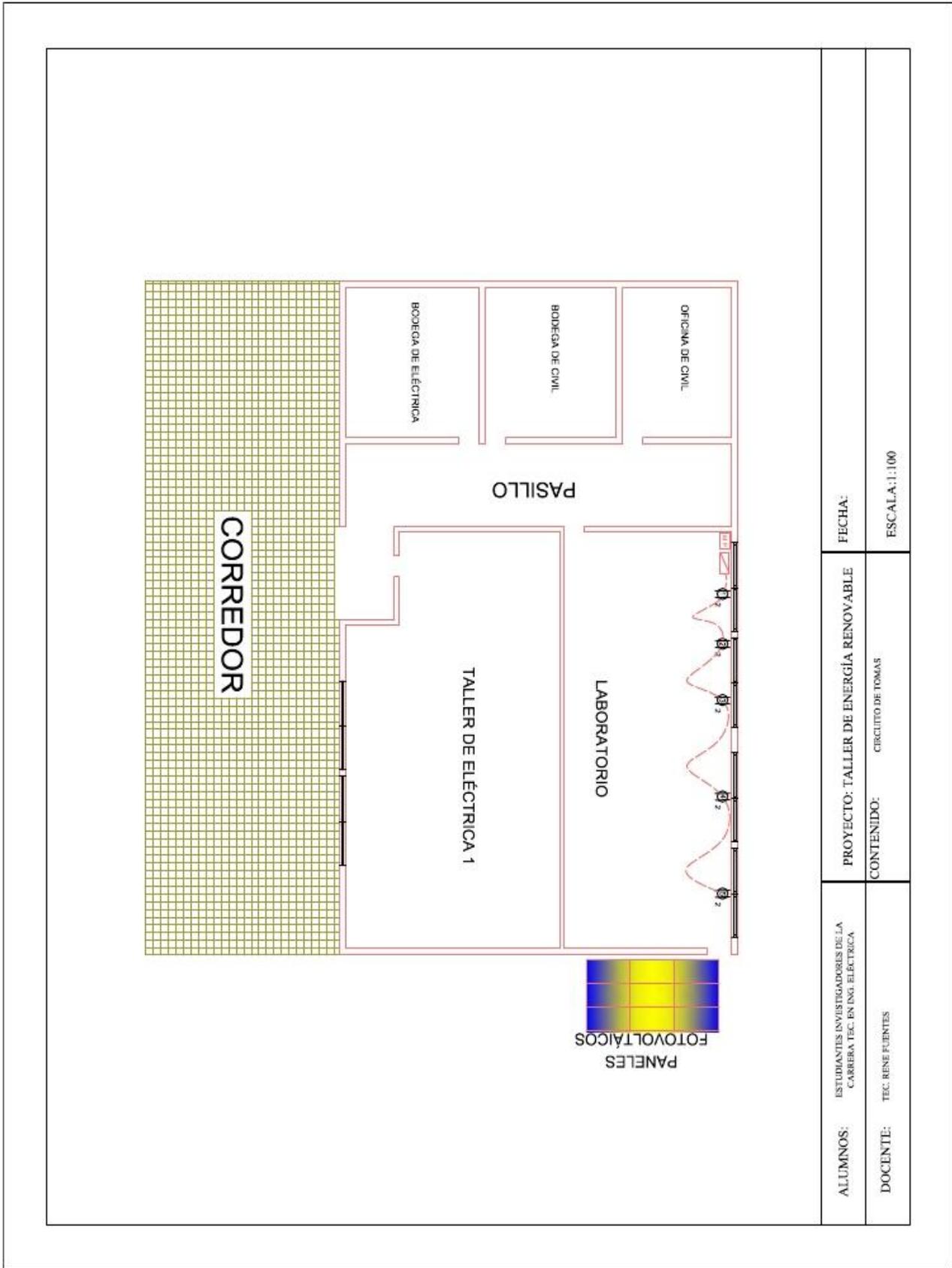
	FECHA:
PROYECTO: TALLER DE ENERGIA RENOVABLE	CONTENIDO: VISTA FRONTAL DE LA ESTRUCTURA METALICA CON PANELES INSTALADOS
ALUMNOS: Estudiantes investigadores de la carrera tec.ing Eléctrica	DOCENTE: TEC. RENE FUENTES
ESCALA: 1:100	



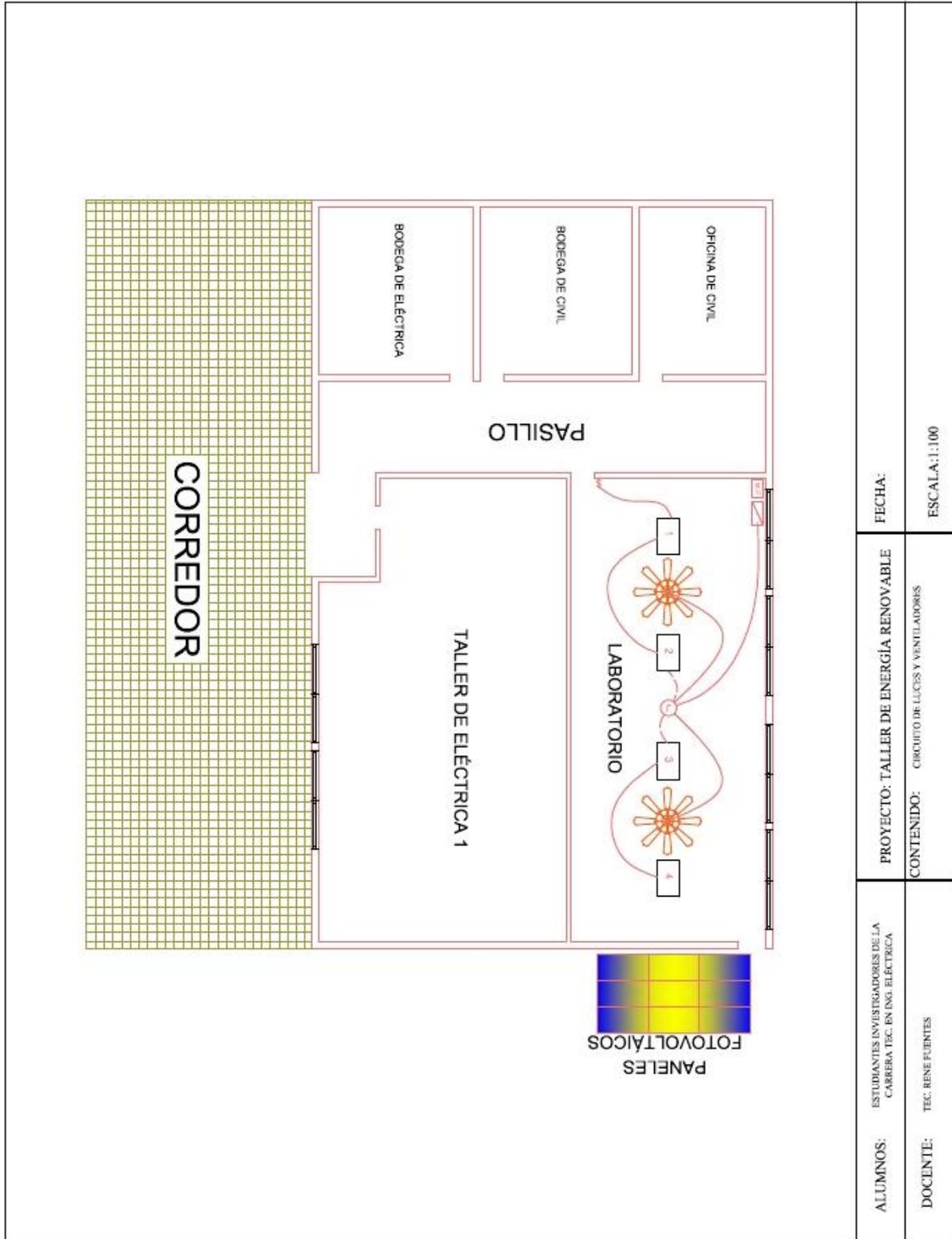
ALUMNOS: ESTUDIANTES INVESTIGADORES DE LA CARRERA TEC. EN ING. ELÉCTRICA	PROYECTO: TALLER DE ENERGÍA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE: TEC. RENE FUENTES	CONTENIDO: PLANO GENERAL DEL ÁREA DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES	ESCALA: 1:100



ALUMNOS:	ESTUDIANTES INVESTIGADORES DE LA CARRERA TEC. EN ING. ELÉCTRICA	PROYECTO:	TALLER DE ENERGÍA RENOVABLE	FECHA:	
DOCENTE:	TEC. RENE FUENTES	CONTENIDO:	ÁREA DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES	ESCALA:	1:100



ALUMNOS: ESTUDIANTES INVESTIGADORES DE LA CARRERA TEC. EN ING. ELÉCTRICA	PROYECTO: TALLER DE ENERGÍA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE: TEC. RENE FUENTES	CONTENIDO: CIRCUITO DE TOMAS	ESCALA: 1:100



ALUMNOS:	ESTUDIANTES INVESTIGADORES DE LA CARRERA TEC. EN ING. ELÉCTRICA	PROYECTO: TALLER DE ENERGÍA RENOVABLE	FECHA:
DOCENTE:	TEC. RENE FUENTES	CONTENIDO: CIRCUITO DE LUCES Y VENTILADORES	ESCALA: 1:100

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLERO DE SERVICIO
	MÓDULOS PARA
	PANELES TOMA DOBLE
	LÁMPARA FLUORESCENTE
	VENTILADOR DE TECHO
	INTERRUPTOR SENCILLO
	CAJA DE REGISTRO
	CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA
	CANALIZACIÓN AÉREA

ALUMNOS: Estudiantes investigadores de la carrera
tec.ing Eléctrica

PROYECTO: TALLER DE ENERGIA RENOVABLE

FECHA:

DOCENTE: TEC. RENE FUENTES

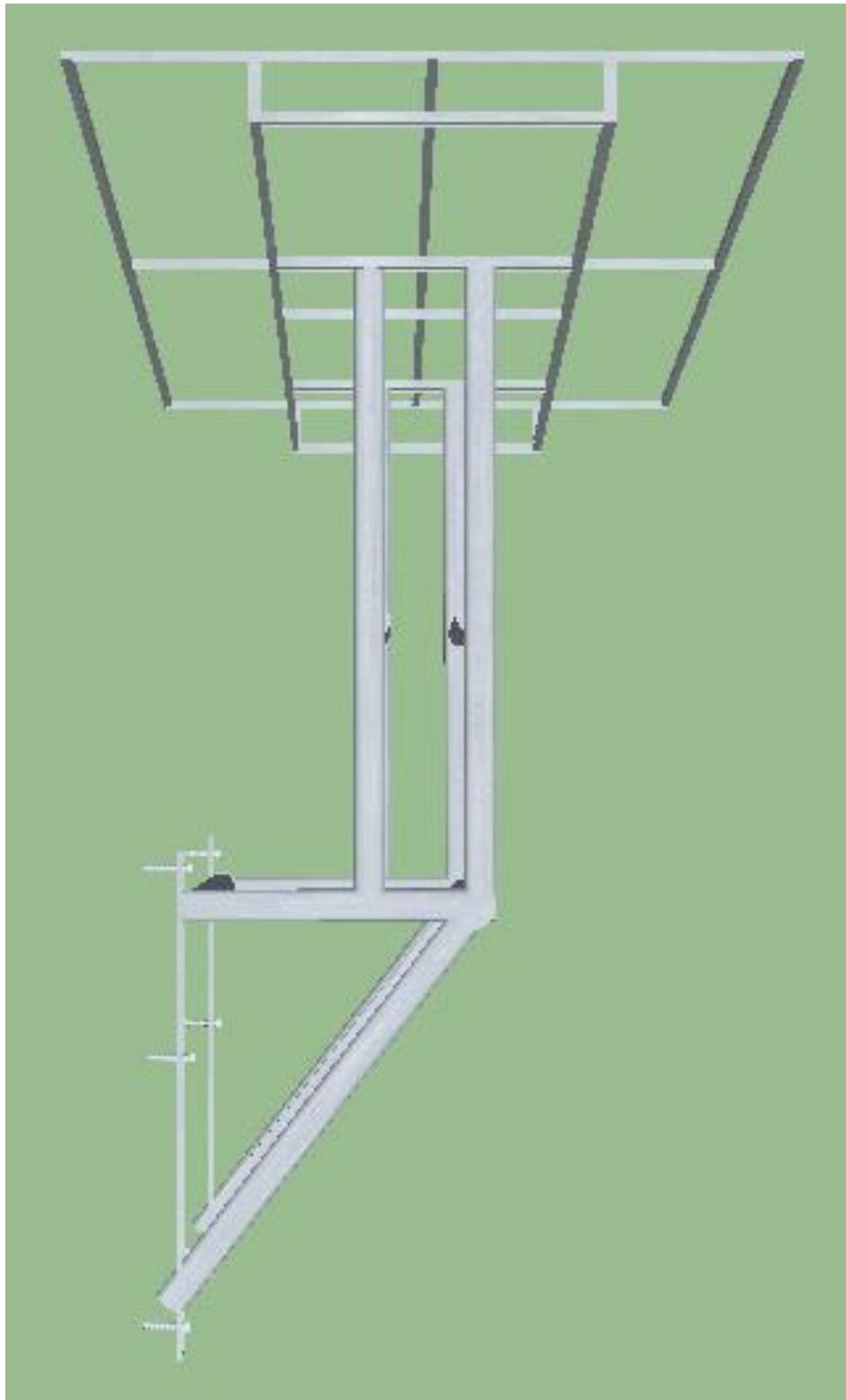
CONTENIDO: SIMBOLOGIA

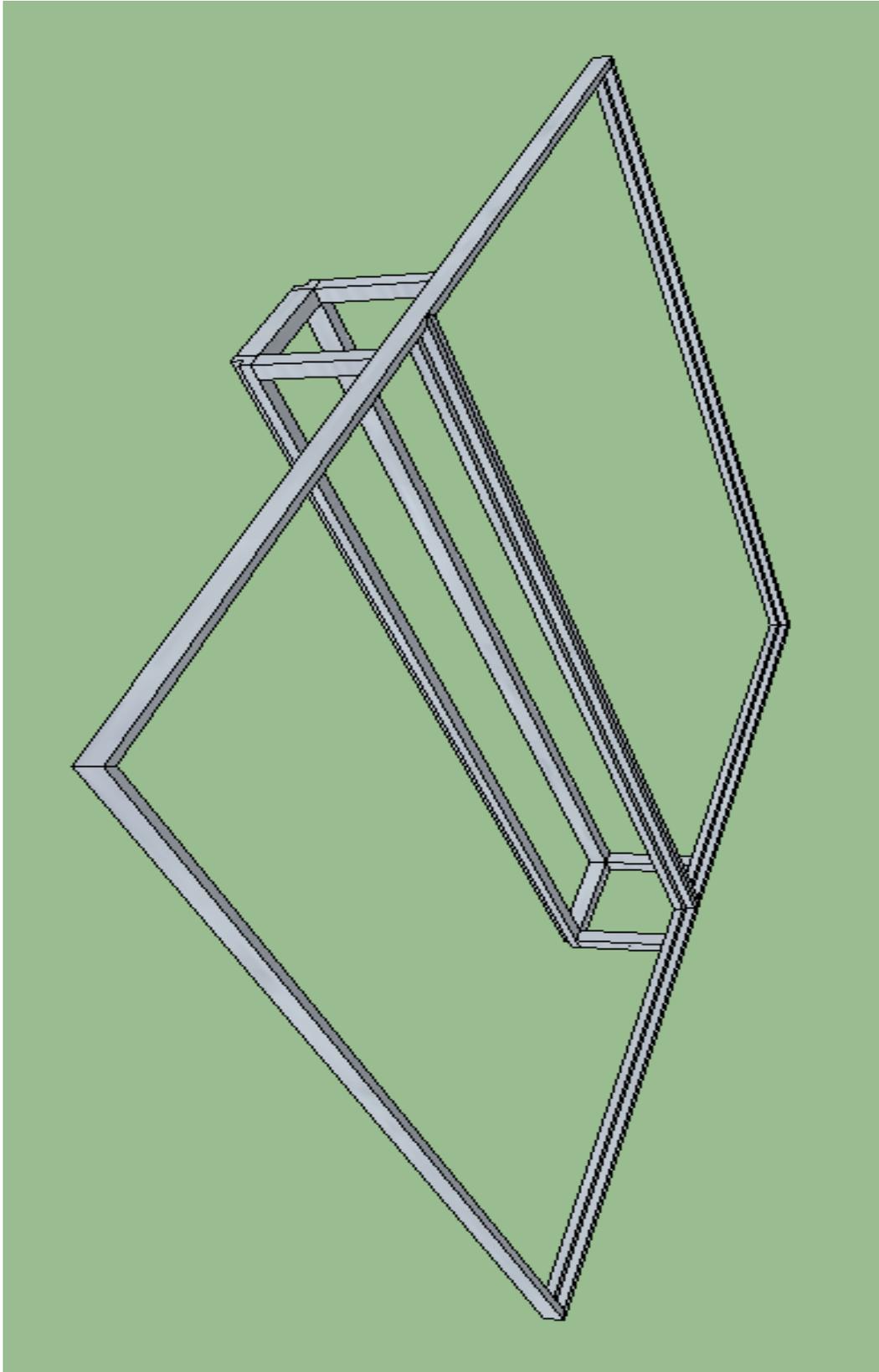
ESCALA: 1-100

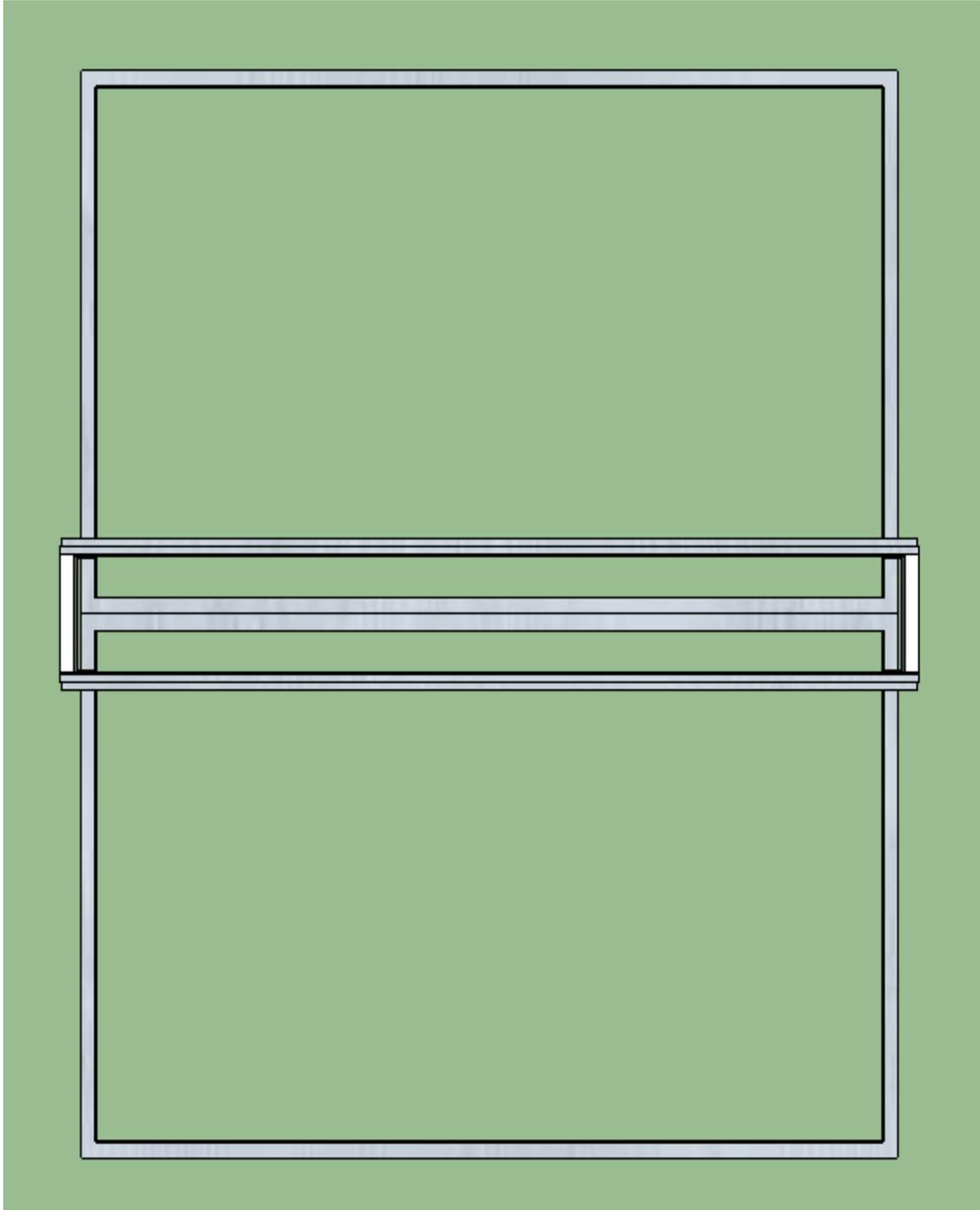
	<p>ALUMNOS: ESTUDIANTES INVESTIGADORES DE LA CARRERA TEC. EN ING. ELÉCTRICA</p> <p>DOCENTE: TEC. RENE FUENTES</p>	<p>PROYECTO: TALLER DE ENERGÍA RENOVABLE</p> <p>CONTENIDO: MÓDULOS PARA PRACTICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</p>	<p>FECHA:</p> <p>ESCALA: 1:100</p>
--	---	--	------------------------------------

