

# DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA EMPRESA GOG INGENIERIA ELECTRICA LTDA. DE LA CIUDAD DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

*Autor: MANUEL ADRIAN CONTRERAS RODRIGUEZ.*

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.*

*Programa Académico Tecnología en mantenimiento Electromecánico Industrial.*

*Universidad Antonio Nariño*

*Cúcuta -Norte de Santander*

[macontreras21@uan.edu.co](mailto:macontreras21@uan.edu.co)

*Director: ANTONIO GAN ACOSTA*

*Ingeniero Electricista Ph. D.*

[Antonio.gan@uan.edu.co](mailto:Antonio.gan@uan.edu.co)

**Resumen** - El presente trabajo de grado está orientado al diseño de un sistema eléctrico alimentado con energía solar fotovoltaica para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander. Con el fin que el lugar cuente con una adecuada instalación eléctrica cumpliendo con la normatividad vigente y garantice la seguridad y confiabilidad necesaria para el desarrollo de sus actividades.

El diseño realizará estudio de las cargas para establecer la potencia necesaria a instalar y efectuar cálculos para elegir conductores, canalizaciones y protecciones, adicionalmente se diseñará el sistema fotovoltaico que permita alimentar con energía eléctrica esta demanda.

Para el sistema de iluminación se planteó el uso de lámparas led para reemplazar las existentes que brindaran mayor confort visual para los usuarios además del ahorro significativo en consumo de potencia eléctrica, por ende, en la elección de calibre de conductor y de del diámetro de las canalizaciones,

**Índice de Términos** - diseño, energías renovables, energía solar fotovoltaica, sistema eléctrico.

**Abstrac:** This degree work is aimed at the design of an electrical system powered by photovoltaic solar energy for the company GOG Ingeniería eléctrica Ltda. Of the city of Cúcuta, Norte de Santander. In order for the place to have an adequate electrical installation complying with current regulations and guaranteeing the safety and reliability necessary for the development of its activities.

The design will carry out a study of the loads to establish the necessary power to install and carry out calculations to choose conductors, pipes and protections, in addition, the photovoltaic system will be designed that allows the company to be supplied with electricity.

For the lighting system, the use of LED lamps will be considered to replace the existing ones, showing significant savings in electrical power consumption, therefore, in the choice of conductor gauge and the diameter of the pipes.

**Index of Terms** - design, renewable energy, photovoltaic solar energy, electrical system.

## I. INTRODUCCIÓN

En este proyecto se presenta el diseño de un sistema eléctrico para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. utilizando paneles solares con el que se pretende ampliar y modernizar la infraestructura eléctrica de la entidad, ya que ha adquirido equipos para su oficina y ampliado sus puestos de trabajo.

Por esta razón es necesario que el lugar cuente con una adecuada instalación eléctrica cumpliendo con la normatividad vigente que garantice la seguridad y confiabilidad necesaria para el desarrollo de sus actividades en conjunto con un sistema fotovoltaico que contribuirá a evitar el deterioro ambiental.

Una instalación eléctrica obsoleta ocasiona problemas para la prestación de del servicio, para la seguridad de sus usuarios y puede acarrear perdidas de bienes materiales como los ocasionados por un incendio producto de un cortocircuito.

## II. CAPITULO I

### A. Planteamiento del problema

La empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. adquirió equipos de cómputo y aumentó sus puestos de trabajo en la oficina lo que originó una mayor demanda de energía eléctrica sobrecargando el circuito existente con los riesgos que esto conlleva. Por lo tanto, se requiere de un nuevo diseño del sistema eléctrico en el que se incorpora un sistema solar fotovoltaico para su alimentación.

### B. Justificación

Dado que la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. no cuenta con una adecuada instalación eléctrica es necesario

diseñar un sistema eléctrico que brinde la seguridad y confiabilidad que requieren los equipos de la oficina y sus trabajadores, además del diseño de un sistema fotovoltaico que aproveche la radiación solar de la ciudad con el que se cubra la demanda de energía de este lugar, con este diseño en particular se beneficiará económicamente la compañía y se pondrá a la vanguardia en el uso de tecnologías limpias en la generación de energía contribuyendo al cumplimiento de las políticas medioambientales de la empresa.

El mayor punto a favor que se tiene es que el área está libre de obstrucciones tales como árboles, construcciones u objetos que impidan el aprovechamiento de la energía de los rayos solares.

### C. Objetivos

#### *Objetivo general.*

Diseñar un sistema eléctrico con energía solar fotovoltaica para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

#### *Objetivos específicos.*

- 1) Diseñar el sistema de iluminación con dispositivos de última generación, para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.
- 2) Diseñar el sistema de salidas a tomacorrientes para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.
- 3) Diseñar el sistema de alimentación con energía solar fotovoltaica, para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

### D. Alcance

El alcance del proyecto es el diseño de un sistema eléctrico alimentado con energía solar fotovoltaica para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda.

### E. Limitaciones

Este proyecto se limita solo al diseño de las instalaciones eléctricas y al diseño de su alimentación con un sistema fotovoltaico para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander; así mismo la implementación de este queda a disposición de la empresa.

### F. Metodología

-- Para el desarrollo del presente proyecto se empleó principalmente el método descriptivo que permite identificar cada una de las fases de este. El punto de partida es la identificación de un problema o necesidad, se procede a la fundamentación científica en búsqueda de la solución al problema, se sintetizan una o varias soluciones se reconocen las restricciones. Posteriormente se avanza en concretar una solución al problema, se dimensiona y caracterizan los equipos; además del método ingenieril y el método Earle de diseño en ingeniería. Según Quarante (1992) para cada problema hay un método, por lo tanto, no hay universalidad de métodos. [1].

*Etapa 1.* Identificación del problema y Definición los procedimientos para la elaboración del presente proyecto y Consulta bibliográfica de varios autores para la fundamentación técnico-científica y la debida legal.

*Etapa 2.* Diseñar el sistema de iluminación con dispositivos de última generación, para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

Para el alcance de este objetivo procedí de la siguiente manera:

- Para cumplir con este objetivo se utilizó el método de lúmenes para determinar el nivel de iluminación requerida para cada área del lugar.
- Se buscó información técnica de tipos de lámparas comerciales para su adaptación a la necesidad. Se propuso dentro del diseño adoptar lámparas con tecnología led y el uso de sensores de presencia para controlar el encendido y apagado de estas en ciertos lugares.

*Etapa 3.* Diseñar el sistema de salidas a tomacorrientes para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

Para alcanzar este objetivo se llevarán a cabo el siguiente orden de acciones:

- Identificación de cargas revisando potencia consumida por cada equipo en placa característica y para algunos por medición directa de la corriente.
- Cálculo de elementos de los circuitos y distribución de estos.  
Se determino la cantidad y el consumo de las cargas a conectar para determinar el calibre de conductores, protecciones y canalizaciones, se plantea distribuir en dos ramales el circuito.

*Etapa 4.* Diseñar el sistema de alimentación con energía solar fotovoltaica, para la empresa GOG ingeniería eléctrica Ltda. en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

Para alcanzar este objetivo se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Caracterización del sistema fotovoltaico  
Se dimensionaron las partes del sistema fotovoltaico.
- Cálculos de las partes que conformarán el sistema fotovoltaico y de los circuitos fotovoltaicos  
Se determinaron los dispositivos necesarios, las cantidades y sus características, así como los elementos del circuito fotovoltaico.

### III. CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

##### A. Sistema de alumbrado

Un sistema de alumbrado exige de los elementos empleados produzcan la mayor comodidad visual y el confort adecuado. Según [2, p. 142] para la iluminación de áreas interiores se definen dos tipos: local y general.

El local da las pautas para iluminación dependiendo de las características puntuales en los diferentes espacios a cubrir. El segundo comprende cuando se divide el proyecto a iluminar en zonas, sea cual sea el nivel empleado es necesario cuidar de que el deslumbramiento sea el menor y tratar de disminuir las sombras.

##### 1) Método de cálculo de los lúmenes

Esta estrategia se emplea para obtener una iluminación general y uniforme dependiendo del área del sitio a cubrir. Entrega una buena aproximación de las necesidades de iluminación. [5].

TABLA 1. Niveles de iluminación o iluminancias

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Min.	Medio	Máx.
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>			
Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Vestidores, baños.	100	150	200
<b>Oficinas</b>			
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	300	500	750

Fuente: Ministerio de minas y energía, RETILAP (2017)

Definido el espacio a iluminar se puede conocer la cantidad de elementos de alumbrado necesarias y tomando los valores de

niveles de iluminancia referenciados en tabla 1, se hace uso la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Phi_e}{S} \quad (1)$$

E	Iluminancia en luxes
$\Phi_e$	Lúmenes emitidos por la fuente
S	Área del lugar iluminado por la fuente

##### Iluminación led

El beneficio más interesante del sistema de alumbrado con dispositivos led es el su bajo consumo de energía eléctrica para iluminar el mismo espacio que una lámpara tradicional, ofreciendo la posibilidad de reducir el consumo energía eléctrica alrededor del 50 %. [6].

Otra de las ventajas de utilizar iluminación led comparado con los sistemas tradicionales como las lámparas incandescentes y los tubos fluorescentes en cuanto al tiempo útil de servicio. La vida útil de una lámpara LED es hasta 30 veces más que la de una lámpara incandescente, 25 veces más que la de un halógeno, 30 veces más que la de un tubo fluorescente y 3 veces más que la de una lámpara de bajo consumo.

Otro beneficio no menos importante es la disminución considerable de transformación de energía en calor y rayos ultravioleta, y la reducción contaminante por gases ni metales ya que inclusive las de bajo consumo, fluorescentes compactas, llevan mercurio. [7]

##### Sensores para el control de iluminación

Para el control de la iluminación se emplean detectores de presencia o detectores de movimiento, que encienden o apagan de manera automática el circuito eléctrico de la o las lámparas conectas a él, al encontrarse o no con la presencia de un objeto dentro de un rango determinado. Los sensores detectores de presencia son mucho más sensibles que los sensores detectores de movimiento y registran incluso los más mínimos movimientos.

Dentro de los sensores de presencia se encuentran dos clases: los sensores de presencia infrarrojos y los sensores de presencia ultrasónicos. [8].

Detección PIR (Infrarrojo pasivo): Los detectores PIR funcionan detectando el movimiento del calor corporal. Son más adecuados para espacios pequeños o donde se requiera un patrón de detección concreto. [9]. De este tipo son los mayoritariamente usados y por ende más fácilmente disponible en el comercio dado que son los empleados cuando solo se necesita un control on-off de un dispositivo de alumbrado.

Además de la comodidad proporcionada por el control de encendido por sensores, la más conveniente razón de uso es el ahorro de energía, de tal manera que garanticen que solo se

utilicen las luces que se necesitan en un momento dado. Según un estudio realizado por Energy Center of Wisconsin, el ahorro de energía empleando detectores de movimiento es de un 60%. [10].

