

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
ESCUELA DE POSGRADO
Sección de Posgrado de la Facultad de Ingeniería



**Diseño de sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior
del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón”- 2017**

Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería Mecánica Eléctrica con
mención en Redes de Distribución Eléctrica

Autor

López Medina, Máximo

Asesor

Ramos Moscol, Mario Fernando

Chimbote - Perú

2019

Palabras Clave

Tema	Sistema Fotovoltaico
Especialidad	Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Keywords

Topic	Photovoltaic system
Specialty	Electrical and electronic engineering.

Línea de Investigación	Sector Energía.
Área	Ingeniería y Tecnología.
Sub área	Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática.
Disciplina	Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Título de la investigación

Diseño de sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón”- 2017

Resumen

El propósito de la investigación es realizar el diseño de un sistema fotovoltaico que brinde energía confiable independiente de la concesionaria eléctrica y respetando el medio ambiente. El estudio es descriptivo de diseño no experimental del tipo transversal descriptivo – comparativo. La población y muestra considerada son iguales y es el alumbrado externo del Hospital Regional, el muestreo es no probabilístico, conformado por 8 circuitos eléctricos. Como técnicas de recolección de datos de la investigación tenemos: observación directa, revisión documental, organización y métodos, análisis documental. Los instrumentos de recolección de datos son: registro de datos, registro de herramientas, registro de indicadores. El sistema fotovoltaico es de 25,000Wp, con 100 paneles fotovoltaicos, 168 baterías conectadas, 15 reguladores, 5 inversores. Los indicadores energéticos han tenido una mejoría del 5.54% para el Indicador Energético 1 (kWh-mes/pacientes), 5.79 % para el Indicador Energético 2 (mes-facturación/pacientes) y 5.54% para el Indicador Energético 3 (CO₂-mes/pacientes). Del análisis económico se tiene un VAN \$ 20,310.05; TIR 2.0%; Payback 13.85 años. El beneficios medio ambiental del sistema fotovoltaico es evitar emitir CO₂ es de 13.49 Ton.CO₂/año.

Abstract

The purpose of the research is to design a photovoltaic system that provides reliable energy independent of the electric concessionaire and respecting the environment. The study is descriptive of non-experimental design of the descriptive - comparative cross-sectional type. The population and sample considered are equal and it is the external lighting of the Regional Hospital, the sampling is not probabilistic, consisting of 8 electrical circuits. As research data collection techniques we have: direct observation, documentary review, organization and methods, documentary analysis. The data collection instruments are: data logging, tool logging, indicator logging. The photovoltaic system is 25,000Wp, with 100 photovoltaic panels, 168 connected batteries, 15 regulators, 5 inverters. The energy indicators have improved 5.54% for Energy Indicator 1 (kWh-month / patients), 5.79% for Energy Indicator 2 (month-billing / patients) and 5.54% for Energy Indicator 3 (CO₂-month / patients). The economic analysis has a NPV \$ 20,310.05; IRR 2.0%; Payback 13.85 years. The environmental benefits of the photovoltaic system is to avoid emitting CO₂ is 13.49 Ton.CO₂ / year.

Índice general

Palabras Clave.....	i
Título de la investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	viii
1. Introducción.....	1
2. Metodología.....	12
3. Procesamiento de datos	15
4. Resultados.....	16
5. Análisis y discusión.....	32
6. Conclusiones y recomendaciones.....	35
7. Referencias bibliográficas	37
8. Anexos.....	41

Índice de tablas

Tabla 1. Rendimiento de celdas solares convencionales	4
Tabla 2. Indicadores energéticos del subsector Salud	9
Tabla 3. Instrumentos de recolección de datos según objetivos	14
Tabla 4. Horas pico solar correspondiente a los meses del año 2017.....	17
Tabla 5. Estadística de atenciones a usuarios externos del H.R. “EGB”, año 2017..	21
Tabla 6. Energía y Potencia consumida del H.R. “EGB”, año 2017	21
Tabla 7. Costo aprox. de Energía y Potencia consumida del H.R.“EGB”, año 2017	22
Tabla 8. Indicadores energéticos estado inicial –según atenciones en consultorio externo	23
Tabla 9. Indicadores energéticos estado inicial –según atenciones en emergencia...	23
Tabla 10. Indicadores energéticos estado inicial –según egresos hospitalarios	24
Tabla 11. Resumen de indicadores energéticos iniciales.....	24
Tabla 12. Consumo de Energía y demanda para los meses del año 2017	25
Tabla 13. Facturación de Energía y demanda para los meses del año 2017	25
Tabla 14. Indicadores energéticos estado final –según pacientes de consultorios externos.....	26
Tabla 15. Indicadores energéticos estado final –según consultorios de emergencia.	26
Tabla 16. Indicadores energéticos estado final –según egresos hospitalarios	27
Tabla 17. Resumen de indicadores energéticos finales; tablas 14, 15 y 16.....	27
Tabla 18. Presupuesto instalación fotovoltaica.....	29
Tabla 19. Indicadores de rentabilidad.....	30
Tabla 20. Emisiones de CO ₂ emitidas asociadas al consumo de E.E. del alumbrado exterior.....	31
Tabla 21. Carga eléctrica por circuitos	41
Tabla 22. Consumo de energía promedio, año 2017 – alumbrado exterior.....	42
Tabla 23. Facturación meses año 2017 – consumo de E.E. del alumbrado exterior .	45
Tabla 24. Parámetros geográficos del Hospital Regional “EGB”	46
Tabla 25. Distribución de áreas por pisos del Hospital Regional “EGB”	49

Índice de figuras

Figura 1. Balance de Energía Solar en la Tierra	2
Figura 2. Esquema de un Sistema Fotovoltaico.....	2
Figura 3. Curva de Corriente y Voltaje para una Celda Solar	4
Figura 4. Conexión de las Baterías	6
Figura 5. Diferentes formas de Onda Generada por Inversores Comerciales	7
Figura 6. Conexiones Serie-Paralelo de los arreglos Fotovoltaicos.	7
Figura 7. Comportamiento de Curva Corriente-Voltaje en arreglos Fotovoltaicos.....	8
Figura 8. Obtención de la Máxima Potencia en arreglos Fotovoltaicos	8
Figura 9. Porcentaje de la mejora de indicadores energéticos-del H.R.	28
Figura 10. Comportamiento de la Radiación solar diaria incidente sobre el H.R.	47
Figura 11. Vista panorámica del Hospital Regional “EGB” de Chimbote.....	49

Índice de anexos

Anexo 1. Análisis de la demanda mensual de energía eléctrica	41
Anexo 2. Análisis del Recurso Solar	46
Anexo 3. Generalidades del Hospital Regional “EGB”	48
Anexo 4. Catálogo de Paneles Solares.....	52
Anexo 5. Catálogo de Baterías Solares.....	53
Anexo 6. Catálogo de Inversores	55
Anexo 7. Catálogo de Reguladores.....	57
Anexo 8. Conceptuación y Operacionalización de variables	58
Anexo 9. Matriz de Consistencia.....	59
Anexo 10. Plano de Distribución de Componentes	60
Anexo 11. Control Eléctrico del SFV y Suministro Exterior	61

1. Introducción

Los trabajos previos y contemporáneos recopilados como antecedentes de la investigación son de Martínez (2016) que manifiesta: “energía solar... resolver... problemas que afronta la humanidad: el cambio climático, la seguridad energética y el acceso universal a los servicios modernos de energía... políticas de apoyo” (p.22). Según Alata (2015), indica lo siguiente: “sistemas fotovoltaicos... ventajas: instalación simple... energía limpia y gratuita... operación... automática y silenciosa... poco mantenimiento... amigable con el medio ambiente” (p.35). Así mismo Tinoco y Huamani (2013) concluye lo siguiente: “implementación de 500 sistemas fotovoltaicos... se logra... disminución de 974.8 Toneladas de Emisiones de CO₂ al ambiente” (p.71). Del mismo modo Gonzales (2016), en su estudio argumenta: “investigación... en el sector hospitalario... índices energéticos de consumo de energía eléctrica... Hospital... se busca mejorar el consumo energético... abastecimiento de energía con fuentes limpias” (p.42). Según García (2011) los indicadores energéticos representan una herramienta cuantitativa que ayuda a monitorear los costos de la energía en una edificación.

La fundamentación científica se basa en Muñoz (2005) que señala las siguientes teorías relacionadas al tema de investigación:

Energía Solar Fotovoltaica... basada... efecto fotoeléctrico... radiación solar sobre unos materiales semiconductores generando un flujo de electrones... obteniéndose una tensión... ideales para... autogeneración... ahorro de energía... Los tipos de baterías que se usan comúnmente... plomo-ácido... recargables, fáciles de mantener, relativamente económicas, y obtenibles en una variedad de tamaños y opciones. (Pp.17-18,52)

De acuerdo con Muñoz sobre la radiación solar, Inzunza (2015) indica que:

La radiación solar... sólo un 25% llega directamente a la superficie de la Tierra y un 26% es dispersado por la atmósfera... 19 % es absorbido por las nubes y gases atmosféricos. El otro 30 % se pierde hacia el espacio... (pp. 10-11)

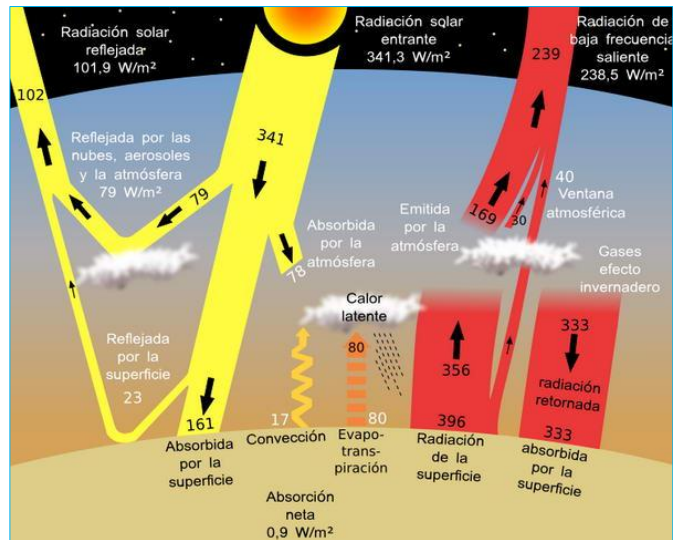


Figura 1. Balance de Energía Solar en la Tierra

Fuente: Pueblo en línea (2009)

Sobre la irradiancia global, Bird & Riordan citado por Torres (2016) menciona que:

La Irradiancia global es la suma de la irradiancia directa y la irradiancia difusa... La Irradiancia Directa... llega a la superficie terrestre en forma directa desde el sol... La Irradiancia Difusa... proveniente de la atmósfera debido a la dispersión... ondas electromagnéticas... gases y con partículas de polvo, en un día despejado la radiación difusa es de alrededor del 15% de la radiación global y va aumentando con la nubosidad y la contaminación atmosférica. (p.52)

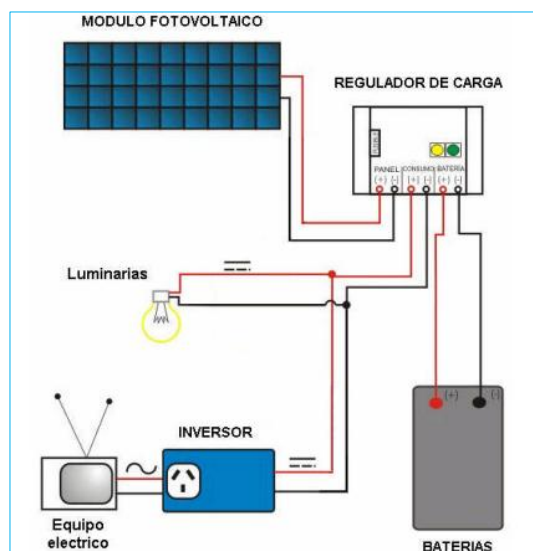


Figura 2. Esquema de un Sistema Fotovoltaico

Fuente: Muñoz (2015)

La teoría de los sistemas fotovoltaicos aislados se fundamenta en Gonzales (2016):

Aisladas de la red con baterías (Off grid)... independiente al sistema eléctrico... conformados por las siguientes partes... Un arreglo de paneles (PV array)... Un controlador (Charge controller) encargado de cargar el banco de baterías, alimentar el inversor y a su vez las cargas DC... Banco de baterías (Battery bank) para tener un respaldo en las horas donde no hay radiación solar... Inversor (Stand-alone inverter) encargado de hacer la conversión de la energía eléctrica de DC a AC... Panel de distribución (Distribution panel)... para alimentación de las cargas AC. (p.23)

El criterio general para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico es función de la potencia consumida y según los siguientes criterios expuestos por Núñez & Cruz (2013):

Cálculo del total de los vatios –hora por día, considerando... equipos a ser utilizados... Multiplicar... por 1.3. (Para considerar las pérdidas en el sistema), para obtener los vatios- hora por día que deben ser proporcionados por el panel fotovoltaico... Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos... La potencia del panel se obtiene a partir del total de los vatios hora-día... dividido entre el número de horas pico de sol del peor mes ... La corriente del panel se obtiene dividiendo la potencia del panel entre el voltaje del panel. (p.7)

El rango de eficiencia de los paneles fotovoltaicos se encuentra dentro del rango:

La eficiencia de los paneles solares... entre 5-15%... larga vida útil, del orden de 30 años o más.... los paneles van protegidos en su cara exterior con vidrio templado, que permite aguantar condiciones meteorológicas muy duras tales como el hielo, la abrasión, cambios bruscos de temperatura, o los impactos producidos por el granizo. (Henríquez, 2003, p.25)

Tabla 1. Rendimiento de celdas solares convencionales

Tipo de material	Procedimiento en condiciones ideales de laboratorio	Rendimiento en paneles comerciales
Silicio puro monocristalino	24,70 %	16 %
Silicio puro policristalino	19,80 %	14 %
Silicio amorfo	13 %	8 %
Teluro de cadmio	16,00 %	8 %
Arseniuro de Galio	25,70 %	20 %
Diseleniuro de cobre en indio	17,00 %	9 %
Tándem	35,00%	No disponible en versión comercial

Fuente: Frías (2012).

Jenny & PVIC citado por Torres (2016), mencionan que: “La corriente de cortocircuito... cuando se unen directamente dichos terminales” (p. 33). Jesus & Jhon citado por Torres (2016), indican que: “El voltaje de circuito abierto... máximo voltaje... cuando no hay carga... conectada” (p. 34).

