



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PANELES
SOLARES EN LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL” EN LA
PARROQUIA LUZ DE AMÉRICA EN LA PROVINCIA DE SANTO
DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA ELECTROMECÁNICA**

JAZMIN MARIBEL OSCULLO QUEZADA

DIRECTOR: ING. CRISTIAN SAMUEL LAVERDE ALBARRACIN MSc.

Santo Domingo, junio 2019

Universidad UTE. 2019
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2300308992
APELLIDO Y NOMBRES:	Oscullo Quezada Jazmin Maribel
DIRECCIÓN:	Coop. Santa Martha
EMAIL:	jazminoscullo@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	02-3701834
TELÉFONO MÓVIL:	0993934644

DATOS DE LA OBRA					
TÍTULO:	Estudio de factibilidad para el uso de paneles solares en la escuela “Trece de Abril” en la parroquia Luz de América en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas				
AUTOR:	Oscullo Quezada Jazmin Maribel				
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	06 de junio de 2019				
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Cristian Samuel Laverde Albarracín				
PROGRAMA	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #4F81BD; color: white;">PREGRADO</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="background-color: #4F81BD; color: white;">POSGRADO</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	<input type="checkbox"/>
PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	<input type="checkbox"/>		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Electromecánica				
RESUMEN:	<p>En este documento investigativo de trabajo de titulación se realiza un estudio de factibilidad para la implementación de energía solar fotovoltaica en la escuela “Trece de Abril” ubicada en la parroquia Luz de América en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, con la finalidad de desarrollar energías renovables para ayudar a la disminución del calentamiento global y contribuir con el cambio de la matriz energética en el país. Para el estudio se realizó un levantamiento de cargas eléctricas para definir el consumo energético del lugar y con la ayuda de un software se recopiló datos de la radiación solar de la localidad, obtenidos de las estaciones meteorológicas de la NASA con los cuales se logró establecer los meses con mayor y menor recurso energético, con esta información se realizaron cálculos para dimensionar el diseño</p>				

	<p>del sistema de paneles solares fotovoltaicos el cual genera 18,9 kW/ día, y alimenta una carga de 72,22 A, utilizando 14 paneles solares, un banco de 20 baterías conectadas en serie y paralelo, un regulador de 80 A y se utilizó un inversor de 4000W para cubrir la necesidad de la escuela. Se realizó un análisis de costos en el cual se determinó que el costo de inversión es alto debido al alto precio de los equipos, tiene una rentabilidad del 3% y un tiempo de recuperación de 15 años y 10 meses, la inversión es poco rentable pero su ejecución se justifica porque se genera energía limpia, no agresiva con el medio ambiente.</p>
PALABRAS CLAVES:	Radiación solar, Generación, Energía renovable, Paneles Solares.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: 

JAZMIN MARIBEL OSCULLO QUEZADA

C.I. 2300308992

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **OSCULLO QUEZADA JAZMIN MARIBEL**, C.I. 2300308992 autor del trabajo de titulación: **Estudio de factibilidad para el uso de paneles solares en la escuela “Trece de Abril” en la parroquia Luz de América en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas** previo a la obtención del título de **INGENIERA ELECTROMECAÁNICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 06 de junio de 2019.

f: 

OSCULLO QUEZADA JAZMIN MARIBEL
C.I. 2300308992

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **Estudio de factibilidad para el uso de paneles solares en la escuela “Trece de Abril” en la parroquia Luz de América en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas** para aspirar al título de **INGENIERA ELECTROMECAÁNICA** fue desarrollado por **OSCULLO QUEZADA JAZMIN MARIBEL**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Cristian Samuel Laverde Albarracín

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 0502662455

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de tesis está dedicado a Dios por darme las bendiciones y la sabiduría que depositó en mí para que pudiera culminar mi carrera.

A Manuel Oscullo, mi padre, que siempre creyó en mí y al que sé que, desde algún lugar no muy lejano, estará orgulloso de que he cumplido una más de mis metas.

A mi madre, Gladys Quezada por amarme incondicionalmente y haberme educado para que vea la vida con optimismo a pesar de las adversidades.

A mis hermanos, Daniel y Verónica, por darme su apoyo y confianza cuando más lo necesitaba; y por la certeza que me brindan al saber que cuento con ellos, como ellos cuentan conmigo.

A mis sobrinas, por alegrarme y llenarme la vida con su existencia y su luz.

A mi abuelita, Guillermina Elizalde porque ella fue mi guía, la que me dejó claro lo que está bien y lo que está mal, por infundir en mí esa valentía de saber quién soy y donde quiero estar.

A mi familia por su apoyo en cada paso que doy y a mi novio Alexander por siempre estar para mí en las buenas y en las malas.

Los amo.

AGRADECIMIENTO

La vida a veces nos pone pruebas muy difíciles de superar, pero son las personas de buen corazón las que te ayudan a salir victorioso, por ello quiero agradecer a Dios por brindarme tantas personas especiales que han permanecido a mi lado en todo este trayecto de mi vivir.

Quiero agradecer infinitamente a mis padres, por todo el apoyo que me han dado en cada una de las etapas de mi vida, por animarme a que sea mejor cada día

Agradecer a mis hermanos, quienes fueron de vital importancia en mi etapa universitaria ya que sin ellos no estuviera culminando con satisfacción este ciclo.

También quiero agradecer a mi familia: mis tías, tíos y primos por siempre estar pendientes de mí y dedicarme un acto o palabra de aliento, los quiero mucho.

A la universidad UTE por abrirme sus puertas para prepararme como la profesional que anhele ser.

Mi más sincera gratitud a cada uno de los docentes que me han guiado, brindándome su conocimiento y sus experiencias.

Gracias a todos los amigos con los cuales pase buenos y malos momentos durante esta etapa de aprendizaje. Y por todas las experiencias que vivimos, sepan que se quedan grabadas en mi corazón y deseo que tengan una vida feliz y llena de éxitos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA.....	3
1.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	4
1.3 RECURSO SOLAR	5
1.3.1 EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR	6
1.4 CELDAS SOLARES.....	7
1.4.1 SILICIO MONOCRISTALINO	7
1.4.2 SILICIO POLICRISTALINO	8
1.5 PANELES SOLARES	8
1.6 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BATERIAS	9
1.7 EQUIPO PARA INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES.	10
1.8 OBJETIVO GENERAL	12
1.8.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
2 METODOLOGÍA.....	13
2.1 SISTEMA DE ENERGÍA ELECTRICA DE LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”	13
2.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	14
2.2.1 LEVANTAMIENTO DE CARGA	14
2.2.2 ESTIMACIÓN DEL USO DIARIO	15
2.3 DETERMINACIÓN DEL RECURSO SOLAR	15
2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO ..	16
2.4.1 DETERMINAR EL NÚMERO DE PANELES SOLARES	16
2.4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS	22
2.4.3 REGULADOR.....	23
2.4.4 INVERSOR.....	24
2.4.5 CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	24

2.5	GENERACIÓN ANUAL.....	26
2.6	ANÁLISIS DE COSTO	26
2.6.1	CÁLCULO DEL VAN Y TIR.....	26
2.6.2	TIEMPO DE RECUPERACIÓN.....	27
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
3.1	ANÁLISIS DEL LEVANTAMIENTO DE CARGA.....	30
3.2	ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR.....	31
3.3	CÁLCULO DE PANELES SOLARES.....	32
3.4	CÁLCULO DE REGULADOR	41
3.5	CÁLCULO DEL BANCO DE BATERÍAS.....	42
3.6	CÁLCULO DEL INVERSOR	43
3.7	DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.....	44
3.8	GENERACIÓN ANUAL.....	46
3.9	ANÁLISIS DE COSTOS.....	47
3.9.1	COSTOS DIRECTO	47
3.9.2	COSTOS INDIRECTOS	48
3.9.3	COSTO TOTAL.....	48
3.9.4	COSTO DE GENERACIÓN ANUAL.....	49
3.9.5	DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO	49
3.9.6	TIEMPO DE REECUPERACIÓN	51
3.10	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	51
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
4.1	CONCLUSIONES	54
4.2	RECOMENDACIONES.....	54
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Datos de equipos.....	15
Tabla 2. Datos de equipos de la escuela “Trece de Abril”	30
Tabla 3. Energía consumida en Wh-día	31
Tabla 4. Datos de radiación	32
Tabla 5. Datos de Irradiación solar y energía mensual	33
Tabla 6. Especificaciones técnicas de los cables	45
Tabla 7. Costos directos	47
Tabla 8. Costo indirecto.....	48
Tabla 9. Costo total del proyecto	48
Tabla 10. Calculo del VAN y del TIR	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Estructura básica de un sistema fotovoltaico autónomo	5
Figura 2. Mapa de radiación solar en el territorio ecuatoriano	6
Figura 3. panel solar de silicio monocristalino.....	7
Figura 4. Panel solar policristalino	8
Figura 5. Placas del panel solar	9
Figura 6. Acumuladores asociados en serie	10
Figura 7. Acumuladores asociados en paralelo	10
Figura 8. Sistema solar fotovoltaico	11
Figura 9. Localización de la escuela “Trece de Abril”	31
Figura 10. Catálogo de paneles solares.....	40
Figura 11. Catálogo del regulador.....	41
Figura 12. Catálogo de baterías.....	42
Figura 13. Catalogo proviento	43

ÍNDICE DE ANEXO

	PÁGINA
ANEXO 1. TABLA DEL LEVANTMIENTO DE CARGAS EN LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”	57
ANEXO 2. DATOS DE RADIACIÓN SOLAR DEL SOFTWARE PVSYSYEM 6.7.9	58
ANEXO 3. CATALOGO DEL PANEL SOLAR DE 350 W	59
ANEXO 4. CATALOGO REGULADOR 80A	60
ANEXO 5. CATALOGO BATERIA DE 12 V Y 200A	62
ANEXO 6. CATALOGO DEL INVERSO DE 4000W	64
ANEXO 7. ESQUEMA DE CONEXIÓN	65
ANEXO 8. PLANO CIVIL DE LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”	67
ANEXO 9. PLANO DE LUMINARIAS DE LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL” ...	69
ANEXO 10. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”	71

RESUMEN

En este documento investigativo de trabajo de titulación se realiza un estudio de factibilidad para la implementación de energía solar fotovoltaica en la escuela “Trece de Abril” ubicada en la parroquia Luz de América en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, con la finalidad de desarrollar energías renovables para ayudar a la disminución del calentamiento global y contribuir con el cambio de la matriz energética en el país. Para el estudio se realizó un levantamiento de cargas eléctricas para definir el consumo energético del lugar y con la ayuda de un software se recopiló datos de la radiación solar de la localidad, obtenidos de las estaciones meteorológicas de la NASA con los cuales se logró establecer los meses con mayor y menor recurso energético, con esta información se realizaron cálculos para dimensionar el diseño del sistema de paneles solares fotovoltaicos el cual genera 18,9 kW/ día, y alimenta una carga de 72,22 A, utilizando 14 paneles solares, un banco de 20 baterías conectadas en serie y paralelo, un regulador de 80 A y se utilizó un inversor de 4000W para cubrir la necesidad de la escuela. Se realizó un análisis de costos en el cual se determinó que el costo de inversión es alto debido al alto precio de los equipos, tiene una rentabilidad del 3% y un tiempo de recuperación de 11 años y 10 meses, la inversión es poco rentable pero su ejecución se justifica porque se genera energía limpia, no agresiva con el medio ambiente.

Palabras Clave: Radiación solar, Generación, Energía renovable, Paneles Solares.

1 INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es un problema que afecta a todo el planeta provocado por el efluvio de contaminantes hacia la atmósfera proveniente del uso de combustibles fósiles, la deforestación, entre otros. Siendo el sector energético uno de los mayores responsables en este impacto ambiental, lo que procede como consecuencias sequías, las cuales amenazan las reservas de aguas que se potabilizan para el consumo de los seres vivos que tienen algunas ciudades del planeta; inundaciones producidas por tormentas derivadas por el calentamiento oceánico; y, también terremotos que han afectado algunos países en distintos continentes, los cuales han resultado en pérdidas humanas y un sin número de daños materiales. (Paterson, 2017)

El sol, es una estrella más dentro de nuestra galaxia, pero al encontrarse de manera cercana a nuestro planeta este permite que se produzca la relación y fundamento de los procesos naturales, como lo son las numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales, que con el paso de los tiempos han originado combustibles fósiles como lo son el carbón o el petróleo. Pero además de ello por la radiación solar interceptada por la Tierra constituye la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance. Siendo así que cantidad de energía solar que capta la Tierra anualmente, es alrededor de $5,4 \times 10^{24}$ J, una cantidad que representa 4.500 veces la energía que se consume.

En la actualidad el ser humano, en busca de reducir el impacto ambiental se ha visto en la necesidad de implementar energías alternativas, estas que se enmarcan dentro de las pocas opciones realistas con menor impacto ambiental, donde hasta la actualidad se realizan numerosas investigaciones enfocadas a su explotación entre las cuales se destaca el uso de la energía solar, como una fuente de energía autosustentable, renovable, inagotable y limpia puesto que esta no contamina, es abundante y se encuentra disponible en cualquier lugar del planeta, además puede ser transformada en energía térmica o sistema foto térmico y energía eléctrica o sistema fotovoltaico.

La implementación de este tipo de energías autosuficientes permite satisfacer la demanda del servicio energético, alrededor de todo el mundo, y a su vez es un recurso que permite atender las preocupaciones de los problemas ambientales que se producen en la actualidad en nuestro planeta. Siendo así que tiene un mayor impacto la implementación de la energía solar.

Para transformar la energía solar en electricidad, se lo efectúa mediante un proceso en el que se implementan dispositivos electrónicos, llamados celdas solares o fotovoltaicas, las mismas que usan el proceso físico denominado efecto fotovoltaico, ideados por el físico francés Alexandre- Edmund Becquerel en 1936. (Energía solar fotovoltaica , 2016)

La celda solar es un dispositivo fotovoltaico fabricado de materiales semiconductores principalmente de silicio cristalino, la cual consiste fundamentalmente en un diodo que transforma la radiación solar en energía eléctrica de forma directa, sin la intervención de piezas móviles o algún tipo de combustión. (Pereda, 2005)

Los daños ocasionados por el calentamiento global han perjudicado a varios países, en su mayoría pertenecientes a Sudamérica, por ello los gobiernos han creado leyes e incentivos que benefician al desarrollo de energías alternativas de menor impacto, para contribuir en la disminución de la permutación ambiental.

Ecuador, por su ubicación, es favorable en cuanto a radiación solar, debido a que se encuentra en la línea ecuatorial, por lo que recibe un promedio de 6 a 6.3 horas de luz solar al día con una radiación casi perpendicular con un ángulo de incidencia constante, situación que no pasa en otros países, en los cuales el ángulo de incidencia de la luz solar, varía dependiendo de las estaciones del año. (Guerrero, 2012)

Tomando en cuenta todas las situaciones privilegiadas tanto demográfica como climatológica, que se encuentran presentes en este país, se ha decidido realizar un estudio de factibilidad para el uso de energías renovables, específicamente la implementación energía solar, a través de módulos fotovoltaicos, en la unidad educativa “Trece de Abril”, situada en una zona rural de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

El problema científico de la investigación es el siguiente:

¿Cómo realizar el estudio de factibilidad para el uso de paneles solares en la escuela “Trece de Abril” en la parroquia Luz de América de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas para obtener una propuesta racional y viable desde el punto de vista energético y económico?