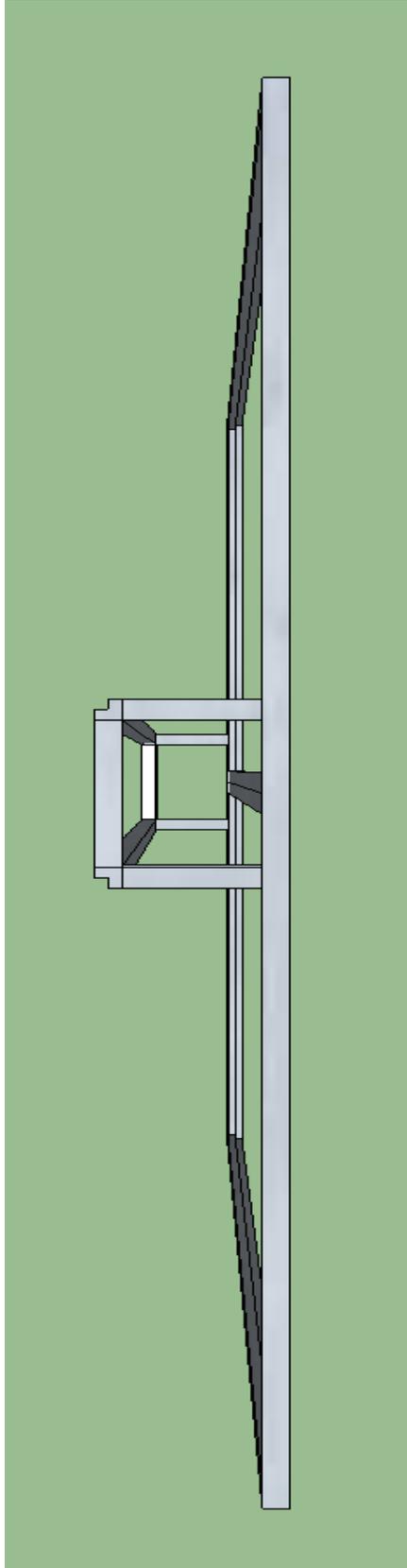


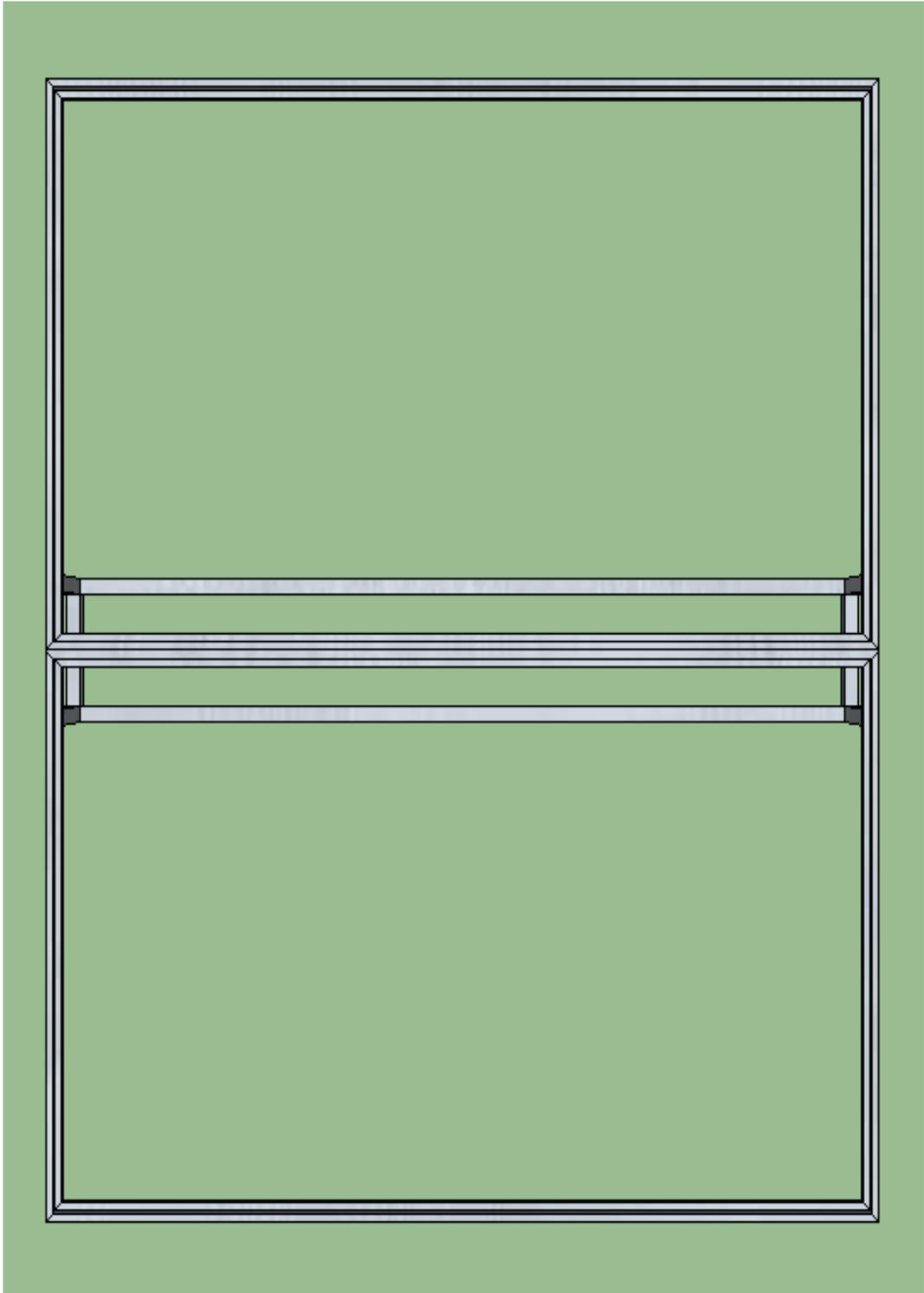








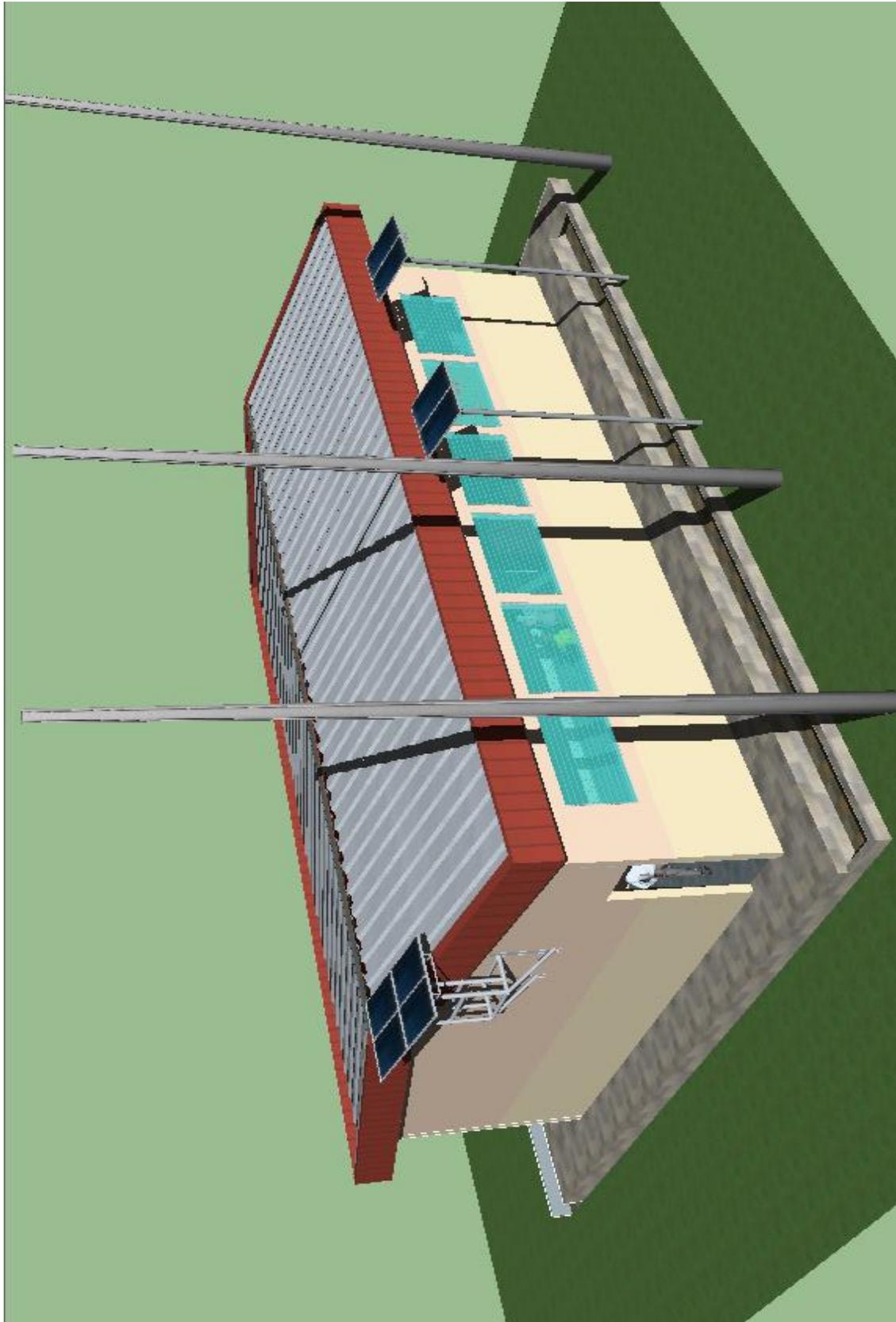


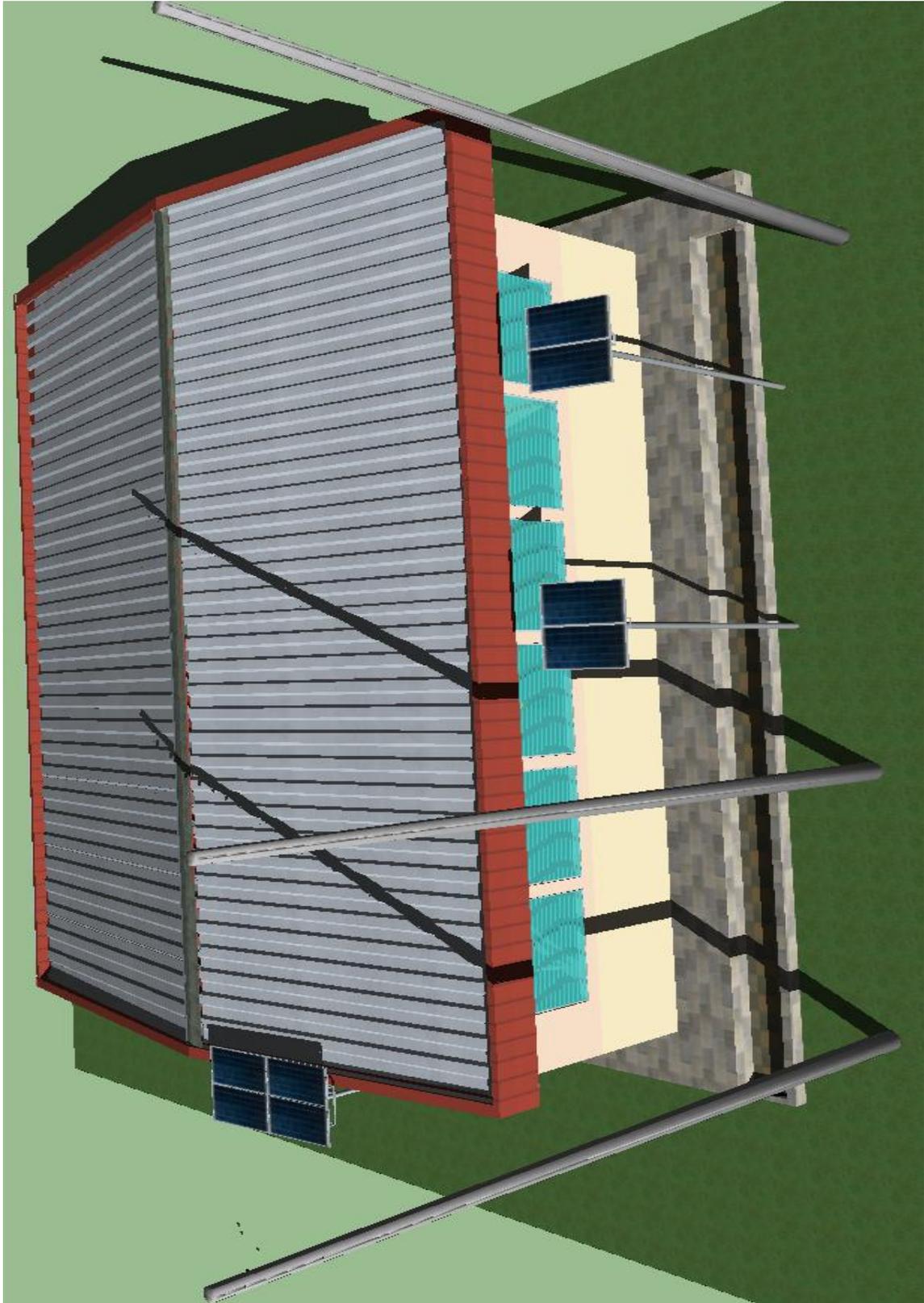


















PRESUPUESTO.

ITCA FEPADE

ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

SEDE SAN MIGUEL

LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES

FECHA: 28/05/2014

PRESUPUESTO DE MATERIALES

item	MATERIAL	DESCRIPCION ADICIONAL	MARCA	CANT.	UNID	PRECIO UNITARIO con IVA	TOTAL
1,00	CONDUCTORES						
1,01	Conductor NM-B 3/12		CONDUSAL	30	m	\$ 1,40	\$ 42,00
1,08	Cable TSJ 2 x 12		CONDUSAL	70	m	\$ 2,70	\$ 189,00
1,09	Cable TSJ 2 x 8		CONDUSAL	10	m	\$ 3,95	\$ 39,50
2,00	CAJAS						
2,01	Caja de registro de 5 x 5	galvanizada, UL		2	c/u	\$ 1,85	\$ 3,70
2,02	Caja octogonal, servicio pesado	galvanizada, UL	s/m	5	c/u	\$ 1,45	\$ 7,25
2,03	Caja rectangular, servicio pesado	galvanizada, UL	s/m	5	c/u	\$ 1,10	\$ 5,50
2,04	Caja de 2 espacios para autómato	pvc	Bticino	13	c/u	\$ 22,00	\$ 286,00
3,00	DISPOSITIVOS						
3,01	Controlador de carga de 12/24 voltios5A	para sistema fotovoltaico	Phocos	5	c/u	\$ 110,00	\$ 550,00
3,03	Inversores DC - AC 12v/ 120v	400 watts		5	c/u	\$ 51,50	\$ 257,50
3,04	Inversores DC - AC 12v/ 120v	2000 watts		1	c/u	\$ 250,00	\$ 250,00
4,00	ACCESORIOS						
4,01	Abrazaderas para tubo de 4"	galvanizada	s/m	3	c/u	\$ 4,90	\$ 14,70
4,02	Alambre # 14	galvanizado	s/m	2	Lbs	\$ 1,00	\$ 2,00
4,03	Arandela plana de 5/8"	galvanizada	s/m	10	c/u	\$ 0,30	\$ 3,00
4,04	Arandela plana de 1/4"	galvanizada	s/m	50	c/u	\$ 0,30	\$ 15,00
4,05	Anclas plásticas de 1/4" x 1"		s/m	30	c/u	\$ 0,20	\$ 6,00
4,06	Anclas de expansión de 1/2" x 1 1/2"		s/m	4	c/u	\$ 1,80	\$ 7,20
4,07	Angulo de 1" x 1/8" x 6 m	hierro	s/m	5	c/u	\$ 12,70	\$ 63,50
4,08	Barniz Para madera		Sherwin Williams	1	Gl	\$ 38,00	\$ 38,00
4,1	Broca de 1/2"	para concreto	s/m	1	c/u	\$ 8,60	\$ 8,60
4,11	Broca de 5/8"	para hierro	s/m	1	c/u	\$ 30,00	\$ 30,00
4,12	Broca de 1/4"	para concreto	s/m	1	c/u	\$ 6,00	\$ 6,00
4,13	Brocha de 2"	cerda sintética	s/m	4	c/u	\$ 2,00	\$ 8,00
4,14	Canaleta plástica de 12 x 20 mm	cañuela	LEGRAND	5	c/u	\$ 3,00	\$ 15,00
4,15	Cincho plástico de 10" u 11"	contra rayos UV	s/m	50	c/u	\$ 0,05	\$ 2,50
4,17	Conector recto de 1/2" metálico	tipo Romex	s/m	4	c/u	\$ 0,25	\$ 1,00
4,21	Disco para corte de metal de 9"		De wallt	3	c/u	\$ 2,95	\$ 8,85
4,23	Escalera de extensión de 26 pies	fibra de vidrio		1	c/u	\$ 370,00	\$ 370,00
4,24	Grapa plástica para TSJ 2 x 12			50	c/u	\$ 0,30	\$ 15,00
4,25	Grapa plástica para TSJ 2 x 8			10	c/u	\$ 0,40	\$ 4,00
4,26	Pernos galvanizados de 5/8" x 1/2"	cabeza cuadrada		6	c/u	\$ 0,70	\$ 4,20