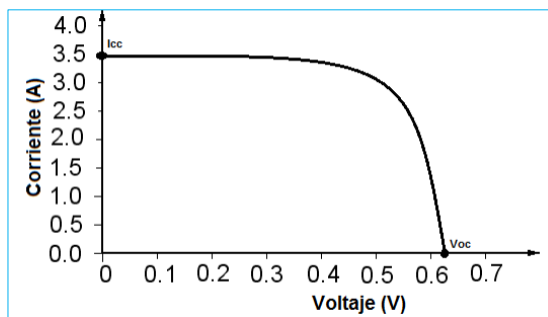


Figura 3. Curva de Corriente y Voltaje para una Celda Solar

Fuente: Torres (2016)

Sobre la curva de corrientes vs voltaje de la celda solar Rodríguez citado por Gonzales (2016), señala:

La curva de corriente contra voltaje (I vs V) es una de las principales para ver el comportamiento de las celdas y los paneles solares.... La condición establecida y que los fabricantes toman para sus catálogos y especificaciones como referencia... radiación... 1000W/m²... temperatura... 25°C y la masa de aire 1,5 el valor de la masa de aire significa que el recorrido de la luz es 1,5 veces más de la distancia desde la atmosfera hasta el panel si su trayectoria fuera perpendicular. (p.21)

Los parámetros que caracterizan a la batería son señalados por Cabrera (2018):

La batería almacena la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos durante... sol... se utilizan durante las noches o días con periodos nublados... intervalo... de carga y.... descarga...[es] un ciclo. Idealmente... se recargan al 100 por ciento de su capacidad... Las baterías más utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas son de 12 ó 24 voltios de tensión nominal... Los parámetros que caracterizan una batería son... La capacidad en Amper-hora (A-h)... número de Amperes que la batería puede descargar, multiplicado por el número de horas en que se entrega dicha corriente... Otro factor que influye en la capacidad es la temperatura de la batería y la de su ambiente. El comportamiento de una batería se toma a una temperatura ambiente de 27 grados centígrados. Temperaturas más bajas reducen su capacidad significativamente. Temperaturas más altas producen un ligero aumento de su capacidad, pero esto puede incrementar la pérdida de agua y disminuir el número de ciclos de vida de la batería... Profundidad de descarga.... capacidad total de la batería que puede ser usada sin necesidad de recarga y sin dañar a la batería. Como regla general, mientras menor sea la cantidad de energía que se extrae de la batería durante cada ciclo, mayor será la vida útil de la misma. (pp. 124-126)

Sobre los efectos de conectar las baterías en serie o paralelo Henríquez (2003) indica: “Las baterías pueden conectarse en serie para incrementar el voltaje, o en paralelo para incrementar la capacidad en Ah del sistema de acumulación. Al conectar en serie/paralelo se incrementan tanto el voltaje como la capacidad” (p.31). Núñez & Cruz (2013) realiza el dimensionamiento del banco de baterías:

Para considerar los días de autonomía se divide el total de vatios-hora por día por 0.85 (considerando las pérdidas de la batería) para obtener los vatios hora por día que deben ser proporcionados por la batería; luego... dividir... entre 0.6 para considerar la profundidad de descarga. Finalmente, multiplicar el resultado por el número de días de autonomía. Para considerar la descarga diaria máxima, dividir el total de vatios –hora-día por 0.85... luego dividir el resultado encontrado entre 0.15 para considerar la profundidad de descarga diaria... número... en... dividiendo el voltaje del banco... entre el de voltaje de la batería... El número de

baterías en paralelo se obtiene dividiendo la Capacidad del Banco entre la capacidad de batería (p.8)

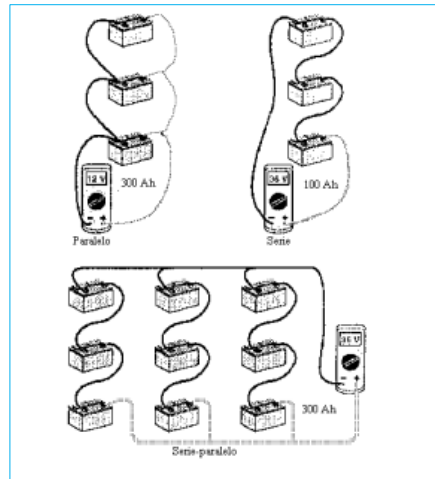


Figura 4. Conexión de las Baterías

Fuente: Henríquez (2003)

El regulador usado en sistemas fotovoltaicos es explicado por Henríquez (2003):

El regulador... permite el tránsito de corriente del panel hacia la batería y de la batería hacia la carga... el objetivo del regulador de carga es alargar la vida útil de la batería, evitando que esta sufra cargas y descargas profundas que estén fuera de sus límites permisibles... La carga de la batería se mide en Ah... controlar constantemente la tensión de la batería durante su carga, cortando el paso de la corriente cuando esté totalmente cargada y detectar cuando la tensión de las baterías ha descendido y reanudar la carga de ésta. (p. 33-34)

A lo expuesto por Torres (2016) complementa con el regulador MPPT: “Un regulador MPPT (Maximun Power Point Tracking)... ajusta el voltaje de entrada que recibe de los paneles... extraer la máxima potencia posible... convertidor DC/DC” (p.46). Los inversores utilizados en los sistemas fotovoltaicos son indicados por Torres (2016)

Los inversores (DC/AC)... Inversor Centralizado. En este tipo de conexión el inversor se utiliza como interfaz de un gran número de paneles y la red, los módulos fotovoltaicos están dispuestos en ramas en serie (string) para lograr un voltaje alto y a su vez estas ramas se unen en paralelo para lograr una corriente alta... Inversor descentralizado. Este tipo de montaje consiste en inversores

conectados en ramas en serie (String), el número de paneles conectados por cada rama depende del voltaje requerido para cada inversor... Sistema Individual panel-Inversor. En el sistema compacto panel inversor, cada panel viene equipado con su respectivo inversor. (pp.38, 40-43)

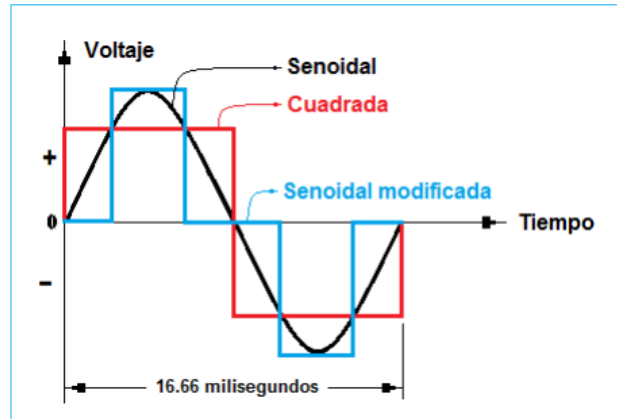


Figura 5. Diferentes formas de Onda Generada por Inversores Comerciales

Fuente: Torres (2016)

Sobre las conexiones de los módulos fotovoltaicos en serie y/o paralelo DamiaSolar (2016) señala:

Es recomendable utilizar siempre conectores MC4 dobles para realizar la conexión... entre... placas... conexión estanca y segura... agentes meteorológicos... fallos de contacto.

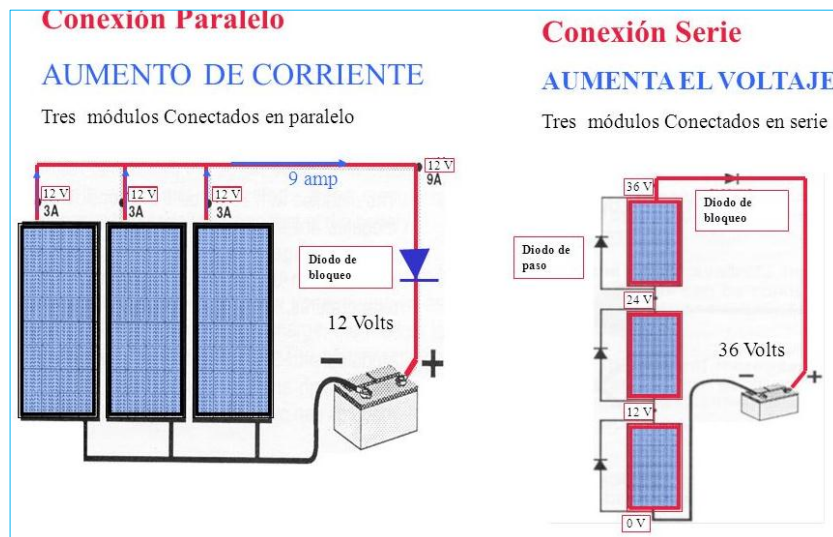


Figura 6. Conexiones Serie-Paralelo de los arreglos Fotovoltaicos.

Fuente: UNAM (2017).

Indica Gonzales (2016) sobre el funcionamiento del MPPT:

Cada celda proporciona un determinado voltaje y una determinada corriente, a medida que conectemos celdas en serie el voltaje aumenta y a medida que conectemos celdas en paralelo la corriente aumenta y así sucesivamente, igual sucede con los paneles. (p. 32)

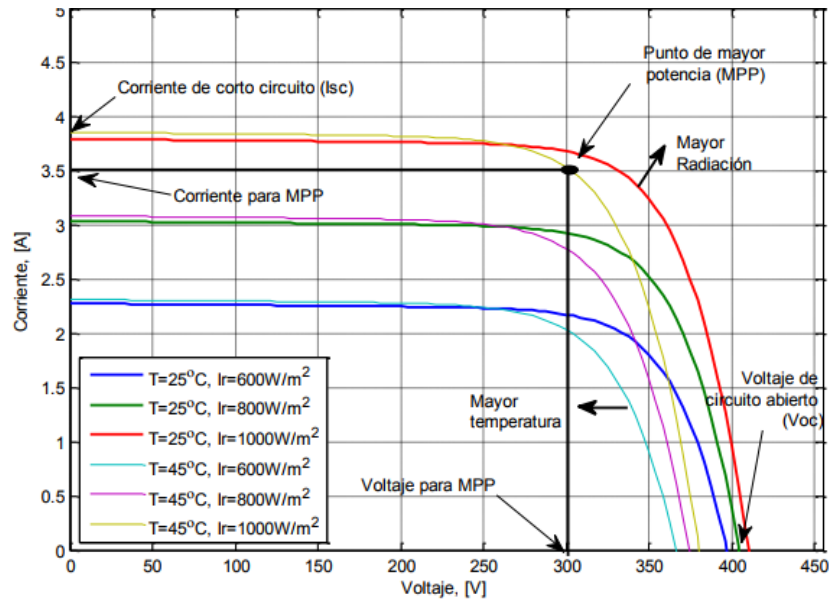


Figura 7. Comportamiento de Curva Corriente-Voltaje en arreglos Fotovoltaicos

Fuente: Gonzales (2016)

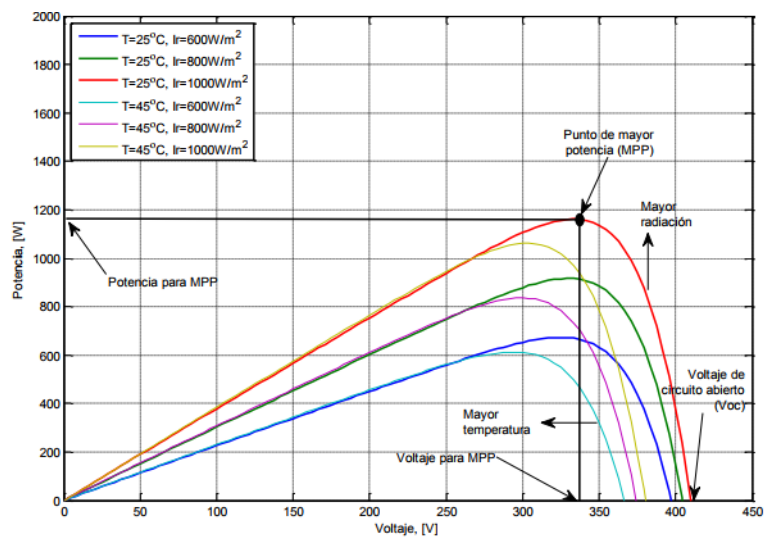


Figura 8. Obtención de la Máxima Potencia en arreglos Fotovoltaicos

Fuente: Gonzales (2016)

De las curvas corriente (I) vs voltaje (V) y Potencia (P) vs voltaje (V), Gonzales (2016) realiza la siguiente observación:

En la curva de I vs V se va a sobreponer la curva de potencia contra voltaje (P vs V)... donde se puede observar que el punto de mayor potencia de la curva P vs V es el llamado MPP... Si adicionalmente cambia la temperatura o la radiación el MPP va a cambiar, dando como resultado una nueva curva P vs V lo que genera una curva que va a estar en constante variación, dando origen a los sistemas de seguimiento del punto MPP conocidos como MPPT. (p.33)

“La evaluación de la potencia eléctrica en un edificio es un factor que no solo depende de la característica de diseño de la instalación, sino de las particularidades de uso” (García, 2011, p. 47).

El Ministerio de Energía y Minas - MINEM (2018) en la “Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético Hospitales”, indica que los hospitales se caracterizan por contar con ambientes, en algunos casos especialmente acondicionados, para el desarrollo de las actividades propias de la actividad médica y de servicios conexos, donde los usuarios demandan de sistemas de iluminación, servicios de agua, ventilación y acondicionamiento de aire para el desarrollo de sus actividades, mostrando los siguientes indicadores:

Tabla 2. *Indicadores energéticos del subsector Salud*

Indicador	Unidades
Consumo de Energía	Joule/pacientes
Consumo de Hidrocarburos	Joule/pacientes
Consumo de electricidad	kWh/pacientes
Consumo de gas	Joule/pacientes

Fuente: adaptado del Ministerio de Energía y Minas (2009)

Además el MINEM (2018) señala sobre iluminación exterior:

El consumo de electricidad en iluminación depende del número de lámparas, número de horas de iluminación y su eficiencia (iluminación/potencia eléctrica). Como los hospitales funcionan 24 horas, siete días a la semana, es posible pensar en obtener ahorros energéticos importantes si se toma en cuenta el uso de lámparas eficientes. (p.74)

La investigación tiene relevancia social, porque brinda a pacientes, visitantes y trabajadores, un alumbrado externo independiente de la red eléctrica, confiable que respeta el medio ambiente. El aporte científico de la investigación es que el estudio desarrolla un diseño para la mejora del alumbrado de un hospital y que podrá ser replicado en los hospitales, además de otros sectores para mejorar los indicadores energéticos (técnicos, económicos y ambientales).

Los costos de aplicación de la energía no convencional como la energía solar han disminuido en los últimos años por lo que se justifica desarrollar una metodología de diseño. En función a la disponibilidad de energía fotovoltaica con radiaciones solares incidentes entre 800 a 1000 w/m² se presenta con la fuente de energía primaria para abastecer de manera eficiente de forma parcial y autónoma los sistemas de iluminación exterior, que reviste un fuerte costo en la facturación eléctrica mensual del Hospital Regional “EGB” de Nuevo Chimbote, siendo este sistema de vital importancia en la atención del usuario y seguridad del presente edificio público, en función a esto mencionamos el siguiente problema: ¿En qué medida el diseño del sistema fotovoltaico mejoraría el alumbrado exterior del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón”-2017?

Al realizar la conceptualización y operacionalización de variables, se tiene como variable de estudio el diseño de sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior con definición conceptual de:

Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que convierten de manera directa la radiación solar en energía eléctrica, con la principal característica de que la potencia que se obtiene depende de la temperatura de la carga y el nivel de irradiación solar incidente. Son confiables y silenciosas, no producen dióxido de carbono, son de fácil montaje y la producción de energía útil es elevada. (Gonzales Toy, 2008)

El alumbrado exterior es "toda instalación de iluminación de titularidad pública o privada cuyo flujo luminoso se proyecta sobre un espacio abierto (carretera, calle, parque, ornamental, etc.) de uso público" (IDAE, 2019). La definición operacional es que los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que convierten de manera directa la

radiación solar en energía eléctrica, con la principal característica que se permite inyectar energía eléctrica a la red y almacenar la energía para su posterior consumo en las noches en el alumbrado exterior. Las dimensiones de las variables con sus indicadores y escala de medición cuantitativa son: potencia del sistema fotovoltaico (Potencia pico), componentes del sistema fotovoltaico (Selección de equipos), indicadores energéticos (IE1= kWh-mes/pacientes, IE2=Facturación/pacientes, IE3= kg CO2-mes/pacientes), análisis económico y beneficio medio ambiental (VAN, TIR, payback, toneladas de emisiones de CO2/año).

El objetivo general de la investigación es diseñar un sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón” – 2017 y se expone los siguientes objetivos específicos:

- Realizar el dimensionamiento de los paneles solares fotovoltaicos requeridos para el alumbrado exterior del Hospital Regional “EGB”.
- Realizar el dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico requeridos para el alumbrado exterior del Hospital Regional “EGB”.
- Determinar y Comparar los Indicadores Energéticos iniciales con el sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional “EGB”.
- Determinar el análisis económico y del beneficio medio ambiental con el sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional “EGB”.