1.1 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

La determinación de la demanda se la realiza con las cargas previstas para la localidad establecida, tomando en cuenta los valores límites, rangos de

capacidades de los equipos, dimensiones mínimas de los componentes, entre otros, en los cuales se analizará alternativas y se realizará cálculos que justifiquen la selección de la red, localización, dimensiones y capacidades de sus equipos.

1.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que consiste en la conversión directa de la radiación del sol en electricidad, esta conversión se realiza través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico, el cual consiste en incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores, se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica. (Arena & Zapata, 2011)

La energía solar fotovoltaica se la puede usar en distintas aplicaciones; una de ellas es cuando se requiera generar electricidad para satisfacer la necesidad energética de aquellos que por su ubicación no cuentan con este servicio (sistemas fotovoltaicos autónomos) o también para generar energía a la red eléctrica (sistemas conectados a la red). (Abella, 2017)

- Sistemas fotovoltaicos autónomos, son aquellos que están aislados de la red eléctrica.
- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red, son aquellos que están directamente conectados a la red eléctrica.

Una de las características de los generadores fotovoltaicos es que producen electricidad únicamente cuando reciben la luz del sol y además la energía generada es directamente proporcional a la irradiación solar que incide sobre su superficie.

Es evidente que el mayor consumo energético se produce cuando no hay radiación solar, es decir en las viviendas o en un sistema de iluminación se requiere contar con energía durante toda la noche, para este tipo de aplicaciones es imprescindible incluir un sistema de almacenamiento de energía, en los sistemas fotovoltaicos la energía producida por los módulos que se almacenaran posterior a ello en las baterías. (Abella, 2017)

Un sistema fotovoltaico está compuesto de la siguiente manera:

- Un generador fotovoltaico.
- Un sistema de baterías de acumulación.
- Un regulador de carga y un inversor.

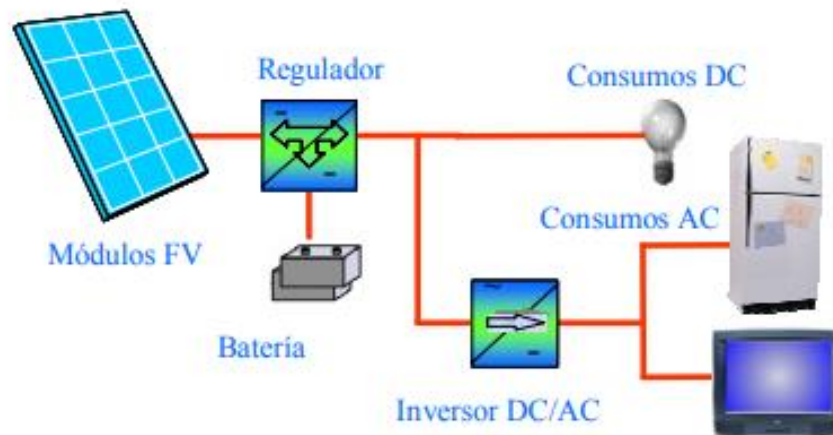


Figura 1. Estructura básica de un sistema fotovoltaico autónomo (Abella, 2017)

1.3 RECURSO SOLAR

Por su ubicación geográfica se considera al Ecuador un país con gran potencial de recurso solar, debido a que durante todo el año el ángulo de incidencia de la radiación solar en la superficie del país es prácticamente perpendicular.

Se debe considerar que las condiciones climatológicas y geográficas locales son las causantes de que la radiación cambie debido a la altura sobre el nivel del mar o presencia de nubosidad. Generalmente en Ecuador se puede encontrar días soleados durante todo el año independientemente de la estación en la que se encuentre, invierno o verano, la variación de las estaciones radica principalmente en las precipitaciones lluviosas. En invierno los días soleados son seguidos por fuertes precipitaciones y en verano los días son soleados acompañados de fuertes vientos. (Cañar, 2014)

Los primeros datos obtenidos de radiación solar provienen de estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), ya que esta institución nos proporciona información de la insolación global ($Wh/m^2 - día$), desde el año 1962 y de la heliofanía que es la duración del brillo solar que corresponde a la radiación directa (h/día). Las mediciones diarias fueron registradas en diez sitios, ocho en territorio continental y dos en la región insular. (Guerrero & León, 2018)

Con la información que se ha recopilado, el CONELEC elaboró un mapa de radiación directa, difusa y global con fines de generación eléctrica. En esta herramienta podemos notar que el Ecuador tiene un alto potencial solar con

niveles de insolación solar global promedio del orden $4.575 \text{ kWh/m}^2 - \text{día}$, un mínimo de $3.634 \text{ kWh/m}^2 - \text{día}$ y un máximo de $5.748 \text{ kWh/m}^2 - \text{día}$. (CONELEC, 2008)

1.3.1 EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR

Para la evaluación solar se realiza un análisis de mapas de radiación solar directa satelitales como: SWERA, NREAL, NASA, y también conociendo la radiación $\text{kWh/m}^2 - \text{día}$ existente que se lo puede obtener del mapa solar ecuatoriano elaborado por el CONELEC, se efectuara una comparación de los sitios favorecidos con las condiciones necesarias y que tienen el recurso solar para la posible creación de un proyecto con tecnologías solares. (Guerrero & León, 2018)

- CONELEC

En el atlas solar que proporciono CONELEC en el año 2008 podemos encontrar información acerca de la radiación solar directa y difusa en el territorio continental del Ecuador. Analizando el atlas se puede determinar los lugares con mayor radiación promedio al año entre los cuales se destacan Galápagos, Manabí (Pedernales), Sto. Domingo, Pichincha (Mindo, Nanegalito), Imbabura (Ibarra), Loja (Zapotillo, Céllica, Macará) y Santa Elena (La Libertad). (CHIRIBOGA, 2009)

- NASA

En la información satelital proporcionada por la NASA, la mayor cantidad de radiación solar se encuentra en la zona costera del país.

En los resultados del análisis dan como posibles opciones para la construcción de una central eléctrica con tecnología CSP. (Fig.2.)

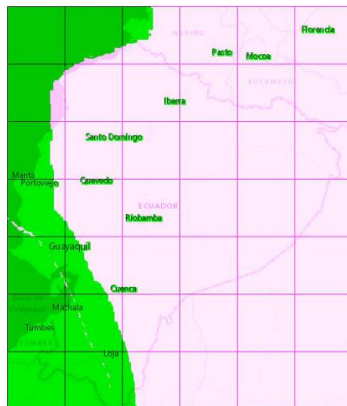


Figura 2. Mapa de radiación solar en el territorio ecuatoriano

En los resultados los sitios con mayor potencial para aprovechamiento de la energía solar directa son: Manta, Portoviejo, la provincia del Guayas, Machala y Cuenca.

1.4 CELDAS SOLARES

Las celdas solares son el elemento con el cual se fabrican los módulos generadores de electricidad, estas son de silicio y se construyen utilizando planchas monocristalinas, planchas policristalinas o laminas delgadas(amorfas).

1.4.1 SILICIO MONOCRISTALINO

Estas celdas están fabricadas en base a láminas de un único cristal de muy alta pureza y estructura cristalina casi perfecta. El espesor aproximado de las láminas es de 0,3 a 0,5 milímetro, las cuales son cortadas de una gran barra o lingote monocristalino creando una temperatura cercana a 1400° C, siendo este un proceso muy costoso. La figura 3 muestra un panel solar de silicio monocristalino. (Blog de Cemaer, 2014)



Figura 3. Panel solar de silicio monocristalino (Blog de cemaer, 2014)

1.4.2 SILICIO POLICRISTALINO

Estas células están formadas por pequeñas partículas cristalizadas y se fabrican fundiendo el silicio en bruto y vertiéndolo en moldes rectangulares, después se enfría de forma lenta y se corta en láminas cuadradas. Su rendimiento es del 11% y el 16%, y su superficie tiene un aspecto granulado. (Flores, 2011)



Figura 4. Panel solar policristalino (YPS Solar)

1.5 PANELES SOLARES

Los paneles solares están formados por varias células fotovoltaicas y cada una de ellas está compuesta de dos láminas delgadas de silicio, separadas por una capa de un elemento semiconductor. Una de las láminas está formada con elementos con menor carga de electrones que el silicio, esta lamina es la positiva (P), y otra formada con elementos de mayor carga de electrones que el silicio, esta es la lámina negativa(N).

Los fotones que descienden del sol y que contienen la energía adecuada, incide sobre la superficie de la lámina P, que al interactuar con el material de dicha capa liberan electrones de los átomos de silicio y estos atraviesan la capa de semiconductor para llegar a la lámina N, y una vez en la lámina N no pueden volver por si solos a la lámina P.

Al acumularse electrones en la lámina N se crea una diferencia de potencial o tensión respecto a la P. si se unen las dos laminas (N y P) mediante dos cables conductores, unidos estos a su vez a un elemento que consume electricidad, se crea una corriente eléctrica continua que fluye desde el polo negativo al positivo. (Moreno, 2012)

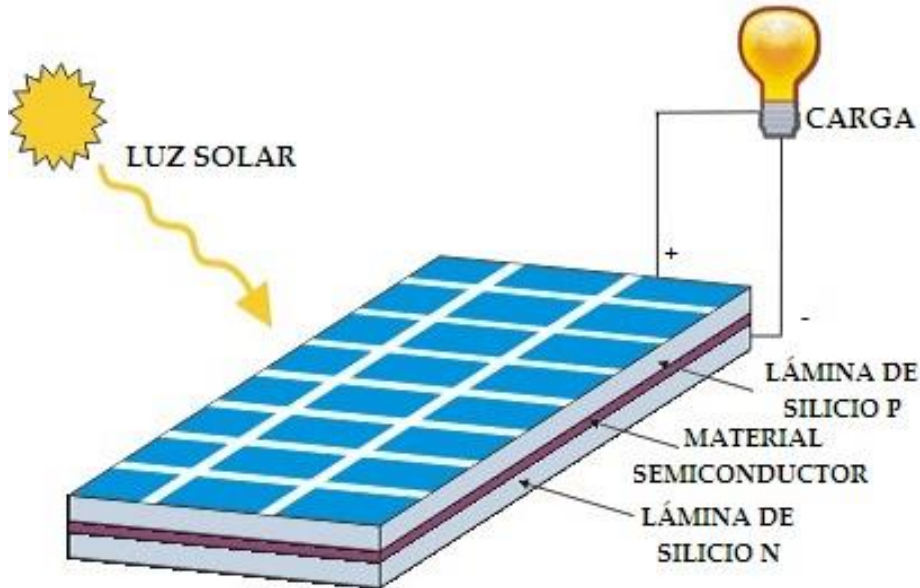


Figura 5. Placas del panel solar (Moreno, 2012)

La corriente que genera un panel solar es la misma que se puede obtener de pilas o baterías, y para transformarla de corriente continua a corriente alterna se usa un aparato eléctrico llamado inversor de corriente, esto se lo realiza ya que la mayor parte de electrodomésticos usan esta corriente.

1.6 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BATERIAS

En los sistemas fotovoltaicos las baterías o acumuladores fotovoltaicos son utilizados como sistemas de almacenamiento energético, debido al desplazamiento temporal que puede existir entre los periodos de generación y los periodos de consumo, permitiendo así la operación de las cargas cuando el generador fotovoltaico por sí mismo no puede generar la potencia suficiente para abastecer el consumo. Comúnmente las baterías se utilizan en los sistemas autónomos o en sistemas de bombeo de agua con energía solar y en general no se utilizan en sistemas conectados a la red eléctrica.

En el mercado la mayor parte de baterías son de Plomo-ácido (Pb-a), estas funcionan bien en sistemas fotovoltaicos, siempre y cuando se realice el mantenimiento adecuado. Existen baterías de Plomo-Calcio (Pb-Ca) las cuales no necesitan un menor mantenimiento y tienen menor auto descarga y las de Plomo-Antimonio (Pb-Sb) que tienen menor deterioro en el ciclado diario y presenta mejores prestaciones para niveles bajos de carga.

Para aplicaciones fotovoltaicas habitualmente se usa dos tipos de baterías:

- Plomo-ácido. - Es más utilizada debido a su bajo costo.
- Níquel-Cadmio. - Es costosa por lo que se la usa en aplicaciones profesionales, debido a las características que posee ya que puede sufrir descargas profundas o permanecer largos periodos en baja carga sin sufrir daños, también se destaca una menor auto descarga y un menor mantenimiento. (Abella, 2017)

Si las baterías están conectadas de positivo a negativo las tensiones de las celdas se suman manteniendo la corriente, si se conectan de positivo a positivo y negativo a negativa es una conexión en paralelo manteniendo el voltaje y sumando las corrientes, este tipo de conexiones solo se las debe hacer con baterías de igual especificación. (La Bateria, 2006)

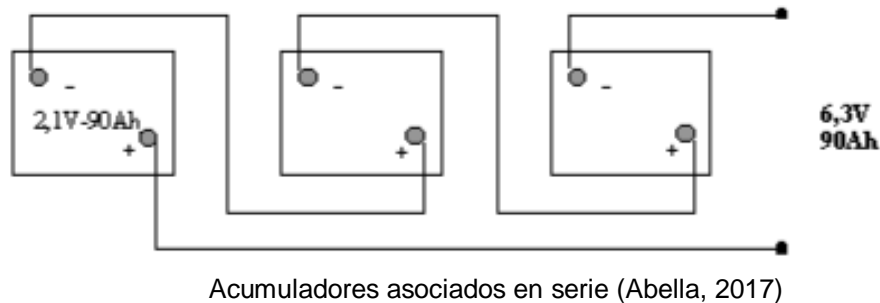


Figura 6.

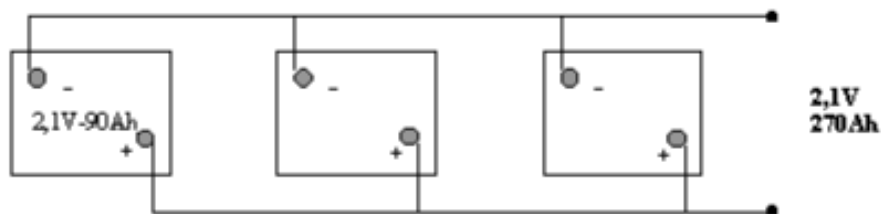


Figura 7. Acumuladores asociados en paralelo (Abella, 2017)

1.7 EQUIPO PARA INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES.

La instalación de sistemas solares actualmente está estandarizada, por ello no tiene gran complejidad, lo complejo de la instalación es el realizar dimensionamiento del diseño, y adaptarlo al requerimiento del terreno. (KOZIY, 2016)

Existen dos tipos de instalaciones los sistemas independientes y los conectados a la red eléctrica, en ambos los equipos a utilizarse son los mismos:

- **Generador fotovoltaico** el cual está compuesto por celdas solares y es en encargado de proporcionar la tensión/corriente para mantener la batería cargada
- **Batería** es la encargada de almacenar la energía y suministrarla al sistema cuando la irradiación solar sea escasa o nula.
- **Regulador está** conformado por circuitos electrónicos necesarios para procurar la carga correcta de los acumuladores e incluyendo las protecciones de sobrecarga y de descarga excesiva de los mismos
- **Inversor** es un dispositivo electrónico que permite convertir la corriente continua (CD) en alterna (CA), este proceso es necesario para la utilización de aparatos eléctricos. (Pareja, 2010)



Figura 8. Sistema solar fotovoltaico (MANUAL DE INSTALACIÓN, componentes de un sistema solar fotovoltaica 2009)

1.8 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de factibilidad para el uso de paneles solares para la generación de electricidad en la Unidad Educativa “Trece de Abril” en Santo Domingo de los Tsáchilas.