### B. Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica definida puntualmente, es un arreglo de circuitos eléctricos que distribuidos de cierta manera permite el uso de la electricidad en los diferentes equipos eléctricos en determinado lugar. [2].

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los dispositivos conectados de una manera segura y eficiente, que no represente un riesgo para sus usuarios o equipos que alimenta. Además, debe ser económica, flexible y de fácil acceso.

Una instalación eléctrica tiene la misión de conducir hasta los equipos conectados energía eléctrica de manera que evite o minimice los riesgos de accidente para las personas que hacen uso de esta y a los equipos. También debe ser económica, confiable y tener las proyecciones que permitan la intervención cuando se pueda necesitar.

- 1) *Conductores*: Definidos por [3, p. 38] los conductores son los elementos que proveen las trayectorias de circulación de la corriente eléctrica son conductores o alambres forrados con un material aislante.
- 2) *Tubos Conduit*: El tubo Conduit es un tipo de canalización (de metal o plástico) que se usa para llevar y proteger los conductores eléctricos usados en la instalación eléctrica [3, p. 45]
- 3) *Interruptores*: Denominados apagadores por [3, p. 62] lo define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad que se utiliza, por lo general, para controlar el encendido y apagado de elementos de alumbrado.
- 4) *Toma corrientes*: Se denomina tomacorriente a la pieza cuya función es establecer una conexión eléctrica segura con un enchufe macho de función complementaria. [4]
- 5) *Interruptor termomagnético*: Es mayormente nombrado como "Breaker", está concebido para que proteja el circuito de manera automática al abrirse cuando supera un valor predeterminado de sobre corriente ante un cortocircuito gracias a un elemento electrodinámico y también al presentarse una sobrecarga al utilizar un elemento bimetálico. La reposición se realiza de manera manual al despejarse la falla. [2, p. 12].

### C. Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el arreglo de dispositivos que generan energía eléctrica a partir de la radiación solar [11].

Estos están conformados por paneles solares, encargados de generar energía. Estos a su vez se componen de células fotovoltaicas, que transforman la luz solar en electricidad de corriente continua, reguladores de carga que mantiene la tensión entre valores adecuados. La energía DC generada y posteriormente regulada se almacena en baterías para garantizar el suministro durante los periodos en los que no hay suficiente radiación y el inversor que convierte la electricidad generada por los paneles solares y almacenada en las baterías, en la electricidad de corriente alterna.

#### *Tipos de sistemas fotovoltaicos*

Se dividen en dos grupos: Sistema aislado a base de baterías y sistema interconectado a la red eléctrica. [12].

#### *Sistemas interconectados a la red eléctrica*

Básicamente se trata de un sistema generador, conformado por los paneles solares acoplados a un inversor que se conecta que trabaja en paralelo a la red.

#### *Sistema solar fotovoltaico aislado a base de baterías*

También conocido como off-grid. Se trata de un sistema autónomo, en el que la energía generada por los paneles requiere ser almacenada para ser consumida posteriormente, [13].

#### *Elementos de un sistema solar fotovoltaico*

Para el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico se requiere de un conjunto de elementos que mediante su correcta instalación permiten aprovechar la captación de la energía solar para suplir la demanda de energía requerida.

#### *Módulos fotovoltaicos:*

Consiste en un arreglo de células, conectadas eléctricamente, contenidas, y montadas sobre una estructura. Que entrega en su salida de conexión una diferencia de potencial en corriente continua. [14].

#### *Tipos de módulos fotovoltaicos*

Son determinados por la tecnología de fabricación de las células y son fundamentalmente [14].

- Monocristalino
- Policristalinos
- Amorfo (silicio amorfo)

#### *Regulador de carga:*

Dado el voltaje nominal de los paneles por lo generar es mayor que el de las baterías, ocasionaría una sobrecarga, por ello es conveniente un dispositivo que mantenga entre valores

apropiados el voltaje y la corriente, además de brindar protección a los paneles y al inversor; también impiden descargas de las baterías evitando su potencial daño. [15].

#### Reguladores PWM

Estos reguladores actúan como switch entre las placas solares y el banco de batería. Estos permiten al sistema operar al voltaje de los acumuladores con estos reguladores modifican la intensidad de los pulsos interrumpiendo a alta frecuencia el contacto entre los paneles y la batería evitando sobrecarga en el acumulador [16].

#### Regulador MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Los reguladores MPPT adicionan un seguidor del punto de máxima potencia y un convertidor DC-DC, que transforma una corriente continua de alta tensión a una corriente continua de baja tensión (para cargar las baterías). Los reguladores MPPT en algunas ocasiones opera a la máxima potencia, para aprovechar la cantidad de energía, o en áreas de baja potencia durante las fases de absorción y flotación durante la carga del acumulador lo que evitando sobrecargas. [16].

Este tipo de dispositivo son los más adecuados para instalaciones solares ya que toman la mayor potencia de los paneles puesto que la radiación afecta a los módulos no es constante en el tiempo es necesario determinar el punto de máxima potencia de la curva  $V \times I$  del generador fotovoltaico y así conseguir la máxima eficiencia energética. [17].

#### Batería:

Es el dispositivo que almacena la energía que se genera en las celdas. Con este se puede disponer de electricidad en horas que no hay luz o en los días nublados.

Es un elemento que transforma energía química almacenada en energía eléctrica y a su vez convierte la energía eléctrica en energía química almacenada hasta que posteriormente se libere nuevamente en forma de energía eléctrica. [18].

La composición básica de una batería consta de dos o más pares de electrodos bañados en un electrolito que permite la interacción de iones entre los electrodos haciendo que fluya corriente en al conectar un circuito en los bornes de la batería [18].

Las baterías se clasifican según su ciclo de trabajo y según los elementos utilizados en su fabricación.

Hay dos tipos de baterías según su ciclo [19]:

**Baterías de ciclo bajo:** están diseñadas para proporcionar una cierta cantidad de corriente en un periodo corto de tiempo y soportar pequeñas sobretensiones sin perder electrolito.

**Baterías de ciclo profundo:** están diseñadas para descargar repetidamente hasta un 80% de su capacidad, siendo esta es la mejor elección para una instalación fotovoltaica

#### Inversor:

es el elemento del sistema encargado de convertir la energía DC de los paneles y acondicionada por el regulador y/o de las baterías en corriente alterna que modifica el valor del voltaje de manera que permita el funcionamiento de equipos eléctricos instalados.

En el estudio de [17] cita que un inversor proporciona una potencia máxima que deberá cubrir el total de la potencia de todos los elementos de la instalación que trabajen simultáneamente en un momento determinado.

#### Paneles solares, ¿cómo funcionan?

Un panel solar es un elemento que aprovecha la luz solar y la convierte en energía eléctrica. El principio físico de su funcionamiento es efecto fotoeléctrico descubierto por Heinrich Hertz quien notó que cuando ciertas frecuencias de luz alumbraban un metal, a veces el metal podía generar un destello de luz. Luego, J.J. Thomson identificó estos destellos como electrones saliendo de la superficie del metal. [20].

Al incidir la luz sobre la celda, los fotones transfieren energía a los electrones, algunos de estos pueden atravesar la barrera de potencial creando un campo eléctrico que produce una circulación de electrones. [21].

#### D. Radiación solar, irradiancia e irradiación

La radiación solar es la energía emitida por el Sol que se dispersa en todas direcciones en el espacio mediante ondas electromagnéticas. Este tipo de energía determina las dinámicas de los procesos atmosféricos y el clima [22].

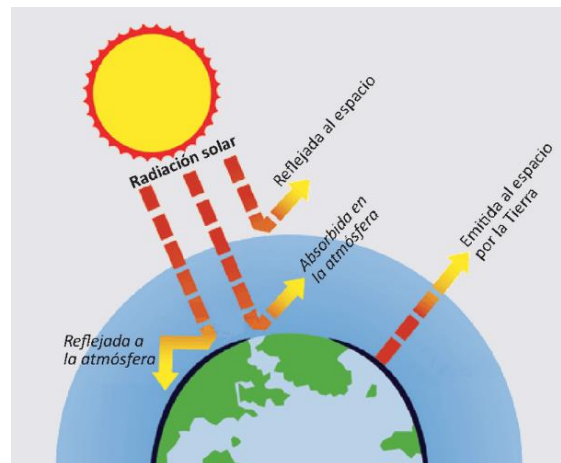


Fig. 4. Radiación solar

Fuente: <https://www.helioesfera.com/la-radiacion-solar/>

[17] define que:

**Irradiancia:** Es la densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y de superficie. Su unidad de medida es  $W/m^2$ .

**Irradiación:** es la energía incidente en una superficie, por unidad de superficie y de tiempo. Su unidad de medida habitual es el  $kWh/m^2$  o el  $MJ/m^2$ .

*Consideraciones de diseño de los elementos del sistema fotovoltaico.*

Para calcular el dimensionamiento global del sistema y calcular el número de paneles es necesario conocer la energía diaria que se debe producir. Asimismo, se deben conocer las condiciones de irradiación, las condiciones de la instalación y el criterio para dimensionarla, para lo cual se usarán las siguientes expresiones basados en métodos numéricos. El diseño por método numérico es el más eficiente y recomendado ya que parte de un diseño intuitivo el cual, por medio de cálculos, determina la configuración óptima.[23].

*Estimación de energía diaria.*

Es el consumo diario de energía eléctrica, el cual debe ser suministrado por el sistema fotovoltaico, y se tiene en cuenta el consumo energético de CC y AC.

$$E_{TAC} = \Sigma \#Eq_n * Horas_{Eq_n} * P_{Eq_n} \quad (2)$$

Se refiere a la estimación de consumo energía día para equipos de CA donde  $\#Eq_n$  es el número de equipos de las mismas características,  $Horas_{Eq_n}$  es la cantidad de horas que se prevé que esté en funcionamiento el equipo y, por último,  $P_{Eq_n}$  es la potencia nominal de cada equipo de CA conectado.