2. Metodología

2.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo, de alcance o tipo descriptivo, por su finalidad es una investigación aplicada porque busca solucionar un problema específico. Diseño de investigación es no experimental, transversal descriptivo – comparativo con una propuesta de mejora, porque se describe la situación actual de consumo eléctrico del sistema de la iluminación exterior del Hospital Regional “EGB” y en base a ello se diseñó el sistema fotovoltaico mejorando los indicadores energéticos.

La población - muestra considerada en la investigación son iguales para efectos de la presente investigación está conformada por todo el alumbrado externo que forman parte del Hospital Regional “EGB”, haciendo mención que cada una de estas áreas tiene un propio comportamiento en el consumo de energía eléctrica.

La muestra de estudio es elegida de forma intencional, y está conformado por el alumbrado exterior, el cual está conformado por 8 circuitos eléctricos, lo que corresponde a un muestreo no probabilístico por conveniencia. Las características técnicas de la muestra de estudio es la potencia instalada 10 kW y la máxima demanda diaria 8 kW.

2.2. Técnica e instrumentos de investigación

Las técnicas de investigación:

- Observación directa: Obteniendo datos de los componentes del sistema
- Revisión documental: Análisis de bases de datos.
- Organización y métodos: Desarrollo de procesos, planos de circuitos, entre otros, para el diseño del sistema.
- Análisis documental: Análisis de la mejora de los indicadores energéticos.

Los instrumentos de recolección de datos aplicados al estudio:

- Registro de datos: Formato de la máxima demanda instalada en cada uno de los circuitos eléctricos (Anexo 1. Demanda Mensual de Energía Eléctrica) y con respecto a la disponibilidad del recurso solar (Anexo 2. Recurso Solar.).
- Registro de herramientas: Se define el diseño con la capacidad instalada y la distribución de los circuitos eléctricos, así como de los componentes del sistema fotovoltaico: inversor, baterías, regulador de carga, etc.
- Registro de indicadores: Para comparar los indicadores iniciales mediante la cobertura de la demanda eléctrica con la red exterior de Hidrandina S.A y con el sistema fotovoltaico.

Tabla 3. Instrumentos de recolección de datos según objetivos

Objetivo	Técnica	Instrumento	Resultado
Realizar el dimensionamiento de los paneles solares fotovoltaicos requeridos para el alumbrado exterior del Hospital Regional.	Observación directa y revisión documental	Registro de datos	Con este instrumento se dimensiona el sistema fotovoltaico, en función a la máxima demanda y proyección de crecimiento del sistema de iluminación exterior (anexo 1) y con respecto a la disponibilidad del recurso solar (Anexo 2).
Realizar el dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico requeridos para el alumbrado exterior del Hospital Regional.	Revisión documental, organización y Métodos	Registro de Herramientas	Con este instrumento se determina las características técnicas de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico, así tenemos, interruptores, inversores, baterías y regulador de carga, con lo cual se puede determinar la autonomía del sistema cuando opere en horario nocturno.
Determinar y comparar los indicadores energéticos iniciales con el sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional.	Análisis documental	Registro de Indicadores	El presente instrumento nos permite determinar los indicadores energéticos iniciales (anexo 3) y proyectados luego de realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
Determinar el análisis económico y del beneficio medio ambiental con el sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional.	Análisis documental	Registro de Indicadores	A través de esta herramienta, se determinará el análisis económico y los beneficios medioambientales al comparar los indicadores energéticos del sistema de iluminación mediante un sistema convencional.

Fuente: Elaboración propia

3. Procesamiento de datos

Se realizó con Microsoft Excel 2016. El dimensionamiento de los paneles solares fotovoltaicos requeridos para el alumbrado exterior del Hospital Regional “EGB”, se realizó teniendo como base los datos del Anexo 1. Demanda mensual de Energía Eléctrica y Anexo 2. Recurso solar.

De la misma manera se dimensiona el arreglo del sistema fotovoltaico y de sus componentes tal como inversores, baterías, regulador de carga, y se le adecua para la operación en red para los circuitos del alumbrado exterior.

Por último, se realiza un comparativo entre los indicadores energéticos iniciales con el nuevo sistema fotovoltaico.

Se realizó el análisis económico y del beneficio medio ambiental con el sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional “EGB”.

4. Resultados

4.1 Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos

La demanda del sistema de iluminación exterior es de 96 kWh/día. Para el diseño se tiene que el factor de rendimiento es 0.9, tensión del sistema es 48 V, eficiencia de cableado es 0.98, rendimiento de la batería es 0.95 y los 7 días de funcionamiento por semana.

El consumo diario de energía es como sigue:

$$\text{Consumo Amp*hora} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Potencia(W)} * \text{Ciclo diario} \left(\frac{\text{día}}{\text{semana}} \right)}{\text{Factor de rendimiento} * \text{Tensión del sistema(v)}}$$

Reemplazando los valores se obtiene:

$$\text{Consumo Amp*hora} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) = \frac{8,000 * 7}{0.9 * 48} = 1,296.29 \text{ Ah/día}$$

Así mismo, existen pérdidas debido a las pérdidas por efecto joule en el cableado eléctrico y baterías:

$$\text{Consumo Amp*hora} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) \text{ corregido} = \frac{\text{Consumo Amp*hora} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right)}{\text{Rend. cableado} * \text{Rend. de batería}}$$

$$\text{Consumo Amp*hora} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) \text{ corregido} = \frac{1,296.29}{0.98 * 0.95} = 1,392.36 \text{ Ah/día}$$

Con el valor del consumo corregido, se determinan los siguientes cálculos para el dimensionamiento apropiado del sistema.

Los módulos solares son de Policristalino 250Wp / 30V YGE de 60 cell 40 mm con voltaje-potencia pico de 30.4V, voltaje-circuito abierto de 38.4V, corriente-potencia pico de 8.24A, corriente-corto circuito de 8.79A y potencia pico de 250Wp.

Tabla 4. Horas pico solar correspondiente a los meses del año 2017

Mes	Consumo corregido (Ah/día)	Horas sol pico/día (h) (kWh/m ² -día)	Intensidad de diseño(h)
En.	1,392.36	7.07	196.94
Feb.	1,392.36	7.09	196.38
Mar.	1,392.36	6.98	199.48
Abr.	1,392.36	6.34	219.62
May.	1,392.36	5.12	271.95
Jun.	1,392.36	3.72	374.29
Jul.	1,392.36	3.67	379.39
Ag.	1,392.36	3.94	353.39
Sept.	1,392.36	4.42	315.01
Oct.	1,392.36	5.42	256.89
Nov.	1,392.36	6.22	223.85
Dic.	1,392.36	6.83	203.86
Horas pico totales		66.82	

Fuente: Elaboración propia

El mes crítico es Julio, el cual tiene el menor valor de la radiación solar diaria.

$$\text{Intensidad extra(A)} = \frac{\text{Capacidad necesaria (Ah)}}{\text{Horas de sol pico(h)} * \text{factor de corrección}}$$

$$\text{Intensidad extra(A)} = \frac{6,257.88}{3.67 * 21} = 81.19 \text{ A}$$

Por lo tanto:

$$\text{Intensidad corregida (A)} = \text{Intensidad diseño julio (A)} - \text{Intensidad extra(A)}$$

$$\text{Intensidad corregida (A)} = 379.39 \text{ A} - 81.19 \text{ A} = 298.2 \text{ A}$$

$$\text{Intensidad de diseño(A)} = \frac{\text{Intensidad corregida}}{\text{Factor de diseño}}$$

El factor de diseño es de 0.72, recomendado por los fabricantes.

$$\text{Intensidad de diseño(A)} = \frac{298.2}{0.72} = 414.16 \text{ A}$$

$$\text{Capacidad de paneles en paralelo} = \frac{\text{Intensidad de diseño}}{I_{mp} \text{ (Corriente de potencia pico de modulo)}}$$

$$\text{Capacidad de paneles en paralelo} = \frac{414.16}{8.24} = 50.26 \approx 50$$

$$\text{Capacidad de paneles en serie} = \frac{\text{Voltaje nominal del sistema}}{V_{mp} \text{ (Voltaje de potencia pico de modulo)}}$$

$$\text{Capacidad de paneles en serie} = \frac{48}{30.4} = 1.57 \approx 2$$

$$\text{Cantidad de paneles} = 50 * 2 = 100$$

$$\text{Potencia generada} = 100 * 250 \text{ Wp} = 25,000 \text{ Wp}$$

4.2 Dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico

Las baterías son de 150 Ah – 12V, para 2 días de autonomía, profundidad de descarga 80 % y factor de temperatura 0.9.

$$\text{Capacidad necesaria(Ah)} = \frac{\text{Consumo corregido} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) * 1.618 * \text{autonomía(días)}}{\text{Profundidad de descarga} * \text{factor de temperatura}}$$

$$\text{Capacidad necesaria(Ah)} = \frac{1,392.36 * 1.618 * 2}{0.8 * 0.9} = 6,257.88 \text{ Ah}$$

$$\text{Cantidad de baterías en paralelo} = \frac{\text{Capacidad necesaria(Ah)}}{\text{Capacidad por batería(Ah)}}$$

$$\text{Cantidad de baterías en paralelo} = \frac{6,257.88 \text{ Ah}}{150 \text{ Ah}} = 41.71 \approx 42$$

$$\text{Cantidad de baterías en serie} = \frac{\text{Tensión sistema(V)}}{\text{Tensión por batería(V)}} = \frac{48 \text{ v}}{12 \text{ v}} = 4$$

Se obtiene un total de 168 baterías. Por el controlador pasa la energía generada por los paneles y debe este soportar la corriente de corto circuito:

Isc del generador(A)=Isc modulo (panel solar)*Cantidad en paralelo

$$\text{Isc del generador(A)}=8.79*50=439.5 \text{ A}$$

Además se tiene un factor de seguridad de 1.25:

Isc del controlador(A)=Isc del generador(A)*1.25

$$\text{Isc del controlador(A)}=439.5*1.25=549.37 \text{ A}$$

$$\text{Cantidad de reguladores}=\frac{\text{Intensidad mínima del regulador(A)}}{\text{Intensidad nominal del regulador (A)}}$$

Se selecciona un Regulador de carga MPPT 150/45 de 45A Victron energy.

$$\text{Cantidad de reguladores}=\frac{549.37 \text{ A}}{45 \text{ A}}=12.21\approx 15$$

Con la cantidad de reguladores se podrá subdividir el sistema en 15 sub campos (10 sub campos de 03 módulos fotovoltaicos en paralelo y 2 en serie y 05 sub campos de 04 módulos fotovoltaicos en paralelo y 02 en serie).

El inversor de DC en AC se dimensiona con un factor de simultaneidad 1.

Potencia Nominal mínima(W) = Potencia máxima(W)*f. simultaneidad

$$\text{Potencia N. mín.(W)}=8,000*1.0=8,000 \text{ W}$$

Se selecciona inversores Phoenix C12/1600 Victron energy con las siguientes especificaciones:

- Rango de tensión de entrada: 38/66 V o 19/33 V
- Tensión de salida : 230 V/60 Hz
- Carga de salida : 1,600 W
- Máxima carga pico : 3,000 W

- Eficiencia : 92 %

$$\text{N}^\circ \text{ de inversores} = \frac{\text{Potencia nominal mínima}}{\text{Potencia de salida del inversor}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de inversores} = \frac{8,000 \text{ W}}{1,600 \text{ W}} = 5$$

Por lo tanto, después de realizar los cálculos respectivos, para lograr abastecer de energía eléctrica al sistema de iluminación exterior con el sistema fotovoltaico se deberá contar con: 100 Paneles fotovoltaicos; 168 baterías conectadas, 15 reguladores y 05 inversores.

4.3 Determinación y comparación de los Indicadores Energéticos

Se plantean los siguientes Indicadores Energéticos, por ejemplo, para pacientes atendidos por consultorio externo (IE1, IE2 e IE3).

$$\text{IE1} = \frac{\text{Energía Activa consumida mensualmente}}{\text{pacientes por consultorio externo}}$$

$$\text{IE2} = \frac{\text{Facturación por Energía Activa consumida mensualmente-soles}}{\text{pacientes por consultorio externo}}$$

$$\text{IE3} = \frac{\text{kg CO2 emitido mensualmente}}{\text{pacientes por consultorio externo}}$$

Los pacientes atendidos en consultorio externo (tal como servicios de medicina general, cirugía, gineco-obstetricia, pediatría y otros consultorios), servicio de emergencia y egresos hospitalarios por hospitalización del año 2017:

Tabla 5. *Estadística de atenciones a usuarios externos del H.R. "EGB", año 2017*

Mes/Paciente	Consultorio Externo	Servicio de Emergencia	Egresos Hospitalarios
En.	16,071	2,803	718
Feb.	15,453	3,057	762
Mar.	16,000	2,037	783
Abr.	15,743	2,493	711
May.	17,351	2,424	705
Jun.	18,321	2,532	673
Jul.	10,131	2,477	624
Ag.	12,896	2,302	683
Sept.	16,707	2,335	626
Oct.	17,236	2,606	735
Nov.	16,459	2,232	675
Dic.	16,783	2,496	709
Total al año	189,151	29,794	8,404

Fuente: Oficina de estadística del H.R. "EGB"

Los valores de consumo de energía y potencia, extraídos de los recibos emitidos por la empresa distribuidora Hidrandina S.A. correspondiente de los doce meses del año 2017, se muestra a continuación:

Tabla 6. *Energía y Potencia consumida del H.R. "EGB", año 2017*

Mes	E. Activa en Horas Punta (EAHP) kWh	E. Activa en H. Fuera Punta (EAHFP) kWh	P.Activa de Generación (PAG) kW	P. Activa por Uso de Redes de Distribución (PAURD) kW
En.	9,515.40	50,700.80	164.8	164.8
Feb.	9,212.70	47,244.30	164.8	164.8
Mar.	9,435.80	47,145.90	164.8	157.4
Abr.	7,835.10	43,542.00	164.6	143.8
May.	8,097.00	44,512.00	164.8	151.2
Jun.	8,044.00	41,451.00	164.8	145.1
Jul.	7,001.40	42,512.10	151.1	141.4
Ag.	8,016.70	43,148.40	154.3	143.9
Sept.	8,522.80	43,566.90	152.0	148.8
Oct.	8,575.30	43,455.00	130.5	146.3
Nov.	8,542.40	41,906.10	147.8	143.9
Dic.	7,906.90	44,353.80	148.8	148.8

Fuente: Elaboración propia

Nota.- La energía activa total es la suma de la Energía Activa en Horas Punta (EAHP) y Energía Activa en Horas Fuera Punta (EAHFP).

Aplicando los valores de los costos unitarios del mes de enero del año 2018 del Sector Típico 2, Tarifa MT3, empresa distribuidora Hidrandina S.A., se tiene el siguiente resumen de costos totales aproximado, (Sin incluir cargos adicionales).