1.8.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la viabilidad técnica del proyecto y cuantificar el flujo de energía que necesita la escuela “Trece de Abril”.
- Diseñar el sistema con paneles solares a utilizarse para la generación de energía eléctrica.
- Cuantificar los costos de los elementos necesarios para la implementación de energía solar en la Escuela “Trece de Abril”

2 METODOLOGÍA

2 METODOLOGÍA

Para la realización del estudio se empleó la investigación exploratoria, para identificar las características del diseño de sistemas de energía solar y conocer cómo ha ido evolucionando esta tecnología en la actualidad.

En la búsqueda de información se procedió a un conocimiento inicial de indagaciones sobre sistemas fotovoltaicos y su implementación mediante una investigación de metodologías existentes acerca del diseño de sistemas fotovoltaicos en general.

Se revisó antecedentes nacionales e internacionales, con especial atención en las características necesarias del diseño e implementación de paneles solares; también se estudió estadísticas de años anteriores de otras instituciones o industrias en el área del proyecto; estadísticas de fabricantes y comercializadores, además de datos técnicos importantes tales como: demanda, parámetros, precios, protecciones, entre otros.

El proceso efectuado inicia con una toma de datos de los equipos que dispone la institución, para posterior a ello determinar la demanda energética que se debe abarcar. Determinando estas dos variables fundamentales, se podrá conocer el número de paneles solares que se implementará en la unidad educativa

2.1 SISTEMA DE ENERGÍA ELECTRICA DE LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”

Actualmente en la unidad educativa “Trece de Abril”, que se encuentra ubicada en la parroquia Luz de América, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cuenta con un servicio de energía eléctrica conectado a red; por lo cual se pretende realizar un estudio de factibilidad energética para reemplazar la energía convencional por, una más amigable ambientalmente como lo es, la energía solar.

Se realizó un levantamiento de la carga instalada en la escuela, la cual consiste en cuantificar los equipos consumidores de energía, registrar la demanda eléctrica; este levantamiento de datos se lo realizara de manera individual por cada área de la escuela para finalmente efectuar una sumatoria total de la carga instalada y el consumo estimado mensual de la escuela. (Barrera & Euán, 2015)

2.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

La determinación de la demanda energética es primordial para el dimensionamiento del diseño del sistema de paneles solares, ya que de eso depende que la energía producida por los paneles abastezca a la institución.

Se realizará un consumo teórico de la escuela haciendo un levantamiento de cargas, un análisis de la potencia instalada y una estimación del uso diario, para determinar la demanda máxima de la misma.

2.2.1 LEVANTAMIENTO DE CARGA

Se cuantificó los equipos consumidores instalados a la red que alimenta las instalaciones de la escuela, se registra la potencia nominal que se encuentra en la placa de datos, y se realiza la sumatoria para así obtener la potencia instalada. Según Torres (2009), los equipos instalados se clasifican en tres grupos según los sistemas a los que pertenecen:

- Sistemas de iluminación: son elementos que proporciona visibilidad clara y está integrado por lámparas, luminarias halógenas, fluorescentes, incandescentes.
- Sistemas de climatización: regula las condiciones ambientales se utiliza aire acondicionado, ventiladores, compresores, entre otros.
- Equipos de fuerza: son equipos que tienen una carga eléctrica superior como lo son: ordenadores, equipos de laboratorio, impresoras, fotocopadoras, entre otros.

Tabla 1. Datos de equipos

DESCRIPCION	Pn (W)
FOCOS	12
REFRIGERADOR	360
LICUADORA	600
MICROONDAS	1200
CAJA AMPLIFICADORA	650
CPU HP	50
MONITORES HP	40
RAC	500
INFOCUS	320
IMPRESORA LEXMARK	25
VENTILADOR	70

2.2.2 ESTIMACIÓN DEL USO DIARIO

Se contabiliza las horas de trabajo de cada equipo para un día de verano y un día de invierno para así se obtener una estimación del consumo en un año.

2.3 DETERMINACIÓN DEL RECURSO SOLAR

Para la realización del diseño del sistema de paneles solares, es indispensable contar con información específica de los datos de radiación del lugar en el que se realizara el estudio, ya sea de programas, atlas solares, o tablas de radiación, los cuales permitirán una estimación de la radiación solar que llega al lugar requerido.

Basados en esta metodología se recopilará datos proporcionados por la NASA, donde mediante la ubicación estableciendo su longitud y latitud, permite una

cuantificación de la radiación solar específica del lugar, para lo cual hicimos uso del software *Pv sist 6.7.9*. de donde se obtuvo la radiación global horizontal, radiación difusa horizontal y temperatura en promedios mensuales con datos históricos de la ubicación de la escuela “Trece de Abril”.

2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

Para determinar el dimensionamiento del sistemas de paneles solares se utilizara el método de descrito en el libro de Castejón (2018) .

2.4.1 DETERMINAR EL NÚMERO DE PANELES SOLARES

Para determinar el número de paneles solares a utilizarse en el sistema se realizará una toma de datos los cuales serán cuantificados a través de una tabla estadística donde se detalla:

- Radiación (kWh/m²)
- Energía consumida (kWh)
- Número de días de cada mes

Mediante la utilización de dichas variables se procede a efectuar un cálculo mediante el cual se encontrará la potencia y el número de paneles a utilizarse en el sistema.

- Se encuentra la energía consumida por día con la siguiente formula.

$$Energía = \frac{Energía\ consumida\ (Kwh)}{\#\ dias} \quad [1]$$

- Utilizando el dato de la radiación mensual y la energía encontrada con la fórmula 1, hallamos el factor de energía para cada mes

$$Factor\ de\ energía = \frac{Radiación\ (Kwh)}{Energía} \quad [2]$$

Una vez encontrados estos datos procedemos a ejecutar una serie de cálculos para definir el número de paneles.

- **Rendimiento de la instalación** se detalla las pérdidas energéticas que se presentan y así poder dimensionar de manera correcta el sistema para tener un sistema eficiente.

$$R = 1 - \left[(1 - b - c - v)a \cdot \frac{N}{Pd} \right] - b - c - v \quad [3]$$

Donde:

b = Coeficiente de pérdidas por rendimiento en las baterías

c = Coeficiente de pérdidas en el inversor

v = Coeficiente de otras pérdidas

a = Coeficiente de descarga

N = Días de autonomía

Pd = Profundidad de descarga

- **Energía Necesaria** que tiene que generar nuestra instalación para cubrir la demanda de la escuela.

$$E = \frac{E_t}{R} \left(\frac{Wh}{día} \right) \quad [4]$$

Donde:

E_t = Menor energía

R = Rendimiento de la instalación.

A partir de estos resultados se realizará una serie de fórmulas para el cálculo del número de paneles solares.

- **Declinación Solar** Según Castejón & Santamaria (2012) cita que es el ángulo que se forma entre el plano de la eclíptica que une los centros de la tierra y el sol con la línea del plano del ecuador.

$$\delta = 23,45 \text{ Sen} \left(360 \cdot \frac{284 + d_n}{365} \right) \quad [5]$$

Donde:

d_n = número del día del mes con menor radiación

- **Ángulo de salida del sol** con el ángulo de declinación solar y la latitud del lugar encontramos el ángulo de salida del sol

$$W_s = -\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\phi)) \quad [6]$$

Donde:

δ = Declinación solar

ϕ = Latitud del lugar

- **Ángulo de salida del sol sobre un plano inclinado**

Con el resultado de la ecuación 6 se compara con la fórmula 7 y se selecciona el valor máximo.

$$W_{ss} = \max[W_s, -\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\phi - \beta))] \quad [7]$$

Donde:

δ = Declinación solar

ϕ = Latitud del lugar

β = Inclinación del panel solar

- **Factor de Excentricidad** es la medida que nos indica que tan lejos o cerca está la distancia de la tierra al sol con respecto a un valor promedio.

$$\varepsilon = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{d_n}{265}\right) \quad [8]$$

Donde:

d_n = número del día del mes con menor radiación

- **Radiación sobre el plano horizontal**, es necesario encontrar este dato porque es una componente de la radiación

$$H_{d,m(0)} = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \cdot \varepsilon_0 \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot (W_{ss} \cdot \text{sen}(\phi) \cdot \text{sen}(\delta)) \right. \\ \left. - (\cos(\phi) \cos(\delta) \text{sen}(W_{ss})) \right] \quad [9]$$

Donde:

I_0 = Constante Solar (1367 W/m²)

ϵ_0 = Factor de Excentricidad

W_{ss} = Angulo de salida del sol sobre un plano inclinado

ϕ = Latitud del lugar

δ = Declinación solar

T = Longitud del día

- **Índice de Claridad** es a relación que existe entre la radiación solar en la superficie de la tierra y la radiación en la superficie de la atmosfera.

$$K_{TM} = \frac{G_{d,n(0)}}{H_{d,M(0)}} \quad [10]$$

Donde:

$G_{d,n(0)}$ = Radiación Solar Global (Valor menor datos de la NASA)

$H_{d,M(0)}$ = Radiación Solar Horizontal

- **Fracción difusa de la radiación**

$$F_{DM} = 1 - 1.13K_{TM} \quad [11]$$

Donde:

K_{TM} = Índice de claridad

- **Radiación difusa**

$$D_{d,m(0)} = G_{d,m(0)}F_{d,n(0)} \quad [12]$$

Donde:

$F_{d,n(0)}$ = Fracción difusa

$G_{d,M(0)}$ = Radiación solar global

- **Radiación que llega al plano inclinado**

$$H = G_{d,m(0)} - D_{d,m(0)} \quad [13]$$

Donde:

$G_{d,m(0)}$ = Radiación solar global

$D_{d,m(0)}$ = Radiación difusa

- **Factor de Corrección**

$$k = \left(\frac{W_{ss} \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \text{sen}(\delta) \text{sen}(\phi - \beta) + (\cos(\delta) \cos(\phi - \beta) \text{sen}(W_{ss}))}{W_s \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \text{sen}(\delta) \text{sen}(\phi) + (\cos(\delta) \cos(\phi) \text{sen}(W_s))} \right) \quad [14]$$

Donde:

W_{ss} = Angulo de salida del sol sobre un plano inclinado

W_s = Angulo de salida del sol

ϕ = Latitud del lugar

δ = Declinación solar

β = Angulo de inclinación del techo

- **Radiación directa sobre el plano inclinado**

$$H_{(\beta,\alpha)} = Hk \quad [15]$$

Donde:

H = Radiación que llega al plano inclinado

K = factor de corrección

- **Radiación difusa sobre el panel inclinado**

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_{(d,m)} \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right) \quad [16]$$

Donde:

$D_{(d,m)}$ = Radiación difusa

β = Angulo de inclinación del techo

- **Radiación albedo sobre el panel inclinado**

$$Al_{(\beta,\alpha)} = \frac{\rho \cdot G_{(d,n)}(1 - \cos(\beta))}{2} \quad [17]$$

Donde:

ρ = Reflectividad del suelo

$G_{(d,n)}$ = Radiación solar global

β = Angulo de inclinación del techo

- **Radiación total sobre el panel inclinado**

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + Al_{(\beta,\alpha)} \quad [18]$$

Donde:

$H_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación directa sobre el plano inclinado

$D_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación difusa sobre el panel inclinado

$Al_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación albedo sobre el panel inclinado

- **Horas Pico Solares**

Se calcula las horas pico solares para tener un valor de referencia de cuantas horas de radiación se tendrá en el día para abastecer la demanda energética de la escuela

$$HPS(h) = \frac{G_{(\beta,\alpha)} kWh/m^2 \cdot dias}{1kW/m^2 \cdot dia} \quad [19]$$

Donde:

$G_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación total sobre el panel inclinado

- **Potencia Pico**

$$P_p = \frac{E_{Necesaria}}{HSP} \quad [20]$$

Donde:

HSP = Horas pico solares

- **Número de paneles solares**

Una vez determinada la potencia pico se hace una relación con la potencia del módulo solar y se encuentra el número de paneles a utilizarse en el sistema.

$$N_p = \frac{P_p}{0,9 * P_{modulo}} \quad [21]$$

Donde:

P_{modulo} = Potencia del módulo a utilizarse (catálogos)

2.4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS

La energía que se produce en los módulos es almacenada en baterías por ello es de vital importancia dimensionarlas correctamente para que el sistema sea eficiente.

Se realizará los cálculos basados en los datos obtenidos del dimensionamiento de paneles, se determinará la capacidad y el número de baterías que requiere el sistema, para lo cual se utiliza:

- Energía necesaria
- Días de autonomía del sistema
- Voltaje del sistema
- Profundidad de descarga

Con estos datos se procede a encontrar la capacidad del banco de baterías.

$$C1 = E * d_a \quad [22]$$

Donde:

E = Energía necesaria

d_a = Días de autonomía (pueden ir de 2 a 5 días)

Con el resultado de la ecuación 22 se encuentra C2

$$C2 = \frac{C1}{V_s} \quad [23]$$

Donde:

V_s = Voltaje del sistema

$$C3 = \frac{C2}{\text{Profundidad de descarga}} \quad [24]$$

La profundidad de descarga de una batería es el porcentaje de la capacidad total de la batería que se usa durante un ciclo de carga o un ciclo de descarga. Existen dos tipos de descarga:

- **Descargas superficiales:** son descargas de aproximadamente el 20% de la capacidad nominal.
- **Descargas profundas:** son descargas del 60-80% de la capacidad nominal.

La profundidad de descarga es un dato que se lo encuentra en el catálogo de baterías.

Con el resultado obtenido de la fórmula 24 de la C3 en Ah se busca en catálogos y se determina tomando en cuenta la capacidad del núcleo de la batería en amperios hora.

Para determinar el número de baterías a utilizarse se utilizará la fórmula 25 que es igual a la capacidad calculada que requiere el banco de baterías dividido para la capacidad de la batería, dato que se toma del catálogo de baterías.

$$N^{\circ} \text{ de baterías} = \frac{\text{capacidad calculada}}{\text{capacidad de catalogo de baterías}} \quad [25]$$

2.4.3 REGULADOR

Es un elemento importante en el sistema porque es el encargado de controlar los procesos de carga y descarga de las baterías, sus principales funciones son:

El evitar la sobrecarga de la batería, es decir una vez que la batería alcanza su carga máxima no debe continuar cargándose así se evita la generación de gases y la disminución de líquido electrolítico de la batería, incrementando la vida útil de la misma; también impide la sobre descarga de la batería en los periodos que no se genere energía suficiente, es decir cuando se descarga por completo la batería el regulador la desconecta de las cargas para así protegerla para que no descargue excesivamente y evitar daños.

Para dimensionar el regulador a usarse en el sistema se calculará la intensidad máxima de los paneles solares usando la fórmula 26.

$$I_{max} = I_c \cdot N_{pp} \quad [26]$$

Donde:

I_{max} = Corriente máxima necesaria

I_c = Intensidad máxima suministrada por cada módulo fotovoltaico

N_{pp} = Numero de paneles del sistema

Con la intensidad de corriente máxima, se buscará en catálogos un regulador que cubra la necesidad del sistema.

2.4.4 INVERSOR

El inversor es el encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna, modificando así la tensión para usarla en la escuela. Una gran ventaja del inversor es que al incrementar el voltaje de operación se puede utilizar cables de menor dimensión, economizando costos en el sistema.