*Estimación de perdidas*

La energía que se genera por los paneles debe tomar en consideración las pérdidas de energía anticipadas en el sistema (cableado, controlador de carga, inversor y baterías).

$$\eta_{TAC} = \eta_B * \eta_{Inv} * \eta_R * \eta_x \quad (3)$$

*Donde:*

$\eta_B$	Eficiencia debido al rendimiento de la batería
$\eta_{Inv}$	Eficiencia debido al rendimiento del inversor utilizado
$\eta_R$	Eficiencia debido al rendimiento del regulador empleado
$\eta_x$	Eficiencia que considera las perdidas no contempladas

*Energía necesaria por generar*

Este dimensionamiento implica calcular la energía total necesaria a generar y determinar la cantidad de paneles y la forma de conexión.

$$E_{gen} = \gamma * \frac{E_{AC}}{\eta_{TAC}} \quad (4)$$

*Donde:*

$\gamma$	Factor de seguridad
$E_{gen}$	Energía por generar con el bloque generador
$\eta_{TAC}$	Eficiencia del sistema
$E_{AC}$	Consumos energéticos diarios

Para determinar la energía diaria generada por el panel se evaluará la siguiente variable, teniendo en cuenta que será la batería la que marque la tensión del sistema.

$$E_{panel} = Wp * HSP * \frac{V_{np}}{V_p} \quad (5)$$

*Donde:*

$Wp$	Pico del panel corregida por temperatura
$HSP$	Hora solar pico
$V_{np}$	Tensión nominal del panel
$V_p$	Tensión pico del panel

De donde la hora solar pico se determina a partir del promedio del valor de la irradiación solar sobre  $1 \text{ KW}/m^2$ .

*Energía extra de recuperación:*

En este caso se debe considerar un porcentaje de energía extra para prevenir el riesgo de poca generación en días nublados.

$$E_{extra} = \gamma_{Extra} * E_{gen} \quad (6)$$

*Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos*

Cantidad total de paneles: La cantidad total de paneles será la cantidad de paneles necesarios para poder abastecer a la carga, Este dimensionamiento implica calcular la energía total necesaria a generar la forma de conexión.

$$N_{TP} = \frac{E_{gen} + E_{extra}}{E_{panel}} \quad (7)$$

*Donde:*

$N_{TP}$	Número total de paneles del bloque generador
$E_{gen}$	energía diaria generada por el bloque
$E_{panel}$	energía diaria generada por el panel

### Dimensionamiento de la energía DC para baterías

Según ecuaciones usadas por [16], el banco de baterías deberá suministrar la energía requerida por la carga cuando no haya sol, o en días nublados. Este debe acumular la energía necesaria para alimentar la carga durante los días sin sol. Además, esta energía debe contemplar las pérdidas producidas por los diversos componentes. Para calcular la cantidad de baterías se necesita partir de los siguientes datos.

$$Cap. \text{ sist. Bat} = \frac{(E_{gen} + E_{extra}) * D_{out}}{V_{nom} * P_D} \quad (8)$$

$D_{out}$  Días de autonomía

$P_D$  Porcentaje de descarga de la batería

$V_{nom}$  Voltaje nominal del sistema

Cantidad de baterías en paralelo

$$N_{batparalelo} = \frac{C_{sist.bat}}{C_{nombat}} \quad (9)$$

Cantidad de baterías en serie

$$N_{batserie} = \frac{V_{nom}}{V_{bat}} \quad (10)$$

### Dimensionamiento de la corriente del regulador de carga

Para el dimensionamiento del regulador de carga es necesario tener en cuenta la potencia pico del generador fotovoltaico y la tensión nominal del banco de baterías.

$$I_{reg} = \frac{N_{TP} * W_p}{V_{nom}} \quad (11)$$

Dimensionamiento del voltaje de entrada del regulador de carga

$$V_{INreg} = 1.25 * V_{OCpanel} \quad (12)$$

### Dimensionamiento de la potencia del inversor

La potencia del inversor vendrá determinada en función de la potencia de los aparatos de consumo de CA, el rendimiento del mismo inversor y la simultaneidad de uso de dichos aparatos.

$$P_{INV} = 1.2 * P_{TAC} \quad (13)$$

### Dimensionamiento de elementos del circuito fotovoltaico y de carga

Circuito 1. De paneles a elementos de conexión (barra colectora 1)

$$I_{cto1} = I_{c.c.panel} \quad (14)$$

Donde:

$I_{c.c.panel}$  Corriente de cortocircuito del panel

Circuito 2. De barra colectora 1 a regulador

$$I_{cto2} = N_{panel} * I_{c.c.panel} \quad (15)$$

Donde:

$N_{panel}$  cantidad de paneles a conectarse en el elemento dentro de gabinete

$I_{c.c.panel}$  Corriente de cortocircuito del panel.

Circuito 3. De regulador a barra colectora 2

$$I_{cto3} = 1.1 * I_{reg} \quad (16)$$

Circuito 4. De barraje 2 a inversor

$$I_{cto4} = \frac{P_{INV}}{V_{nom}} \quad (17)$$

Circuito 5. De barra 2 a cada ramal de baterías

$$I_{cto5} = \frac{C_{nombat}}{h_{rdiafuncionam} * f_{allopainel}} \quad (18)$$

Corriente de barra colectora 1.

La corriente máxima circulante por la pletina será la igual que la suma de las corrientes de cortocircuito de cada uno de los paneles que conforman el grupo. Ecuación (14).

Determinado este valor se revisa la tabla (2).



TABLA 2. Selección de barras colectoras

Ancho x espesor mm.	Sección mm <sup>2</sup>	Peso Kgs/m	Carga continua en Amperios					
			Corriente Alterna					
			Pintadas			Desnudas		
			Nº de barras colectoras			Nº de barras colectoras		
1	2	3	1	2	3			
12X2	24	0,21	125	225	2060	110	200	18850
15X2	30	0,27	155	270	1750	140	240	1550
15X3	45	0,41	85	330	2450	170	300	2200

Fuente: EPM

#### Corriente de barra colectoras

$$I_{B2} = \frac{P_{AC} + P_{DC}}{V_{nom}} \quad (19)$$

La corriente sobre la pletina B2 es igual a la suma de la potencia en AC más la potencia en DC calculada esta última mediante la relación entre la potencia AC y la eficiencia del inversor. [16].

#### Dimensionamiento de protecciones de barraje de paneles a regulador

$$Protex = I_{panel} \cdot I_{Alreg} * 1,25 \quad (20)$$

## IV. RESULTADOS

### A. Sistema de iluminación con dispositivos de última tecnología.

Para determinar la cantidad de lámparas a utilizar es necesario conocer el área y el sitio a iluminar y aplicando la estrategia de cálculo de los lúmenes [2]., se emplea la ecuación (1), de donde el valor de luxes se obtiene de **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** tabla 1.

#### Oficina

Valor de iluminancia medio para oficina tipo general = 500 lx  
Superficie por cubrir = 16.5 m<sup>2</sup>

De ecuación (1) se tiene que:

$$\begin{aligned} \Phi_e &= 500 \text{ lx} * 16.5 \text{ m}^2 \\ \Phi_e &= 8250 \text{ lx} * \text{m}^2 \end{aligned}$$

Se considera utilizar 6 paneles de lámpara led de empotrar dada la geometría y la arquitectura del lugar, ahora se determina el valor que cada uno de las 6 fuentes de

iluminación debe emitir.

$$\Phi_{e \cdot fte} = \frac{8250 \text{ lm}}{6}$$

Esto es se requieren 6 unidades de iluminación LED cada una con 1375 lm.

Uno de los elementos que cumple con estas características de fácil acceso en el mercado es el panel led de 1350 lm de 18 W.

#### Corredores

Valor de iluminancia medio para corredores o pasillo = 100 lx  
Superficie por cubrir = 10.5 m<sup>2</sup>

De igual manera se desarrolla que en ítem anterior

$$\begin{aligned} \Phi_e &= 100 \text{ lx} * 13.5 \text{ m}^2 \\ \Phi_e &= 1350 \text{ lx} * \text{m}^2 \end{aligned}$$

Se eligen 5 paneles de lámpara led de empotrar para ubicar a lo largo del centro del corredor.

$$\Phi_{e \cdot fte} = \frac{1350 \text{ lm}}{5}$$

Para suplir el requerimiento se instalarán 5 unidades de iluminación LED cada una de 270 lm.

Se eligen por ser comercialmente adaptables paneles led circular de 320 lm de 4 W.

#### Almacenes

Continuando con el presente método se tiene que:

Valor de iluminancia medio para almacenes, bodegas = 150 lx  
Superficie por cubrir = 18.7 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \Phi_e &= 150 \text{ lx} * 18.7 \text{ m}^2 \\ \Phi_e &= 2805 \text{ lx} * \text{m}^2 \\ \Phi_{e \cdot fte} &= \frac{2805 \text{ lm}}{4} \end{aligned}$$

Para suplir el requerimiento se instalarán 5 unidades de iluminación LED cada una de 701.25 lm.

Se eligen por ser comercialmente adaptables paneles led redondo de 720 lm de 12 W.

#### Baño

Valor de iluminancia medio para almacenes, bodegas = 150 lx  
Superficie por cubrir = 18.7 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \Phi_e &= 150 \text{ lx} * 2.2 \text{ m}^2 \\ \Phi_e &= 330 \text{ lx} * \text{m}^2 \\ \Phi_{e \cdot fte} &= \frac{330 \text{ lm}}{1} \end{aligned}$$

Con una lámpara LED de 320 lm \* 4W se satisface la necesidad de iluminación del baño.



TABLA 3. Cantidades del sistema de iluminación

DESARROLLO DEL SISTEMA ELECTRICO DE ILUMINACION	
ELEMENTOS	Cantidad
Panel LED 1350Lm x 18W	6
Panel LED 720Lm x 12W	4
Panel LED 320Lm x 4W	6
Interruptor simple	4
Sensor de movimiento techo para interior	3

Fuente: Elaboración propia.

### B. Del sistema eléctrico de fuerza o salidas a tomacorrientes

#### Cuadro de cargas

Se realiza una estimación del consumo eléctrico de los electrodomésticos en Wh/día.

TABLA 4. Cuadro de cargas

CUADRO DE CARGAS					
Equipos	Cant.	Consumo Watt	tiempo de consumo (h/día)	Consumo Kwh (día)	Consum o Kwh (mes)
Lamparas	16	180	8	1,44	43,2
salida adicional	1	100	4	0,4	12
Pc mesa	1	180	8	1,44	43,2
Pc portatil	5	250	3	0,75	22,5
Ventiladores	4	280	6	1,68	50,4
Impresora laser	1	373	1	0,373	11,19
Modem wifi	1	12	10	0,12	3,6
Televisor	1	110	0,5	0,055	1,65
<b>TOTAL</b>		<b>1485</b>	<b>40,5</b>	<b>6,26</b>	<b>187,7</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### Diseño de circuitos

De tabla 3 se determina la carga de los circuitos a considerar, se distribuyen (tabla 4). de tal manera que ante un daño eléctrico o de ser requerido un mantenimiento, se dé la menor afectación a los usuarios del sistema.