Tabla 7. Costo aprox. de Energía y Potencia consumida del H.R. "EGB", año 2017

Mes	EAHP (S/)	EAHFP (S/)	PAG (S/)	PAURD (S/)	Total + IGV (S/)
En.	2,057.23	8,811.80	4,512.2240	2,219.86	20,769.31
Feb.	1,991.79	8,211.06	4,512.2240	2,219.86	19,983.22
Mar.	2,040.02	8,193.96	4,512.2240	2,120.18	19,902.33
Abr.	1,693.95	7,567.60	4,506.7480	1,936.99	18,532.24
May.	1,750.57	7,736.19	4,512.2240	2,036.66	18,922.06
Jun.	1,739.11	7,204.18	4,512.2240	1,954.50	18,183.82
Jul.	1,513.70	7,388.60	4,137.1180	1,904.66	17,634.01
Ag.	1,733.21	7,499.19	4,224.7340	1,938.33	18,166.65
Sept.	1,842.63	7,571.93	4,161.7600	2,004.34	18,385.18
Oct.	1,853.98	7,552.48	3,573.0900	1970.66	17,641.25
Nov.	1,846.87	7,283.28	4,046.7640	1938.33	17,835.99
Dic.	1,709.47	7,708.69	4,074.1440	2004.34	18,286.04
Total, al año S/.					224,242.10

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el factor de emisiones: 1 kWh de energía eléctrica consumida es equivalente a 0.385 Kg de CO₂ eq/kWh, se determina el indicadores energético 3.

Los indicadores energéticos iniciales (IE1, IE2 y IE3), periodo mensual de enero a diciembre 2017:

Tabla 8. *Indicadores energéticos estado inicial –según atenciones en consultorio externo*

Mes	Indicador energético inicial, mensual-anual		
	IE1	IE2	IE3
En.	3.74	0.67	1.44
Feb.	3.65	0.66	1.41
Mar.	3.53	0.63	1.37
Abr.	3.26	0.58	1.26
May.	3.03	0.54	1.17
Jun.	2.70	0.48	1.04
Jul.	4.88	0.87	1.88
Ag.	3.96	0.71	1.53
Sept.	3.11	0.56	1.20
Oct.	3.01	0.54	1.16
Nov.	3.06	0.55	1.18
Dic.	3.11	0.56	1.20
Promedio	3.42	0.62	1.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. *Indicadores energéticos estado inicial –según atenciones en emergencia*

Mes	Indicador energético inicial, mensual-anual		
	IE1	IE2	IE3
En.	21.48	3.88	8.27
Feb.	18.47	3.34	7.11
Mar.	27.78	5.02	10.69
Abr.	20.61	3.72	7.93
May.	21.70	3.91	8.36
Jun.	19.55	3.53	7.53
Jul.	19.99	3.59	7.70
Ag.	22.23	4.01	8.56
Sept.	22.31	4.03	8.59
Oct.	19.97	3.61	7.69
Nov.	22.60	4.09	8.70
Dic.	20.94	3.77	8.06
Promedio	21.47	3.88	8.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. *Indicadores energéticos estado inicial –según egresos hospitalarios*

Mes	Indicador energético inicial, mensual-anual		
	IE1	IE2	IE3
En.	83.87	15.14	32.29
Feb.	74.09	13.39	28.52
Mar.	72.26	13.07	27.82
Abr.	72.26	13.03	27.82
May.	74.62	13.46	28.73
Jun.	73.54	13.29	28.31
Jul.	79.35	14.27	30.55
Ag.	74.91	13.52	28.84
Sept.	83.21	15.04	32.04
Oct.	70.79	12.80	27.25
Nov.	74.74	13.53	28.77
Dic.	73.71	13.28	28.38
Promedio	75.61	13.65	29.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. *Resumen de indicadores energéticos iniciales*

Descripción de indicadores energéticos inicial, promedio mensual-anual	
E1	3.42 kWh-mes/Pacientes por consultorio externo
	21.47 kWh-mes/Pacientes por servicio de emergencia
	75.61 kWh-mes/Pacientes por egreso hospitalario
IE2	0.62 S/-mes facturados por energía activa/Pacientes por consultorio externo
	3.88 S/-mes facturados por energía activa/Pacientes por servicio de emergencia
	13.65 S/-mes facturados por energía activa/Pacientes por egreso hospitalario
IE3	1.32 kg CO2 emitidos-mes/Pacientes por consultorio externo
	8.27 kg CO2 emitidos-mes/Pacientes por servicio de emergencia
	29.11 kg CO2 emitidos-mes/Pacientes por egreso hospitalario

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. *Consumo de Energía y demanda para los meses del año 2017*

Mes	EAHP (kWh)	EAHFP (kWh)	PAG (kW)	PAURD (kW)
En.	8,475.40	48,764.80	156.8	156.8
Feb.	8,252.70	45,516.30	156.8	156.8
Mar.	8,355.80	45,249.90	156.8	149.4
Abr.	6,915.10	41,582.00	156.6	135.8
May.	7,057.00	42,576.00	156.8	143.2
Jun.	7,044.00	39,571.00	156.8	137.1
Jul.	6,041.40	40,496.10	143.1	133.4
Ag.	6,976.70	41,212.40	146.3	135.9
Sept.	7,482.80	41,726.90	144	140.8
Oct.	7,535.30	41,519.00	122.5	138.3
Nov.	7,542.40	40,026.10	139.8	135.9
Dic.	6,906.90	42,377.80	140.8	140.8
Total	88,585.50	510,618.30		

Fuente: Elaboración propia

Nota.- La tabla se elaboró en función de la diferencia entre la energía y potencia consumida del H.R. “EGB” y el consumo de energía promedio – Circuitos del alumbrado exterior del año 2017.

Así mismo con los costos unitarios de la Tarifa MT-3, se tiene los valores de la facturación mensual proyectada:

Tabla 13. *Facturación de Energía y demanda para los meses del año 2017*

Mes	EAHP (S/)	EAHFP (S/)	PAG (S/)	PAURD (S/)	Total + IG (S/)
En.	1,832.38	8,475.32	4,293.18	2,112.10	19,721.32
Feb.	1,784.23	7,910.73	4,293.18	2,112.10	18,998.28
Mar.	1,806.52	7,864.43	4,293.18	2,012.42	18,852.33
Abr.	1,495.04	7,226.95	4,287.71	1,829.23	17,509.94
May.	1,525.72	7,399.71	4,293.18	1,928.90	17,874.06
Jun.	1,522.91	6,877.44	4,293.18	1,846.74	17,157.52
Jul.	1,306.15	7,038.22	3,918.08	1,796.90	16,590.03
Ag.	1,508.36	7,162.72	4,005.69	1,830.57	17,118.66
Sept.	1,617.78	7,252.14	3,942.72	1,896.58	17,356.88
Oct.	1,629.13	7,216.00	3,354.05	1,862.90	16,593.25
Nov.	1,630.67	6,956.54	3,827.72	1,830.57	16,809.69
Dic.	1,493.27	7,365.26	3,855.10	1,896.58	17,240.05
Total al año	S/.				211,822.01

Fuente: Elaboración propia

El ahorro anual se tiene al realizar la diferencia entre el costo aproximado de Energía y Potencia consumida del H.R. “EGB”, y el consumo de energía y demanda anual del 2017:

$$\text{Ahorro anual} = 224,242.10 - 211,822.01 = \text{S/ } 12,420.09 \text{ soles}$$

Tabla 14. *Indicadores energéticos estado final –según pacientes de consultorios externos*

Mes	Indicador energético final, mensual-anual		
	IE1	IE2	IE3
En.	3.56	0.64	1.37
Feb.	3.48	0.63	1.34
Mar.	3.35	0.60	1.29
Abr.	3.08	0.55	1.19
May.	2.86	0.51	1.10
Jun.	2.54	0.46	0.98
Jul.	4.59	0.82	1.77
Ag.	3.74	0.67	1.44
Sept.	2.95	0.53	1.13
Oct.	2.85	0.51	1.10
Nov.	2.89	0.52	1.11
Dic.	2.94	0.53	1.13
Promedio	3.24	0.58	1.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. *Indicadores energéticos estado final –según consultorios de emergencia*

Mes	Indicador energético final, mensual-anual		
	IE1	IE2	IE3
En.	20.42	3.68	7.86
Feb.	17.59	3.17	6.77
Mar.	26.32	4.75	10.13
Abr.	19.45	3.50	7.49
May.	20.48	3.68	7.88
Jun.	18.41	3.32	7.09
Jul.	18.79	3.37	7.23
Ag.	20.93	3.77	8.06
Sept.	21.07	3.80	8.11
Oct.	18.82	3.39	7.25
Nov.	21.31	3.85	8.21
Dic.	19.75	3.55	7.60
Promedio	20.28	3.65	7.81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. *Indicadores energéticos estado final –según egresos hospitalarios*

Mes	Indicador energético final, mensual-anual		
	IE1	IE2	IE3
En.	79.72	14.36	30.69
Feb.	70.56	12.72	27.17
Mar.	68.46	12.35	26.36
Abr.	68.21	12.27	26.26
May.	70.40	12.66	27.10
Jun.	69.26	12.48	26.67
Jul.	74.58	13.37	28.71
Ag.	70.56	12.70	27.16
Sept.	78.61	14.17	30.26
Oct.	66.74	12.03	25.70
Nov.	70.47	12.72	27.13
Dic.	69.51	12.49	26.76
Promedio	71.42	12.86	27.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. *Resumen de indicadores energéticos finales; tablas 14, 15 y 16*

	Final	Inicial	Descripción de indicadores energéticos, promedio mensual-anual
IE1	3.24	3.42	kWh-mes/Pacientes por consultorio externo
	20.28	21.47	kWh-mes/Pacientes por servicio de emergencia
	71.42	75.61	kWh-mes/Pacientes por egreso hospitalario
IE2	0.58	0.62	S/-mes facturados por energía activa/Pacientes por consultorio externo
	3.65	3.88	S/-mes facturados por energía activa/Pacientes por servicio de emergencia
	12.86	13.65	S/-mes facturados por energía activa/Pacientes por egreso hospitalario
IE3	1.25	1.32	kg CO2 emitidos-mes/Pacientes por consultorio externo
	7.81	8.27	kg CO2 emitidos-mes/Pacientes por servicio de emergencia
	27.50	29.11	kg CO2 emitidos-mes/Pacientes por egreso hospitalario

Fuente: Elaboración propia

Con referencia a los indicadores energéticos se muestran que los indicadores energéticos han tenido una mejoría del 5.54% para el Indicador Energético N°1; 5.79% para el Indicador Energético N°2 y 5.54% para el Indicador Energético N°3.

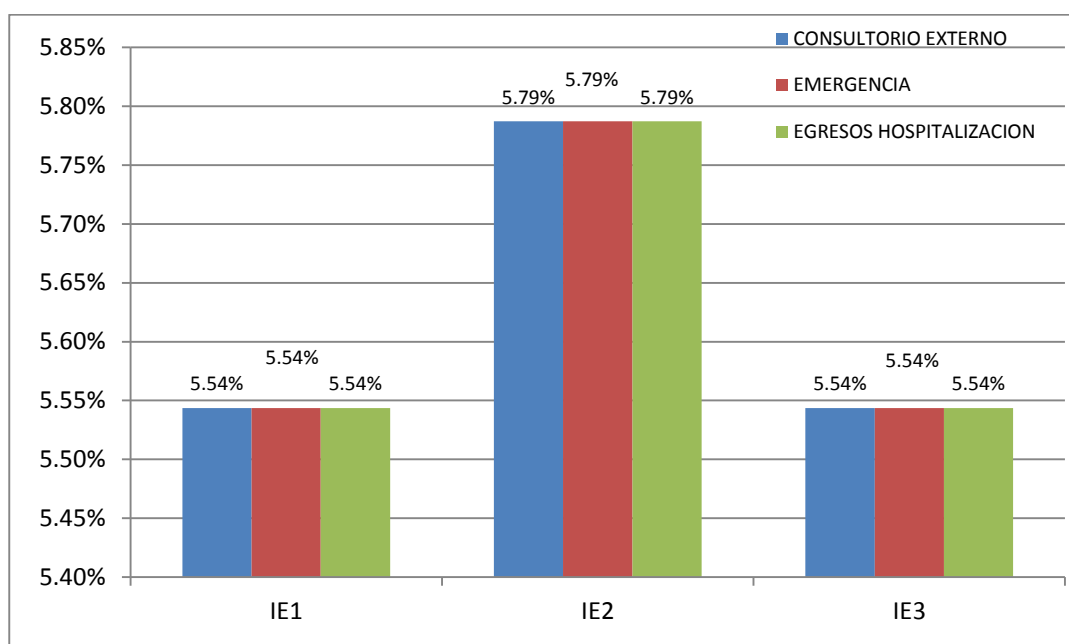


Figura 9. Porcentaje de la mejora de indicadores energéticos-del H.R.

Fuente: Elaboración propia

4.4 Análisis económico y del beneficio medio ambiental

Se tienen los siguientes parámetros para la evaluación económica:

Años de duración del proyecto: 20 años.

Tasa-interés: 12 %

Inversión: 55,471.90 US\$

Costo de mantenimiento anual: 600.00 US\$

Ahorro anual: S/ 12,420.09 soles (Paridad cambiaria S/. 3.10 soles /US\$);
4,006.48 US\$.

Tabla 18. Presupuesto instalación fotovoltaica

Id	Descripción	Marca	Cant.	Und.	Costo U. US\$	Subtotal US\$
1.0	PANEL FOTOVOLTAICO					
1.1	Panel fotovoltaico policristalino 60 celdas 250Wp	YGA	100	U.	150.00	15,000.00
1.2	Conectores Two String para paneles solares en paralelo	Nacional	50	U.	5.70	285.00
1.3	Cable fotovoltaico (serie paneles)	Nacional	100	m	0.34	34.00
1.4	Cable DC (interconexión)	Nacional	200	m	1.50	300.00
	Subtotal-1					15,619.00
2.0	INVERSOR-CONTROLADOR					
2.1	Inversores	Phoenix	5	U.	450.00	2,250.00
2.2	Controladores-reguladores	Victron	15	U.	110.00	1,650.00
2.3	Panel de interconexión y distribución	Nacional	1	U.	500.00	500.00
2.4	Cable	Nacional	90	m	1.00	90.00
2.5	Interruptores MC25 Amperios	Nacional	100	U.	30.00	3,000.00
2.6	Puesta a tierra general	Nacional	1	U.	750.00	750.00
2.7	Cable puesta a tierra	Nacional	50	m	1.00	50.00
	Subtotal-2					8,290.00
3.0	BATERÍAS					
3.1	Baterías	SBBAGM	168	U.	100.00	16,800.00
3.2	Cable de interconexión	Nacional	45	m	1.00	45.00
	Subtotal-3					16,845.00
4.0	TAREAS DE MONTAJE					
4.1	Soporte de paneles de aluminio	Topray	100	U.	10.00	1,000.00
4.2	Mano de obra estructura y montaje	Nacional	100	U.	10.00	1,000.00
4.3	Mano de obra montaje paneles fotovoltaicos	Nacional	100	U.	20.00	2,000.00
4.4	Soporte metálico del inversor	Nacional	1	U.	50.00	50.00
4.5	Cemento-bolsas	Nacional	5	U.	8.00	40.00
4.6	Arena	Nacional	0,5	U.	65.00	32.50
4.7	Piedra chancada	Nacional	0,5	U.	65.00	32.50
4.8	Mano de obra en obras civiles	Nacional	4	U.	180.00	720.00
	Subtotal-4					4,875.00
5.0	INSTALACION ELECTRICA					
5.1	Mano De Obra (Operario)	Local	3	U.	500.00	1,500.00
5.2	Materiales Eléctricos De Interconexión	Local	1	U.	800.00	800.00
	Subtotal-5					2,300.00
6.0	SUPERVISION					
6.1	Supervisión	Local	1	U.	2,500.00	2,500.00
	Subtotal-6					2,500.00
7.0	GASTOS GENERALES					
7.1	10% gastos generales	Local	1	U.	5,042.90	5,042.90
	Subtotal-7					5,042.90
	Total (US\$)					55,471.90

Fuente: Elaboración propia

Se tiene la Tabla resumen para la determinación del VAN.