Para dimensionar el inversor se toma la carga máxima pico y se busca en el catálogo un inversor que cubra estos parámetros.

Para determinar el número de inversores a utilizarse se calcula con la formula

$$\text{Numero de inversores} = \frac{\text{Capacidad del sistema}}{\text{Capacidad del inversor de catalogo}} \quad [27]$$

2.4.5 CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Escoger el conductor adecuado para la instalación es de vital importancia, ya que de no hacerlo se puede tener una elevada caída de tensión en el conductor, lo que es igual a un incremento en la corriente y por ende en la temperatura del conductor.

2.4.5.1 Cálculo del conductor

Para determinar el calibre del conductor, se debe conocer qué tipo de tensión alimenta el circuito, si corriente continua o corriente alterna.

▪ Corriente continua

Para realizar el cálculo para determinar la sección del cable a usarse se debe conocer el material del cual fue fabricado, la longitud en metros, la corriente que pasara por el conductor y la caída de tensión en voltios. La fórmula 28 se utilizó para calcular la sección del cable.

$$S = 2 \frac{l * I}{k * U} \text{ (mm}^2\text{)} \quad [28]$$

Donde:

k = conductividad del material del conductor

l = longitud de del cable en metros

I = La corriente que atraviesa por el conductor en amperios

U = La caída de tensión.

El valor de la conductividad (k) dependerá del material que se utilice

- Cobre: $56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$
- Aluminio $35 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$

Para calcular la caída de tensión se lo realiza con el porcentaje de la tensión, que variara en función de los equipos que interconecta:

- Caídas de tensión entre generador y regulador/inversor: 3%.
- Caídas de tensión entre regulador y batería: 1%.
- Caídas de tensión entre inversor y batería: 1%.
- Caídas de tensión entre regulador e inversor: 1%.
- Caídas de tensión entre inversor/regulador y equipos: 3%.

2.5 GENERACIÓN ANUAL

Para determinar la generación anual de energía se calculará la generación de energía por día de cada panel con la fórmula 29 y esta a su vez se transforma a generación por año de cada panel.

$$\text{Generación de energía} = \text{HPS} * \text{Wpanel} * P_p \quad [29]$$

Donde:

HSP = Horas solares pico

Wpanel =Potencia del panel

P_p = Perdidas del panel

Para calcular la producción total se multiplica la generación anual de cada panel por el número de paneles que compone el sistema.

$$\text{Producción total} = \text{generación de energía anual} * \# \text{ de paneles} \quad [30]$$

2.6 ANÁLISIS DE COSTO

Para realizar el análisis de costos del sistema de paneles solares, se hizo cálculos de la relación entre el costo de inversión y el pago del consumo de electricidad en la escuela. Para determinar el costo de inversión se describirá los costos directos, costos indirectos y finalmente el costo total del proyecto.

2.6.1 CÁLCULO DEL VAN Y TIR

Un método que utiliza la ingeniería económica para evaluar la viabilidad de un proyecto es el VAN (Valor Actual Neto). Para analizar los resultados se tiene tres criterios

- **VAN > 0:** El proyecto generará beneficios.
- **VAN = 0:** El proyecto de inversión no tendrá ni beneficios ni pérdida, siendo financieramente indiferente al inversionista.
- **VAN < 0:** El proyecto de inversión generará pérdidas.

El TIR es un método financiero que contribuye a determinar la viabilidad de un proyecto, siendo este la tasa a la cual son descontados los flujos de caja de manera que los ingresos y los egresos sean iguales, o el valor de la tasa en el cual el VAN se hace cero.

2.6.2 TIEMPO DE RECUPERACIÓN

Es un indicador que determina en que tiempo se recupera el capital invertido en el proyecto, para lo cual se usara la fórmula 32. Se utilizará el valor del costo de inversión del proyecto y el flujo mensual de caja, para obtener un valor en meses.

$$Tiempo\ de\ recuperacion = \frac{costo\ del\ proyecto * 12}{flujo\ neto\ de\ caja} \quad [31]$$

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS DEL LEVANTAMIENTO DE CARGA

Para determinar el consumo de la institución se realizó un levantamiento de cargas eléctricas, en el cual se hizo un listado de todos los elementos que se utilizan habitualmente con su respectiva potencia nominal, para así obtener la potencia nominal total de la escuela

Tabla 2. Datos de equipos de la escuela “Trece de Abril”

Descripción	Cantidad	Potencia por unidad (W)	Potencia Total (W)
FOCOS	120	9	1080,0
CAJA AMPLIFICADORA	1	650	650,0
CPU HP	25	20	500,0
MONITORES HP	25	20	500,0
RAC	1	500	500,0
INFOCUS	1	320	320,0
IMPRESORA LEXMARK	3	25	75,0
VENTILADOR	1	70	70,0
TOTAL			3695,0

Como se puede apreciar en la tabla la escuela tiene una potencia nominal total de 3695 W es decir que, si se encuentran todas las cargas conectadas simultáneamente, esta será su potencia pico.

Para determinar el consumo en Wh/día se realizó una estimación en horas de uso de los aparatos eléctricos, basándose en la observación del comportamiento de la escuela obteniendo como resultado que consume un promedio de 14745 Wh/día.

Tabla 3. Energía consumida en Wh-día

Descripción	Cantidad	Potencia por unidad (W)	Potencia Total (W)	Horas de uso (h/día)	Energía diaria requerida (Wh/d)
FOCOS	120	9	1080,0	3,0	3240,0
CAJA AMPLIFICADORA	1	650	650,0	1,0	650,0
CPU HP	25	20	500,0	6,0	3000,0
MONITORES HP	25	20	500,0	6,0	3000,0
RAC	1	500	500,0	8,0	4000,0
INFOCUS	1	320	320,0	2,0	640,0
IMPRESORA LEXMARK	3	25	75,0	1,0	75,0
VENTILADOR	1	70	70,0	2,0	140,0
TOTAL			3695,0		14745,0

3.2 ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR

Para obtener los datos de radiación solar en la zona se utilizó el software PVsyst 6.7.9, en el cual, ingresando los parámetros de latitud y longitud específicos del lugar, nos arroja datos de irradiación global horizontal, irradiación difusa horizontal y la temperatura.

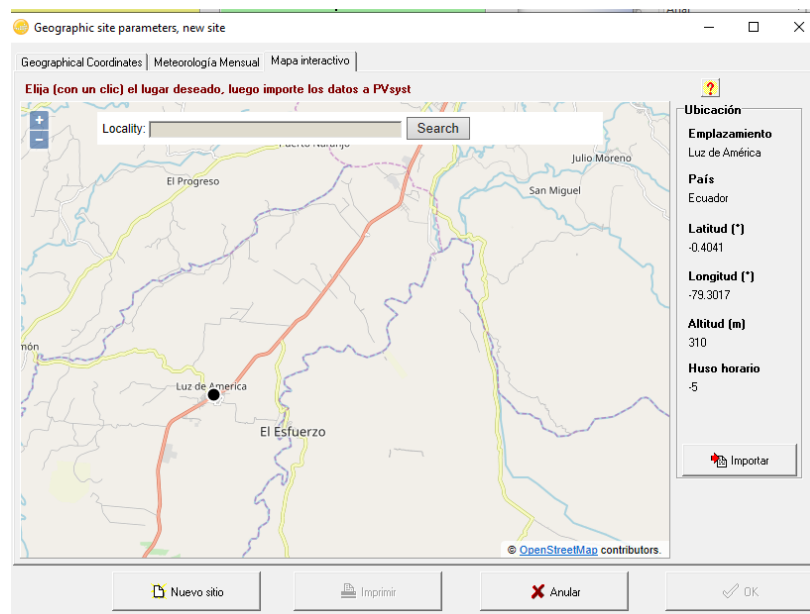


Figura 9. Localización de la escuela "Trece de Abril" (PVsyst 6.7.9)

En la siguiente figura 10 se observa los datos de radiación global horizontal, radiación difusa horizontal y temperatura que nos proporciona la NASA, datos que serán utilizados para realizar los cálculos de dimensionamiento del sistema de paneles solares.

Tabla 4. Datos de radiación (*Pv sist 6.7.9.*)

MES	RADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL	RADIACIÓN DIFUSA HORIZONTAL	TEMPERATURA
Enero	3,96	2,13	21,7
Febrero	4,3	2,27	21,8
Marzo	4,73	2,34	22
Abril	4,5	2,22	22,5
Mayo	3,93	2,04	22,8
Junio	3,57	1,92	22,8
Julio	3,62	1,96	23
Agosto	4,02	2,11	23,7
Septiembre	4,1	2,26	23,6
Octubre	3,81	2,21	23,1
Noviembre	3,76	2,13	22,3
Diciembre	3,78	2,08	22

3.3 CÁLCULO DE PANELES SOLARES

Para el cálculo del número de paneles solares a utilizarse en el sistema se desarrollará una serie de fórmulas utilizando los datos de irradiación solar que se recopiló con el software *Pv sist 6.7.9.*

En la siguiente tabla 4 se ubicó en la primera columna los meses, en la segunda columna la irradiación solar por mes, en la tercera el consumo mensual de la institución, en la cuarta el número de días por mes, con estos datos se procede a calcular la Energía se lo realiza dividiendo la energía consumida por el número de días de cada mes, y finalmente se encuentra el factor de energía para lo cual se divide la irradiación solar por la energía.

Tabla 5. Datos de Irradiación solar y energía mensual

Mes	Irradiación (Kwh/m2)	Energía Consumida	# de Dias	Energía	F. de energía
Enero	3,96	270	31	8,710	0,4547
Febrero	4,3	200	28	7,143	0,6020
Marzo	4,73	80	31	2,581	1,8329
Abril	4,5	200	30	6,667	0,6750
Mayo	3,93	305	31	9,839	0,3994
Junio	3,57	290	30	9,667	0,3693
Julio	3,62	302	31	9,742	0,3716
Agosto	4,02	304	31	9,806	0,4099
Septiembre	4,1	250	30	8,333	0,4920
Octubre	3,81	305	31	9,839	0,3872
Noviembre	3,76	306	30	10,200	0,3686
Diciembre	3,78	200	31	6,452	0,5859

En base a los datos recopilados en la tabla 4 se procede a realizar una serie de cálculos descritos a continuación.

- **Rendimiento de la instalación** se ve afectado por varios factores como

$$R = 1 - \left[(1 - b - c - v) a \cdot \frac{N}{Pd} \right] - b - c - v$$

$$R = 1 - \left[(1 - 0,1 - 0,2 - 0,15) * 0,005 \frac{2}{0,5} \right] - 0,1 - 0,2 - 0,15 = 0,539$$

Donde:

b: Coeficiente de pérdidas por rendimiento en las baterías 0,1

c: Coeficiente de pérdidas en el inversor

v: Coeficiente de otras perdidas

a: Coeficiente de descarga

N: Días de autonomía

Pd: Profundidad de descarga

- **Energía Necesaria.**

$$E = \frac{E_t}{R} \left(\frac{Wh}{día} \right)$$

$$E = \frac{10200 Wh/día}{0.539} = 18923,93 Wh/día$$

Donde:

E_t = Menor energía

R = Rendimiento de la instalación.

A partir de estos resultados se realizará una serie de fórmulas para el cálculo del número de paneles solares.

- **Declinación Solar**

$$\delta = 23,45 \operatorname{Sen}\left(360 \cdot \frac{284 + d_n}{365}\right)$$

$$\delta = 23,45 \operatorname{Sen}\left(360 \cdot \frac{284 + 319}{365}\right) = -19,147^\circ$$

Donde:

d_n = número del día del mes con menor radiación en este caso sería noviembre para ello se suman los días de todos los meses y la mitad de días del mes de noviembre.

- **Ángulo de salida del sol**

$$W_s = -\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\phi))$$

$$W_s = -\arccos(-\tan(-19,147^\circ) \cdot \tan(-0,4041^\circ)) = -90,14^\circ$$

Donde:

δ = Declinación solar

ϕ = Latitud del lugar $-0,4041^\circ$

- **Ángulo de salida del sol sobre un plano inclinado**

$$W_{ss} = \max[W_s, -\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\phi - \beta))]$$

$$W_{ss} = \max[-89,82^\circ - \arccos(-\tan(19,14^\circ) \cdot \tan(-0,4041^\circ - 20^\circ))]$$

$$W_{ss} = \max[-90,14^\circ; -97,42^\circ]$$

$$W_{ss} = -90,14^\circ$$

Donde:

δ = Declinación solar

ϕ = Latitud del lugar

β = Inclinación del panel solar 20°

- **Factor de Excentricidad**

$$\varepsilon = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{d_n}{265}\right)$$

$$\varepsilon = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{319}{265}\right) = 1,0329$$

Donde:

d_n = número del día del mes con menor radiación

- **Radiación sobre el plano horizontal**

$$H_{d,m(0)} = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \cdot \varepsilon_0 \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot (W_{ss} \cdot \text{sen}(\phi) \cdot \text{sen}(\delta)) - (\cos(\phi) \cos(\delta) \text{sen}(W_{ss})) \right]$$

$$H_{d,m(0)} = \left(\frac{24}{\pi}\right) \cdot 1367 \text{ W/m}^2 \cdot 1,0329 \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot (-90,14^\circ \cdot \text{sen}(-0,4041^\circ) \cdot \text{sen}(-19,147^\circ)) - (\cos(-0,4041^\circ) \cos(-19,147^\circ) \text{sen}(-90,14^\circ)) \right] = 10220,1335 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$$

Donde:

I_0 : Constante Solar (1367 W/m²)

ε_0 : Factor de Excentricidad

W_{ss} : Ángulo de salida del sol sobre un plano inclinado

ϕ : Latitud del lugar

δ : Declinación solar

T: Longitud del día

- **Índice de Claridad.**

$$K_{TM} = \frac{G_{d,n(0)}}{H_{d,M(0)}}$$

$$K_{TM} = \frac{3570 \text{wh/m}^2}{10220,1335 \text{ Wh/dia}} = 0,34$$

Donde:

$G_{d,n(0)}$ = Radiación Solar Global (Valor menor datos de la NASA)

$H_{d,M(0)}$ = Radiación Solar Horizontal

- **Fracción difusa de la radiación**

$$F_{DM} = 1 - 1.13K_{TM}$$

$$F_{DM} = 1 - 1.13(0,34) = 0,605$$

Donde:

K_{TM} = Índice de claridad

- **Radiación difusa**

$$D_{d,m(0)} = G_{d,m(0)} F_{d,n(0)}$$

$$D_{d,m(0)} = 3570 \frac{\text{wh}}{\text{m}^2} * 0,605 = 2159,85 \text{wh/m}^2$$

Donde:

$F_{d,n(0)}$ = Fracción difusa

$G_{d,M(0)}$ = Radiación solar global

- **Radiación que llega al plano inclinado**

$$H = G_{d,m(0)} - D_{d,m(0)}$$

$$H = \frac{3570wh}{m^2} - \frac{2159,85wh}{m^2} = 1921wh/m^2$$

Donde:

$G_{d,m(0)}$ = Radiación solar global

$D_{d,m(0)}$ = Radiación difusa

- **Factor de Corrección**

$$k = \left(\frac{W_{ss} \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \text{sen}(\delta) \text{sen}(\phi - \beta) + (\cos(\delta) \cos(\phi - \beta) \text{sen}(W_{ss}))}{W_s \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \text{sen}(\delta) \text{sen}(\phi) + (\cos(\delta) \cos(\phi) \text{sen}(W_s))} \right)$$

$$k = \left(\frac{-90,14^\circ \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \text{sen}(-19,147^\circ) \text{sen}(-0,4041^\circ - 20^\circ) + (\cos(-19,147^\circ) \cos(-0,4041^\circ - 20^\circ) \text{sen}(-90,14^\circ))}{-90,14^\circ \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \text{sen}(-19,147^\circ) \text{sen}(-0,4041^\circ) + (\cos(-19,147^\circ) \cos(-0,4041^\circ) \text{sen}(-90,14^\circ))} \right)$$

$$k = 1,12$$

Donde:

W_{ss} = Angulo de salida del sol sobre un plano inclinado

W_s = Angulo de salida del sol

ϕ = Latitud del lugar

δ = Declinación solar

β = Angulo de inclinación del techo

- **Radiación directa sobre el plano inclinado**

$$H_{(\beta,\alpha)} = Hk$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 1921 \frac{Wh}{m^2} * 1,12$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 2157,85 \frac{Wh}{m^2}$$

Donde:

H= Radiación que llega al plano inclinado

K = Factor de corrección

- **Radiación difusa sobre el panel inclinado**

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_{(d,m)} \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 2159,85 \frac{Wh}{m^2} * \left(\frac{1 + \cos(20^\circ)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 2094,72 Wh/m^2$$

Donde:

$D_{(d,m)}$ = Radiación difusa

β = Angulo de inclinación del techo

- **Radiación albedo sobre el panel inclinado**

$$Al_{(\beta,\alpha)} = \frac{\rho \cdot G_{(d,n)} (1 - \cos(\beta))}{2}$$

$$Al_{(\beta,\alpha)} = \frac{0,2 * 3570 * (1 - \cos(20^\circ))}{2}$$

$$Al_{(\beta,\alpha)} = 23,158 Wh/m^2$$

Donde:

ρ = Reflectividad del suelo

$G_{(d,n)}$ = Radiación solar global

β = Angulo de inclinación del techo

- **Radiación total sobre el panel inclinado**

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + Al_{(\beta,\alpha)}$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 2094,72 \frac{Wh}{m^2} + \frac{23,158Wh}{m^2} + 2157,85 Wh/m^2$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 4275,73 Wh/m^2$$

Donde:

$H_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación directa sobre el plano inclinado

$D_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación difusa sobre el panel inclinado

$Al_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación albedo sobre el panel inclinado

- **Horas Pico Solares**

$$HPS(h) = \frac{G_{(\beta,\alpha)} kWh/m^2.dias}{1kW/m^2.dia}$$

$$HPS(h) = \frac{4275,73 Wh/m^2.dias}{1kW/m^2.dia}$$

$$HPS(h) = 4,27 h$$

Donde:

$G_{(\beta,\alpha)}$ = Radiación total sobre el panel inclinado

Las horas pico solares que tendrá el lugar de estudio será de 4,27 horas.

- **Potencia Pico**

$$P_p = \frac{E_{Necesaria}}{HSP}$$

$$P_p = \frac{18923,93 Wh/dia}{4,27 h/dia}$$

$$P_p = 4431,83 W$$

Donde:

HSP = Horas pico solares

- **Número de paneles solares**

Con la potencia que se necesita para que el sistema funcione buscamos en catálogos un módulo solar adecuado.

Se utilizará un módulo solar de la empresa Eco Green Energy que trabaja a 350W y 24 V.

General characteristics		Operating conditions	
Cell type	Monocrystalline (156.75×156.75 mm)	Operating temperature range	-45 °C ~+85 °C
Number of cells	72	Max system voltage	1000 V
Dimensions	1956×992×40 mm	Max series fuse rating	20 A
Weight	22.8 kg	Max front load (ex: snow)	5400 Pa
Glass	3.2 mm tempered glass	Max back load (ex: wind)	2400 Pa
Frame	Anodized aluminium alloy	Packaging	
Junction box	IP65 or IP67		
Cable	0.9 m	Per pallet	26 pcs
Connector	MC4 or MC4 compatible	Per 20ft GP container	300 pcs
		Per 40ft GP container	640 pcs
		Per 40ft HQ container	660 pcs

www.eco-greenenergy.com

Figura 10. Catálogo de paneles solares (eco-greenenergy)

Una vez determinada la potencia pico se hace una relación con la potencia del módulo solar y se encuentra el número de paneles a utilizarse en el sistema.

$$N_p = \frac{P_p}{0,9 P_{modulo}}$$

$$N_p = \frac{4431,83W}{0,9 * 350W}$$

$$N_p = 14 \text{ modulos}$$

Se utilizará 14 módulos de 350 W para abastecer el sistema solar fotovoltaico los cuales estarán conectados en serie y en paralelo para q cumplan con el voltaje y corriente que se necesitará.

3.4 CÁLCULO DE REGULADOR

Para determinar el regulador se necesita conocer la corriente de carga de todo el grupo de paneles solares en paralelo.

$$I_{max} = 1,25 \cdot I_c \cdot N_{pp}$$

$$I_{max} = 1,1 * 9,38A * 7$$

$$I_{max} = 72.22 A$$

Donde:

I_{max} = Corriente máxima necesaria

I_c = Intensidad máxima suministrada por cada módulo fotovoltaico

N_{pp} = Numero de paneles del sistema

Conociendo la corriente de carga se selecciona el regulador, en el mercado no se encuentra un regulador de 72,22 A, por lo cual se escogió un regulador PC1800F MPPT Solar de la marca Solar System.



PC1800F Series

MPPT Solar

Características:

- 60A/80A MPPT Regulador de carga solar (Ventilación forzada)
- 12V/24V/48V (auto detección); 36V(configurable)
- Eficiencia MPPT >99%, pico eficiencia conversión >98%
- Arquitectura de procesadores DSP que aseguran una gran velocidad y rendimiento.
- Carga en multi-etapas
- Protección: Cortocircuito en paneles, polaridad inversa en paneles y baterías sobrecarga, cortocircuito en la salida.
- Función de ecuilización
- Función BTS

Figura 11. Catálogo del regulador (Solar System)

3.5 CÁLCULO DEL BANCO DE BATERÍAS

Para determinar el banco de baterías se realizará el cálculo de la capacidad del sistema.

$$C1 = \text{energía necesaria} \times \text{días de autonomía}$$

$$C1 = 18923,23 \frac{Wh}{dia} * 2 dias = 37846,46 Wh$$

$$C2 = \frac{C1}{\text{Voltaje del sistema}}$$


$$C2 = \frac{37846,46 Wh}{48 V} = 788,46 Ah$$

$$C3 = \frac{C2}{\text{Profundidad de descarga}}$$

$$C3 = \frac{788,46 A}{0,85} = 927.6 Ah$$

En el mercado no se encuentra una batería de 927 A se usará baterías de gel de 200 Ah y 12 V.

Specification	
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Nominal Capacity	200Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 73.0 Kg (Tolerance±1.5%)
Internal Resistance	Approx. 5.0 mΩ
Terminal	F14(M8)
Max. Discharge Current	2000A (5 sec)
Design Life	18 years (floating charge)
Maximum Charging Current	40.0A
Reference Capacity	C24 201.4AH C48 212.8AH C72 223.4AH C100 228.0AH C120 232.6AH C240 246.2AH
Float Charging Voltage	13.5 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/C/Cell
Cycle Use Voltage	14.2 V~14.4 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C~60°C Charge: -20°C~50°C Storage: -40°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Self Discharge	RTAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 2% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



Dimensions		Unit: mm
Length	521	521±2mm (20.5 inches)
Width	282	282±2mm (11.3 inches)
Height	220	220±2mm (8.66 inches)
Total Height	225	225±2mm (8.86 inches)
Torque Value	10-12	N·m

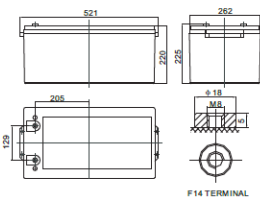


Figura 12. Catálogo de baterías

Para determinar el número de baterías se utiliza la fórmula la fórmula 25, utilizando la capacidad calculada y la capacidad de la batería a utilizarse que la encontramos en el catálogo.

$$N^{\circ} \text{ de baterías} = \frac{\text{capacidad calculada}}{\text{capacidad de catalogo de baterías}}$$

$$N^{\circ} \text{ de baterías} = \frac{927,6 \text{ A}}{200 \text{ A}} = 4.6 \text{ Baterías}$$

Encontramos que se necesita 5 baterías de 48 V, en el mercado esa batería no está disponible por lo cual se hará un arreglo al banco de batería utilizando 20 baterías de 200 A y 12V.

3.6 CÁLCULO DEL INVERSOR

Para el cálculo del inversor tomamos la capacidad del sistema y la capacidad del inversor a utilizar la cual la obtenemos de catálogos.

General specification

- Input Wave form: Sine wave (Utility or Generator)
- Nominal voltage: 120VAC 230VAC
- Low voltage trip: 90v ± 4% 184v/154v ± 4%
- Low voltage re engage: 100v ± 4% 194v/164v ± 4%
- High voltage trip: 140v ± 4% 253v ± 4%
- High voltage re engage: 135v ± 4% 243v ± 4%
- Max input AC voltage: 150VAC 270VAC
- Nominal input frequency: 50Hz or 60Hz (Auto detect)
- Low freq trip: 47 Hz for 50 Hz, 57Hz for 60Hz
- High freq trip: 55 Hz for 50 Hz, 65 Hz for 60Hz (Bypass mode) same as input
- Output wave form: Circuit breaker
- Overload protection: Circuit breaker
- Short circuit protection: 30 amp or 40 amp
- Transfer switch rating: 30 amp or 40 amp
- Efficiency on line transfer mode: 95%+
- Line transfer time: 10 ms Typical
- Bypass without battery connected: Yes
- Max bypass current: 30 amp or 40 amp
- Bypass over load current: 35 amp or 45 amp Alarm

Power star

Inverter specification / output

- Output wave form: Pure sine wave or quasi sine wave
- Output continuous power watts: 1000 2000 3000 4000 5000 6000
- Output continuous power VA: 1000 2000 3000 4000 5000 6000
- Power factor: 0.9-1.0
- Nominal output voltage rms: 120/230VAC
- Output voltage regulation: +/- 10% rms
- Output frequency: 50Hz ± 0.3Hz or 60Hz ± 0.3Hz
- Nominal efficiency: >88%
- Surge ratings: 3000 6000 9000 12000 15000 18000
- Short circuit protection: Yes, fault after 10 secs

Ordering Information

Typical part number > PS W7 -8 -20 -12 -E 00

- 1. Basic Series: PS W7 - Combined Inverter & Charger
- 2. Waveform: S = Pure Sinewave Q = Quasi Sinewave
- 3. Power Rating: 10 = 1000W 20 = 2000W 30 = 3000W 40 = 4000W 50 = 5000W 60 = 6000W
- 4. Battery Voltage: 12 = 12VDC 24 = 24VDC 48 = 48VDC
- 5. AC Voltage: E = 230VAC NC = 120VAC
- 6. Suffix: 00 = Standard model 01 = Customer model

AC input current specification

Input C	SW Status
1A	SW ₁ ON
2A	SW ₁ +SW ₂ ON
3A	SW ₁ +SW ₂ +SW ₃ ON

Figura 13. Catalogo proviento (Poder Start W7)

$$\text{Numero de inversores} = \frac{\text{Capacidad del sistema}}{\text{Capacidad del inversor de catalogo}}$$

$$\text{Numero de inversores} = \frac{3695 \text{ W}}{4000 \text{ W}} = 0,92$$

$$\text{Numero de inversores} = 1$$

3.7 DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR

Para seleccionar el conductor a usarse se realizó un cálculo utilizando la ecuación 28, y se lo determinara por tramos de la instalación.

$$S = 2 \frac{l * I}{k * U} \text{ (mm}^2\text{)}$$

▪ Dimensionamiento del conductor del generador hasta el regulador

- Se utilizará conductor de cobre porque es el material más usado en instalaciones eléctricas su conductividad es de $k = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$
- Longitud= 6m.
- La corriente de cortocircuito de los paneles es de 72,22 A.
- La caída de voltaje entre el panel y el regulador debe ser máximo del 5%, como el sistema es de 48V la caída será de 2,4V.

$$S = 2 \frac{6 * 72,22}{56 * 2,4} = 6,44 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Como resultado tenemos 6,44 mm² que se aproxima a 7 mm² según la tabla 6 de calibres, el conductor idóneo para conectar los paneles con el regulador es el calibre # 8.

Tabla 6. Especificaciones técnicas de los cables(www.electricidad-gratuita.com)

Calibre AWG- MCM	Sección Real (mm ²)	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.390	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275

▪ **Dimensionamiento del conductor del regulador al banco de baterías**

- Se tiene una longitud de 2m
- La caída de tensión entre el regulador y el banco de baterías será máximo del 1%, siendo 0,48 V
- La corriente será de 72.22 A

$$S = 2 \frac{2 * 72,22}{56 * 0,48} = 10.74(mm^2)$$

El cable a utilizarse en esta sección será de calibre #6

- **Dimensionamiento del conductor del banco de baterías al inversor**
 - Se tiene una longitud de 1m
 - La caída de tensión entre el banco de baterías y el inversor será máximo del 1%, siendo 0,48 V
 - La corriente será de 72.22 A

$$S = 2 \frac{1 * 72,22}{56 * 0,48} = 5.3(mm^2)$$

En este tramo el conductor a utilizarse será un calibre # 8.

3.8 GENERACIÓN ANUAL

Se determinará la generación anual del sistema, calculó la generación diaria de cada panel.

$$\text{Generacion de energía} = HPS * W_{panel} * \text{perdidas del panel}$$

$$\text{Generacion de energía} = 4.27h/dia * 350W * 0,9$$

$$\text{Generacion de energía} = 1345,05 Wh/dia$$

$$1345,05 \frac{Wh}{dia} * 365 \frac{dia}{año} * \frac{1kWh}{1000Wh} = 490,94 \frac{kWh}{año}$$

La producción total anual se multiplica por el número de paneles:

$$\text{Producción total} = \text{generacion de energia anual} * \# \text{ de paneles}$$

$$\text{Producción total} = 490,94 \frac{kWh}{año} * 14$$

$$\text{Producción total} = 6873,21 kWh/año$$

3.9 ANÁLISIS DE COSTOS

La inversión inicial del diseño, selección e instalación de un sistema solar fotovoltaico resulta alta, debido a que los elementos que lo componen son de tecnología de última generación por ende tienen un alto costo de adquisición, además se debe tomar en cuenta otros costos que también incurren en el proyecto.

Para encontrar el costo de inversión se realiza el cálculo de los costos directos e indirectos.

3.9.1 COSTOS DIRECTO

En la tabla 5 se detallan la inversión fija que se debe realizar para la aplicación del proyecto, en la cual están los elementos del sistema, la instalación y el transporte.

Tabla 7. Costos directos

Descripción	Cant.	Costo Unit	Costo Total
Paneles fotovoltaicos de 350 W	14	290	4060
Inversor de 400W	1	800	800
Regulador de carga de 80 Ah	1	500	500
Baterías de Gel	20	240	4800
Sistema de soporte (racks)			250
Cableado (m)	1	100	100
sistema a tierra	3	40	120
Caja de interruptores DC			80
Caja de interruptores AC			100
Transporte	3	30	90
Mano de obra (Contrato)			1000
Materiales			100
Total			\$ 12000

3.9.2 COSTOS INDIRECTOS

En los costos indirectos se toma en cuenta valores referenciales en relación a los costos directos, los cuales se detallan en la tabla 6.