TABLA 5. Distribución por circuito

Equipos	Potencia individual (W)	Circuito 1		Circuito 2	
		Cantidad	Potencia total (W)	Cantidad	Potencia total (W)
	4	6	24	0	0
	12	0	0	4	48
Lamparas	18	4	72	2	36
Pc portatil	50	2	100	3	150
Pc mesa	180	0	0	1	180
Impresora	375	1	375	0	0
Ventilador	70	1	70	3	210
Salida Adicional	100	1	100	0	0
Tv	110	0	0	1	110
Router Wifi	12	0	0	1	12
<b>Potencias totales x circuito</b>			<b>741</b>		<b>746</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### Cálculo de conductores y protecciones

Conocida la potencia de cada ramal se calcula la corriente de cada circuito para determinar el calibre del conductor y las protecciones.

De ecuación (14),

$$I_{CTO1} = \frac{741 \text{ W}}{120 \text{ V}} \quad \text{y} \quad I_{CTO2} = \frac{746 \text{ W}}{120 \text{ V}}$$

$$I_{CTO1} = 6.17 \text{ A} \quad \text{y} \quad I_{CTO2} = 6.22 \text{ A}$$

Para el circuito alimentador

$$I_{ALIM} = I_{CTO1} + I_{CTO2}$$

$$I_{ALIM} = 6.17 \text{ A} + 6.22 \text{ A}$$

$$I_{ALIM} = 12.39 \text{ A}$$

Según Tabla 210-24 de la norma NTC 2050, corresponde un cable calibre de 14 AWG para cada ramal y para el circuito alimentador, de la misma manera este será el calibre para el circuito desde el inversor hasta el tablero de distribución.

Los conductores aislados deben ser de cobre, fabricados según normas ICONTEC 1099 para conductores sólidos ó cableados, y de acuerdo a los requisitos de la Sección 310 de la NTC 2050. El aislamiento de los conductores será de material termoplástico, tipo THWN, para una tensión de 600V y adecuado para una temperatura máxima de 90° C.

Conforme El Numeral 4 del Artículo 11 del RETIE. Se usará los colores de los conductores en negro para la fase, blanco para el neutro y verde para el de conexión a tierra.

#### Selección de protecciones

Se instalarán cortacircuitos termomagnéticos en: la caja del medidor como totalizador y para cada uno de los circuitos ramales

Las protecciones, deberán ser de operación manual para maniobra de apertura y cierre, y automática en condiciones de sobrecarga y cortocircuito. El mecanismo de operación será de disparo libre, de tal manera que los contactos no permanezcan cerrados en caso de falla y deberán cumplir con la sección 240 del Código Eléctrico Nacional – Norma ICONTEC 2050

Para cada uno de los circuitos se usará los siguientes interruptores termomagnéticos enchufables.

circuito ramal 1 y 2 = 15A

Circuito alimentador = 20 A

### Sistema de puesta a tierra

Se dispondrá de un sistema de puesta a tierra de acuerdo con el artículo 15 RETIE que consta de electrodo tipo varilla en acero con recubrimiento total en cobre, punto de unión entre el conductor y la varilla con conector certificado.

### Cálculo de ductos

Para las instalaciones internas se usará ducto conduit PVC 1/2"

La tubería PVC que se utiliza en la instalación debe cumplir con la norma ICONTEC 950.

Los conduits de PVC deben ser construidos de acuerdo a la norma 979 y utilizados teniendo en cuenta su capacidad para la conducción de cables según la norma 2050 ambas de ICONTEC.

### Cajas y accesorios para salidas eléctricas

Las cajas de salidas de tomacorrientes, de lámparas, de toma telefónico y de tv por cable y las cajas de empalmes, serán de PVC con saca bocas para entrada y salida y que permita la fijación de la tubería Conduit por medio de boquillas y contratueras.

La profundidad de las cajas no será menor de 38 mm. Estas cajas cumplirán con lo establecido en la sección 370 del Código Eléctrico Nacional – Norma 2050.

Los accesorios tales como tapas, tuercas, boquillas, elementos de fijación, etc., cumplirán lo aplicable en estas especificaciones y las Normas ICONTEC 6 y 402. NO se permitirá, dentro de la instalación, cajas sin tapa alguna.

En el caso de las instalaciones con conduit PVC, deben emplearse cajas de conexión 4"x4" adaptadores terminales, adaptadores hembra (si son necesarios), curvas a 90° y a 45°. No se permite curvas realizadas artesanalmente.

### Tablero

Los tableros para protecciones termo magnético para distribución, serán los fabricados de acuerdo con las secciones 373 y 384 del Código Eléctrico Nacional – Norma 2050 y la Norma ANSI c37.20.

Los tableros serán apropiados para montaje empotrados en los muros y diseñados de tal forma, que las protecciones puedan ser reemplazadas independientemente, sin necesidad de desmontarlas y que los circuitos puedan ser cambiados sin mayor dificultad.

### Salidas tomacorrientes

TABLA 6. Cantidades del sistema de salida

DESARROLLO DEL SISTEMA ELECTRICICO DE SALIDA	
ELEMENTOS	Cantidad
Toma corriente doble	10
Breaker x 15A	2
Breaker x 20A	1
Cable #14 AWG	150
Tubo Conduit 1/2 x 3m	15
Caja Sencilla 103x60x45 mm Conduit	14
Varilla P/T 2.4mx14.28mm Cobre con conector	1
Tablero Enchufable Monofase 4 Circuitos	1

Fuente: Elaboración propia

### C. Del sistema fotovoltaico para alimentar el sistema electrico

#### Estimación de energía diaria

Conociendo los datos de consumo de los equipos a instalar, las horas promedio de consumo diario de uso de estos, usando (2) y según tabla 3 se calcula el consumo energético diario que es el punto de partida para determinar los paneles solares.

$$E_{TAC} = 6260 \text{ Wh/día}$$

#### Estimación de perdidas

Es necesario conocer al valor de la eficiencia de los equipos diferentes a los paneles para determinar las pérdidas en el sistema y así asegurar valores de operación más cercanos a los prácticos. De ecuación (3)

Eficiencia de batería = 0.98

Eficiencia de regulador = 0.98

Eficiencia de inversor = 0.94

Eficiencia debida al cableado y otras perdidas = 0.9

Valores extraídos de hoja de datos de los equipos mostrados en los anexos

$$\eta_{TAC} = 0.813$$

#### Energía necesaria por generar

De la ecuación (4) tenemos que:

$$E_{gen} = 1.1 * \frac{6260 \text{ Wh/día}}{0.813}$$

$$E_{gen} = 8469.9 \text{ Wh/día}$$

Se utiliza un factor de seguridad del 10 %  $\gamma$  es un factor de seguridad para afrontar la degradación de potencia y prestaciones de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico. [23].

Esta es la energía DC que debe generar el conjunto de paneles solares.

### Energía diaria por generar para cada panel

De la ecuación (5) tenemos que:

$$E_{panel} = 300 W * 4.1 h/día * \frac{V_{np}}{V_p}$$

$$E_{panel} = 1230 Wh/día$$

300 W es la potencia de un panel comercial cuya hoja de datos de encuentra en el anexo D y sobre este valor realizaremos los cálculos.

Datos tomados de la NASA (tabla 7) 4.1 KW/h/m<sup>2</sup>/día es la radiación promedio de la hora solar pico del último lustro sobre el sitio en donde se instalarán los paneles (Latitud: 7.8829 Longitud: -72.5148).

Para este proyecto se utilizará un regulador MPPT con el cual no se tendrá en cuenta la tensión del sistema y de baterías por lo cual el último término de esta ecuación es 1.

TABLA 7. Irradiación solar anual en la zona

IRRADIACION ANUAL DEL LUGAR  
Latitud: 7.8829 Longitud: -72.5148  
Datos expresados en kW-hr/m<sup>2</sup>/día

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMED
2010	5,47	4,88	4,66	4,53	4,31	4,47	4,25	4,57	4,68	4,63	4,07	4,26	4,56
2011	4,66	3,95	3,68	4,08	4,12	4,31	4,36	4,77	4,93	4,33	4,03	4,00	4,27
2012	4,11	4,78	3,65	4,53	4,27	4,59	4,32	4,52	5,16	4,52	4,56	4,45	4,45
2013	4,14	3,64	3,68	4,00	4,07	3,90	4,40	4,56	4,68	4,60	4,13	4,21	4,17
2014	4,22	4,14	4,32	3,84	4,22	3,62	3,88	4,61	4,53	4,25	3,87	3,99	4,13
2015	4,23	4,18	3,88	3,47	4,29	3,61	4,02	4,17	5,11	4,74	3,71	4,13	4,13
2016	4,83	4,55	4,46	3,60	3,69	3,95	4,08	4,78	4,67	4,69	3,90	4,00	4,27
2017	3,50	4,31	2,76	4,15	3,62	3,82	3,74	4,33	4,51	3,98	4,07	4,13	3,90
2018	3,87	4,21	3,82	3,29	3,94	3,75	3,94	4,55	4,53	4,51	3,84	4,89	3,83
2019	4,12	4,75	3,40	3,73	4,19	4,07	4,49	4,69	5,05	4,59	4,04	4,00	3,95
2020	4,31	5,09	4,59	4,55	4,28	4,21	4,16	4,35	4,94	4,58	4,10	4,38	4,46
PROMEDIO DE LOS ULTIMOS 10 AÑOS													4,19

Fuente: NASA

### Energía extra de recuperación

De la ecuación (6)

$$E_{extra} = 0.1 * 8469.9 Wh/día$$

$$E_{extra} = 847 Wh/día$$

En este proyecto se considera generar un 10% de energía adicional para contingencia en días de poca radiación.

### Cantidad total de paneles

$$N_{TP} = \frac{8470 Wh/día + 847 Wh/día}{1230 Wh/día}$$

$$N_{TP} = 7.57$$

Usando la ecuación 7 y para efectos prácticos y de evitar que los paneles trabajen en sobrecarga se decide usar 8 paneles.

Ver tabla 7. Irradiación solar anual en la zona.

### Capacidad del banco de baterías

Tomando la ecuación (8), calculamos la capacidad total del sistema de baterías para posteriormente determinar la cantidad de baterías que se requieren a instalar en paralelo y en serie.

$$Cap.sist.Bat = \frac{(8470 Wh/día + 847 Wh/día) * 2 día}{24V * 0.8}$$

$$Cap.sist.Bat = 970.5 A/h$$

Esta es la capacidad en A/h que debe tendrá el banco de baterías definiendo 2 días de autonomía y un porcentaje de descarga de 80 %.

Por ser este un proyecto con una potencia a instalar entre 1.5 KW y 5 KW se decide trabajar con una tensión nominal del sistema de 24 VDC, según [23].

### Cantidad de baterías en paralelo.

Es necesario determinar la cantidad de baterías a conectar en serie, ecuación 9 para conseguir el voltaje nominal del sistema y el número de estas en paralelo ecuación 10 que satisfagan la capacidad total necesaria para de demanda de energía a suplir.

$$N_{batparalelo} = \frac{970.5 A/h}{200 A/h}$$

$$N_{batparalelo} = 4.85$$

$$N_{batserie} = \frac{24}{12}$$

$$N_{batserie} = 2$$

Para efectos prácticos considera hacer uso de 5 ramales de baterías en paralelo con 2 en serie para un total de 10 baterías.