4,27	Pernos galvanizados de 1/4" x 2"	cabeza hexagonal		40	c/u	\$ 0,22	\$ 8,80
4,28	Platina de 2" x 1/4" x 6 m	hierro		1	c/u	\$ 12,00	\$ 12,00
4,31	Pliego de Plywood de 3/4" x 4' x 8'	pino	s/m	1	c/u	\$ 37,00	\$ 37,00
4,32	anticorrosivo de base	color gris	Sherwin Williams	1	GL	\$ 25,00	\$ 25,00
4,33	Pintura de esmalte queen lustre	color binaco	Sherwin Williams	1	Gl	\$ 37,00	\$ 37,00
4,34	Solvente para pintura	Thinner corriente		3	Gl	\$ 12,00	\$ 36,00
4,35	Tapadera 5 x 5 ciega	UL		2	c/u	\$ 0,68	\$ 1,36
4,36	Terminales de ojo para cable # 8		3M	10	c/u	\$ 0,40	\$ 4,00
4,37	Tornillo goloso de #8	galvanizado	s/m	30	c/u	\$ 0,07	\$ 2,10
4,39	Tubo cuadrado de 1" x 6 m	hierro, chapa 14	s/m	2	c/u	\$ 10,70	\$ 21,40
4,4	Tubo galvanizado en caliente de 4" x 6 m			2	c/u	\$ 92,70	\$ 185,40
4,41	Tuerca para varilla de 1/2"	galvanizada		40	c/u	\$ 0,70	\$ 28,00
4,42	Varilla toda rosca de 1/2"	galvanizada		2	m	\$ 2,90	\$ 5,80
5,00	TABLEROS MONOFASICOS						
6,00	PROTECCIONES						
6,05	Autómato de 2 polos, 16A	para corriente directa	SIEMENS	6	c/u	\$ 19,50	\$ 117,00
6,06	Autómato de 2 polos, 16 A	para corriente directa	SIEMENS	6	c/u	\$ 19,50	\$ 117,00
6,07	Autómato de 1 polos, 32A	para corriente alterna	SIEMENS	6	c/u	\$ 6,00	\$ 36,00
						TOTAL	\$ 2.884,86

9. CONCLUSIONES

- Se concluye que para el montaje de un laboratorio de energía fotovoltaica para ITCA – FEPADE, Regional San Miguel, es necesario tomar en consideración el dimensionamiento de los planos del local, el dimensionamiento de las cargas, teniendo en cuenta que serán destinados para prácticas didácticas para la formación de los estudiantes de la carrera de Técnico en Ingeniería Eléctrica y de estudiantes de cursos libres.
- Es necesario tener en cuenta la capacidad de los componentes del sistema de energía solar de este laboratorio para conocer los alcances y limitaciones en las prácticas que tendrán los estudiantes y docentes así como los conocimientos que se pretendan alcanzar.
- El estudio para conocer cuál será el aprovechamiento de la energía solar según el clima y la ubicación de la ciudad de San Miguel así mismo como la ubicación del inmueble concluye que es factible la implementación de este sistema de energía fotovoltaica en la institución.
- El uso de la energía fotovoltaica es un avance de la tecnología y cada vez se está implementando para todos los fines, sean estos académicos, residenciales, industriales, etc. ITCA – FEPADE Regional San Miguel de esta manera se pone a la vanguardia en la tecnología y en la adquisición de recursos para la formación de profesionales competentes ofreciéndoles así una educación de calidad.