Tabla 8. Costo indirecto

Descripción	Total
Imprevistos	100
Combustible	60
Total	\$160

3.9.3 COSTO TOTAL

Una vez calculado el costo directo y el costo indirecto se suman para así obtener el costo total, así como se muestra en la tabla 7.

Tabla 9. Costo total del proyecto

COSTO TOTAL	
Descripción	Valor
Costos directos	12000
Costos Indirectos	160
COSTO TOTAL	\$12160

El costo total del proyecto es de un valor de 14160\$.

3.9.4 COSTO DE GENERACIÓN ANUAL

Para el análisis de la viabilidad del proyecto se recopiló datos del pago del consumo de energía eléctrica de la escuela “Trece de Abril”, obteniendo como resultado un promedio de 1034 dólares al año.

3.9.5 DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

Para determinar la viabilidad del proyecto se calculará el VAN y el TIR, indicadores económicos que especifican la ganancia que se obtendrá con el mismo.

Al analizar la tabla 8 se observa que tiene que el proyecto tiene un VAN positivo lo que demuestra que es viable económicamente y un TIR del 2%.

Tabla 10. Calculo del VAN y del TIR

AÑO	VALOR
0	\$-12.160,00
1	1034
2	1034
3	1034
4	1034
5	1034
6	1044,3
7	1054,8
8	1065,3
9	1076,0
10	1086,7
11	1108,5
12	1130,6
13	1153,3
14	1176,3
15	1199,9
16	1247,8
17	1297,8
18	1349,7
19	1403,7
20	1459,8
VAN	\$617,98
TIR	7%
I	6%

3.9.6 TIEMPO DE REECUPERACIÓN

Para calcular el tiempo de recuperación se utilizará la fórmula 32.

$$\text{Tiempo de recuperacion} = \frac{\text{costo del proyecto} * 12}{\text{flujo neto de caja}}$$

$$\text{Tiempo de recuperacion} = \frac{12160 * 12}{1034} = 142 \text{ meses}$$

$$\text{Tiempo de recuperacion} = 11 \text{ años y } 10 \text{ mes}$$

3.10 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- El dimensionamiento de cada uno de los elementos constitutivos del sistema de paneles solares se ha realizado en base datos específicos como el consumo mensual de energía de la escuela y la radiación solar que recibe el lugar.
- Para abastecer la escuela se necesita producir 4431,83 Wh por lo cual se seleccionó 14 paneles solares de la marca eco Green con una capacidad de 350 W y 24V.
- El regulador fue seleccionado con la corriente de carga del sistema, siendo así que se escogió 2 reguladores de la Morningstar Corporation, de 60 A y 45 A, los dos a 48 V.
- Para que el banco de baterías almacene la energía necesaria para suministrar a la escuela hasta dos días, se necesita contar con 20 baterías de 12V y 200Ah los cuales se seleccionó de la marca RITAR.
- La mayor parte de los aparatos eléctricos de la escuela trabajan a corriente alterna por ello se optó por un seleccionar un inversor de onda sinusoidal de 4000W el de la mara Power Star W7.
- En el análisis del VAN y TIR se determinó que el proyecto es viable económicamente ya que tiene un VAN positivo con una tasa de interés del 6% y un TIR del 7%.

- En el análisis de costos se consideró el costo del proyecto y el costo por generación de los cual se determinó que proyecto es económica viable con un tiempo de recuperación de 11 años y 10 meses.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de paneles solares en el Ecuador específicamente en la parroquia “Luz de América” es viable, porque el país por su ubicación recibe una radiación casi perpendicular favoreciendo al uso de esta tecnología.
- Se realizó un levantamiento de carga en el cual se obtuvo como resultado que la escuela consume un promedio de 14745 Kwh al día, teniendo una carga alta por lo que el diseño del sistema de paneles solares se lo realizara con un voltaje de 48V.
- El diseño del sistema de paneles solares utilizara 14 módulos de 350 W los mismos producirá un promedio de 17727,32 Wh/día, abasteciendo así el consumo de la escuela que es de 14745 Wh/día, además contara con un banco de baterías que tendrá la capacidad de abastecer el consumo de la escuela hasta por dos días de sombra.
- En el análisis económico se concluyó que el proyecto no tiene una tasa de retorno inmediato debido a que los costos del equipo son altos teniendo así que la inversión inicial tiene un tiempo de recuperación de 11 años y 10 meses.

4.2 RECOMENDACIONES

- Dar mantenimiento a los paneles solares por lo menos cada seis meses para alargar su vida útil y aprovechar la captación de intensidad luminosa.
- Realizar un estudio de la carga instalada en el lugar a realizarse el proyecto para determinar el tamaño del mismo, ya que de este factor se ve afectado el costo de inversión.
- Ubicar el banco de baterías y el regulador en un lugar aislado y sin humedad, ya que dichas baterías emiten gases que pueden causar accidentes cuando se requiera manipularlos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Abella, M. (2017). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid.
- Arena, D., & Zapata, H. (2011). *La energía y sus aplicaciones. Memoria para optar al título de Tecnólogo en Electricidad*. Pereira Colombia.
- Barrera, I. M., & Euán, J. E. (2015). *Metodología para la transferencia de conocimiento*. Yucatán, México.
- Blog de Cemaer. (24 de Julio de 2014). *Paneles solares ventajas y desventajas*. Obtenido de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2014/07/24/tipos-de-paneles-solaresventajas-y-desventajas/>
- Cañar, D. (2014). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA GENERACIÓN DE*.
- Castejon, A. (2018). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: S.A. EDICIONES PARANINFO.
- Castejon, A., & Santamaria, G. (2012). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: Editex.
- CHIRIBOGA, P. R. (2009). *Evaluación de las Energías Renovables No Convencionales factibles de desarrollarse en Ecuador*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- CONELEC. (2008). *Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*.
- EEQ. (2014). *NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN*. En M. Sosa, *NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN*.
- Energía solar fotovoltaica . (2016). En M. D. Juan Plá, *Energía Solar* (págs. 3-38).
- Flores, L. (2011). *El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de lo siguiente:*.
- Grupo NAP. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid.

- Guerrero, C., & León, D. (2018). *Estudio preliminar del potencial solar y de implementación de una central solar térmica concentrada en Ecuador*.
- Guerrero, M. (2012). *Proyecto de factibilidad para el uso de paneles solares en generación fotovoltaica*. Riobamba.
- Kasap, S. (2006). *Principles of electronic materials and devices*.
- KOZIY, V. (2016). *DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED DE 15MWn EN LONGREACH, AUSTRALIA*. Valencia-España.
- La Bateria. (2006). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html)
- Méndez, J., & Cuervo, R. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Moreno, R. (17 de 12 de 2012). Energías Renovables y limpias: solar, eólica, geotérmica, hidráulica, mareomotriz.
- Pareja, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Paterson, P. (2017). Calentamiento global y cambio climático en Sudamérica. *Política y Estrategia*, 153-188.
- Pereda, I. (2005). *Celdas Fotovoltaicas en generación distribuida*. Santiago de Chile.
- Torres, L. (2009). *Metodología para el análisis del*. Barcelona.
- Trasancos, J. G. (2016). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión*.

ANEXOS

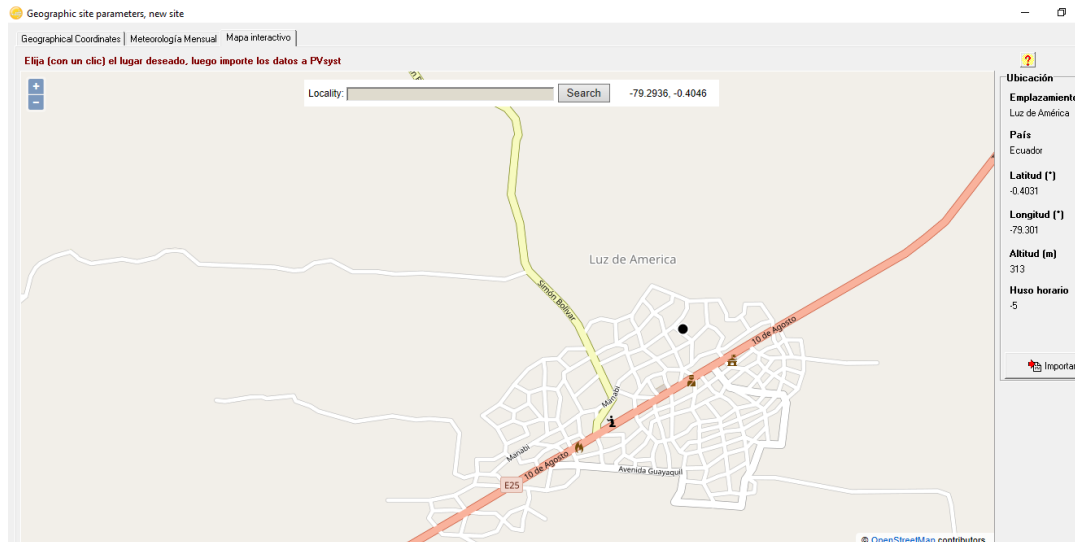
ANEXO 1.

TABLA DEL LEVANTAMIENTO DE CARGAS EN LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”

Descripción	Cantidad	Potencia por unidad (W)	Potencia Total (W)	Horas de uso (h/día)	Energía diaria requerida (Wh/d)
FOCOS	120	9	1080,0	3,0	3240,0
CAJA AMPLIFICADORA	1	650	650,0	1,0	650,0
CPU HP	25	20	500,0	6,0	3000,0
MONITORES HP	25	20	500,0	6,0	3000,0
RAC	1	500	500,0	8,0	4000,0
INFOCUS	1	320	320,0	2,0	640,0
IMPRESORA LEXMARK	3	25	75,0	1,0	75,0
VENTILADOR	1	70	70,0	2,0	140,0
TOTAL			3695,0		14745,0

ANEXO 2.

DATOS DE RADIACIÓN SOLAR DEL SOFTWARE PVSYSTEM 6.7.9



Geographic site parameters, new site

Geographical Coordinates | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

Sitio: **Luz de América (Ecuador)**

Origen de datos:

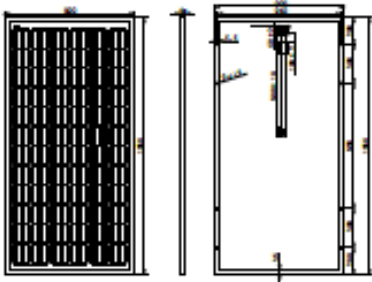
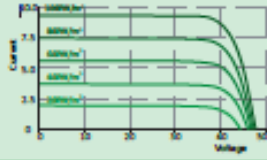
	Irradiación global horizontal	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del Viento	Linke Turbidity	Relative Humidity
	kWh/m ² .día	kWh/m ² .día	°C	m/s	[-]	%
Enero	4.32	2.27	24.3	2.60	3.330	75.2
Febrero	4.82	2.79	24.2	1.99	3.262	80.2
Marzo	4.96	2.67	24.5	2.00	3.262	80.5
Abril	4.82	2.52	24.2	2.21	3.463	79.4
Mayo	4.65	2.13	23.8	2.70	3.463	76.2
Junio	4.32	2.28	22.2	3.19	3.767	79.3
Julio	4.03	2.21	22.2	3.50	3.767	77.7
Agosto	4.34	2.58	22.0	3.59	3.527	77.5
Septiembre	4.58	2.31	21.7	3.70	3.710	77.6
Octubre	4.19	2.64	22.2	3.80	3.824	76.7
Noviembre	3.84	2.55	22.4	3.60	3.983	75.8
Diciembre	4.30	2.34	23.6	3.40	4.062	72.4
Año	4.43	2.44	23.1	3.0	3.618	77.4

Pegar Pegar Pegar Pegar

Irradiación global horizontal variabilidad de un año al otro 6.8%

ANEXO 3.

CATÁLOGO DEL PANEL SOLAR DE 350 W

Engineering drawings		IV curves							
									
Temperature characteristics									
NOCT	45 °C ±2 °C								
Temperature coefficient of Pmax	-0.41 %/°C								
Temperature coefficient of Voc	-0.31 %/°C								
Temperature coefficient of Isc	+0.06 %/°C								
Electrical characteristics at STC*									
Power output (Pmax)	310 W	315 W	320 W	325 W	330 W	335 W	340 W	345 W	350 W
Panel efficiency	15.98 %	16.23 %	16.50 %	16.75 %	17.01 %	17.27 %	17.52 %	17.78 %	18.04 %
Maximum power voltage (Vmp)	37.04 V	37.06	37.15 V	37.53V	37.88 V	37.93 V	38.54 V	38.41 V	38.71 V
Maximum power current (Imp)	8.36 A	8.45 A	8.52 A	8.61 A	8.68 A	8.75 A	8.82 A	8.98 A	9.04 A
Open circuit voltage (Voc)	45.42 V	45.61 V	45.87 V	45.99 V	46.28 V	46.55 V	46.76 V	46.64 V	46.88 V
Short circuit current (Isc)	8.83 A	8.91 A	8.97 A	9.05 A	9.12 A	9.18 A	9.24 A	9.32 A	9.38 A
*Standard test conditions: Irradiance: 1000 W/m ² • cell temperature: 25 °C • AM: 1.5									
Electrical characteristics at NOCT*									
Power output (Pmax)	231 W	235 W	239 W	242 W	246 W	250 W	254 W	257 W	261 W
Maximum power voltage (Vmp)	29.42 V	34.94 V	35.23 V	35.40 V	35.65 V	35.89 V	36.13 V	36.01V	36.29 V
Maximum power current (Imp)	6.64 A	6.71 A	6.76 A	6.84 A	6.89 A	6.95 A	7.01 A	7.13 A	7.18 A
Open circuit voltage (Voc)	42.12 V	42.30 V	42.54 V	42.65 V	42.92 V	43.17 V	43.36 V	43.25 V	43.48 V
Short circuit current (Isc)	7.18 A	7.24 A	7.29 A	7.36 A	7.42 A	7.46 A	7.51 A	7.58 A	7.63 A
*Nominal operating cell temperature: Irradiance: 800 W/m ² • ambient temperature: 20 °C • AM: 1.5 • wind speed: 1 m/s									
General characteristics		Operating conditions							
Cell type	Monocrystalline (156.75×156.75 mm)	Operating temperature range	-45 °C ~ +85 °C						
Number of cells	72	Max system voltage	1000 V						
Dimensions	1956×992×40 mm	Max series fuse rating	20 A						
Weight	22.8 kg	Max front load (ex: snow)	5400 Pa						
Glass	3.2 mm tempered glass	Max back load (ex: wind)	2400 Pa						
Frame	Anodized aluminium alloy	Packaging							
Junction box	IP65 or IP67	Per pallet	26 pcs						
Cable	0.9 m	Per 20ft GP container	300 pcs						
Connector	MC4 or MC4 compatible	Per 40ft GP container	640 pcs						
		Per 40ft HQ container	660 pcs						

www.eco-greenenergy.com

ANEXO 4.
CATÁLOGO REGULADOR 80A



PC1800F Series

MPPT Solar

Características:

- 60A/80A MPPT Regulador de carga solar (Ventilación forzada)
- 12V/24V/48V (auto detección); 36V(configurable)
- Eficiencia MPPT >99%, pico eficiencia conversión >98%
- Arquitectura de procesadores DSP que aseguran una gran velocidad y rendimiento.
- Carga en multi-etapas
- Protección: Cortocircuito en paneles, polaridad inversa en paneles y baterías sobrecarga, cortocircuito en la salida.
- Función de equalización
- Función BTS

Introducción:

MPPT (Maximum Power Point Tracking) o bien seguidor de máxima potencia. Es un tipo de regulador de carga que ofrece un modo seguro y eficiente de carga de su batería. Este prolongará la vida de la misma y asegurará un rendimiento máximo de su instalación solar. Podremos configurarlo a nuestro gusto y visualizar sus datos con su pantalla LCD.