### Cálculo de la corriente del regulador de carga:

De la ecuación (11)

$$I_{reg} = \frac{8 * 300 W}{24 V}$$

$$I_{reg} = 100 A$$

### Cálculo de voltaje de entrada del regulador de carga

De la ecuación (12)

$$V_{INreg} = 1.25 * 39.5 V$$

$$V_{INreg} = 49.3 V$$

39.5 V es el valor del voltaje de circuito abierto del panel fotovoltaico según hoja de datos en anexo D

De los reguladores consultados se considera usar 2 en paralelo para que cada uno maneje 50 A.

### Cálculo de la potencia del inversor

Según ecuación 13

$$P_{INV} = 1.2 * 1485 W$$

$$P_{INV} = 1782 W$$

TABLA 8. Cantidades y elementos del SFV

ELEMENTOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO			
Equipo	Cantidad	Tipo configuración	Tipo propuesto
Paneles Solares Fotov.	9	Conectados en paralelo	Monocristalino GCL-M6-60H
Regulador	2		MPPT100-50
Inversor	1		Onda pura 2000W 24V
Baterías	10	Conectados en serie-paralelo	KBL 122000 12V 200Ah

Fuente: Elaboración propia.

*Cálculo de elementos de elementos del circuito fotovoltaico y de acondicionamiento y carga.*

*Corriente de circuitos.*

Circuito 1. De paneles a elementos de conexión (barra colectora 1)

Para conocer la corriente del circuito 1 se tiene en cuenta el valor de  $I_{cc}$  del panel según anexo F, para cálculo se tiene que:

$$I_{cto1} = 9.78 A$$

*Circuito 2. De barra colectora 1 a regulador*

De la ecuación (15) se tiene que:

$$I_{cto2} = 4 * 9.78A$$

$$I_{cto2} = 39.12 A$$

Para la configuración planteada de arreglo de paneles se conectarán 4 paneles en paralelo a B1a +/-, los otros 5 a B1b +/-

*Circuito 3. De regulador a barra colectora 2*

De la ecuación (16) se tiene que:

$$I_{cto3} = 1.1 * 50 A$$

La  $I_{reg}$  deducida anteriormente es de 100 A pero por efectos de escoger valores comerciales adecuados se plantea utilizar 2 reguladores cada uno de 50 A, con lo que la corriente que circulara del regulador 1 y 2 hacia la barra colectora B2 es igual a:

$$I_{cto3} = 55 A$$

*Circuito 4. De barraje 2 a inversor*

De la ecuación (17)

$$I_{cto4} = \frac{1782 W}{24 V}$$

$$I_{cto4} = 74.25 A$$

*Circuito 5. De barra 2 a cada ramal de baterías*

De la ecuación (18) se tiene que:

$$I_{cto5} = \frac{200 A/h}{12 h}$$

$$I_{cto5} = 16.8 A$$

Se plantea que el sistema funcione de manera de manera continua durante 12 horas ante fallo en los paneles.

*Corriente de barra colectora 1*

Si a cada una de los 2 juegos de pletinas que conforman la barra 1 llega la corriente de 5 paneles, se determina que la corriente de este barraje es de

$$I_{B1} = 39.12 A$$

*Corriente de barra colectora 2*

De la ecuación (19), se obtiene que:

$$I_{B2} = \frac{1485 W + 1764 W}{24 V}$$

$$I_{B1} = 135.4 A$$

TABLA 9. Características y elementos del circuito fotovoltaico

ID DEL CIRCUITO	CIRCUITOS	CORRIENTE (A)	CABLE # (AWG) *	BARRAJE		PROTECCION (A)	LONGITUD (m)
				CANT	DIMENSIONES		
1	DE PANEL A BARRAJE 1	9,8	14			15 **	160
2	DE BARRAJE 1 A REGULADOR1/REGULADOR 2	39,1	10			50	8
3	DE R1/R2 A INV	55	10				12
4	DE BARRAJE 2 A INVERSOR	74,2	8				4
5	DE BARRAJE 2 A C/RAMAL DE BATERIA	16,8	14			20 **	50
	BARRAJE 1	39,1		4	12x2mm X 23,5 mm2		
	BARRAJE 2	135,4		2	15x3mm X 44,5 mm2		
	BARRAJE DE PUESTA TIERRA DE PANEL			1	12x2mm X 23,5 mm2		
	BARRAJE DE PUESTA TIERRA DE EQUIPOS			1	15x3mm X 44,5 mm2		
	BARRAJE DE PUESTA BANCO DE BATERIAS			1	12x2mm X 23,5 mm2		

\* Se propone para el diseño de los circuitos fotovoltaicos de carga y acondicionamiento cable fotovoltaico

\*\* Se plantea utilizar protección tipo fusible para estos circuitos

## V. CONCLUSIONES

Para el desarrollo de este proyecto integral de grado se realizó consultas en diferentes fuentes y autores que complementaron junto con los conocimientos adquiridos durante el desarrollo profesional en la UAN la fundamentación técnica y científica necesaria para su elaboración.

Las condiciones inseguras que presentan las instalaciones eléctricas antiguas y sub-dimensionadas son considerables no solo por el riesgo de accidente por contacto eléctrico o de conflagración por sobrecargas o cortocircuito si no que no

brinda la confiabilidad necesaria para el funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos que hacen uso de estos y más aún si se trata de una empresa en donde por un fallo ocasionaría un retraso en sus procesos que afectaría económicamente.

La iluminación con elementos de última tecnología como las lámparas led es la mejor opción disponible por su demostrada eficiencia y bajo consumo que disminuye costes en facturación pero que en también hace más factible la implementación de un sistema fotovoltaico. Al conocer y adoptar la normatividad, para este caso RETILAP, para el diseño de estos sistemas de alumbrado se logra conseguir una excelente calidad visual de las personas que harán uso del lugar a iluminar y de la misma manera la comodidad necesaria para la ejecución de sus labores.

Al dimensionar correctamente los elementos de una instalación eléctrica harán de esta económico, al aplicar correctamente los requisitos legales, como el RETIE y la NTC 2050, para su diseño y se logra que el sistema eléctrico sea seguro y confiable.

para el desarrollo de un sistema fotovoltaico off-grid se requiere tener claridad de la demanda a cubrir y el tiempo de uso de los equipos a instalar. Al realizar la consulta para la determinación de equipos se pueden encontrar diversas ecuaciones que llevan a un mismo o cercano resultado, la que se emplee depende de valores predefinidos y del criterio técnico del diseñador.

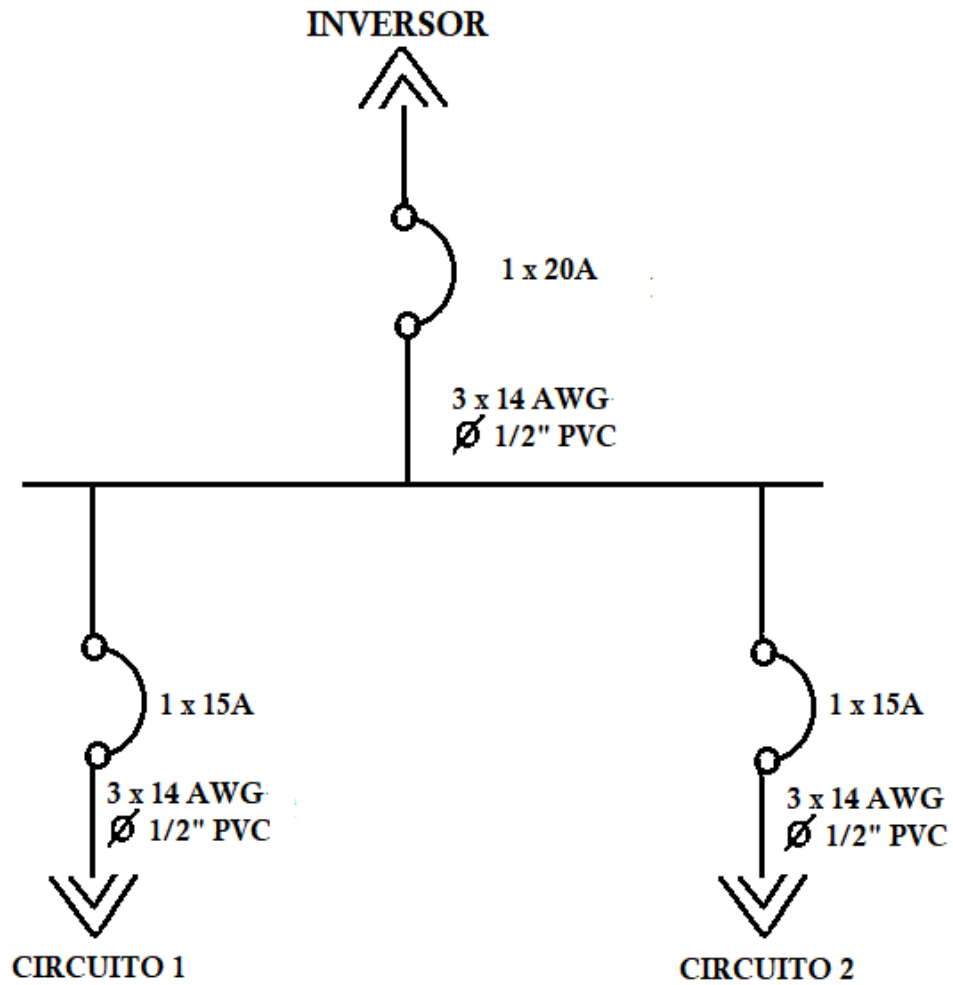
Al integrar un sistema solar fotovoltaico para atender la demanda de energía eléctrica de determinado lugar se consigue una disminución del pago por el servicio de esta, si bien es cierto que la inversión inicial de la instalación fotovoltaica es elevada el retorno futuro de la inversión es atractivo, además de que existen beneficios tributarios para empresas que implementen esta renovación. Otro beneficio no menos importante es el impacto ambiental que conlleva es el hecho de sustituir el uso de energía convencional a base de combustibles fósiles por las alternativas.