Tabla 19. *Indicadores de rentabilidad*

Análisis económico (US\$)				
Ingresos:				
	Ahorro por autogeneración		4,006.48	
Egresos:				
	OM		600.00	
Inversión total:				
	Inversión del sistema FV		55,471.90	
Periodo (años)	Inversión	Egresos	Ingresos	Saldo
0	55,471.90			-55,471.90
1		600.00	4,006.48	3,406.48
2		600.00	4,006.48	3,406.48
3		600.00	4,006.48	3,406.48
4		600.00	4,006.48	3,406.48
5		600.00	4,006.48	3,406.48
6		600.00	4,006.48	3,406.48
7		600.00	4,006.48	3,406.48
8		600.00	4,006.48	3,406.48
9		600.00	4,006.48	3,406.48
10		600.00	4,006.48	3,406.48
11		600.00	4,006.48	3,406.48
12		600.00	4,006.48	3,406.48
13		600.00	4,006.48	3,406.48
14		600.00	4,006.48	3,406.48
15		600.00	4,006.48	3,406.48
16		600.00	4,006.48	3,406.48
17		600.00	4,006.48	3,406.48
18		600.00	4,006.48	3,406.48
19		600.00	4,006.48	3,406.48
20		600.00	4,006.48	3,406.48
VAN (US\$)	20,310.05	TIR	2.0 %	
PAY BACK (años)		13.85		

Fuente: Elaboración propia

Para la cuantificación de las CO₂ que se evita emitir se tiene un factor de equivalencia de:

1 kWh de energía eléctrica consumida es equivalente a 0.385 Kg de CO2 eq / kWh, obtenido de Cámara Zaragoza (2012).

$$\text{Emisiones CO}_2, \text{ enero} = 2,976 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} * 0.385 \frac{\text{kg. CO}_2}{\text{kWh}} = 1,146 \frac{\text{kg. CO}_2}{\text{mes}} = 1.146 \frac{\text{Ton. CO}_2}{\text{mes}}$$

Se aprecia, que para el mes de enero se tiene emisiones de 1.146 Ton. como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 20. *Emisiones de CO₂ emitidas asociadas al consumo de E.E. del alumbrado exterior*

Mes	Energía Activa consumida (kWh/mes)	Emisiones (Ton.CO2/mes)
En.	2,976	1.146
Feb.	2,688	1.035
Mar.	2,976	1.146
Abr.	2,880	1.109
May.	2,976	1.146
Jun.	2,880	1.109
Jul.	2,976	1.146
Ag.	2,976	1.146
Sept.	2,880	1.109
Oct.	2,976	1.146
Nov.	2,880	1.109
Dic.	2,976	1.146
Total al año	35,040	13.49

Fuente: Elaboración propia

5. Análisis y discusión.

Según lo manifestado por Martínez (2016), en su Tesis para optar el grado de Maestro, la presente tesis reafirma lo dicho debido a que mediante el sistema autónomo de energía eléctrica, el sistema de iluminación externa se independiza de la red externa, dándole una mayor seguridad al suministro (en función a los días de autonomía del sistema), así como es una energía limpia con reducción de 13.49 Ton CO₂-año.

Con respecto a la tesis de Alata (2015), la presente tesis está de acuerdo con lo afirmado, ya que se refleja en la mejora de los indicadores energéticos su principal ventaja. Manifestamos que comercialmente están eliminándose barreras teniéndose costos más competitivos en los paneles solares que hasta hace 5 años estaban en un valor de 500 U\$ para un panel policristalino de 250 Wp, habiéndose reducido como promedio tres veces su costo.

La presente Tesis concuerda con el estudio realizado por Tinoco y Huamani (2013), que estimo evitar 974.8 Toneladas de emisiones de CO₂ al ambiente, para nuestro caso nuestro sistema fotovoltaico es de 25,000 Wp, dimensionado con una autonomía de 2 días, con un ahorro anual de S/ 12,420.09 soles y 100 paneles solares permite una reducción de 13.49 Toneladas de emisiones de CO₂/año, suspendiéndose el suministro de la distribuidora Hidrandina S.A.

De las tablas 5 y 6, se obtiene el valor del indicador energético N°1, para esto se muestra el caso del mes de enero:

Energía Activa total (EAHP + EAHFP) consumida el mes de enero 2017:

$$EAT = 9,515.4 + 50,700.8 = 60,216.20 kWh - mes$$

Se tiene el indicador energético N°1:

$$IE1 = \frac{60,216.20 \text{ kWh} - \text{mes}}{16,071 \text{ pacientes}} = 3.74 \frac{\text{kWh} - \text{mes}}{\text{pacientes por consultorio externo}}$$

Así mismo los valores de la tabla 7 corresponden a la facturación mensual por energía activa, por ejemplo, para el mes de enero 2017:

Facturación por Energía Activa total (EAHP + EAHFP) para el mes de enero 2017:

$$FEAT = 2,057.23 + 8,811.80 = S/. 10,869.30 \text{ soles}$$

Por lo que se tiene el indicador energético N°2:

$$IE2 = \frac{S/10,869.30}{16,071 \text{ pacientes}} = 0.67 \frac{\text{facturado por energía activa}}{\text{pacientes por consultorio externo}}$$

Para el indicar energético N°3 se presenta el caso para el mes de enero:

Energía Activa total (EAHP + EAHFP) consumida el mes de enero 2017:

$$EAT = 9,515.4 + 50,700.8 = 60,216.20 \text{ kWh} - \text{mes}$$

Emissiones emitidas el mes de enero 2017:

$$\begin{aligned} \text{kg CO2 emitido mensualmente} &= 60,216.2 \text{ kWh} * 0.385 \frac{\text{kg. de CO2 eq.}}{\text{kWh}} \\ &= 23,184.24 \end{aligned}$$

$$IE3 = \frac{23,184.24 \text{ kg CO2 eq}}{16,071 \text{ pacientes}} = 1.44 \frac{\text{kg CO2 eq.}}{\text{pacientes por consultorio externo}}$$

El indicador energético kWh-mes/Pacientes, se elaboró de acuerdo al MEM (2009) que señala que para los hospitales a nivel nacional el indicador de consumo de electricidad es de kWh/pacientes.

La presente tesis está de acuerdo con lo afirmado por García (2011), que manifiesta que los indicadores energéticos representan una herramienta cuantitativa que ayuda a monitorear el avance que han tenido los edificios al paso de los años. En nuestro caso se trabajó con tres indicadores energéticos para poder comprobar los beneficios del sistema fotovoltaico en la iluminación exterior, obteniéndose mejora en los indicadores energéticos en

el orden de 5.54% para el indicador energético N°1 (kWh/ pacientes atendidos por consultorio externo, pacientes atendidos en servicio de emergencia, pacientes con egreso hospitalario); 5.79 % para el indicador energético N°2 (S/ facturados por energía activa/pacientes atendidos por consultorio externo, pacientes atendidos en servicio de emergencia, pacientes con egreso hospitalario) y 5.54% para el indicador energético N°3 (CO2 emitidos /pacientes atendidos por consultorio externo, pacientes atendidos en servicio de emergencia, pacientes con egreso hospitalario).

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones:

Al realizar el diseño del sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional, se tiene que la potencia generada del sistemas fotovoltaico es de 25,000 Wp con 100 módulos fotovoltaicos; 168 baterías, 15 reguladores y 05 inversores.

Se realizó el diseño del sistema solar para el área de alumbrado exterior con una máxima demanda de 8 kW, con lo cual se determinó que es necesario contar con 100 módulos fotovoltaicos de 250 Wp con un arreglo de 2 en serie y 50 en paralelo, con una autonomía de 2 días. Los paneles solares son del tipo Policristalino 250Wp / 30V YGE de 60 cell 40 mm.

Se dimensionaron, los componentes del sistema solar fotovoltaico, en donde sus componentes principales son 168 baterías conectadas (de 150 Ah y 12 V cada una) 42 baterías-paralelo y 4 baterías-serie, 15 reguladores, 5 inversores (de 1,600 W cada uno y 90 % de eficiencia). Compuesto de cinco grupos de 20 paneles cada uno (donde cada grupo contendrá dos subgrupos de 3 en paralelo y 2 en serie y un subgrupo de 4 en paralelo y 2 en serie).

Se determinaron los Indicadores Energéticos; Técnicos, Económicos y Ambientales, relacionados al dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, realizándose mejoras de 5.54% para el indicador energético N°1 (kWh/ pacientes atendidos por consultorio externo, pacientes atendidos en servicio de emergencia, pacientes con egreso hospitalario); 5.79 % para el indicador energético N°2 (S/ facturados por energía activa/pacientes atendidos por consultorio externo, pacientes atendidos en servicio de emergencia, pacientes con egreso hospitalario) y 5.54% para el indicador energético N°3 (CO2 emitidos /pacientes atendidos por consultorio externo, pacientes atendidos en servicio de emergencia y pacientes con egreso hospitalario).

Se realizó la evaluación económica del sistema solar fotovoltaico el cual la inversión es de 55,471.90 US\$, con una tasa de interés de 12 % y 20 años de duración del proyecto, con un costo anual de mantenimiento de 600.00 US\$, obteniéndose un VAN de 20,310.05 US\$, lo que permitirá un ahorro anual de S/ 12,420.09 soles (Paridad cambiaria 3.10 S/ /US\$); 4,006.48 US\$. Así mismo el beneficio al medio ambiente está dado por la reducción de 13.49 Ton CO₂/año.

6.2 Recomendaciones

Se propone evaluar este estudio para cubrir una mayor demanda de energía eléctrica del Hospital Regional como son la aplicación de congeladoras o refrigeradoras solares, alumbrado interior sistema LED la cuales representan un bajo consumo de Energía.

A corto plazo se debe pensar en la reconversión tecnológica del sistema de iluminación optando por el sistema LED, que permitiría una reducción de la demanda entre un 30 al 40%, con lo que parte del sistema fotovoltaico dimensionado se podría destinar a cubrir la demanda de energía de otras áreas dentro del mismo hospital.

De aprobarse la implementación y aplicación del sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior y otros sectores del Hospital Regional, se recomienda realizar un estudio preliminar de cargas como línea base para poder realizar la implementación de la energía renovable.

De no contar con el presupuesto planteado se recomienda reorientar la energía producida del sistema fotovoltaico para otros circuitos de cargas interiores para ser utilizado solo en el día donde no requiera banco de baterías y los circuitos de iluminación exterior que es utilizado solo en las noches, pasarían a tomar energía de la red externa.

7. Referencias bibliográficas

- Alata, J. (2015). *Dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares – caso UNALM*. Tesis para optar el título de segunda especialización profesional en energía solar. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2415/1/alata_rj.pdf
- Cabrera, L. (2018). *Propuesta de reingeniería en los procesos de almacenaje de la empresa de servicios internacionales aeroportuarios Talma SAC para la reducción de quejas por los servicios ofertados proyectados al 2018*. Tesis de título profesional. Universidad Ricardo Palma. Lima. Disponible en: http://repositorio.urp.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/URP/1656/T030_nrdni_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cámara Zaragoza (2012). *Calculo de emisiones CO₂*. Disponible en: <https://www.camarazaragoza.com/wp-content/uploads/2012/10/calculoemisiones.xls>
- DamiaSolar (10 de marzo de 2016). *Conexión paneles solares: en paralelo, en serie, y conexión en serie y paralelo*. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo_1
- Energía en el Enlace de cd*. Tesis de maestría en ciencias. México. Disponible en: <http://www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/ME%20Eder%20Gonz%20Ellez%20Toy%202008.pdf>
- García, I. (2011). *Línea base del uso final de la energía eléctrica en edificios comerciales y de servicios de la república mexicana: indicadores energéticos*. Tesis para Maestría en Ingeniería con mención en Energía y Diseño Bioclimática de edificios”. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ivan_Garcia_Kerdan/publication/320232216_Linea_base_del_uso_final_de_la_energia_electrica_en_edificios_comerciales_y_de_servicios_de_la_Republica_Mexicana_Indicad

ores_energeticos/links/59d62e92a6fdcc874698d370/Linea-base-del-
uso-final-de-la-energia-electrica-en-edificios-comerciales-y-de-
servicios-de-la-Republica-Mexicana-Indicadores-energeticos.pdf

Gonzales, E. (2008). *Sistema Fotovoltaico con Mínimo Almacenamiento de*

Gonzales, J. (2016). *Prototipo de energía eléctrica fotovoltaica, para el laboratorio de energía de la escuela colombiana de ingeniería*. Tesis para optar el Grado de Maestro en Ingeniería Electrónica de la Universidad Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Colombia. Disponible en: <file:///C:/Users/USER/Downloads/TESIS%20DANIEL%20J%20GONZALEZ%20T.pdf>

Google Maps (10 de Marzo de 2018). Google Maps. Recuperado el 10 de Marzo de 2018, de <https://www.google.com/maps/@-9.1183658,-78.5092874,15z>

Henríquez, C. (2003). *Regulador de panel solar - batería - carga con microcontrolador pic*. Trabajo de Investigación realizado para la Universidad de Piura. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1383/IME_076.pdf?sequence=1

IDAE. (23 de enero de 2019). *Alumbrado exterior*. Recuperado el 23 de enero de 2019, de <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior>

Inzunza, J. (2015). *Radiación solar y terrestre*. Informe de Investigación realizada para la Unidad de Postgrado de la Universidad de Concepción de Chile. Disponible en: http://www.met.igp.gob.pe/users/yamina/meteorologia/radiacion_doc_Univ_CHile.pdf

Martínez, V. (2016). *Celdas solares sensibilizadas por colorante basadas en dióxido de titanio modificado con óxido de cobre*. Tesis de maestría para optar el grado de magister en ciencias con mención en energías

- renovables y eficiencia energética. Disponible en:
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4890/1/martinez_rv.pdf
- Ministerio de Energía y Minas (2009). *Aprueban indicadores de Consumo Energético y la Metodología de Monitoreo de los mismos N°-038-2009-MEM/DM*. Lima: MINEM. Disponible en:
<https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/108261-0038-2009-mem>
- Ministerio de Energía y Minas (2018). “*Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético Hospitales*”. Lima: MINEM. Disponible en:
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/3_%20guia%20hospitales%20DGEE.pdf
- Muñoz, F. (2005). *Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país*. Trabajo de Investigación de la Universidad de Ingeniería del Perú. Disponible en:
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/893/1/munoz_ad.pdf
- NASA (10 de Enero 2017). *Nasa Prediction of Worldwide*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=-9.119216&lon=-78.520253&submit=Submit>
- Núñez, T. & Cruz, V. *Diseño de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica – aplicación en el Perú*. Trabajo de Investigación para Maestría realizado para la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2013. Consulta: [22 de octubre del 2017]. Disponible en:
<http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/download/935/851/>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin (2018). *Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad*. Disponible en:
<http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=20000>

- Robles, M. (2015). *La validez por juicio de expertos*. Trabajo de Investigación en la Revista Nebrija de la Universidad Spienza de Roma. Roma. Disponible en: <http://www.nebrija.com/revista-linguistica/la-validacion-por-juicio-de-expertos-dos-investigaciones-cualitativas-en-linguistica-aplicada>
- Sunbright battery (2015). *150Ah Gel Battery Specification*. Disponible de <https://www.proviento.com.pe/12V150AH-gel.pdf>
- Tinoco, H. & Huamani, N. (2013). *Microgeneracion distribuida con sistemas fotovoltaicos en viviendas urbanas para mitigar impactos ambientales*. Tesis de maestría en Ciencias con mención en Gestión Ambiental. Universidad nacional de Ingeniería. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1616/1/tinoco_hh.pdf
- Torres, A. (2016). *Evaluación del sistema de suministro de energía con paneles solares fotovoltaicos para el edificio de posgrados de la universidad libre sede el bosque*. Tesis de Maestría de Ingeniería en Energías Alternativas. Universidad Libre Sede el Bosque. Colombia. Disponible en: <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10443/Tesis%20%20Evaluacion%20Fotovoltaica.pdf?sequence=1>
- Victron energy (2014). *BlueSolar charge controllers*. Disponible en: <http://geoenergiaperu.com/wp-content/uploads/2014/09/Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-45-MPPT-150-60-MPPT-150-70-EN.pdf>
- Victron energy (2014). *Inversores Phoenix*. Disponible en: <http://geoenergiaperu.com/wp-content/uploads/2014/09/Datasheet-Phoenix-Inverter-1200VA-5000VA-ES.pdf>
- Yinglisolar (2014). *YGE 60 cell 40mm series*. Disponible en: http://geoenergiaperu.com/wp-content/uploads/2014/09/DS_YGE60Cell-29b_40mm_SP_SP_201211_v02.20.pdf

