

**ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA ILUMINACIÓN DE LA CANCHA  
DE FÚTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE DE SANTANDER**

**ALBERT PAUL RODRIGUEZ MONOGA**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA  
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO  
ELECTROMECAÁNICO INDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2020**

**ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA ILUMINACIÓN DE LA CANCHA  
DE FÚTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE DE SANTANDER**

**ALBERT PAUL RODRIGUEZ MONOGA**

**Trabajo integral de grado presentado como requisito para optar al título  
de Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial**

**Director**

**Ing. Electrónico FEISSAN ALONSO GERENA MATEUS**

**Codirector**

**M.Sc. Ing. Mecánico CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA**

**Línea de Investigación:  
Redes de Distribución Eléctrica**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA  
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO  
ELECTROMECAÁNICO INDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2020**

*A Dios, por protegerme y permitirme haber llegado a tan importante momento de mi formación personal y profesional.*

*A mis padres Alix y Alcides quienes fueron un gran apoyo en todos los aspectos de mi vida para la culminación de este proyecto.*

*A mis profesores quienes impartieron su sabiduría y conocimiento cada día de clases, gracias por su paciencia y ayuda para con nosotros, ellos quienes pusieron todo su empeño y dedicación para el día de hoy llegar hasta aquí y cumplir este sueño.*

**ALBERT PAUL**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA, Ingeniero, Coordinador de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por convertirse en nuestro Padre estudiantil y que con sus enseñanzas ayudó a formar las personas e Ingenieros que hoy somos.

Dr. Ing. ANTONIO GAN ACOSTA, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como asesor.

EDGAR ALFONSO SANTOS HIDALGO, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, quien nos mostró que con firmeza y fuerza de carácter se pueden llegar a cumplir todas nuestras metas.

MSc. Ing. OSCAR ORLANDO GUERRERO DIAZ, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como maestro y amigo.

Ing. BENJAMÍN OTERO, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como maestro y amigo.

FEISSAN ALONSO GERENA MATEUS, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como director, maestro y amigo.

Todo el profesorado, de la Universidad Antonio Nariño por su apoyo incondicional y su orientación en la obtención de este logro.

## **RESUMEN**

El Trabajo integral de grado consistió en la proyección del sistema de instalación fotovoltaica off grid para alimentar el sistema de iluminación de la cancha de futbol del corregimiento de Cornejo el municipio de san Cayetano norte de Santander Colombia.

Durante el desarrollo de este proyecto se tomaron en cuenta las normas vigentes que en este sentido el país tiene implementado a través de los entes responsables como la CREG Comisión de Regulación de Energía, así como las normas eléctricas colombianas que rigen para el uso de productos eléctricos fotovoltaicos, sus especificaciones técnicas, el cumplimiento del reglamento eléctrico RETIE.

Este sistema fotovoltaico generará la energía eléctrica consumida por el sistema de iluminación con tecnología LED de la cancha de futbol ubicada en el corregimiento de Cornejo, creando un ahorro en el consumo de energía a largo plazo por aproximadamente 25 años de duración de la vida útil de estos paneles solares y por consiguiente beneficios económicos para la alcaldía del municipio de san Cayetano.

Se realizó el paso a paso de la proyección metodológico en la construcción de un sistema solar fotovoltaico, partiendo del análisis estadístico de variables climatológicas en el corregimiento de Cornejo por medio las estadísticas del IDEAM el cual se debe tener en cuenta para cualquier proyecto de energías renovables, la temperatura ambiente, la radiación solar, el brillo solar, la humedad relativa y la velocidad del viento en los diferentes meses del año.

Palabras clave: off grid, fotovoltaico, radiación solar, brillo solar, Inversor.

## **ABSTRACT**

The integral Degree work consisted in the projection of the off-grid photovoltaic installation system to supply the lighting system of the soccer field of the township of Cornejo in the municipality of San Cayetano north of Santander Colombia.

During the development of this project, the current regulations that the country has implemented through the responsible entities such as the CREG Commission for Energy Regulation, as well as the Colombian electrical regulations that govern the use of electrical products, were taken into account. photovoltaic, its technical specifications, compliance with the RETIE electrical regulation.

This photovoltaic system will generate the electrical energy consumed by the LED technology lighting system of the soccer field located in the Cornejo district, creating long-term energy consumption savings for approximately 25 years of the useful life of these solar panels and therefore economic benefits for the mayor of the municipality of san Cayetano.

The methodological projection in the construction of a photovoltaic solar system was carried out step by step, starting from the statistical analysis of climatological variables in the township of Cornejo using IDEAM statistics which must be taken into account for any renewable energy project. , the ambient temperature, the solar radiation, the solar brightness, the relative humidity and the wind speed in the different months of the year.