## REFERENCIAS

- [1] Barrios Sequera, M., 2016. Revista diseño. [online] Issuu. Available at: <[https://issuu.com/manuelalfredo8/docs/revista\\_dise\\_o](https://issuu.com/manuelalfredo8/docs/revista_dise_o)> [Accessed 9 March 2021].
- [2] N. Bratu Serbán and E. Campero Littlewood, Instalaciones eléctricas, 2nd ed. México: Alfaomega, 1995.
- [3] G. Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales, 1st ed. México: Limusa, 2005.
- [4] "Tomacorriente | Construpedia, enciclopedia construcción". Portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción | Construmática. <https://www.construmatica.com/construpedia/Tomacorriente> (accedido el 4 de marzo de 2021).
- [5] R. M. Pastor Villa. "LUMINOTECNIA: Cálculo según el método de los lúmenes". RiuNet repositorio UPV. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/articulo%20docente%20Cálculo%20método%20de%20los%20lúmenes.pdf> (accedido el 11 de marzo de 2021).
- [6] "Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso". Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49639089029> (accedido el 17 de marzo de 2021).
- [7] "Iluminación led. concepto y características". Ambiente Soluciones, energía solar Colombia, reflectores led, nuevas tecnologías para el ahorro energético, energías renovables, Medellín, Colombia, panel solar, iluminación LED, alumbrado público. [https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=423](https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos_mo.php?it=423) (accedido el 10 de marzo de 2021).
- [8] G. Domínguez Bonilla, "Sensores de presencia para control de iluminación.", Monografía, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, Veracruz, 2014. Accedido el 1 de abril de 2021. [En línea]. Disponible: [https://www.academia.edu/download/51254445/dominguezbonillagabrie\\_la.pdf](https://www.academia.edu/download/51254445/dominguezbonillagabrie_la.pdf)
- [9] <https://www.legrand.es/documentos/Catalogo-Tecnico-Detectores-de-Movimiento-CP-Legrand.pdf>. <https://www.legrand.es/documentos> (accedido el 17 de abril de 2021).
- [10] "¿Cómo funcionan los sensores de movimiento para ahorrar energía? – Endesa X". Endesa X - Innovación Tecnológica del Sector de la Energía | Endesa X. [https://www.endesax.com/es/recursos/historias/sensores-movimiento-ahorro-energia#:~:text=Según%20un%20estudio%20realizado%20por%20Energía%20Center%20of%20Wisconsin,%20el%20de%20electricidad%20es%20aún%20mayor](https://www.endesax.com/es/recursos/historias/sensores-movimiento-ahorro-energia#:~:text=Según%20un%20estudio%20realizado%20por%20Energía%20Center%20of%20Wisconsin,%20el%20de%20electricidad%20es%20aún%20mayor.). (accedido el 20 de marzo de 2021).
- [11] "¿Qué es un sistema fotovoltaico? Tipos de sistemas". <https://elecarnet.net/que-es-un-sistema-fotovoltaico-tipos-de-sistemas-2/> (accedido el 14 de marzo de 2021).
- [12] "tipos de sistemas fotovoltaicos". curso de energía solar. <https://www.ecener.org/tipos-de-sistemas-fotovoltaicos/> (accedido el 4 de junio de 2021).
- [13] Centrales de energías renovables : generación eléctrica con energías renovables. Pearson/Prentice Hall, 2009.
- [14] T. Díaz Corcobado, G. Carmona Rubio and V. Benloch Ramos, Instalaciones solares fotovoltaicas. Aravaca (Madrid): McGraw-Hill/Interamericana de España, 2018.
- [15] A. Muñoz Rincón and D. González Cely, "Análisis de expansión de una Microrred en una zona no interconectada", trabajo de grado, Universidad de La Salle, 2019. Accedido el 19 de marzo de 2021. [En línea]. Disponible: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1267&context=ing\\_electronica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1267&context=ing_electronica)
- [16] C. López Osorio and g. Muñoz López, Diseño de un sistema fotovoltaico para atender la demanda de iluminación de áreas comunes y baños del bloque 1b de la universidad tecnológica de Pereira, 2015. [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5854/62131244L864.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Accessed: 09- Mar- 2021].
- [17] J. Alvarado Ladrón de Guevara, "Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada", 2018. [Online]. Available: [http://oa.upm.es/52204/1/PFC\\_JORGE\\_ALVARADO\\_LADRON\\_DE\\_G\\_UEVARA.pdf](http://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_G_UEVARA.pdf). [Accessed: 26- Mar- 2021].
- [18] F. d. Acevedo Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios. [online]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/11352>.
- [19] D. Márquez Torres and J. Pérez García, "Diseño fotovoltaico y estructural de un kiosco inteligente para la UAN sede Duitama. Universidad Antonio Nariño", Universidad Antonio Nariño, 2020.
- [20] "Efecto fotoeléctrico (artículo) | Khan Academy", Khan Academy, 2021. [Online]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/photoelectric-effect>. [Accessed: 04- Apr- 2021].
- [21] J. Carta González, Centrales de energías renovables, 2nd ed. Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2012.
- [22] "RADIACIÓN SOLAR - IDEAM", Ideam.gov.co, 2021. [Online]. Available: <http://ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>. [Accessed: 06- Apr- 2021].
- [23] "Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá.", Revistas.udistrital.edu.co, 2017.

[Online]. Available:  
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>. [Accessed: 07-  
Apr- 2021].

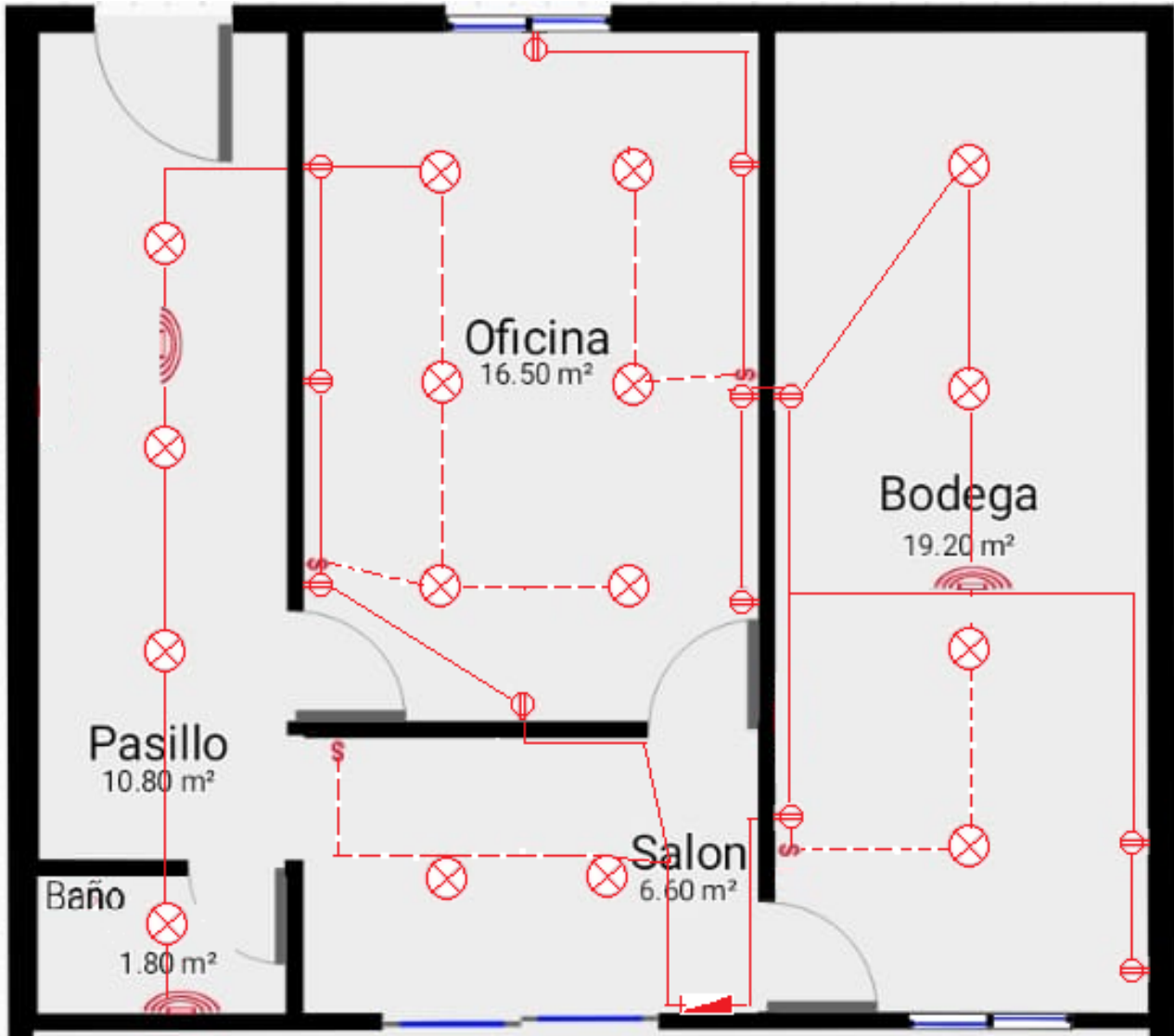
## ANEXO 1. DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA ELECTRICO







## ANEXO 3. PLANO ELECTRICO DE CONSTRUCCION



## ANEXO 4. DATASHEET BATERIA KBL122000

# KBL122000 12V 200Ah

The KAISE LONG LIFE Series 10 years has been designed for different applications, such as UPS, electric and telecommunications applications that require a long useful life.



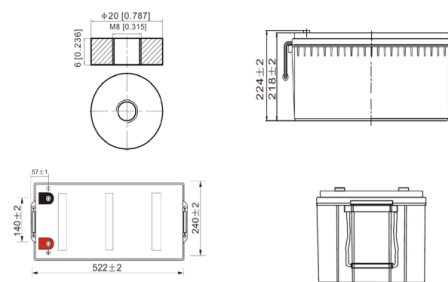
### Performance Characteristics

Nominal Voltage	12V	
Dimensions	Length (mm / inch)	522 / 20.55
	Width (mm / inch)	240 / 9.45
	Height (mm / inch)	218 / 8.58
	Total Height (mm / inch)	224 / 8.81
Approx. Weight	(Kg / lbs) 65.0 / 143.3	
Design Life	11 years	
Terminal	M8	
Container Material	ABS	
Rated Capacity	214.0Ah / 10.7A	(10hr, 1.80V / cell, 25°C / 77°F)
	200.0Ah / 20.0A	(10hr, 1.80V / cell, 25°C / 77°F)
	174.0Ah / 34.8A	(5hr, 1.75V / cell, 25°C / 77°F)
	124.0Ah / 124.0A	(1hr, 1.60V / cell, 25°C / 77°F)
Max. Discharge Current	2000A (5s)	
Internal Resistance	Approx 2.7 mΩ	
Operating Temp. Range	Discharge : -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)	
	Charge : 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F)	
	Storage : -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)	
Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)	
Cycle Use	Initial Charging Current less than 60A.	
	Voltage: 14.4VPC ~ 15.0VPC at 25°C (77°F)	
	Temp. Coefficient: -30mV/°C	
Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage	
	13.5VPC~13.8VPC at 25° C (77°F)	
	Temp. Coefficient: -20mV/°C	
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%
	25°C ( 77°F)	100%
	0°C ( 32°F)	86%
Self Discharge	Fully charged Kaise Long Life Series batteries may be stored for up to 6 months at 25°C (77°F) and then a freshening charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