8. Anexos

Anexo 1. Análisis de la demanda mensual de energía eléctrica

Para realizar el dimensionamiento de los paneles solares fotovoltaicos se determinó el consumo mensual de energía eléctrica, el cual es suministrado al sistema de iluminación exterior, se detalla las siguientes características de consumo:

Tabla 21. *Carga eléctrica por circuitos*

Tablero	Circuito	Sector	I (A) Nominal	P.I. (kW)	M.D. (kW)
TD1	C-01	Alumbrado Exterior	20	1.88	1.504
	C-02	Alumbrado Exterior	20	1.19	0.952
	C-03	Alumbrado Exterior	20	0.84	0.672
	C-04	Alumbrado Exterior	20	1.05	0.840
	C-05	Alumbrado Jardín C.	20	1.61	1.288
	C-06	Reserva	40		
	C-07	Reserva	15		
	C-08	Interruptor General	70		
Subtotal				6.57	5.256
TD2	C-1E	Alumbrado Exterior	20	0.91	0.728
	C-2E	Alumbrado Exterior	20	1.19	0.952
	C-3E	Alumbrado Exterior	20	1.33	1.064
	C-4E	Reserva	15		
	C-5E	Reserva	20		
	C-6E	Interruptor General	50		
Subtotal				3.43	2.744

Fuente: Departamento de mantenimiento H.R. "EGB", año 2017

Por lo tanto de la tabla anterior se tiene:

Máxima demanda=5.256+2.744=8 kW=8,000 W

Así mismo se presenta el cuadro resumen de consumo mensual de energía para el año 2017:

Tabla 22. Consumo de energía promedio, año 2017 – alumbrado exterior

Mes	Demanda HP+HFP (kWh/mes)	Consumo mensual HP (kWh/mes)	Consumo mensual HFP (kWh/mes)	Máxima Demanda (kW)
Enero	2,976	1,040	1,936	8
Febrero	2,688	960	1,728	8
Marzo	2,976	1,080	1,896	8
Abril	2,880	920	1,960	8
Mayo	2,976	1,040	1,936	8
Junio	2,880	1,000	1,880	8
Julio	2,976	960	2,016	8
Agosto	2,976	1,040	1,936	8
Septiembre	2,880	1,040	1,840	8
Octubre	2,976	1,040	1,936	8
Noviembre	2,880	1,000	1,880	8
Diciembre	2,976	1,000	1,976	8

Fuente: Departamento de Mantenimiento H.R. “EGB”

De la tabla anterior se deduce que el consumo diario de energía eléctrica para un periodo de operación de 12 horas diarias en el sistema de alumbrado es:

Consumo diario promedio de energía=8 kW*12 h=96 kWh/día

Consumo mensual de energía en enero:

Consumo de energía en enero=8 kW*12 h*31 días=2,976 kWh/mes

Consumo en enero HP=8 kW*5 h*26 días=1,040 kWh/mes

Consumo en enero HFP=8 kW*7 h*26 días+8 kW*12 h*5 días =1,936 kWh/mes

Se debe tener en cuenta que no se está realizando ningún cambio en el sistema de iluminación, se reporta que se realizó mantenimiento correctivo sin modificar el circuito eléctrico original.

Teniendo en cuenta que el Hospital Regional cuenta con una Tarifa MT3 calificación mensual, se presenta la simulación de la facturación mensual para el mes de enero en la que incurre el consumo de energía en el sistema del alumbrado de exteriores, se tiene en cuenta un factor de potencia de 0.97, demanda constante al año y calificación como cliente presente en punta, así como los precios de energía eléctrica tomados en cuenta para el sector típico 2, empresa distribuidora Hidrandina S.A., de enero 2018.

Costos unitarios tomados de Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin (2018):

- Costo unitario de la Energía Activa en horas punta (CUEHP): 0.2162 S/ /kWh
- Costo unitario de Energía Activa en horas fuera de punta (CUEHFP): 0.1738 S/ /kWh
- Costo unitario Potencia Activa de generación (CUPAG): 27.38 S/ / kW-mes
- Costo unitario Potencia Activa por uso de redes de distribución (CUPAURD): 13.47 S/ / kW-mes.

Para la facturación de la energía activa en horas punta se tiene el siguiente cálculo:

Energía activa en horas punta (EAHP) = 1,040 kWh

Facturación EAHP=EAHP*CUEHP

$$\text{Facturación EAHP}=1,040 \text{ kWh} \times 0.2162 \frac{\text{Soles}}{\text{kWh}} = \text{S/} . 224.85 \text{ soles}$$

Para la facturación de la energía activa en horas fuera de punta se tiene el siguiente cálculo:

Energía activa en horas fuera de punta (EAHFP) = 1,936 kWh

Facturación EAHFP=EAHFP*CUEHFP

$$\text{Facturación EAHFP} = 1,936 \text{ kWh} * 0.1738 \frac{\text{Soles}}{\text{kWh}} = \text{S/} . 336.48 \text{ soles}$$

Para la facturación de la Potencia Activa de generación se tiene el siguiente cálculo:

$$\text{Potencia activa de generación (PAG)} = 8 \text{ kW}$$

$$\text{Facturación PAG} = \text{PAG} * \text{CUPAG}$$

$$\text{Facturación PAG} = 8 \text{ kW} * \frac{27.38 \text{ Soles}}{\text{kW-mes}} = \text{S/} . 219.04 \text{ soles}$$

Para la facturación de la Potencia Activa por uso de redes de distribución se tiene el siguiente cálculo:

$$\text{Potencia Activa por uso de redes de distribución (PAURD)} = 8 \text{ kW}$$

$$\text{Facturación PAURD} = \text{PAURD} * \text{CUPAURD}$$

$$\text{Facturación PAURD} = 8 \text{ kW} * \frac{13.47 \text{ Soles}}{\text{kW-mes}} = \text{S/} . 107.76 \text{ Soles}$$

Según los cálculos realizados correspondientes para el mes de enero 2017 se obtiene una facturación mensual de S/. 1,047.99 soles, por consumo de energía eléctrica en el sistema del alumbrado exterior del Hospital Regional, para los meses restantes se presentan los resultados en la tabla 23, alcanzando una facturación anual de S/. 12,420.02 soles.

Tabla 23. Facturación meses año 2017 – consumo de E.E. del alumbrado exterior

Mes	Energía Activa en horas punta (EAHP) (S/)	Energía Activa en hora fuera punta (EAHFP) (S/)	Potencia Activa de generación (PAG) (S/)	Potencia Activa por uso de redes de distribución (PAURD) (S/)	Total + IGV
Enero	224.85	336.48	219.04	107.76	1,047.99
Febrero	207.55	300.33	219.04	107.76	984.92
Marzo	233.50	329.52	219.04	107.76	1,049.99
Abril	198.90	340.65	219.04	107.76	1,022.30
Mayo	224.85	336.48	219.04	107.76	1,047.99
Junio	216.20	326.74	219.04	107.76	1,026.30
Julio	207.55	350.38	219.04	107.76	1,043.98
Agosto	224.85	336.48	219.04	107.76	1,047.99
Septiembre	224.85	319.79	219.04	107.76	1,028.30
Octubre	224.85	336.48	219.04	107.76	1,047.99
Noviembre	216.20	326.74	219.04	107.76	1,026.30
Diciembre	216.20	343.43	219.04	107.76	1,045.99
Total al Año S/.					12,420.02

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Análisis del Recurso Solar

Se determina la ubicación geográfica del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón, haciendo uso del Google Maps (2018).

Ubicación geográfica:

- Latitud = 9.11 S
- Longitud = 78.52 O

Seguidamente haciendo uso del soporte informático de la NASA (2017), se obtienen el conjunto de datos solares y meteorológicos.

Tabla 24. *Parámetros geográficos del Hospital Regional “EGB”*

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER		NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data							NASA
Latitude -9.119 / Longitude -78.52 was chosen.									
	Unit	Climate data location							
Latitude	°N	-9.119							
Longitude	°E	-78.52							
Elevation	m	1010							
Heating design temperature	°C	15.65							
Cooling design temperature	°C	24.65							
Earth temperature amplitude	°C	8.88							
Frost days at site	day	0							
Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days	
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d	
January	20.1	75.7%	7.07	90.3	3.1	23.3	0	318	
February	20.9	75.7%	7.09	90.3	3.0	23.5	0	312	
March	21.0	74.8%	6.98	90.3	3.0	23.7	0	347	
April	21.1	68.2%	6.34	90.2	3.3	23.7	0	341	
May	21.0	60.6%	5.12	90.3	3.7	23.0	0	350	
June	20.6	55.2%	3.72	90.3	4.4	22.1	0	329	
July	20.4	51.6%	3.67	90.4	4.3	21.9	0	335	
August	20.4	50.5%	3.94	90.4	4.3	22.5	0	333	
September	20.2	54.1%	4.42	90.3	4.2	23.3	0	316	
October	19.8	59.2%	5.42	90.3	3.7	23.7	0	311	
November	19.4	64.5%	6.22	90.3	3.5	23.6	2	288	
December	19.8	70.5%	6.83	90.3	3.3	23.6	0	308	
Annual	20.4	63.4%	5.57	90.3	3.7	23.2	2	3888	
Measured at (m)					10.0	0.0			

Fuente: NASA (2017)

Se tiene que la Radiación solar diaria es:

- Valor máximo 7.09 kWh/m²-día (Mes de febrero)
- Valor mínimo 3.67 kWh/m²-día (Mes de Julio)

Así mismo se tiene el comportamiento del día típico de la radiación solar diaria sobre el Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón.

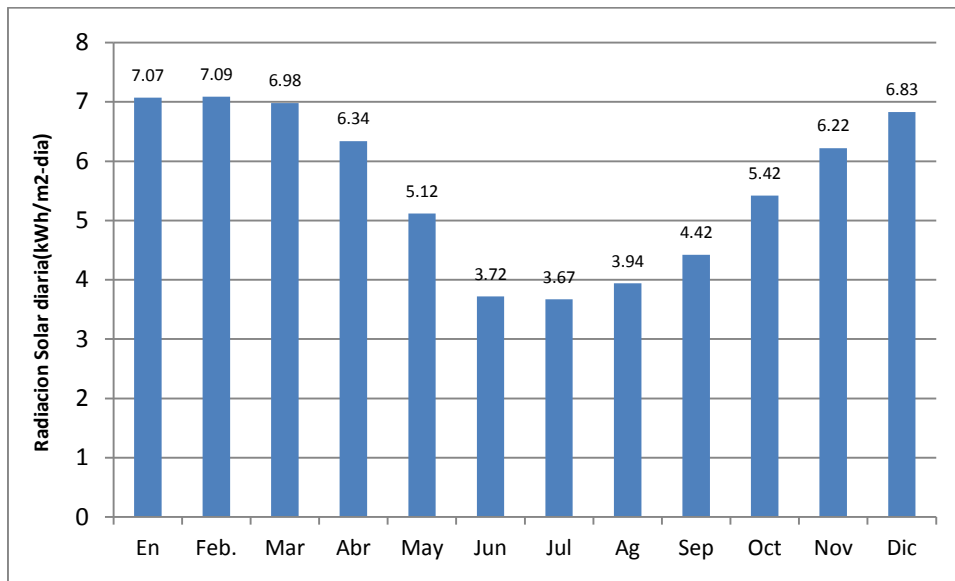


Figura 10. Comportamiento de la Radiación solar diaria incidente sobre el H.R.

Fuente: NASA (2017)

Se asume las condiciones climáticas más adversas para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y de sus componentes para el sistema de iluminación exterior del Hospital Regional “EGB”, el cual es una radiación solar diaria de 3.67 kWh/m²-día.

Anexo 3. Generalidades del Hospital Regional “EGB”

El Hospital Regional de Nuevo Chimbote, fue inaugurado el 10 de octubre de 1981, perteneciente al MINSA, es sede de la Dirección Regional de Salud Ancash (DIRESA), Unidad Territorial de Salud (UTES) "Eleazar Guzmán Barrón”, Es un Hospital General de Nivel de complejidad (categoría) II-2.

Fue construido en el distrito de Nuevo Chimbote, está ubicado en la avenida Anchoqueta S/N, de la urbanización Bellamar del mismo distrito, provincia del Santa y Departamento de Ancash. Se considera una zona de menor vulnerabilidad comparada con el distrito de Chimbote y a su área de cobertura, es un hospital estratégico dentro del Plan Nacional de Salud para desastres.

El área del terreno sobre el cual está construido el Hospital Regional es de 76,484 m² con un área de construcción de 26,600 m²; Proyecto financiado en un 40 % de Recursos del Tesoro Público y 60 % de dos préstamos otorgados por el Gobierno de la República Federal de Alemania, por un monto total de 20'000,000 Marcos Alemanes.

Hospital Regional fue Diseñado para 320 camas arquitectónicas, en la actualidad solo funcionan 164 camas para hospitalización (47 Camas de Medicina, 40 Camas de Cirugía, 47 Camas de Pediatría y 30 Camas de Gineco-Obstetricia).

Tabla 25. Distribución de áreas por pisos del Hospital Regional “EGB”

Pisos	Servicios
1°	Administración, Emergencias, Consultorios externos, Laboratorio, Banco de sangre, Rehabilitación Física, Nutrición, Lavandería.
2°	Hospitalización-Medicina, Cuidados Intermedios.
3°	Hospitalización-Cirugía, Recién Nacidos.
4°	Hospitalización-Pediatría, Ginecología.
5°	Hospitalización- Centro Obstétrico, Centro Quirúrgico, UCIN, UCI, Central de Esterilización.
6°	Sala de máquinas Ascensores, Instalaciones-Agua, Vapor, Aire Comprimido, Oxígeno medicinal, ductos de AA, etc.

Además se tiene Pabellones de Psiquiatría-Pediatría Control TBC, Mantenimiento-Casa de fuerza, Ex-CENFOTES, Cuna jardín “Clarita”, Residencia Medica de 03 pisos, Residencias de Directores de 02 pisos, y SE de Energía Eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

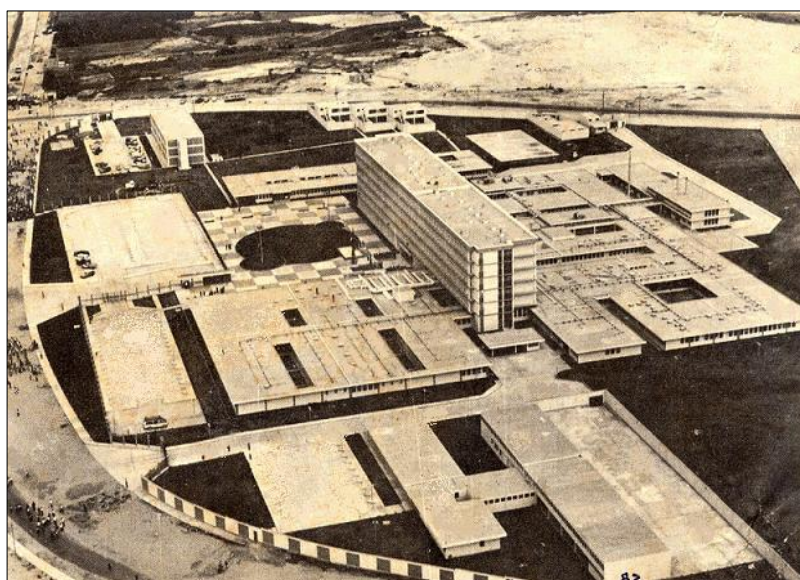


Figura 11. Vista panorámica del Hospital Regional “EGB” de Chicla

Fuente: Google (2018)

Líneas vitales: Se llama líneas vitales al conjunto de sistemas que conducen el suministro de elementos primordiales para la atención de la salud de la

población; entre estos tenemos el sistema de generación-distribución de vapor, la generación-suministro de energía eléctrica, la red de abastecimiento de agua potable, de agua caliente, la red de suministro de oxígeno, de aire acondicionado y el sistema de comunicaciones.