10. RECOMENDACIONES

- Establecer un plan de mantenimiento a los recursos del laboratorio, esto con el fin de garantizar una duración prolongada de éstos. Con ello se pretende que varias generaciones de estudiantes y maestros puedan tener acceso a estos recursos que la institución ofrece.
- Elaborar un control de inventario, esto con el fin de garantizar que los recursos permanezcan en el laboratorio para que así estén al alcance del personal de la institución (maestros y estudiantes) de forma oportuna, y así evitar que éstos sean hurtados.

- Al inicio de las sesiones de clases e inicio del uso del laboratorio concientizar y/o educar a maestros y estudiantes, sobre la importancia de hacer buen uso y aprovechar los recursos disponibles en el laboratorio de Energía Fotovoltaica.
- Colocar en el área más visiblemente posible las normas de seguridad más importantes, así como avisos que llamen al orden dentro del laboratorio de Energía Fotovoltaica.

11. GLOSARIO

- **Amorfo:** es una de las estructuras que pueden adoptar los materiales en estado líquido y en estado gaseoso
- **Biomasa natural:** es la que se produce en la naturaleza sin la intervención humana.
- **Biomasa residual:** es la que genera cualquier actividad humana, principalmente en los procesos agrícolas, ganaderos y los del propio hombre, tal como, basuras domésticas [residuos sólidos urbanos (R.S.U.)] y aguas residuales.
- **Biomasa producida:** es la cultivada con el propósito de obtener biomasa transformable en combustible, en vez de producir alimentos, como la caña de azúcar en Brasil, orientada a la producción de etanol para carburante.
- **Calentamiento Global:** es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos, Cambio climático
- **Carbón:** roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono, utilizada como combustible fósil. La mayor parte del carbón se formó durante el período Carbonífero (hace 359 a 299 millones de años). No es un recurso renovable.
- **CO₂:** gas incoloro, denso y poco reactivo, que forma parte de la capa de la atmósfera más cercana a la tierra. Tiene un gran impacto en el llamado efecto invernadero y su concentración ha aumentado en los últimos 160 años.
- **DIFUSORES:** Los difusores variables son válvulas que cambian su sección de paso cuando se modifican las propiedades del fluido que las cruza. Los carburadores son las máquinas que los utilizan con mayor frecuencia aunque sirven también en otros mezcladores.

- **Energía:**(del griego *ἐνέργεια/energeia*, actividad, operación; *ἐνεργός/energós* = fuerza de acción o fuerza trabajando) tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento.
- **Energía geotérmica:** es aquella energía que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra.
- **Energía hidráulica:** Es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potenciales de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.
- **Energía renovables:** Es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.
- **Energía Térmica:** es la parte de energía interna de un sistema termodinámico en equilibrio que es proporcional a su temperatura absoluta y se transfiere en forma de calor en procesos termodinámicos.
- **Energías no renovables**
- **Gas natural:** es una de las varias e importantes fuentes de energía no renovables formada por una mezcla de gases ligeros que se encuentra en yacimientos de petróleo, disuelto o asociado con el petróleo (acumulación de plancton marino) o en depósitos de carbón.
- **INERCIA TÉRMICA:** Inercia térmica es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe. Depende de la masa, del calor específico de sus materiales y del coeficiente de éstos **KVAR:** Kilo Var
- **Lux:** es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación.
- **MDL:** Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) es un acuerdo suscrito en el Protocolo de Kioto establecido en su artículo 12, que permite a los gobiernos de los países industrializados (también llamados países desarrollados o países del Anexo 1 del Protocolo de Kioto) y a las empresas (personas naturales o jurídicas, entidades públicas o privadas) suscribir acuerdos para cumplir con metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en el primer periodo de compromiso comprendido entre los años 2008 - 2012, invirtiendo en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo (también denominados países no incluidos en el Anexo 1 del Protocolo de Kioto) como una alternativa para adquirir

reducciones certificadas de emisiones (RCE) a menores costos que en sus mercados.

- **Monocrystal:** es un material en el que la red cristalina es continua y no está interrumpida por bordes de grano hasta los bordes de la muestra. Como los bordes pueden tener efectos importantes en las propiedades físicas de un material, los monocristales tienen interés para la industria y para la investigación académica
- **Policristalinos:** es un agregado de pequeños cristales de cualquier sustancia, a los cuales, por su forma irregular, a menudo se les denomina cristalitas o granos cristalinos. Muchos materiales de origen tanto natural (minerales y metales) como sintético (metales, aleaciones, cerámica, etcétera) son policristales.
- **Protocolo de KYOTO:** es un protocolo de la CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático , y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.

12. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Energía Solar fotovoltaica.
<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4506/2/fotovoltaica.pdf>
- Historia sistemas fotovoltaicos
http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico#Historia
- Diseño de sistemas asilados
<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/640/1/10136805.pdf>
- Amorfo
<http://es.wikipedia.org/wiki/Amorfo>
- Pirómetros
<http://www.gisiberica.com/piran%F3metros/ALBEDOMETROS-PIRANOMETROS.htm>
- Software para diseño de sistemas fotovoltaico
<http://antusol.webcindario.com/censol.html>

- Abren planta solar fotovoltaica en El Salvador
<http://www.revistasumma.com/negocios/45853-abren-planta-solar-fotovoltaica-en-el-salvador.html>
- Sistemas Fotovoltaicos FOMILENIO.
<http://www.mca.gob.sv/wfDetalleProyecto64bb.html?codigo=136>
<http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=6209>
- Aplicación de paneles en instituciones gubernamentales.
http://www.sansalvador.diplo.de/Vertretung/sansalvador/es/newsletter/Ausgaben_NL/30-13-Hacienda-Seite.html

13. ANEXOS

PRACTICA DE LABORATORIO # 1.
“Introducción al laboratorio de energía solar fotovoltaica y sus componentes”

Resultados de aprendizaje:

- Conocer el interior del laboratorio de energías renovables.
- Conocer los equipos y materiales en el interior del laboratorio.
- Conocer los materiales periféricos en el exterior del laboratorio de energía fotovoltaica.

Introducción.

El laboratorio de energía solar fotovoltaica es un espacio exclusivamente destinado para albergar a los equipos e instalaciones eléctricas que componen el sistema con el cual se puede obtener una fuente eficiente de energía eléctrica a partir de la energía solar.

Los elementos de un sistema fotovoltaico están diseñados o dimensionados para ciertas capacidades mensuradas en parámetros eléctricos que “ya se conocen” los cuales hay que calcular para una determinada magnitud de la carga que se vaya a conectar.

Es de suma importancia conocer el espacio y sus componentes así como las determinadas normas o medidas de seguridad que se deben practicar dentro del laboratorio y durante el desarrollo de las prácticas en éste.

Es de suma importancia tener en cuenta todas las recomendaciones, sugerencias o indicaciones brindados por el instructor.

Desarrollo de la práctica.

Escribe los nombres de algunos de los equipos que se encuentran en el interior del laboratorio de energía fotovoltaica:

Escribe una breve descripción de los equipos que describiste en el apartado anterior partiendo de la explicación que el instructor brindó:

Escribe el nombre de los equipos y/o instalaciones exteriores del laboratorio partiendo de la explicación que el instructor brindó:

Conclusiones.

Escribe tus conclusiones respecto a las instalaciones del laboratorio, medidas de seguridad, los equipos, comentarios y recomendaciones brindadas por el instructor.

PRACTICA DE LABORATORIO # 2. “Componentes más utilizados en un sistema de energía fotovoltaica”

Resultados de aprendizaje:

- Conocer los equipos al interior del laboratorio y sus principales características.
- Hacer una lista de los equipos con sus respectivas ilustraciones, características y aplicaciones.

Introducción.

Como se sabe, un sistema de energía solar fotovoltaica está compuesto de muchos elementos, dispositivos o aparatos que hacen posible la obtención, transportación, control almacenamiento y transformación de la energía eléctrica, para que ésta pueda ser utilizada de manera eficaz y segura.

En esta práctica se nombran cada una de estos elementos fundamentales, y su función en el sistema.

Desarrollo de la práctica.

Hacer grupos de trabajo llenar la siguiente tabla de contenido.

equipo	Nombre	Características	Aplicaciones

PRACTICA DE LABORATORIO # 3.

“Herramientas y equipos utilizados en un sistema de energía solar fotovoltaica”.

Resultados de aprendizaje:

- Conocer la utilidad de las herramientas que se utilizan en la construcción de un sistema fotovoltaico.
- Conocer los cuidados que debe dársele a las herramientas para asegurar su duración y la seguridad de quienes las manipulan.

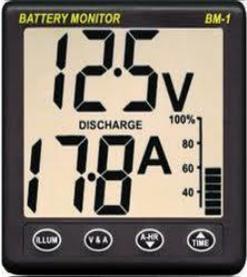
Introducción.

Para dar inicio a la construcción de cualquier instalación eléctrica, se sabe por defecto que aparte de la lista de materiales, se debe enlistar las herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo la obra. Es exactamente lo mismo que debe hacerse a la hora de construir una instalación eléctrica partiendo de un sistema fotovoltaico.

A continuación se estudiarán o se hará un repaso de estas herramientas o equipos requeridos para la construcción o montaje de un sistema de este tipo.

1. Trabajando en equipo, escriba en los espacios correspondientes, el nombre, uso de los cuidados que deben tenerse al utilizar cada una de las herramientas y equipo que se presenta a continuación.