### Constant Current Discharge (Amperes) at 77°F (25°C)

Volts/cell	10min	15min	30min	1h	3h	5h	10h	20h
1.80V	267.8	221.0	157.3	100.9	50.0	34.0	20.0	10.7
1.75V	304.1	249.1	170.9	110.0	52.0	34.8	20.5	11.0
1.70V	343.5	276.3	186.6	116.4	54.7	36.8	21.3	11.3
1.65V	368.8	295.9	196.9	120.4	56.9	38.0	21.9	11.6
1.60V	405.8	324.1	210.1	124.0	58.4	38.9	22.4	11.8

### Dimensions and Terminal (Unit: mm (inches))



### Applications

UPS  
Telecommunications equipment  
Solar energy systems  
Cable TV  
Power station  
Marine equipment  
Military equipment  
Emergency power systems  
Railway systems

### Certifications

ISO 9001:2008 ISO 14001:2008 

### Discharge Current vs. Discharge Voltage

Final discharge voltage V/CELL	1,8	1,75	1,7	1,6
Discharge current (A)	I ≤ 0,1CA	0,25CA ≥ I >> 0,1CA	0,55CA ≥ I >> 0,25CA	I > 0,55CA

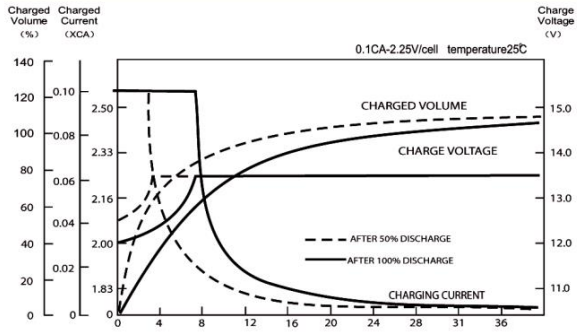
### Constant Power Discharge (Watts per cell) at 77°F (25°C)

Volts/cell	10min	15min	30min	1h	3h	5h	10h	20h
1.80V	494.1	411.2	286.3	195.6	97.9	67.0	39.9	21.4
1.75V	552.3	457.9	321.5	212.3	101.4	68.4	40.9	21.9
1.70V	609.8	501.0	349.1	223.9	106.6	72.2	42.5	22.4
1.65V	648.9	532.3	365.4	230.0	110.4	74.2	43.6	23.1
1.60V	697.8	573.5	387.2	235.6	112.7	75.8	44.4	23.4

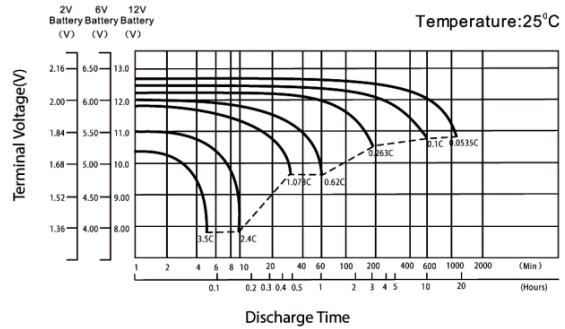
(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycles not the minimum values.



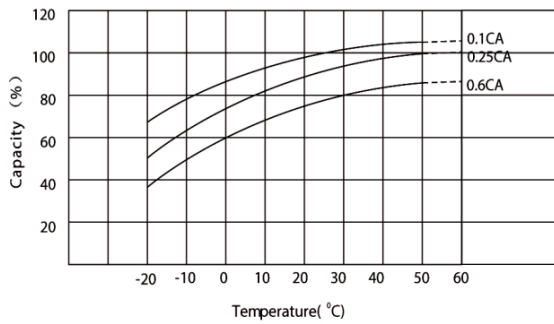
### Charging Characteristics (float use)



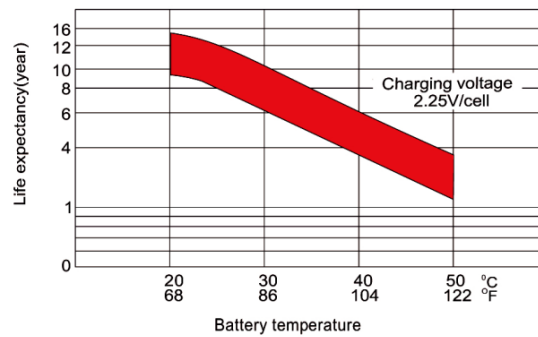
### Discharge Characteristics



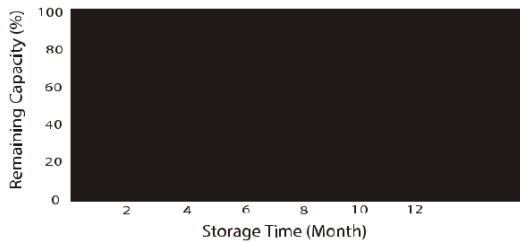
### Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



### Effect of Temperature on Long Term Float Life



### Self Discharge Characteristics



- A** No supplementary charge required  
(carry out supplementary charge before use if 100% capacity is required)
- B** Supplementary charge required before use. Optional charging way a below:
  1. Charged for above 3 days at limited current 0.25 CA and constant voltage 2.25V / cell.
  2. Charged for above 20 hours limited current 0.25CA and constant voltage 2.45V / cell.
  3. Charged for 8-10 hours at limited current 0.05 CA.
- C** Supplementary charge often fail to recover the capacity.  
The battery should never be left standing till this is reached.

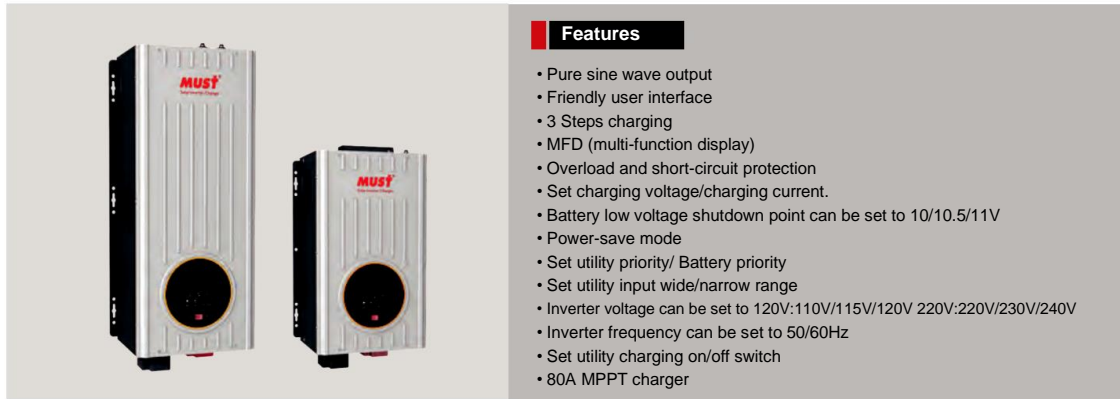
IMPORTANT NOTE: The specifications presented herein are subject to revision without notice.

Contacto  
energy@tempelgroup.com  
www.tempelgroup.com



## ANEXO 5. DATASHEET INVERSOR

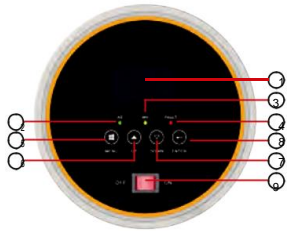
### Low Frequency Power Inverter/Charger PV3000 LMPK Series (1KW-6KW)



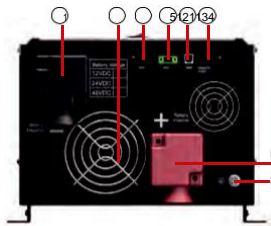
#### Introduction

PV3000 VHM series is very economical pure sine wave inverter, AC charger inbuilt, from 20A to 60A; Solar/AC priority is configurable, when setting solar priority, solar will charge batteries as first priority, and AC can also charge batteries when solar charger current too lower, in this way system charge is optimized best. it enables inverter to operate with all kinds of home appliances.

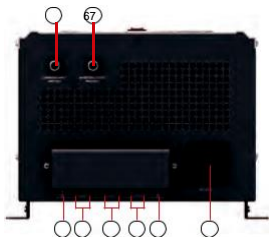
#### Back panel printing description



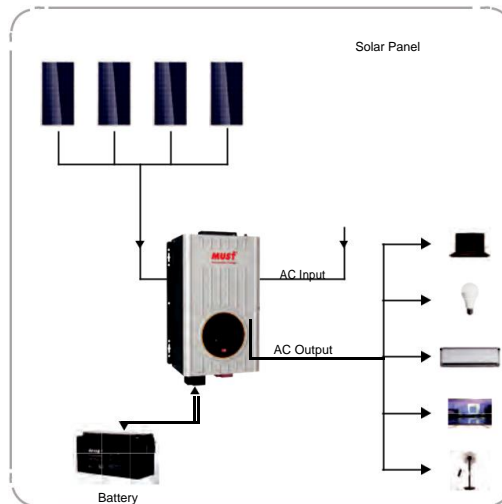
1. LCD display
2. AC LED
3. INV LED
4. Fault
5. Menu
6. UP
7. Down
8. Enter
9. Switch ON/OFF



1. BAT -
2. BAT +
3. USB
4. Remote port
5. FAN
6. Charger input protect
7. Inverter output protect
8. GND
9. AC input
10. AC output
11. AGS
12. BTS
13. AC Output 10A(MAX)
14. PV input