Información Display LCD



- 1.ON/MENU: Entrar o salir del menú de ajustes.
- 2.UP: Incrementar dato.
- 3.DOWN: Decrementar dato.
- 4.ENTER: Confirmar la selección en ajustes.
- 8.Display LCD.

Indicador LED		Mensajes
5. POWER ON/ CHARGING	Verde	Encendido El regulador está encendido.
	Parpadeo	El regulador está cargando. Estado de carga: parpadeo cada 0.5 segs. Estado de absorción: flashing every second Estado de flotación: parpadeo cada 3 segs. Estado de flotación: parpadeo cada 5 segs.
6. FAULT/ WARNING	Rojo	Encendido Se ha producido un fallo.
	Parpadeo	Situación de advertencia.
7. WIRING FAULT	Rojo	Encendido Polaridades de la batería no conectadas correctamente.



1. PV+ Terminal positivo paneles
2. PV- Terminal negativo paneles
3. BA- Terminal negativo baterías
4. BA+ Terminal positivo baterías



5. COM: Terminal de comunicaciones RS485
6. BTS: Terminal BTS
7. USB

Conexión del sistema solar



Especificaciones

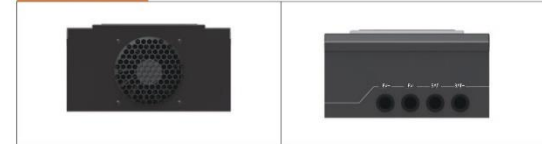
MODELO	PC18-6015F	PC18-8015F
Voltaje nominal sistema baterías	12V/24V/48VDC (Auto detección); 36V(setting)	
CONTROLADOR ENTRADA	Voltaje de baterías	12V 24V 36V 48V
	Voltaje máximo entrada solar	100V 145V
	Rango del MPPT	15-95V 30-130V 45-130V 60-130V
	Potencia máxima entrada paneles (12V)	935W 1250W
	Potencia máxima entrada paneles (24V)	1875W 2500W
Potencia máxima entrada paneles (36V)	2813W 3750W	
Potencia máxima entrada paneles (48V)	3750W 5000W	
BATERÍA	Configuraciones de carga	Estado de absorción Estado de flotación
	Flooded Battery	14.2V/28.4V/42.6V/56.8V 13.7V/27.4V/41.1V/54.8V
	AGM/Gel/LEAD battery (predefinem.)	14.4V/28.8V/43.2V/57.6V 13.7V/27.4V/41.1V/54.8V
	Voltaje de sobre-carga	15.5V/30.0V/45.0V/60.0V
	Voltaje recuperación de sobre-carga	14.5V/29.5V/44.5V/59.0V
	Voltaje bajo batería defectuosa	10.0V/17.0V/25.5V/34.0V
Coefficiente compensación temperatura	-3mV/°C/celda (25°C ref)	
MPPT	Pico de eficiencia de conversión 98% (MPPT Eficiencia 99%)	
ESPECIFICACIONES GENERALES	Máxima corriente de carga	60 amps constantes @ 40°C ambiente 80 amps constantes @ 40°C ambiente
	Modo de ventilación	ventilación forzada
DISPLAY & PROTECCIÓN	Protecciones	Desconexión voltaje PV excesivo Reconexión voltaje PV excesivo Desconexión voltaje batería excesivo Reconexión voltaje batería excesivo Desconexión temperatura excesiva Reconexión temperatura excesiva
	Montaje	En pared
ESPECIFICACIONES FISICAS	Dimensiones (W*H*D)	152*100*294mm
	Peso (Kg)	3Kg/pcs
	Dimensiones paquete (W*H*D)	612*308.2*235.6mm
	Peso total (Kg) (por embalaje)	17.4Kg 19Kg (per Carton)
OTROS	Lugar de instalación	Interior
	Rango temperatura de funcionamiento	-25-55°C
	Humedad ambiente	0-90% humedad relativa(sin condensación)
	Altitud	≤3000m
Contenedor(20GP/40GP/40HQ)	3000pcs / 6000pcs / 7200pcs	

* Product specifications are subject to change without further notice.

Lateral regulador



Plano trasero



ANEXO 5.
CATALOGO BATERIA DE 12 V Y 200A

OPzV12-200 (12V200Ah)

RITAR®

Ritar OPzV series is Valve Regulated Lead Acid battery that adopts immobilized GEL and Tubular Plate technology to offer high reliability and performance. The Battery is designed and manufactured according to DIN standards and with die-casting positive grid and patented formula of active material OPzV series exceeds DIN standard values with more than 18 years floating design life at 25°C, and it is the best solution for cyclic use under extreme operating conditions.

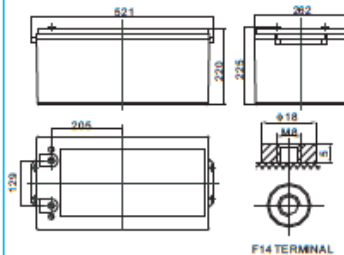
Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Nominal Capacity	200Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 73.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Internal Resistance	Approx. 5.0 mΩ
Terminal	F14(M8)
Max. Discharge Current	2000A (5 sec)
Design Life	18 years (floating charge)
Maximum Charging Current	40.0 A
Reference Capacity	C24 201.4AH C48 212.8AH C72 223.4AH C100 228.0AH C120 232.6AH C240 246.2AH
Float Charging Voltage	13.5 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.2 V~14.4 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C~60°C Charge: -20°C~50°C Storage: -40°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 2% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



Dimensions

Unit: mm



Length	523mm (20.5 inches)
Width	262mm (10.3 inches)
Height	225mm (8.86 inches)
Total Height	255mm (10.04 inches)
Torque Value	10-12 N·m

Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/ Time	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.90V	98.40	78.00	55.02	41.71	34.20	29.55	26.60	20.76	17.80	9.347
1.87V	110.0	86.00	59.02	44.23	36.10	31.09	28.20	21.73	18.60	9.764
1.83V	126.0	96.00	64.00	47.16	38.00	32.43	29.20	22.70	19.40	10.19
1.80V	140.0	104.0	66.40	48.49	38.76	33.20	30.00	23.28	20.00	10.50
1.75V	156.0	111.4	69.42	50.44	39.40	34.00	30.60	23.67	20.40	10.71
1.70V	172.0	115.0	71.42	51.42	40.09	34.40	31.00	23.86	20.60	10.81
1.65V	177.4	122.2	73.82	52.80	40.66	34.80	31.40	24.06	20.80	10.92
1.60V	185.0	126.4	76.62	55.02	41.80	35.40	31.80	24.25	21.00	11.03

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

F.V/ Time	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.90V	188.4	149.8	106.3	80.81	66.96	58.20	52.60	41.52	36.28	19.04
1.87V	207.3	162.6	112.7	84.67	70.52	61.00	55.60	43.26	37.83	19.86
1.83V	232.1	177.3	120.0	89.04	74.00	63.40	57.40	44.81	39.19	20.57
1.80V	253.6	189.1	124.0	91.04	75.41	64.80	58.80	45.79	40.16	21.08
1.75V	275.2	197.6	128.0	93.85	76.37	66.40	59.80	46.36	40.74	21.39
1.70V	295.0	199.6	131.3	95.41	77.56	67.00	60.40	46.76	41.13	21.59
1.65V	300.1	208.4	134.9	97.56	78.59	67.60	61.00	47.14	41.32	21.70
1.60V	303.7	214.9	138.1	100.7	80.59	68.20	61.40	47.33	41.52	21.79

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.

ANEXO 6. CATÁLOGO DEL INVERSO DE 4000W

General specification

Input Wave form:
 Nominal voltage:
 Low voltage trip:
 Low voltage re engage:
 High voltage trip:
 High voltage re engage:
 Max input AC voltage:
 Nominal input frequency:
 Low freq trip:
 High freq trip:
 Output wave form:
 Overload protection:
 Short circuit protection:
 Transfer switch rating:
 Efficiency on line transfer mode:
 Line transfer time:
 Bypass without battery connected:
 Max bypass current:
 Bypass over load current:
Inverter specification / output
 Output wave form:
 Output continous power watts:
 Output continous power VA:
 Power factor:
 Nominal output voltage rms:
 Output voltage regulation:
 Output frequency:
 Nominal efficiency:
 Surge ratings:
 Short circuit protection:
Inverter specification / input
 Nominal input voltage:
 Minimum start voltage:
 Low battery alarm:
 Low battery trip:
 High voltage alarm:
 Power saver:
 Power saver:

Charger mode specification

Input voltage range:
 Output voltage:
 Charge current:
 Battery initial voltage for start up:
 Over charge protection shutdown:
Charger curves (4 stage constant current) battery types
4 step digital controlled progressive charge
 Battery type:
 Gel U.S.A
 A.G.M. 1
 A.G.M. 2
 Sealed lead acid
 Gel euro
 Open lead acid
 Calcium
 De-sulphation
 Remote control / RS232 / USB
 Size: in mm
 Weight:

Power star

Sine wave (Utility or Generator)
 120VAC 230VAC
 90v ± 4% 184v / 154v ± 4%
 100v ± 4% 194v / 164v ± 4%
 140v ± 4% 253v ± 4%
 135v ± 4% 243v ± 4%
 150VAC 270VAC
 50Hz or 60Hz (Auto detect)
 47 Hz for 50 Hz, 57Hz for 60 Hz
 55 Hz for 50 Hz, 65Hz for 60 Hz
 (Bypass mode) same as input
 Circuit breaker
 Circuit breaker
 30 amp or 40 amp
 95%+
 10 ms Typical
 Yes
 30 amp or 40 amp
 35 amp or 45 amp; Alarm
 Pure sine wave or quasi sine wave
 1000 2000 3000 4000 5000 6000
 1000 2000 3000 4000 5000 6000
 0.9-1.0
 120/230VAC
 +/- 10% rms
 50Hz ± 0.3Hz or 60Hz ± 0.3Hz
 >88%
 3000 6000 9000 12000 15000 18000
 Yes, fault after 10 secs
 12v 24v 48v
 10v 20v 40v
 10.5v 21v 42v
 10v 20v 40v
 16v 32v 64v
 Below 25 watts when enabled
 Same switched on/off on remote

95-127VAC 194-243VAC / 184-243VAC(W)
 Dependent on battery type
 35A / 70A
 0-15.7v for 12v(*2 for 24v; *4 for 48v)
 15.7v for 12v(*2 for 24v; *4 for 48v)
Fast V Float V(*2 for 24v; *4 for 48v)

14.9	13.7
14.1	13.4
14.6	13.7
14.4	13.6
14.4	13.8
14.8	13.3
15.1	13.8

 15.5 for 4 hrs
 Yes, Optional
 1000/2000/3000 Model:442*218*179mm
 4000/5000/6000 Model:598*218*179mm
 1000 2000 3000 4000 5000 6000
 18kg 20kg 22kg 35kg 38kg 40kg

Ordering Information

Typical part number = PSW - 8 - 35 - 12 - 4 - 00

1. Basic Series
 PSW = Combined Inverter & Charger

2. Waveform
 S = Pure SineWave Q = Quasi SineWave

3. Power Rating
 10 = 1000W 20 = 2000W 30 = 3000W
 40 = 4000W 50 = 5000W 60 = 6000W

4. Battery Voltage
 12 = 12VDC 24 = 24VDC 48 = 48VDC

5. AC Voltage
 E = 230VAC NC = 120VAC

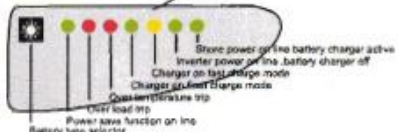
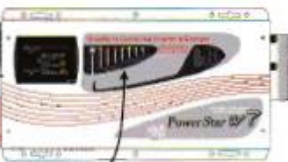
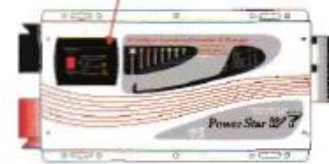
6. Suffix
 00 = Standard model 01 = Custom model

AC Input current specification

Input C	SW Status
1A	SW, ON
2A	SW, SW, ON
3A	SW + SW + SW, ON

Remote control installation

Remove 4 screws holding the panel and disconnect the cable behind it



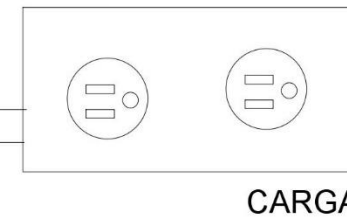
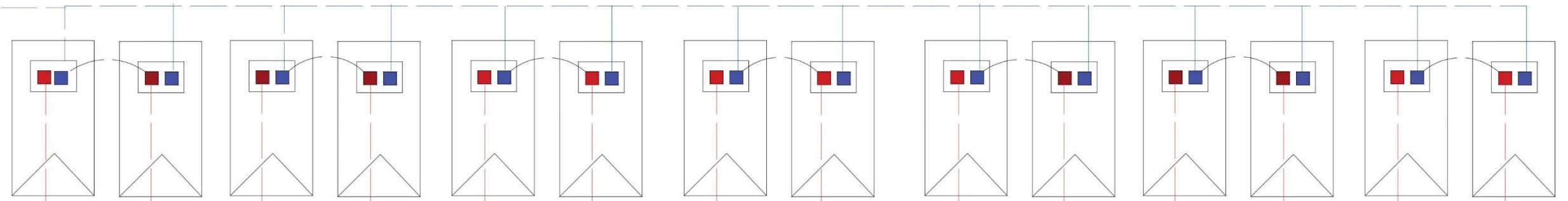
Indication & fault finding chart

Status	Function	L.E.D.s on main unit	L.E.D.s on remote
Charge Function	Constant current charge	on	on
	Constant voltage charge	Flash	on
	Float	on	on
Inverter mode	Standby	on	on
	Inverter on	on	on
Alarms	Power saver on	on	on
	Battery low voltage	on	on
	Battery high voltage	on	on
	Over load (inverter mode)	on	on
	Over temp (inverter mode)	on	on
	Over temp (line mode)	on	on
Fault Mode	Over charge	on	on
	Fan lock	on	on
	Battery high voltage	on	on
	Inverter mode overload	on	on
	Over temperature	on	on
	Back voltage	Flash	Flash