EQUIPO/HERRAMIENTA.	NOMBRE	APLICACIONES	CUIDADOS
			

PRACTICA DE LABORATORIO # 4. “Tipos de paneles solares”.

Resultados de aprendizaje:

- Identificar los diferentes tipos de paneles solares fotovoltaicos.
- Conocer su estructura física y también su composición química.
- Conocer su eficiencia.

Introducción:

Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a través de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar).

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia pico, corresponde con la potencia máxima que el modulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m.
- Temperatura de célula de 25°C (no temperatura ambiente).

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

Mono cristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octagonal, donde los 4 lados cortos, si se observa, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).

Poli cristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Su efectividad es mayores cuantos mayores son los cristales, pero también influye su peso, grosor y coste. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 10%, pero sin embargo su peso y coste es muy inferior.

Proceso experimental.

1. Visualizar los tipos de paneles fotovoltaicos que se encuentran en el módulo para tener los conocimientos necesarios para poder diferenciar sus características técnicas y físicas de tal manera que el alumno sea capaz de poder explicar cada uno de estos elementos.

2. Identifica los siguientes paneles solares.



3. Realiza una breve descripción de los paneles solares fotovoltaicos según su forma física y eficiencia.







PRACTICA DE LABORATORIO # 5.

“Parámetros eléctricos que se deben tomar en cuenta en un sistema fotovoltaico”

Resultados de aprendizaje:

- Conocer los diferentes tipos de parámetros eléctricos que son utilizados en los sistemas fotovoltaicos.
- Relacionar los parámetros eléctricos con los componentes que conforman un sistema fotovoltaico.
- Resolver ejercicios que vinculen los diferentes tipos de parámetros eléctricos haciendo uso de la ley de Ohm.

Introducción.

En electricidad se sabe que existen parámetros eléctricos que deben considerarse a la hora de resolver cálculos concernientes a consumos, ampacidades, voltajes permisibles, etc.

Como todo electricista sabe, conocer estos parámetros eléctricos es de capital importancia a la hora de adquirir y conectar equipos, estos parámetros eléctricos se encuentran impresos en algunos equipos, conocidos como “datos de placa”, estos datos no son más que los parámetros que éstos equipos soportan, y con los cuales se esperan condiciones normales de operación y garantía de seguridad para el sistema y para las personas.

EJERCICIO 1:

PROCEDIMIENTO: Investiga los símbolos, fórmula, unidad de medida y prefijos para los diferentes tipos de parámetros eléctricos y completa la siguiente tabla.

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	PREFIJO	ECUACION
Corriente				
Voltaje				
Resistencia				
Energía				

EJERCICIO 2:

PROCEDIMIENTO: Con la ayuda de la información de la tabla anteriormente descrita, resuelve los siguientes ejercicios.

- 1) Una carga resistiva tiene una resistencia de 6 ohmios. ¿Cuál es la diferencia de potencial cuando lo atraviesa una intensidad de 2 amperios?

- 2) ¿Cuál es el valor de resistencia en un circuito, si en él existe un potencial de 12 V con una corriente de 4 A?

- 3) ¿Para qué sirve conocer la potencia que genera un panel fotovoltaico?

- 4) En un sistema fotovoltaico se encuentran conectados 2 focos a 120 voltios, con una potencia de 60 watt, durante 3 horas, ¿cuál es energía consumida?

- 5) ¿Cuál sería la forma más conveniente de conectar 6 paneles fotovoltaicos, si se desea obtener un voltaje de 24 VCD, cuando cada panel tiene datos nominales de generación de 12 VCD?

PRACTICA DE LABORATORIO # 6:
**“Lectura y medición de los parámetros eléctricos en el tipo de panel
POLI cristalino”.**

Resultados de aprendizaje:

- Realizar las mediciones de voltaje y corriente generada por un panel solar del tipo poli cristalino.
- Medir voltaje a la entrada y salida del inversor.
- Monitorear el comportamiento del voltaje en la salida del panel solar en diferentes ángulos.

Introducción.

En un sistema de energía solar fotovoltaico la fuente o el equipo empleado para la obtención de fuerza electromotriz (energía eléctrica) es el **panel solar**.

El tipo o la naturaleza del panel solar o módulo solar influye de manera importante en la calidad de la energía y su duración, no todos los módulos solares tienen gran capacidad, así, se puede decir que según el tipo de panel solar, tamaño, potencia, voltaje pico y corriente hacen que necesariamente varíe el precio y la duración.

El fundamento de esta práctica es conocer la forma física y los parámetros eléctricos de los paneles solares disponibles.

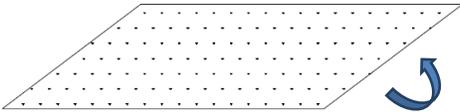
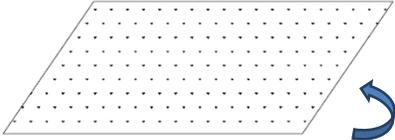
Proceso experimental.

EJERCICIO 1:

Haciendo uso de los módulos de paneles solares realizar lo siguiente:

- Orientar del panel fotovoltaico en dirección Sur, Norte-Sur, y Oeste
- Los ángulos de inclinación que se utilizarán serán los descritos en la tabla 1.
- Realizar mediciones en el panel solar a diferentes ángulos de inclinación
- El panel se levantará poco a poco con dirección hacia el norte con los ángulos mostrados en la tabla 1.
- Posteriormente realizar mediciones de voltaje para cada uno de los ángulos.
- Completar la tabla 1 con los valores de voltaje obtenidos.

TABLA 1

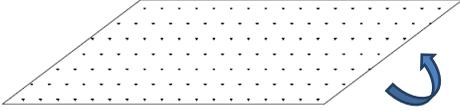
ANGULOS	VOLTAJE	OBSERVACION
$\Theta = 0^\circ$ 		
$\Theta = 30^\circ$ 		
$\Theta = 60^\circ$ 		

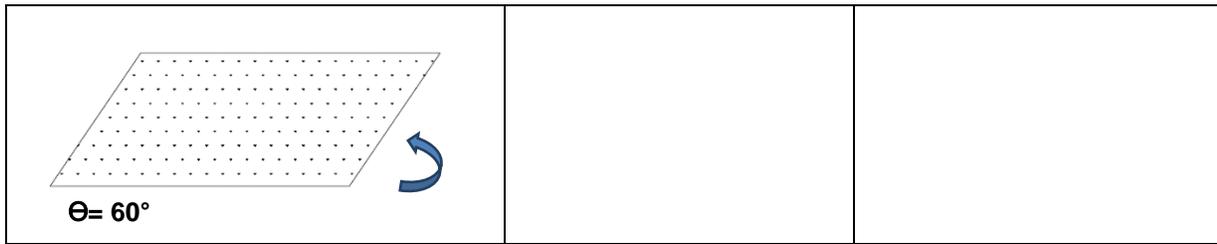
EJERCICIO 2:

PROCEDIMIENTO:

- Orientación del panel solar en dirección Este-Oeste, Norte-Sur, Este.
- Utilizar los ángulos anteriormente descritos en la tabla 1
- Realizar pruebas de voltaje para cada uno de los ángulos
- Completar la tabla 2 con los valores de voltaje obtenidos.

TABLA 2

ANGULOS	VOLTAJE	OBSERVACION
$\Theta = 0^\circ$ 		
$\Theta = 30^\circ$ 		



¿Qué tipos de paneles solares utilizaste, y cuáles son sus datos nominales?

Establece una comparación según el tipo de panel y datos nominales con los valores obtenidos experimentalmente en la posición de “máxima insolación”.

PRACTICA DE LABORATORIO # 7

“Mediciones de parámetros eléctricos en un sistema fotovoltaico con los paneles del tipo amorfo y policristalino.”

Resultados de aprendizaje:

- Medir el voltaje y corriente que genera el panel solar tipo amorfo y policristalino.
- Medir el voltaje de entrada y salida de un regulador de carga.
- Monitorear el voltaje de la batería.
- Observar el comportamiento de los paneles solares ante una sombra.
- Realizar una estimación de descarga de la batería con respecto al tiempo.

Introducción.

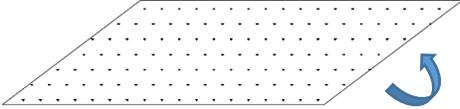
Como se ha estudiado en casos anteriores, existen ciertas diferencias en la forma de obtención de energía eléctrica según sea el tipo de panel que se esté usando.

El fundamento de esta práctica es analizar la variación de producción de un panel del tipo amorfo y policristalino ante diversas condiciones que serán expuestas en el desarrollo de la práctica.

Proceso experimental.

Ejercicio 1:

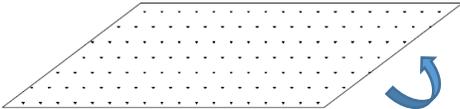
1. Exponer el panel solar con rumbo sur, norte-sur este, o este.
2. Los ángulos a utilizar serán con respecto a una línea horizontal del plano de trabajo y la base o plancha del panel.
3. Realizar 30 mediciones en periodo de tiempo de 30 segundos por medición.
4. El panel se irá levantado por el lado que da hacia el norte con los ángulos indicados en la tabla 1.
5. Proceder a medir el voltaje generado para cada ángulo.
6. Elaborar una gráfica con las mediciones obtenidas.

ANGULOS	VOLTAJE	OBSERVACION
$\Theta = 0^\circ$ 		
$\Theta = 30^\circ$ 		
$\Theta = 60^\circ$ 		

2. Ahora girando el panel en los ángulos indicados buscando colocarlo de forma vertical medir los voltajes e indicar sus observaciones. La posición del panel es de forma diagonal al plano.

Exposición del panel solar con los rumbos Este-Oeste, sur, Norte-sur, este.

1. Orientar el panel en posición este-oeste hasta alcanzar un ángulo entre 15 y 20.
2. Los ángulos a utilizar serán con respecto a una línea horizontal del plano de trabajo y la base o plancha del panel.
3. El panel se ira levantando por el lado que da hacia el norte con los ángulos marcados en la tabla 2.
4. Proceder a medir el voltaje generado para cada ángulo.

ANGULOS	VOLTAJE	OBSERVACION
$\Theta = 0^\circ$ 		
$\Theta = 30^\circ$ 		



Generación máxima del panel solar.

- Ahora orienta el panel en la posición de máxima insolación y mide el voltaje generado. Tomar nota:

$\theta \approx$ _____

Mediciones de parámetros eléctricos en un SFV. En el panel tipo Poli cristalino.