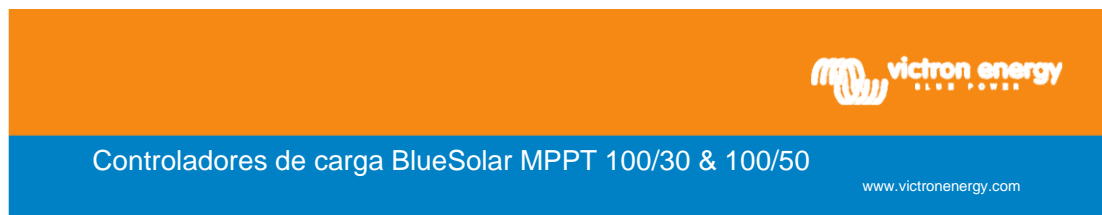
#### Solar system connection



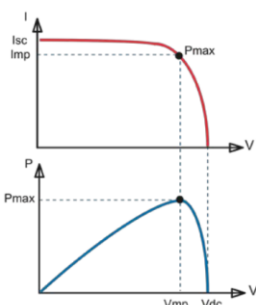
## Specification

		12VDC		24VDC		12VDC		24VDC		24VDC		48VDC		24VDC		48VDC		48VDC		
Nominal Battery System Voltage		12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1 KW		1.5 KW		2 KW		3 KW		4 KW		5 KW		6 KW						
	Surge Rating(20ms)	3 KW		4.5 KW		6 KW		9 KW		12 KW		15 KW		18 KW						
	Capable Of Starting Electric Motor	1HP		1HP		1HP		2HP		2HP		3HP		3HP						
	Waveform	Pure sine wave \ same as input (bypass mode)																		
	Nominal Output Voltage RMS	100V \ 110V \ 120V \ 220V \ 230V \ 240VAC ( $\pm 10\%$ RMS)																		
	Output Frequency	50Hz \ 60Hz $\pm 0.3$ Hz																		
	Inverter Efficiency (Peak)	>88%																		
	Line Mode Efficiency	>95%																		
Power Factor	1.0																			
Typical Transfer Time	10ms(max)																			
AC INPUT	Voltage	230VAC																		
	Selectable Voltage Range	96-132VAC 155-280VAC(For personal computers)																		
	Frequency Range	50Hz \ 60Hz(Auto sensing) 40-80Hz																		
BATTERY	Minimum Start Voltage	10.5VDC \ 11VDC for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)																		
	Low Battery Alarm	11VDC $\pm 0.3$ V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)																		
	Low Battery Cut Off	10.5VDC $\pm 0.3$ V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)																		
	High Voltage Alarm	16.0VDC $\pm 0.3$ V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)																		
	High Battery Voltage Recover	15.5VDC $\pm 0.3$ V for 12VDC mode																		
	Idle Consumption-Search Mode	<25W when power saver on																		
CHARGER	Output Voltage	Depends on battery type																		
	Charge AC Input Breaker Rating	120V	1K\12A		1.5K\16A		2K\30A		3K\40A		4-6K\40A		4-6K\40A		4-6K\40A					
		230V	1-1.5K\10A				2-3K\30A				4-6K\40A									
	Overcharge Protection S.D.	15.7VDC for 12VDC mode (*2 for 24VDC mode, *4 for 48VDC mode)																		
Maximum Charge Current	30A	20A	45A	25A	60A	30A	40A	20A	60A	30A	35A	40A	40A	40A	40A	40A	40A	40A	40A	
BYPASS & PROTECTION	Input Voltage Waveform	Sine wave (grid or generator)																		
	Nominal Input Frequency	50Hz or 60Hz																		
	Overload Protection (SMPS Load)	Circuit breaker																		
	Output Short Circuit Protection	Circuit breaker																		
	Bypass Breaker Rating	230V	1-3K\30A						4-6K\40A											
		120V	1K\16A		1.5K\20A		2K\30A		3K\40A		4-6K\63A		4-6K\63A							
	Max Bypass Current	30Amp																		
SOLAR CHARGER	Maximum PV Array Power	1250W	2500W	1250W	2500W	1250W	2500W	2500W	5000W	2500W	5000W	5000W	5000W	5000W	5000W	5000W	5000W	5000W	5000W	
	Maximum PV Charge Current	80A $\pm 4$ A																		
	DC Voltage	12V \ 24V auto work									24V \ 48V auto work									
	MPPT Range @ Operating Voltage	16-100VDC @ 12V/32-145VDC @ 24V									32-145VDC @ 24V/64-145VDC @ 48V									
	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	145VDC																		
	Standby Power Consumption	<2W																		
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Wall Mount																		
	Dimensions (W*H*D)	423*247*197mm									597*247*197mm									
	Net Weight (Solar CHG)(kg)	16.5	17	21.1	20	24.5	24.8	38.2	35.8	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
	Shipping Dimensions (W*H*D)	585*387*322mm									758*387*322mm									
	Shipping Weight (Solar CHG)(kg)	19.3	20	24.1	22.8	29.1	27.5	42.3	40	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	
OTHER	Operation Temperature Range	0°C to 40°C																		
	Storage Temperature	-15°C to 60°C																		
	Audible Noise	60dB MAX																		
	Display	LED+LCD																		
	Standard Warranty	1 year																		

## ANEXO 6. DATASHEET CONTROLADOR DE CARGA



Controlador de carga solar  
MPPT 100/50



Seguimiento del punto de potencia  
máxima

#### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

#### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida.

Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a  $V_{mp}$ .

#### Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

#### Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

#### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

#### Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

#### Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

#### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

#### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos Venus en nuestro sitio web.
- Un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24V	
Corriente de carga nominal	30A	50A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	440W	700W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	880W	1400W
Tensión máxima del circuito abierto FV	100V	100V
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	35A	60A
Eficacia máxima	98%	98%
Autoconsumo	12V: 30 mA 24V: 20 mA	
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V (ajustable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable)	
Algoritmo de carga	variable multietapas	
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.	
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretemperatura	
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)	
Humedad	95 %, sin condensación VE.Direct	
Puerto de comunicación de datos	Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web	
<b>CARCASA</b>		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales de conexión	13mm <sup>2</sup> / AWG6	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	1,3kg	1,3kg
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70mm	130 x 186 x 70mm
<b>ESTÁNDARES</b>		
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
1a) Si hubiese más potencia FV conectada, el controlador limitará la potencia de entrada.		
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.		
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.		
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador		

## ANEXO 5. DATASHEET CONTROLADOR DE CARGA



**ANEXO 5. DATASHEET MODULO FOTOVOLTAICO**



# GCL-M6/60H

## Monocrystalline Module

### 300-335W



**335W**  
Maximum Power Output

**20.6%**  
Maximum Module Efficiency

**0~+5W**  
Power Output Guarantee

Cell Type  5BB



High conversion efficiency due to top quality wafers and advanced cell technology



Selected encapsulating material and stringent production process control ensure the product is highly PID resistant and snail trails free



Sand blowing test, salt mist test and ammonia test passed to endure harsh environments



Optimized system performance due to module level current sorting



Special cell process ensures great performance under low irradiance conditions



Highly transparent self-cleaning glass brings additional yield and easy maintenance

**GCL Delivers Reliable Performance Over Time**

- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Fully automatic facility and world-class technology
- Rigorous quality control to meet the highest standard: ISO9001:2015, ISO14001:2015 and OHSAS: 18001:2007
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing test: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2-68)
- Long term reliability tests
- 2x100% EL inspection ensuring defect-free modules

**Linear Performance Warranty**



\* Please refer to GCL standard warranty for details



Additional Insurance Backed by Swiss RE

# GCL-M6/60H

Monocrystalline Module

300-335W

## Electrical Specification (STC\*)

Maximum Power	$P_{max}(W)$	300	305	310	315	320	325	330	335
Maximum Power Voltage	$V_{mp}(V)$	32.40	32.60	32.80	33.00	33.20	33.41	33.61	33.81
Maximum Power Current	$I_{mp}(A)$	9.26	9.36	9.45	9.55	9.64	9.73	9.82	9.91
Open Circuit Voltage	$V_{oc}(V)$	39.60	39.70	39.90	40.10	40.30	40.50	40.70	40.90
Short Circuit Current	$I_{sc}(A)$	9.78	9.87	9.95	10.04	10.12	10.20	10.28	10.36
Module Efficiency	(%)	18.4	19.7	19.1	19.4	19.7	20.0	20.3	20.6
Power Output Tolerance	(W)	0~+5							

\* Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5

## Electrical Specification (NOCT\*)

Maximum Power	$P_{max}(W)$	222.60	226.50	230.43	233.78	237.47	240.87	244.61	248.37
Maximum Power Voltage	$V_{mp}(V)$	30.00	30.20	30.40	30.60	30.80	31.00	31.20	31.40
Maximum Power Current	$I_{mp}(A)$	7.42	7.50	7.58	7.64	7.71	7.77	7.84	7.91
Open Circuit Voltage	$V_{oc}(V)$	36.60	36.80	37.00	37.20	37.40	37.50	37.70	37.90
Short Circuit Current	$I_{sc}(A)$	7.71	7.78	7.85	8.12	8.18	8.25	8.32	8.39

\* Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

## Mechanical Data

Number of Cells	60 Cells (6x10)
Dimensions of Module L*W*H (mm)	1640x997x35mm [64.56x39.05x1.38 inches]
Weight (kg)	18.1 kg
Class	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches)
Backsheet	White
Frame	Silver, anodized aluminium alloy
J-Box	IP68 Rated
Cable	4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), 900mm (35.4 inches)
Number of diodes	3
Wind/ Snow Load	7400Pa/ 5400Pa*
Connector	MC Compatible

\* For more details please check the installation manual of GCLSI

## Temperature Ratings

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of $I_{sc}$	-0.06%/°C
Temperature Coefficient of $V_{oc}$	-0.37%/°C
Temperature Coefficient of $P_{max}$	-0.35%/°C

## Maximum Ratings

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC
Max Series Fuse Rating	20A

## Optional

Connector:  Original MC4

## Packaging Configuration

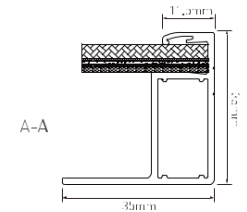
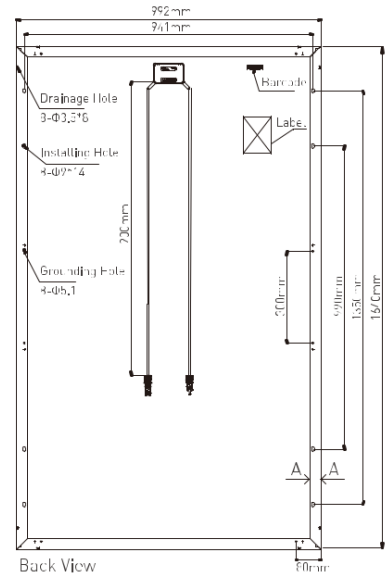
Module per box	30 pieces
Module per 40' container	840 pieces



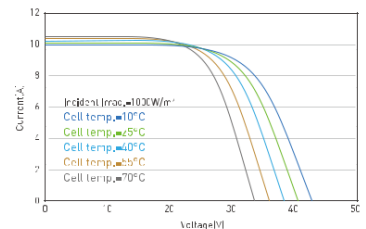
Contact Us for More Information

website: [www.gclsi.com](http://www.gclsi.com) email: [gclsales@gclsi.com](mailto:gclsales@gclsi.com)

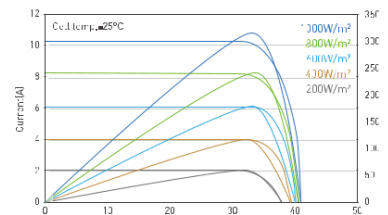
## Module Dimension



## I-V Curve at Different Temperature (335W)



## I-V/P-V Curve at Different Irradiation (335W)



CAUTION: READ INSTALLATION MANUAL BEFORE USING THE PRODUCT