La sub-estación, (SE) Chimbote Sur de 138/13,8KV-12,92MW de Bellamar (Av. Anchoveta) suministra mediante la línea trifásica de MT aérea a un punto de diseño N°CH7160, hacia un poste, de acometida subterránea con cable 3 x 50 mm²-N2XSY-18/30KV hasta la celda de llegada de la SE interior del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón”, en la celda de medición lo realiza en MT, pasando a la celda de transformación la cual cuenta con dos transformadores trifásicos cada uno con 315KVA-Y/ Δ -MT/BT (13,8/0,22KV), sin regulación automática y con más de 35 años de funcionamiento.

Las instalaciones eléctricas a los tableros de distribución primarios y secundarios llegan por ducto subterráneo desde la SE; la EE de emergencia es generada por un grupo electrógeno (GE) N°1 de 285 kVA (228kW-748A) y GE N°2 de 152kVA (122kW-400A) instalados en casa de fuerza; con una autonomía de funcionamiento de 30 días al mes; entra en funcionamiento de forma automática en casos de interrupción del suministro de energía del concesionario por fallas en sistema o por mantenimiento de la SE.

El alumbrado exterior está diseñada con ocho circuitos eléctricos que estaban distribuidos los conductores alimentadores, tipo NKY por ductos - tubos PVC subterráneos que conectan a los postes CAC de 5 m y 12 m, con farolas JP-250 p/lámpara vapor de mercurio de 80W y 150W, para la iluminación nocturna de los jardines, estacionamiento automotriz, cerco perimétrico, loza deportiva, vías de acceso, etc. En noviembre del 2016, el Hospital Regional “EGB” contrato al Ing. Percy Siancas Santamaría para que elabore un expediente técnico para el “Mantenimiento correctivo integral de los cables alimentadores eléctricos subterráneos y farolas del alumbrado exterior del Hospital Regional EGB”, considerando algunas mejoras en cambiar los

conductores eléctricos alimentadores al tipo LSOH, así como realizar el mantenimiento de las farolas del tipo JP-250 cambiando las lámparas existentes a vapor de sodio 70W; en diciembre 2017 se convocó a una AS N° 026-2017/HREGB, para la ejecución del mantenimiento citado, siendo favorecido el proveedor “Consortio ANTELY” para la ejecución del servicio, en el cual se cambió de conductor al tipo N2XOH. Referente al cuadro de cargas eléctricas se tomó como referencia del expediente técnico citado, para la elaboración de este presente proyecto.

El vapor saturado es generado por las calderas de 50 BHP y 70 BHP de capacidad de fabricación europea y nacional, de volumen total 0,9137 m³ y producción 2415 lb/hr de vapor, usan petróleo Diésel B5; (para cubrir la demanda del vapor para los servicios de Lavandera, Central de Esterilización, Nutrición y agua caliente; el hospital compra 2,000.00 gl/mes que son depositados en tanques subterráneos, siendo así el hospital un consumidor directo de combustible líquido), está en vías de regularización para su inscripción en el Registro de Hidrocarburos; la autonomía de funcionamiento de las calderas de vapor es de 30 días al mes.

Anexo 4. Catálogo de Paneles Solares

YGE 60 Cell 40mm SERIES

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos para STC

Tipo de Módulo	YLaaxP-29b (60cell+P _{max})								
Potencia de salida	P _{max}	W	260	255	250	245	240	235	230
Tolerancia	ΔP _{max}	W	0 / 5						
Eficiencia del módulo	η _m	%	15,9	15,6	15,3	15,0	14,7	14,4	14,1
Tensión en P _{max}	V _{mp}	V	30,9	30,6	30,4	30,2	29,5	29,5	29,5
Intensidad en P _{max}	I _{mp}	A	8,41	8,32	8,24	8,11	8,14	7,97	7,80
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	38,9	38,7	38,4	37,8	37,5	37,0	37,0
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	8,98	8,88	8,79	8,63	8,65	8,54	8,40

STC: 1000 W/m² Irradiancia, 25°C (módulo), AM1,5 distribución espectral según EN 60904-3
Reducción media de la eficiencia relativa de 5% a 200 W/m² según EN 60904-1

Parámetros Eléctricos en Temperatura de Operación Nominal de la Célula(TONC)

Potencia de salida	P _{max}	W	188,3	184,7	181,1	177,9	174,3	170,7	167,0
Tensión en P _{max}	V _{mp}	V	28,1	27,9	27,6	27,2	26,6	26,6	26,6
Intensidad en P _{max}	I _{mp}	A	6,70	6,63	6,56	6,54	6,56	6,42	6,29
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	35,9	35,7	35,4	34,5	34,2	33,8	33,8
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	7,27	7,19	7,12	6,99	7,01	6,92	6,81

TONC: Temperatura en circuito abierto del módulo a 800W/m² de irradiancia, 20°C de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura de Operación Nominal de la Célula	TONC	°C	46 +/- 2
Coefficiente de temperatura para P _{max}	γ	%/°C	-0,45
Coefficiente de temperatura para V _{oc}	β _{oc}	%/°C	-0,33
Coefficiente de temperatura para I _{sc}	α _{sc}	%/°C	0,06
Coefficiente de temperatura para V _{mp}	β _{vmp}	%/°C	-0,45

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máxima tensión del sistema	1000V _{DC}
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperaturas de funcionamiento	-40°C hasta 85°C
Máxima carga estática frontal (nieve y viento)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro / velocidad)	25mm / 23m/s

MATERIALES

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones / Número de Buzbars)	60 / silicio multicristalino / 156 x156 mm / 2 ó 3
Encapsulante (material)	Etilvinilacetato (EVA)
Marco (material / color / color del anodizado / sellado del marco)	Aluminio anodizado / plata / duro / sílica o cinta adhesiva

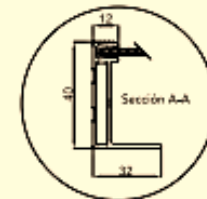
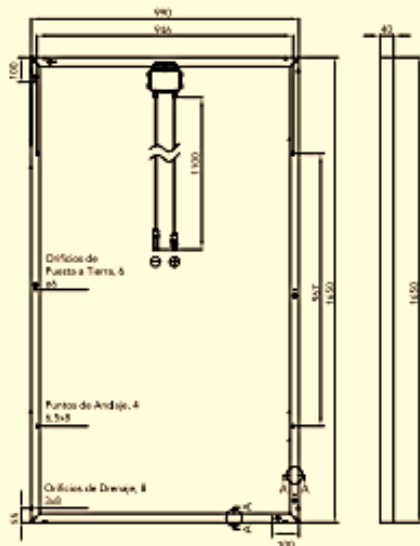
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (longitud / anchura / profundidad)	1650mm / 990mm / 40mm
Peso	19,1kg

ESPECIFICACIONES DEL EMBALAJE

Número de módulos por palé	26
Número de palés por contenedor (40')	28
Dimensiones del Embalaje (longitud / anchura / profundidad)	1700mm / 1150mm / 1190mm
Peso del palé	534kg


Unidades: mm




Advertencia: Leer el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar y operar módulos Yingli.

Fuente: Yinglisolar (2014)

Anexo 5. Catálogo de Baterías Solares



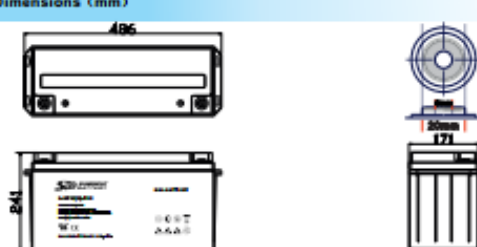

Sunbright Power Co.,LTD.



6-GFM(G)-150Ah Gel Battery Specification

We are an ISO9001 certified organization. And the products are approved by CE & UL. The nominal voltage of this series is 12V. And the capacity ranges from 33Ah to 250Ah. Their typical applications include: emergency lighting systems, electricity power supply systems, communication systems, UPS systems, starting systems, solar systems etc.

Battery Construction		General Features	
Component	Material	Maintenance free	
Positive plate	Lead dioxide	Convenient for installation	
Negative plate	Lead	Safety and no leakage	
Container	ABS	Excellent recharge and discharge performance	
Cover	ABS	Low self-discharge rate, charge each standby 6 months, temperature 25°C	
Safety valve	Rubber	Adapt to high or low temperature	
Terminal	Copper	Good deep discharge performance	
Electrolyte	Gelled acid	Longer cycle life	
		UL approval	

Performance Characteristics			
1.Dimension and weight		5.Charge Method: constant-voltage charging at 25°C (77° F)	
Length	486mm	Cyclic use	14.4-14.9V
Width	171mm	Maximum charging current	37.5A
Height	241mm	Temperature Compensation	-30mV/°C
Total Height	241mm	Float Use	13.6-13.8V
Reference Weight	47kg	Temperature Compensation	-20mV/°C
2.Functional Parameter		6.Environment Temperature Requirements	
Rated Voltage	12V	Discharge Temperature	-20-60°C
Numbers of cells	6 Cells	Charge Temperature	0-50°C
Designed Life	10-12 Years	Storage Temperature	-20-60°C
3.Rated Capacity at 25°C (77° F)		7.Inner Resistance&Max. Discharge Current	
10 hr rate (0.1C, 10.8V)	150Ah	A fully charged battery at 25°C (77° F)	4mΩ
3 hr rate (0.25C, 10.8V)	108.7Ah	Max. Discharge Current	2250A(5s)
1 hr rate (0.55C, 10.5V)	82.4Ah	Short Circuit Current	7500A
4.Capacity affected by Temperature (10hour rate)		8.Self-discharge	
40 °C (104° F)	103%	3% Of the capacity per month at 25°C (77° F)	
25 °C (77° F)	100%	Capacity after 3 month storage	91%
0 °C (32° F)	85%	Capacity after 6 month storage	82%
-15°C (5° F)	65%	Capacity after 12 month storage	64%
Dimensions (mm)		3D Model Review	
			

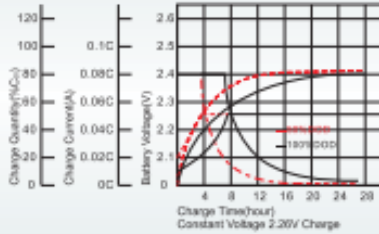
Constant-current discharge parameter Unit: A (25°C)

EDITION 2014

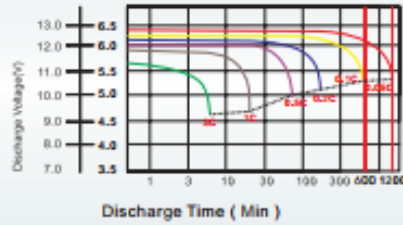
Fuente: Sunbright battery (2015)

6-GFM(G)-150Ah Gel Battery Specification

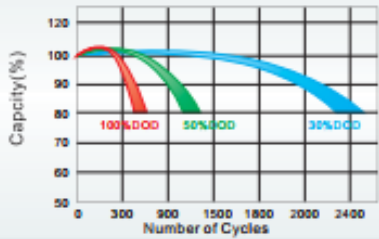
Charge Characteristics for Float Use @ 25°C/77°F



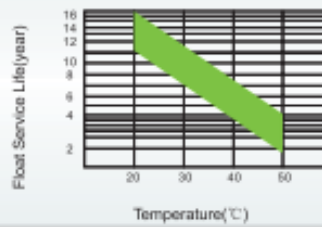
Discharge Characteristics at Various Rates @ 25°C/77°F



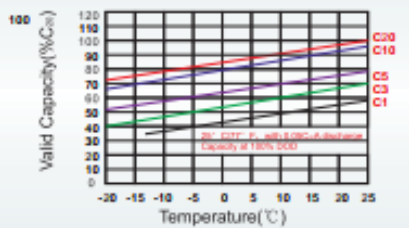
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



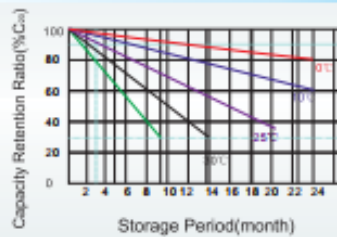
Float Service Life



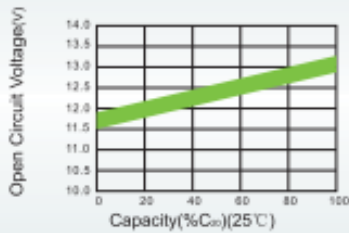
Temperature and Valid Capacity



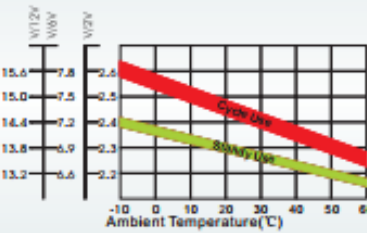
Self Discharge Characteristics



Capacity and Open Circuit Voltage



Relationship between Charging Voltage and Temperature



EDITION 2014

Fuente: Sunbright battery (2015)

Anexo 6. Catálogo de Inversores



Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

www.victronenergy.com



**Phoenix Inverter
24/5000**

SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 KVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).



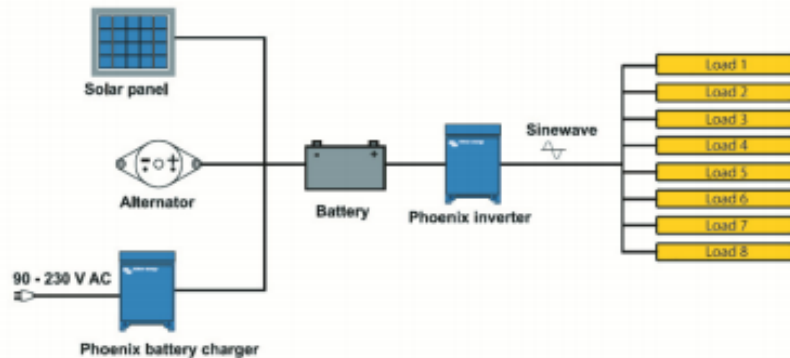
**Phoenix Inverter Compact
24/1600**

Interfaz para el ordenador

Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VEConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a VEMnet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



Fuente: Victron energy (2014)

Inversor Phoenix	C12/1200 12/14/1200	C12/1600 12/14/1600	C12/2000 12/14/2000	12/3000 14/15/3000 48/3000	14/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	SI				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 60V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficiencia máx. 12/24/48 V (%)	92/94	92/94	92/92	93/94/95	94/95
Consumo en vacío 12/24/48 V (W)	8/10	8/10	9/11	15/15/16	25/25
Consumo en vacío en modo AES (W)	5/8	5/8	7/9	10/10/12	20/20
Consumo en vacío modo Search (W)	2/3	2/3	3/4	4/5/5	5/6
GENERAL					
Relé programable (3)	SI				
Protección (4)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	SI				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +50°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emissiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 25VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



Panel de Control para Inversor Phoenix

También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.



Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:

- Convertidor MK2.2 VE.Bus a RS232
Se conecta al puerto RS232 de un ordenador (ver "Guía para el VEConfigure")
- Convertidor MK2-USB VE.Bus a USB
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VEConfigure)
- Convertidor VE.Net a VE.Bus
Interfaz del VE.Net (ver la documentación VE.Net)
- Convertidor VE.Bus a NMEA 2000
- Victron Global Remote
El Global Remote de Victron es un módem que envía alarmas, avisos e informes sobre el estado del sistema a teléfonos móviles mediante mensajes de texto (SMS). También puede registrar datos de monitores de baterías Victron, Multi, Quattro e inversores en una web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito.
- Victron Ethernet Remote
Para conectar a Ethernet.




Monitor de baterías BMW

El monitor de baterías BMW dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMW muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.


Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

Fuente: Victron energy (2014)


Anexo 7. Catálogo de Reguladores




BlueSolar charge controllers with screw- or MC4 PV connection
MPPT 150/45 MPPT 150/60 MPPT 150/70



Solar charge controller
MPPT 150/45-3



Solar charge controller
MPPT 150/70-12



Solar charge controller
MPPT 150/70-MC4

Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT)
Especially in case of a cloudy sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions
If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPTs tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP. The innovative BlueSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.


Outstanding conversion efficiency
No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%.

Flexible charge algorithm
Fully programmable charge algorithm (see the software page on our website), and eight pre-programmed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

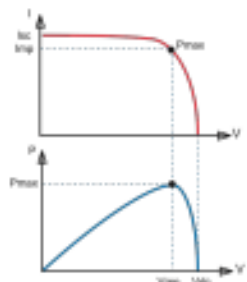
Extensive electronic protection
Over-temperature protection and power derating when temperature is high.
PV short circuit and PV reverse polarity protection.
PV reverse current protection.

Internal temperature sensor
Compensates absorption and float charge voltage for temperature.

Real-time data display options
- Apple and Android smartphones, tablets and other devices use the VE.Direct to Bluetooth Smart dongle
- ColorControl panel



BlueSolar charge controller	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70
Battery voltage	12 / 24/48 V Auto Select (software tool needed to select 36 V)		
Rated charge current	45 A	60 A	70 A
Maximum PV power, 12V 1q1)	600 W	800 W	1000 W
Maximum PV power, 24V 1q1)	1180 W	1730 W	2000 W
Maximum PV power, 48V 1q1)	2400 W	3450 W	4000 W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum cabinet conditions 140V start-up and operating maximum		
Maximum efficiency	98 %		
Self-consumption	10 mA		
Charge voltage "absorption"	Default setting: 14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6 V (adjustable)		
Charge voltage "float"	Default setting: 13.8 / 27.6 / 41.4 / 55.2 V (adjustable)		
Charge algorithm	multi-stage adaptive		
Temperature compensation	-18 mV / °C temp. -32 mV / °C		
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature		
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 60°C)		
Humidity	98 %, non-condensing		
Data communication port and remote set-off	VE.Direct (see the data communication white paper on our website)		
Synchronized parallel operation	Not possible		
ENCLOSURE			
Colour	Blue (RAL 5012)		
PV terminals 1)	35 mm ² / AWG2 (11 mm ²), or Dual MC4 connection (MC4 models)		
Battery terminals	35 mm ² / AWG2		
Protection category	IP20 (electronics compartment), IP22 (connection area)		
Weight	3 kg		
Dimensions (h x w x d)	200 x 230 x 90 mm		
STANDARDS			
Safety	EN/IEC 62109		
1) If more PV panels are connected, the controller will limit input power to the listed maximum. 150V PV voltage must exceed Vbat + 10V for the controller to start. Therefore maximum PV voltage is Vbat + 10V. 2) MC4 models: several splitter pairs will be needed to parallel the strings of solar panels.			




Maximum Power Point Tracking

Upper curve:
Output current (I) of a solar panel as function of output voltage (V). The maximum power point (MPP) is the point Pmax along the curve where the product I x V reaches its peak.

Lower curve:
Output power P = I x V as function of output voltage.
When using a PWM (not MPPT) controller the output voltage of the solar panel will be nearly equal to the voltage of the battery, and will be lower than Vmp.

Victron Energy B.V. | De Pijp 33 | 1331 JG Almere | The Netherlands
 General phone: +31 (0)36 533 97 00 | Fax: +31 (0)36 533 97 40
 E-mail: info@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Fuente: Victron energy (2014)

Anexo 8. Conceptuación y Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Diseño de Sistema Fotovoltaico para el alumbrado exterior	Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que convierten de manera directa la radiación solar en energía eléctrica, con la principal característica de que la potencia que se obtiene depende de la temperatura de la carga y el nivel de irradiación solar incidente. Son confiables y silenciosas, no producen dióxido de carbono, son de fácil montaje y la producción de energía útil es elevada. (Gonzales Toy, 2008). El alumbrado exterior es "toda instalación de iluminación de titularidad pública o privada cuyo flujo luminoso se proyecta sobre un espacio abierto (carretera, calle, parque, ornamental, etc.) de uso público" (IDAE, 2019)	Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que convierten de manera directa la radiación solar en energía eléctrica, con la principal característica que se permite inyectar energía eléctrica a la red y almacenar la energía para su posterior consumo en las noches en el alumbrado exterior del Hospital Regional "EGB"	Potencia del sistema fotovoltaico	Potencia pico (Wp)	Cuantitativa
			Componentes del sistema fotovoltaico	Selección de equipos	Cuantitativa
			Indicadores energéticos	IE1= kWh-mes/pacientes, IE2=Facturación/pacientes IE3= kg CO2-mes/pacientes	Cuantitativa
			Análisis económico y beneficio medio ambiental	Valor actual neto, tasa interna de retorno, payback, toneladas de Emisiones de CO2/año	Cuantitativa

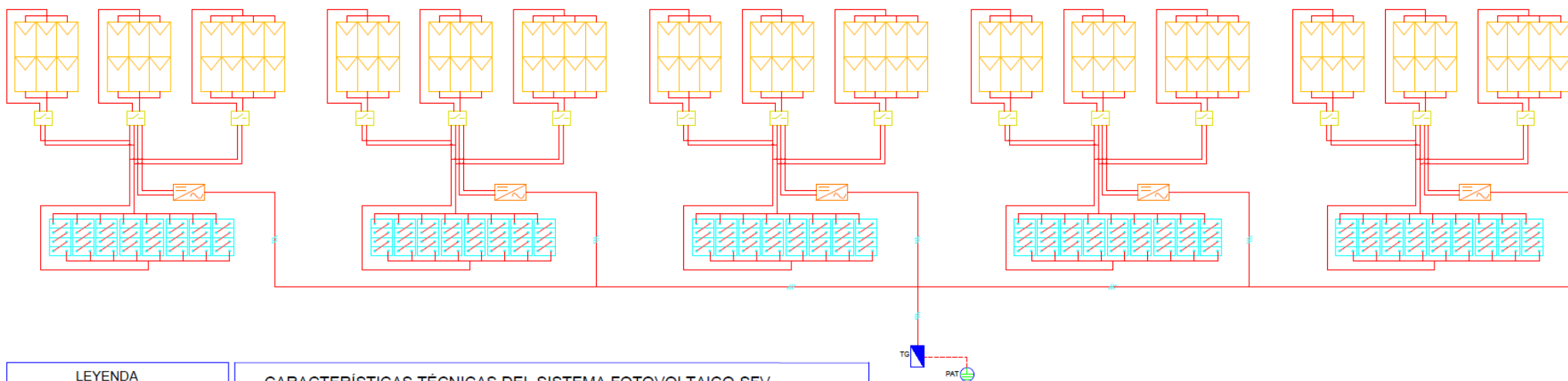
Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Matriz de Consistencia

Problema principal	Objetivo principal	Justificación	Metodología
¿En qué medida el diseño del sistema fotovoltaico mejoraría el alumbrado exterior del Hospital Regional "Eleazar Guzmán Barrón"-2017?	Diseñar un Sistema Fotovoltaico para el alumbrado exterior del Hospital Regional "Eleazar Guzmán Barrón" - 2017	La investigación se justifica por el beneficio social de brindar a los pacientes, visitantes y personal que labora en el hospital, un alumbrado externo con un suministro de energía confiable independiente de la red eléctrica y respetando el medio ambiente. El aporte científico de la investigación es que el estudio desarrolla un procedimiento para el diseño de un sistema fotovoltaico para la mejora del alumbrado exterior del Hospital Regional "EGB" de Nuevo Chimbote y que podrá ser replicado en los hospitales, además de otros sectores para mejorar los indicadores energéticos técnico, económico y ambientales.	Tipo y diseño de investigación: La investigación es de enfoque cuantitativo, de alcance o tipo descriptivo, por su finalidad es una investigación aplicada. El diseño de la investigación es no experimental del tipo transversal descriptivo – comparativo
Objetivos Específicos		Variable	La población conformada por todo el alumbrado interno, externo y de emergencia que forman parte del hospital regional. La muestra de estudio es elegida de forma intencional, y está conformado por el alumbrado exterior, el cual está conformado por 8 circuitos eléctricos.
<ul style="list-style-type: none"> – Realizar el dimensionamiento de los paneles solares fotovoltaicos requeridos para el alumbrado exterior del hospital regional. – Realizar el dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico requeridos para el alumbrado exterior del hospital regional. – Determinar y Comparar los Indicadores Energéticos iniciales con el sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del hospital regional. – Determinar el análisis económico y del beneficio medio ambiental con el sistema fotovoltaico para el alumbrado exterior del hospital regional. 		Diseño de Sistema Fotovoltaico para el alumbrado exterior	
		Indicadores	
		Potencia pico (Wp) Selección de equipos Valor actual neto, tasa interna de retorno, payback, toneladas de Emisiones de CO2/año IE1= kWh-mes/pacientes, IE2=Facturación/pacientes IE3= kg CO2-mes/pacientes	Técnicas de recolección de datos: Observación Directa, Revisión Documental, Organización y Métodos, Análisis Documental.
			Instrumentos de recolección de datos: Registro de datos, Registro de herramientas, Registro de indicadores.

Fuente: elaboración propia

Anexo 10. Plano de Distribución de Componentes



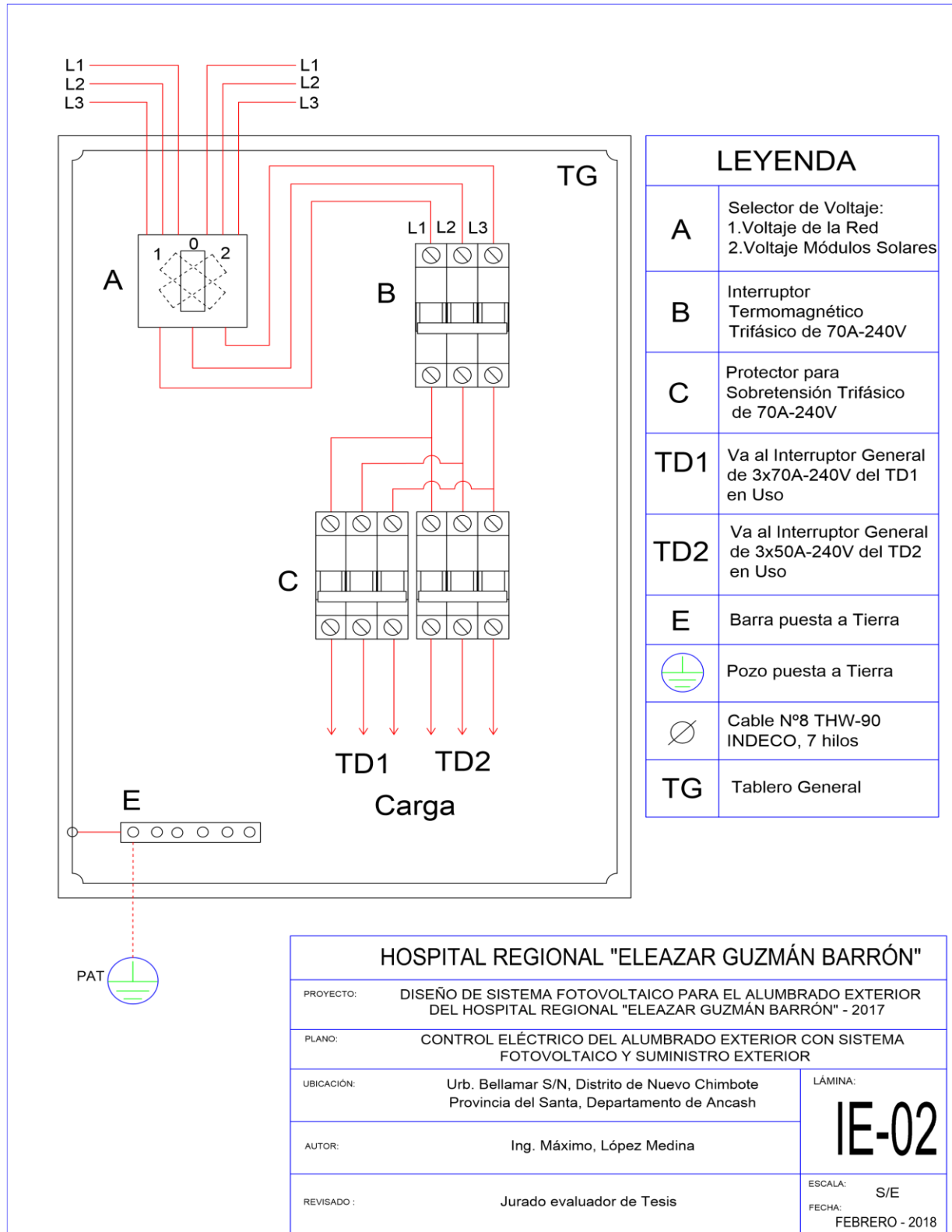
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	PANEL SOLAR
	REGULADOR
	INVERSOR
	BATERIA
	TABLERO GENERAL
	POZO PUESTA A TIERRA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO-SFV
-Potencia generada del SFV 25kWp
-Tensión del SFV 48V-DC
-Tensión de salida 220V/60Hz/3-AC
-SFV Autónomo (SFA/Off-Grid) con back up Conexión a Red (SFCR/On-grid)
-100 módulos fotovoltaicos conectados 2 en serie 50 en paralelo (Panel solar tipo policristalino 250Wp / 30V YGE de 60 Cell 40mm), área promedio de instalación 200 m ² .
-Banco de baterías de 168 unidades, conectadas 42 en paralelo y 4 en serie (de 150 Ah Gel Battery y 12V cada una), área promedio de instalación 20 m ² .
-Reguladores de carga 15 unidades, conectado en paralelo, un regulador para cada sub campo de los Paneles Fotovoltaicos (Regulador MPPT 150/45 de 45A, Victron Energy).
-05 Inversores DC-AC, tensión de entrada 38-66VDC, tensión de salida 230VAC/60Hz, trifásica, interconectados en paralelo en los 5 subgrupos del banco de baterías (Inversores Phoenix C12/1600 Victron Energy).

HOSPITAL REGIONAL "ELEAZAR GUZMÁN BARRÓN"		
PROYECTO:	DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ALUMBRADO EXTERIOR DEL HOSPITAL REGIONAL "ELEAZAR GUZMÁN BARRÓN" - 2017	
UBICACIÓN:	Urb. Bellamar S/N, Distrito de Nuevo Chimbote Provincia del Santa, Departamento de Ancash	LÁMINA:
AUTOR:	Ing. Máximo, López Medina	IE-01
REVISADO:	Jurado evaluador de Tesis	
		ESCALA: S/E
		FECHA: FEBRERO - 2018

Fuente: elaboración propia

Anexo 11. Control Eléctrico del SFV y Suministro Exterior



Fuente: elaboración propia