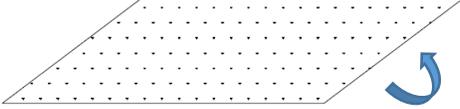
Objetivos:

- Medir el voltaje y corriente que genera el panel solar, poli cristalino.
- Medir el voltaje de entrada y salida de un regulador de carga.
- Monitorear el voltaje de la batería.
- Observe el comportamiento del panel solar ante una sombra.
- Realizar una estimación de descarga de la batería con respecto al tiempo.

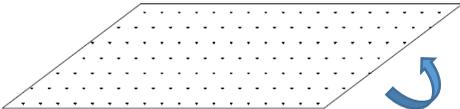
PROCEDIMIENTO.

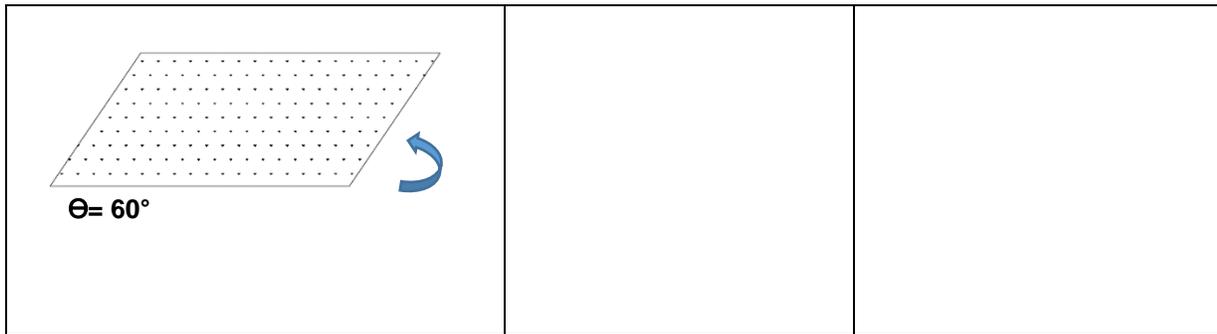
Ejercicio 1:

- Exposición del panel solar con rumbo sur, norte-sur este, o este.
- Con los ángulos a utilizar serán con respecto a una línea horizontal del plano de trabajo y la base o plancha del panel.
- Realizar 30 mediciones en periodo de tiempo de 30 segundos por medición.
- El panel se ira levantado por el lado que da hacia el norte con los ángulos marcados en la tabla 1.
- Proceder a medir el voltaje generado para cada ángulo.
- Elaborar una gráfica con las mediciones obtenidas.

ANGULOS	VOLTAJE	OBSERVACION
$\Theta = 0^\circ$ 		
 $\Theta = 30^\circ$		
 $\Theta = 60^\circ$		

- Ahora girando el panel en los ángulos indicados buscando colocarlo de forma vertical medir los voltajes e indicar sus observaciones. La posición del panel es de forma diagonal al plano. Exposición del panel solar con los rumbos Este-Oeste, sur, Norte-sur, este.
- Orientar el panel en posición este-oeste hasta alcanzar un ángulo entre 15 y 20.
- Los ángulos a utilizar serán con respecto a una línea horizontal del plano de trabajo y la base o plancha del panel.
- El panel se ira levantando por el lado que da hacia el norte con los ángulos marcados en la tabla 2.
- Proceder a medir el voltaje generado para cada ángulo.

ANGULOS	VOLTAJE	OBSERVACION
$\Theta = 0^\circ$ 		
 $\Theta = 30^\circ$		



Generación máxima del panel solar.

4. Ahora oriente el panel en la posición de máxima insolación y mida el voltaje generado.

$\theta \approx$

PRACTICA DE LABORATORIO # 8

“Lectura y medición de los parámetros eléctricos de los elementos controlador, inversor y batería”.

Resultados de aprendizaje:

- Conocer el funcionamiento de un inversor, controlador y batería.
- Medir el consumo de corriente de un inversor en vacío y bajo carga.
- Verificar el tipo de señal que emite a la salida el inversor.
- Medir niveles de voltaje a la entrada y salida de un inversor, controlador y batería.
- Calcular la potencia de entrada y salida de un inversor.

INTRODUCCION.

Un inversor también llamado ondulator, es un circuito utilizado para convertir corriente continua en corriente alterna. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente directa a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

Los inversores son utilizados en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para manejar alta potencia. Se pueden clasificar en: inversores monofásicos.

MATERIAL		EQUIPO Y HERRAMIENTAS	
CANT.	NOMBRE	CANT.	NOMBRE
1	Caja térmica de 4 espacios	1	Cortadora
1	Caja octogonal	1	Destornillador hoja plana
2	Caja rectangular	1	Destornillador Phillips
1	Dado térmico 15 A, 1 polo	1	Navaja
1	Lbs de alambre galvanizado # 16	1	Pinza

	Conductor THHN # 12	1	Tenaza
	Conductor THHN # 14	1	Inversor de corriente
	Cable dúplex # 12	1	Lámpara fluorescente 2 x32 watts
	Poliducto de ½ y ¾	1	Foco ahorrativo de 14 watts
1	Receptáculo para foco	1	Foco de 40 watts
1	Rollo de cinta aislante	1	Ventilador
1	Toma hembras doble	1	Batería de 12v
1	Extensión de dúplex con toma macho.	1	Tester digitales con escala para medir mA en corriente alterna.
2	Extensiones para osciloscopio.	1	Osciloscopio de canales, 5 Mhz

PROCESO EXPERIMENTAL.

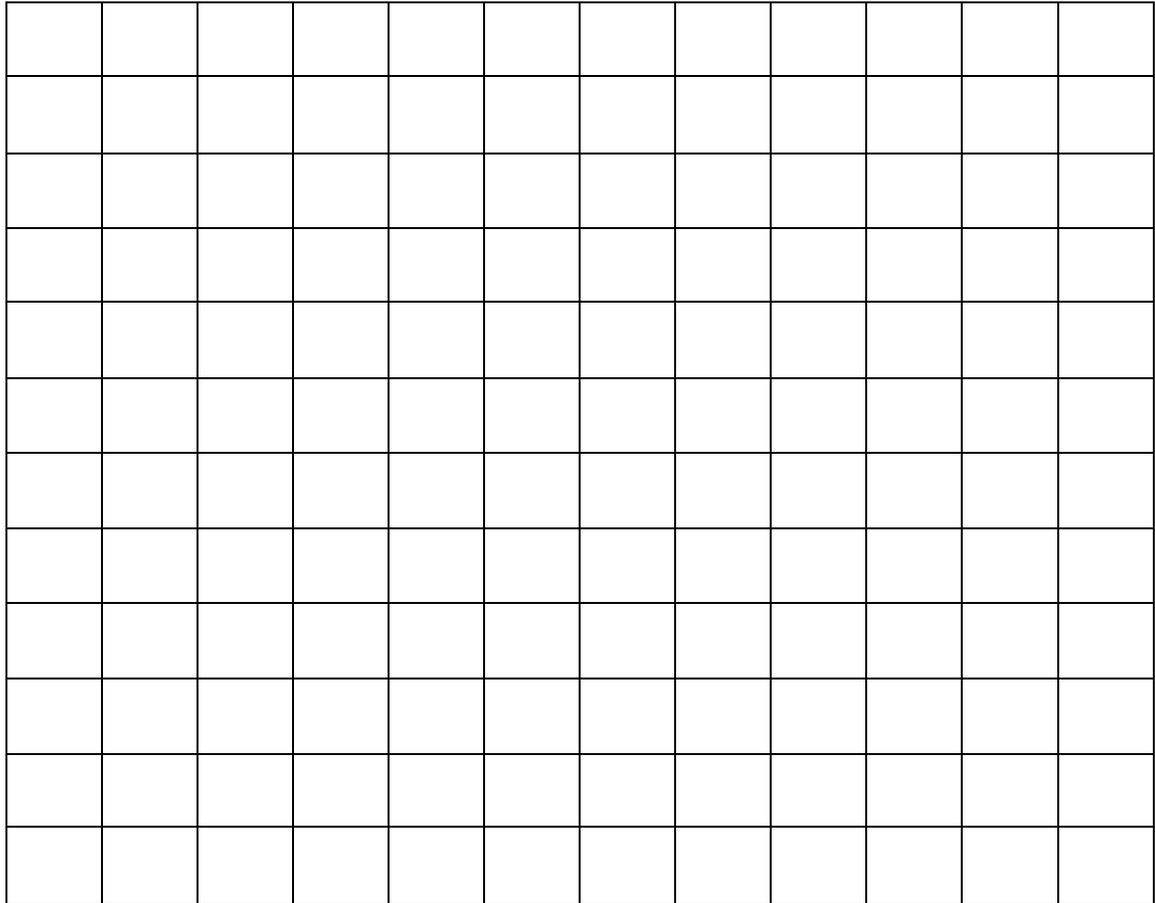
1. Formar grupos de 3 a 5 personas.
2. Proceder a seleccionar el material a utilizar
3. Arme la siguiente instalación.

DISPOSITIVO CONECTADO AL INVERSOR	A LA ENTRADA DEL INVERSOR		A LA SALIDA DEL INVERSOR		PDC = $V \times I$	PAC = $V \times I \times f.p.$
	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}		
En vacío						
Foco ahorrativo						
Foco incandescent e						
Lámpara fluorescente						

MEDIONES CON DISPOSITIVOS CONECTADOS	BORNES DE LA BATERIA.		PDC =Vx1	PAC =Vx1xf.p.
	V _{DC}	I _{DC}		
En vacío				
Foco ahorrativo				
Foco incandescente				
Lámpara fluorescente				

MEDICIONES EN EL CONTROLADOR	A La entrada del controlador.	A la salida del inversor.
	V _{DC}	I _{DC}
En vacío		
Foco ahorrativo		
Foco incandescente		
Lámpara fluorescente		

Dibuje las señales de entrada y salida que presenta el osciloscopio.



ESCRIBE TUS CONCLUSIONES:

PRACTICA DE LABORATORIO # 9 “instalación de un sistema fotovoltaico para alimentar cargas de corriente directa”.

Resultados de aprendizaje:

- Medir los diferentes parámetros eléctricos en las distintas partes del sistema.
- Medir corriente de entrada en la carga
- Medir la potencia consumida para diversos periodos de tiempo

Introducción:

Existen algunas cargas que pueden ser acopladas a un voltaje nominal de 12VCD, en un sistema fotovoltaico esto es posible, y se sabe que hay muchas aplicaciones en iluminación y algunos electrodomésticos que usas pilas que a la vez se les puede adaptar una alimentación como la de un sistema fotovoltaico. Se estudiará a continuación como podría hacerse esta aplicación.