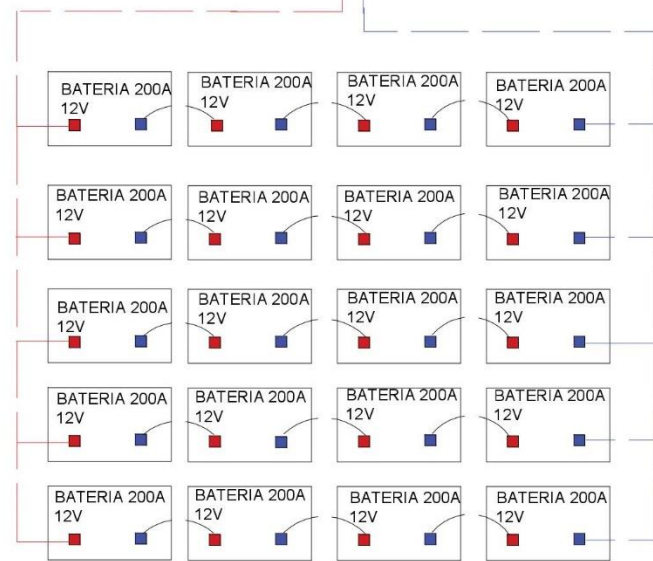
61C-07605-00

ANEXO 7.
ESQUEMA DE CONEXIÓN

PANELES SOLARES 350 W
24 V



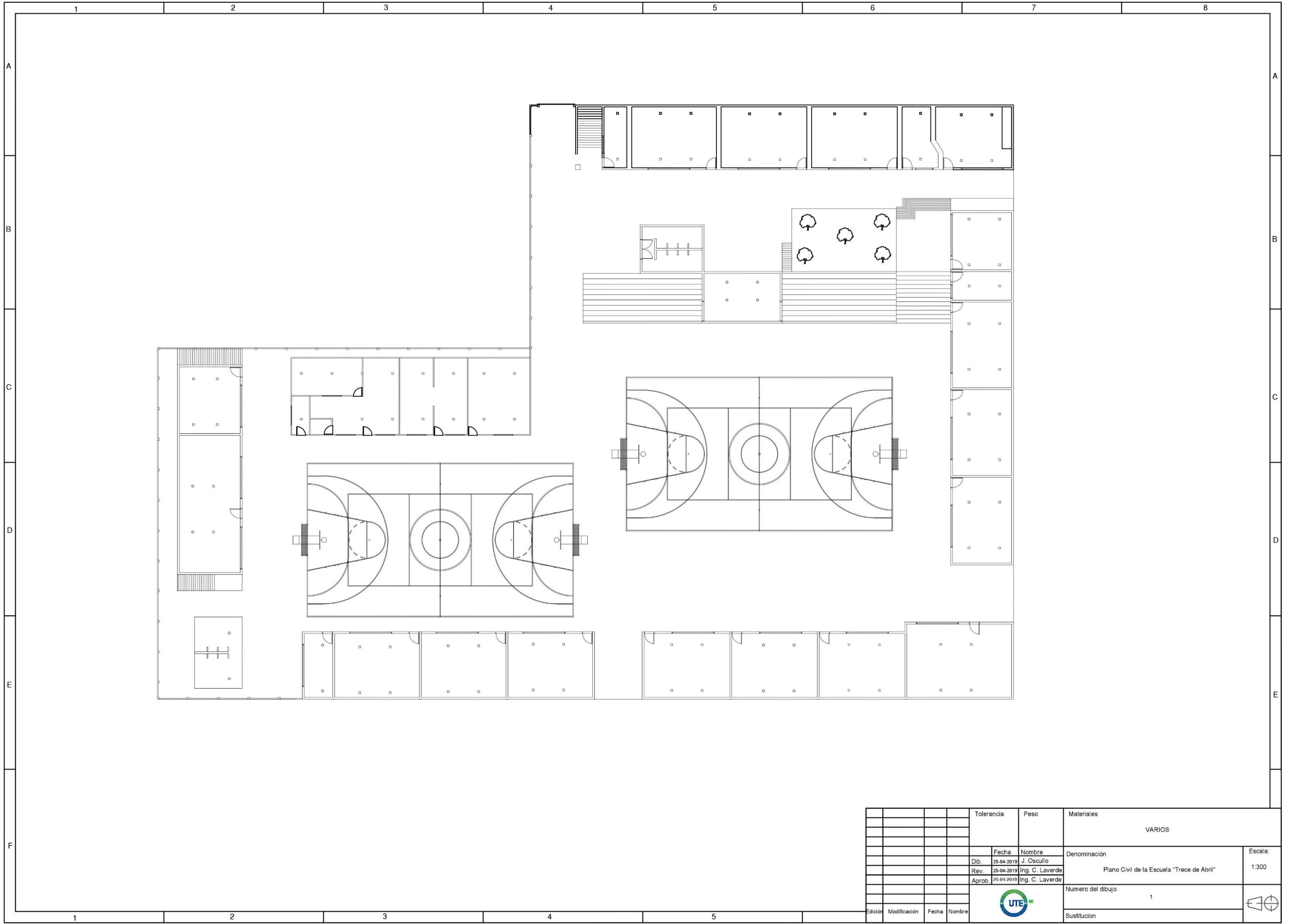
BANCO DE BATERIAS



				Tolerancia	Peso	Materiales		
						VARIOS		
				Fecha	Nombre	Denominación		Escala:
				Dib. 25-04-2019	J. Oscullo	Esquema de conexión del sistema de paneles solares en la escuela "Trece de Abril"		1 : 200
				Rev. 25-04-2019	Ing. C. Laverde			
				Aprob. 25-04-2019	Ing. C. Laverde			
						Número del dibujo		
						1		
						Sustitución		



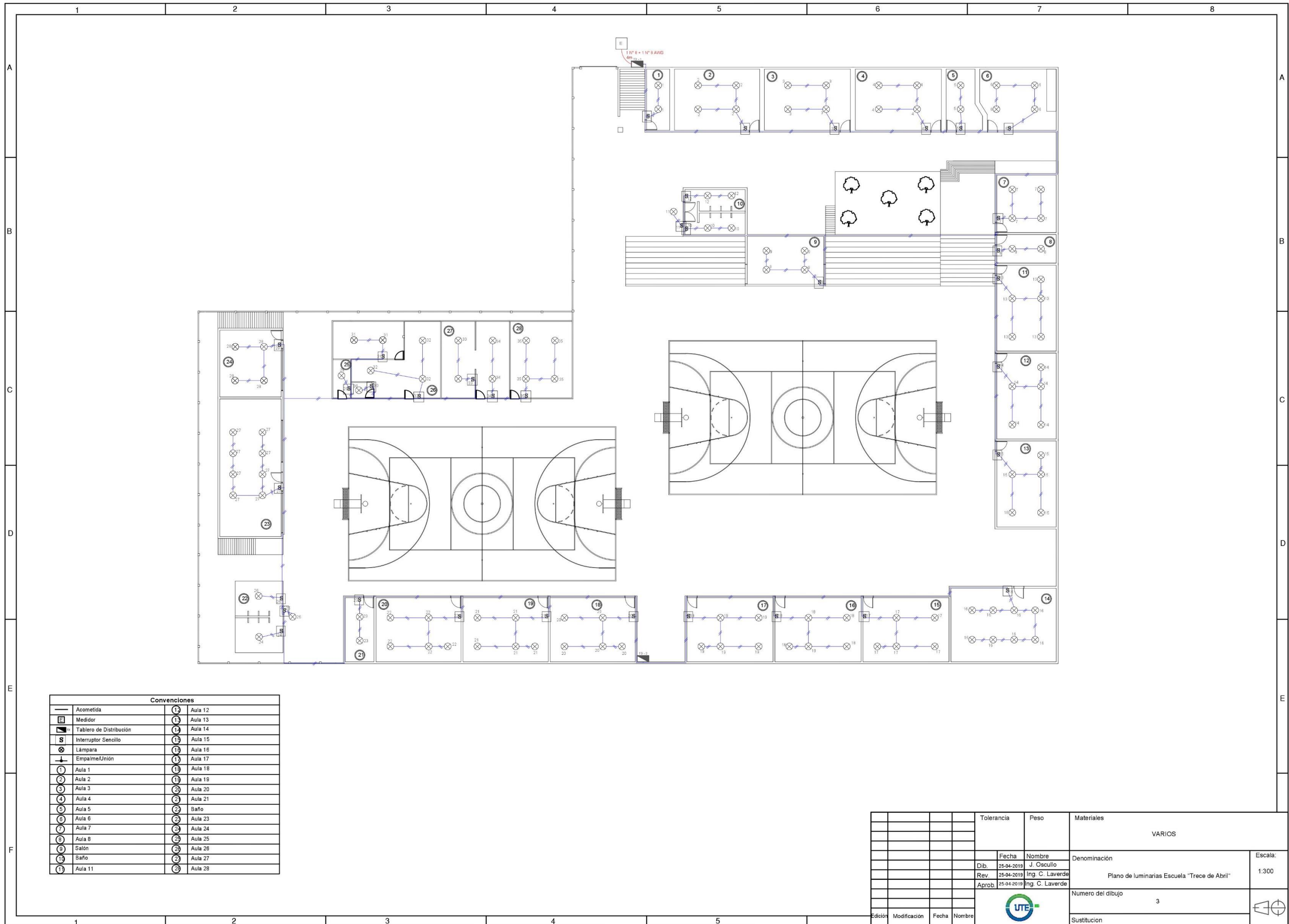
ANEXO 8.
PLANO CIVIL DE LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”



				Tolerancia	Peso	Materiales	
						VARIOS	
				Fecha	Nombre	Denominación	
				Dib. 25-04-2019	J. Oscullo	Plano Civil de la Escuela "Trece de Abril"	
				Rev. 25-04-2019	Ing. C. Laverde	Numero del dibujo	
				Aprob. 25-04-2019	Ing. C. Laverde	1	
						Escala:	
						1:300	
						Sustitución	
				Edición	Modificación	Fecha	Nombre



ANEXO 9.
**PLANO DE LUMINARIAS DE LA ESCUELA “TRECE DE
ABRIL”**



E
1 N° 6 + 1 N° 9 AVIG
4m 10-1

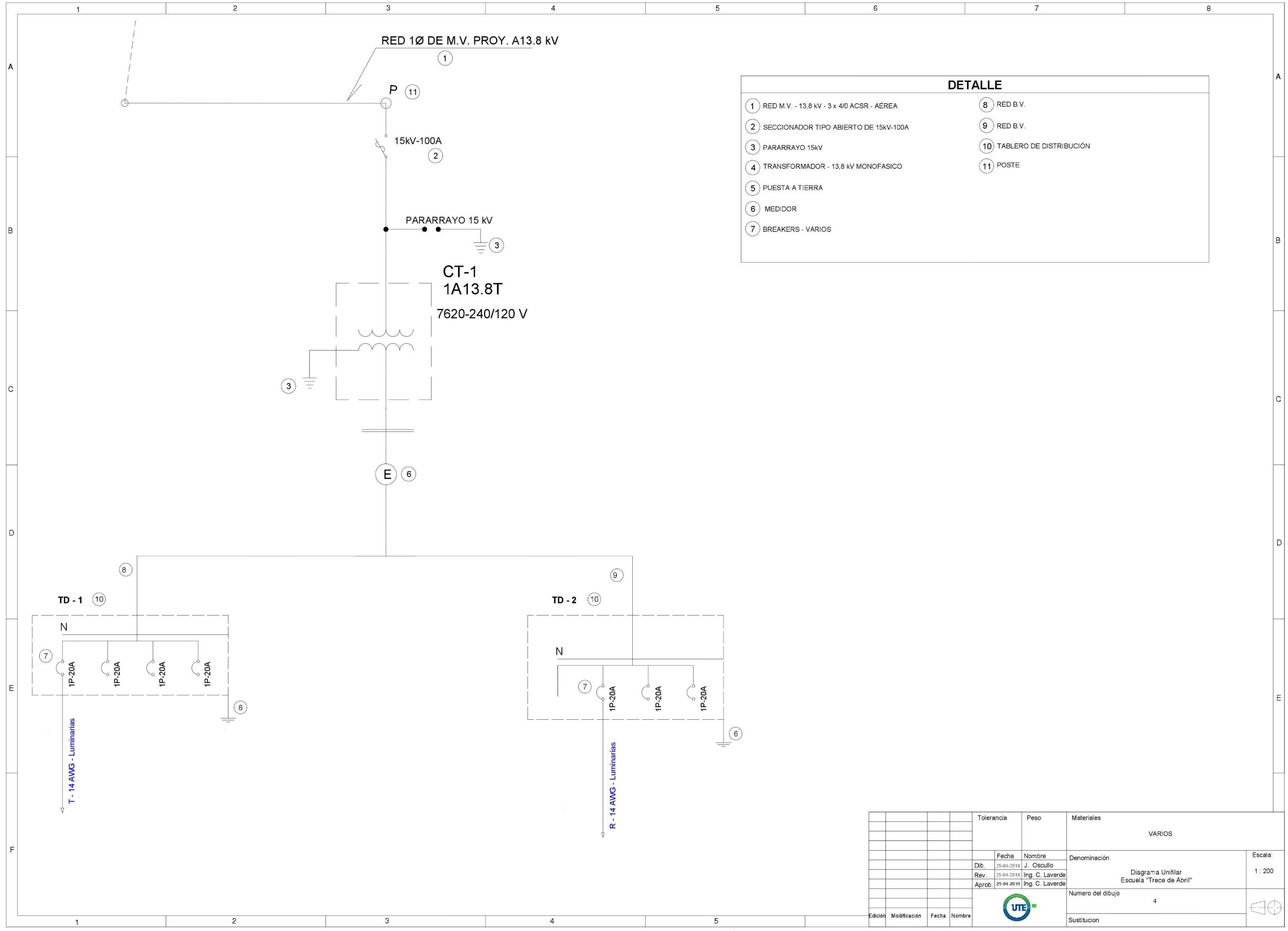
Convenciones			
—	Acometida	12	Aula 12
⊠	Medidor	13	Aula 13
⊞	Tablero de Distribución	14	Aula 14
S	Interruptor Sencillo	15	Aula 15
⊗	Lámpara	16	Aula 16
+	Empalme/Unión	17	Aula 17
1	Aula 1	18	Aula 18
2	Aula 2	19	Aula 19
3	Aula 3	20	Aula 20
4	Aula 4	21	Aula 21
5	Aula 5	22	Baño
6	Aula 6	23	Aula 23
7	Aula 7	24	Aula 24
8	Aula 8	25	Aula 25
9	Salón	26	Aula 26
10	Baño	27	Aula 27
11	Aula 11	28	Aula 28

				Tolerancia	Peso	Materiales		
						VARIOS		
				Fecha	Nombre	Denominación		Escala:
				Dib. 25-04-2019	J. Oscullo	Plano de luminarias Escuela "Trece de Abril"		1:300
				Rev. 25-04-2019	Ing. C. Laverde			
				Aprob. 25-04-2019	Ing. C. Laverde			
						Numero del dibujo		
						3		
						Sustitución		



ANEXO 10.

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA ESCUELA “TRECE DE ABRIL”



DETALLE

1	RED M.V. - 13,8 kV - 3 x 4/0 ACSR - AÉREA	8	RED B.V.
2	SECCIONADOR TIPO ABIERTO DE 15kV-100A	9	RED B.V.
3	PARARRAYO 15kV	10	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
4	TRANSFORMADOR - 13,8 kV MONOFASICO	11	POSTE
5	PUESTA A TIERRA		
6	MEDIDOR		
7	BREAKERS - VARIOS		

				Tolerancia	Peso	Materiales	
						VARIOS	
				Fecha	Nombre	Denominación	Escala:
				Dib. 25-04-2019	J. Oscullo	Diagrama Unifilar	1 : 200
				Rev. 25-04-2019	Ing. C. Laverde	Escuela "Trece de Abril"	
				Aprob. 25-04-2019	Ing. C. Laverde	Numero del dibujo	
						4	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