Proceso experimental.

Equipo requerido.

- 1 panel solar
- 1 regulador de carga.
- 1 batería de 12 V.
- 1 foco incandescente de 12VCD
- 1 radio de 12 VCD.

Armar en el respectivo módulo el circuito que se describe en el diagrama siguiente.

Anotar las lecturas tomadas con el multímetro de los equipos en vacío:

TABLA 1

DISPOSITIVOS	TENSION	CORRIENTE	POTENCIA
Banco de paneles solares de 100W/12V cada uno			
Controlador de carga solar de 12/24VCD – 8/8A			
Batería 12V			

Procede a conectar una carga a la vez, anota en la tabla y analiza el cambio en los parámetros.

TABLA 2

DISPOSITIVOS	TENSION	CORRIENTE	POTENCIA
Banco de paneles			
Controlador de carga			
Batería			
LAS CARGAS			
Foco incandescente ___W ___V			
Radio de 12VCD			
Todas las cargas			

Dejar un tiempo estimado de consumo no menor de 4 minutos, volver a tomar las lecturas y llenar la siguiente tabla:

Tiempo de espera: ___ minutos.

TABLA 3

DISPOSITIVOS	TENSION	CORRIENTE	POTENCIA
Banco de paneles			
Controlador de carga			
Batería			
LAS CARGAS			
Todas las cargas			

Dejar que las cargas consuman el doble de tiempo con el que se experimentó anteriormente y, transcurrido ese tiempo tomar y anotar las respectivas lecturas de los parámetros.

Tiempo de espera: ___ minutos.

TABLA 4

DISPOSITIVOS	TENSION	CORRIENTE	POTENCIA
Banco de paneles			

Controlador de carga			
Batería			
LAS CARGAS			
Todas las cargas			

RESOLVER EL SIGUIENTE CUESTIONARIO.

1. ¿Cómo se comportó el voltaje a la salida del banco de paneles con el aumento de la carga?

2. Varió la intensidad luminosa de los focos con el paso del tiempo?

3. Con las condiciones de carga total, ¿Cuál fue el comportamiento de la batería? ¿entregaba o recibía potencia?

4. En condiciones de plena carga ¿que ocurriría si el banco de paneles dejara de generar?

Escribe tus conclusiones:

PRACTICA DE LABORATORIO # 10 “instalación de un Sistema fotovoltaico para alimentar cargas de corriente alterna”.

Resultados de aprendizaje:

- Medir el comportamiento eléctrico de un SFV con cargas en AC.
- Medir corriente en las salidas del panel.
- Calcular la potencia consumida por las diferentes cargas.
- Obtener conocimientos de conexión de los dispositivos necesarios para obtener corriente alterna.

Introducción.

Realizar una instalación de un sistema solar fotovoltaico para alimentar cargas de corriente alterna es quizás una de las prácticas más comunes actualmente, esto es, porque la mayoría de aplicaciones de este tipo de sistemas es residencial y como sabemos en una residencia se cuentan con aparatos eléctricos incluido el alumbrado que se alimenta de corriente alterna.

Aunque existen también consumos con sistemas de corriente directa no es muy común aunque si se aplica y por ende también es muy importante conocer al respecto.

Procedimiento:

Arme el sistema fotovoltaico de la figura



Guía practica

Material y equipo requerido para todo el grupo

Material		Herramientas	
Cantidad	Nombres	Cantidad	Nombre
2	Focos ahorrativos para 120 v	1	Brújula
1	Focos incandescentes para 120v	1	Cortadora
10	Cable dúplex #14	1	Destornillador plano
20	Cable dúplex #12	1	Destornillador Philips #1
10	Cable TFF # 18	1	Destornillador Philips #2
4	Receptáculos para foco	1	Navaja
1	Cinta aislante	1	Pinza
10	Scotchlock gris	1	Tenaza
10	Scotchlock rojo	1	Tester análogo con diferentes parámetros
4	Terminales tipo ojo	1	Tenaza para terminales
Equipo solar		equipo	
1	Batería de 12v	1	Modulo
1	Inversor DC-AC de	1	Guantes
1	Panel solar	1	Lentes
1	Regulador de carga	1	Gabacha

Tomar lecturas en cada dispositivo sin conectar cargas.

dispositivos	Tensión V	Corriente	Potencia $P=V*I$
Salida del panel solar			
Salida del controlador			
Batería			
Entrada del inversor			
Salida del inversor			

Tomar lecturas en cada dispositivo con las cargas.

dispositivos	Tensión V	Corriente	Potencia $P=V*I$
Salida del panel solar			
Salida del controlador			
Batería			
Entrada del inversor			
Salida del inversor			
Cargas			
Focos incandescentes de 100w			
Focos ahorrativos de 50w			
Cargas adicionales			

Dejar un tiempo estimado de 30 minutos y volver hacer la medición.

Dispositivos	Tensión V	Corriente	Potencia $P=V \cdot I$
Salida del panel solar			
Salida del controlador			
Batería			
Entrada del inversor			
Salida del inversor			
Cargas			
Focos incandescentes de 100w			
Focos ahorrativos de 50w			
Cargas adicionales			

Preguntas:

¿Cuál es el comportamiento que tiene el panel a medida que se le aumenta más carga?

¿Varia la intensidad luminosa de las luminarias al paso del tiempo?

¿Con las condiciones de carga total, cuál fue el comportamiento de la batería? ¿Explique?

¿Con las condiciones de carga total, cuál fue el comportamiento del inversor mantuvo el voltaje?
¿Explique?

Conclusiones:

PRACTICA DE LABORATORIO # 11

“Instalación de un sistema fotovoltaico para alimentar cargas de corriente directa y alterna”.

Resultados de aprendizaje:

- Medir el comportamiento eléctrico de un SFV con cargas en DC
- Medir corriente en las salidas del panel
- Calcular la potencia consumida por las diferentes cargas
- Obtener conocimientos de conexión de los dispositivos necesarios para obtener corriente DC.

Introducción.

En ciertos casos es muy importante conocer la conexión de los consumos sean estos de corriente directa o alterna a un sistema fotovoltaico, sin embargo es importante conocer como se realizan estas conexiones, ya que también el sistema debe tener la capacidad para realizar tales conexiones.

Procedimiento:

Guía practica

Material y equipo requerido para todo el grupo

Material		Herramientas	
Cantidad	Nombres	Cantidad	Nombre
2	Focos ahorrativos para 12 v	1	Brújula
1	Focos incandescentes para 12v	1	Cortadora
10	Cable dúplex #14	1	Destornillador plano
20	Cable dúplex #12	1	Destornillador Philips #1
10	Cable TFF # 18	1	Destornillador Philips #2
4	Receptáculos para foco	1	Navaja

1	Cinta aislante	1	Pinza
10	Scotchlock gris	1	Tenaza
10	Scotchlock rojo	1	Tester análogo con diferentes parámetros
4	Terminales tipo ojo	1	Tenaza para terminales
Equipo solar		equipo	
1	Batería de 12v	1	Modulo
1	Inversor DC-AC	1	Guantes
1	Panel solar	1	Lentes
1	Regulador de carga	1	Gabacha

Tomar lecturas en cada dispositivo sin conectar cargas.

Dispositivos	Tensión V	Corriente	Potencia $P=V*I$
Salida del panel solar			
Salida del controlador			
Batería			
Entrada del inversor			
Salida del inversor			

Tomar lecturas en cada dispositivo con las cargas.

Dispositivos	Tensión V	Corriente	Potencia $P=V*I$
Salida del panel solar			
Salida del controlador			
Batería			
Entrada del inversor			
Salida del inversor			

Cargas			
Focos incandescentes de 100w			
Focos ahorrativos de 50w			
Televisor de 12vdc y 120v			
Foco ahorrativo de a 12v			
Foco incandescentes de a 12v			

Dejar un tiempo estimado de 30 minutos y volver hacer la medición.

Dispositivos	Tensión V	Corriente	Potencia $P=V*I$
Salida del panel solar			
Salida del controlador			
Batería			
Entrada del inversor			
Salida del inversor			
Cargas			
Focos incandescentes de 100w			
Focos ahorrativos de 50w			
Televisor de 12vdc y 120v			
Foco ahorrativo			

de a 12v			
Foco incandescentes de a 12v			

Preguntas:

¿Cuál es el comportamiento que tiene el panel a medida que se le aumenta más carga?

¿Varia la intensidad luminosa de las luminarias al paso del tiempo?

¿Con las condiciones de carga total, cuál fue el comportamiento de la batería? ¿Explique?

¿Con las condiciones de carga total, cuál fue el comportamiento del inversor mantuvo el voltaje?
¿Explique?

¿Será más rápida la descarga de la batería utilizando AC Y DC? ¿Explique?

Conclusiones:

FOTOGALERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL LABORATORIO







diseño 3D

www.itca.edu.sv



UN FUTURO LLENO DE OPORTUNIDADES

Escuela Especializada
en Ingeniería

ITCA  **FEPADE**

SANTA TECLA - ZACATECOLUCA - SAN MIGUEL - SANTA ANA - LA UNIÓN

megatec
EDUCACIÓN TÉCNICA,
TECNOLÓGICA Y SUPERIOR

MINISTERIO DE EDUCACIÓN
GOBIERNO DE
EL SALVADOR
UNÁMONOS PARA CRECER

Sede Central Santa Tecla
Km. 11 Carretera a Santa Tecla.
Tel. (503) 2132-7400
Fax. (503) 2132-7599

**Centro Regional
MEGATEC La Unión**
C. Santa María, Col. Belén, atrás del
Instituto Nacional de La Unión.
Tel. (503) 2668-4700

**Centro Regional
MEGATEC Zacatecoluca**
Km. 64 1/2, desvío Hacienda El Nilo,
sobre autopista a Zacatecoluca y
Usulután. Tel. (503) 2334-0763, (503)
2334-0768 Fax. (503) 2334-0462

Centro Regional San Miguel
Km. 140, Carretera a Santa Rosa de
Lima.
Tel. (503) 2669-2292, (503) 2669-2299
Fax. (503) 2669-0961

Centro Regional Santa Ana
Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia
Tel. (503) 2440-4348, (503) 2440-2007
Tel. Fax. (503) 2440-3183

**Escuela Especializada
en Ingeniería**

ITCA  **FEPADE**