Key words: off grid, photovoltaic, solar radiation, solar brightness, inverter.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	15
1. FUNDAMENTACIÓN	16
1.1 EL PROBLEMA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 OBJETO	18
1.4 OBJETIVOS	19
1.4.1 Objetivo general	19
1.4.2 Objetivos Específicos	19
1.5 ACOTACIONES	19
1.5.1 Alcance	20
1.5.2 Limitaciones	20
1.6 LEGISLACIÓN	20
1.6.1 Marco internacional	20
1.6.2 Marco nacional	20
1.6.3 Marco institucional	21
2. ARGUMENTACIÓN	22
2.1 ANTECEDENTES	22
2.1.1 Nivel internacional	22
2.1.2 Nivel nacional	23

2.1.3 Nivel local	23
2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Historia de la energía fotovoltaica	23
2.2.2 Módulo solar fotovoltaico	24
2.2.2.1 Componentes de un sistema solar fotovoltaico	24
2.2.2.2 ¿Cómo funciona un sistema solar fotovoltaico?	26
3. METODOLOGÍA	27
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO	27
3.3 PLAN DE TRABAJO	27
3.3.1 Etapa 1	28
3.3.2 Etapa 2	28
3.3.3 Etapa 3	28
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	29
4.1 ETAPA 1	29
4.1.1 Cálculos para el sistema de alimentación con energía solar fotovoltaica	29
4.1.2 Estudio económico	31
4.1.3 Cálculos del sistema de energía solar fotovoltaica	31
4.2 ETAPA 2	41
4.2.1 proyección de red y control del sistema de energía solar fotovoltaica	41
4.2.1.1 Elección de los equipos. Características técnicas de la lámpara seleccionada.	41
4.3 ETAPA 3	50



4.3.1 Planos del sistema de energia	50
4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	51
4.5 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	52
4.6 GLOSARIO	52
5. CONCLUSIONES	54
6. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	58

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
ANEXO A. Cálculos	59
ANEXO B. Inversor	61
ANEXO C. Plano distribución Red eléctrica	62
ANEXO D. Plano Fotovoltaico	63

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Módulo fotovoltaico	24
Figura 2. Componentes de un sistema solar fotovoltaico	25
Figura 3. Lámpara seleccionada en el estudio fotométrico	42
Figura 4. Ficha técnica inversor	43
Figura 5. Interruptores automático magneto-térmico 30 amperios 2 polos	44
Figura 6. Interruptores automático magneto-térmico 30 Amp 2 polos	45
Figura 7. Plano infraestructura física de la cancha	47
Figura 8. Datos técnicos AWG	48
Figura 9. Tableros AC/DC	49
Figura 10. Panel solar	49
Figura 11. Estructura de para los paneles solares.	50

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>pág.</b>
Gráfica 1. Temperatura Anual en el municipio de San Cayetano	30

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Medidas de temperaturas expuestas a radiación pico	29
Cuadro 2. Energía solar vs. Electrificación convencional	31
Cuadro 3. Cuadro de cargas	32
Cuadro 4. Cálculo para la energía total (ET) de los consumos en las instalaciones fotovoltaicas	34
Cuadro 5. Parámetros para los cálculos	34
Cuadro 6. Cálculo del rendimiento de la instalación	35
Cuadro 7. Cálculo de la energía diaria a acumular	35
Cuadro 8. Capacidad útil del acumulador	36
Cuadro 9. Numero de acumuladores	36
Cuadro 10. Energía diaria a acumular	37
Cuadro 11. Potencia nominal	38
Cuadro 12. Características del panel fotovoltaico	38
Cuadro 13. Número de paneles a utilizar	39
Cuadro 14. Características para el regulador	40
Cuadro 15. Presupuesto global del proyecto	51

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>pág.</b>
Fotografía 1. Cancha de fútbol cornejo	16
Fotografía 2. Alumbrado Cancha de fútbol Cornejo	17
Fotografía 3. Control del sistema de alumbrado cancha de fútbol	17

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en Norte de Santander se genera energía por sistema térmico consumiendo un alto porcentaje de recursos vegetales, combustibles fósiles y las fuentes hídricas, que están directamente relacionados con los recursos que se disponen y se utilizan para la satisfacción de las necesidades e intereses individuales y colectivos de la comunidad. Una forma de devolver estos recursos a la comunidad es desarrollando proyectos que impacten directamente como la cobertura progresiva de las prestaciones básicas para la convivencia, mejorando las condiciones para un desarrollo amigable con su entorno, donde el medio ambiente y su cuidado es vital. Es acá donde la ejecución de este trabajo integral de grado tiene importancia ya que su impacto es directamente para la comunidad ubicada en el corregimiento de Cornejo Municipio de San Cayetano Norte de Santander, donde se pretende realizar la proyección del sistema de Iluminación para la cancha de fútbol, utilizando para su desarrollo las últimas tendencias de alumbrado público para campos deportivos que se están desarrollando en el país, como son las tecnologías limpias y energías renovables que se están convirtiendo en un servicio de uso masivo en los últimos años, buscando la reducción del impacto ambiental negativo a través de mejoras significativas en la eficiencia energética.

Otro aspecto importante que se evidencia, es la tendencia hacia la telegestión. Este estudio permite identificar el crecimiento en el uso de la tecnología LED para el alumbrado público.

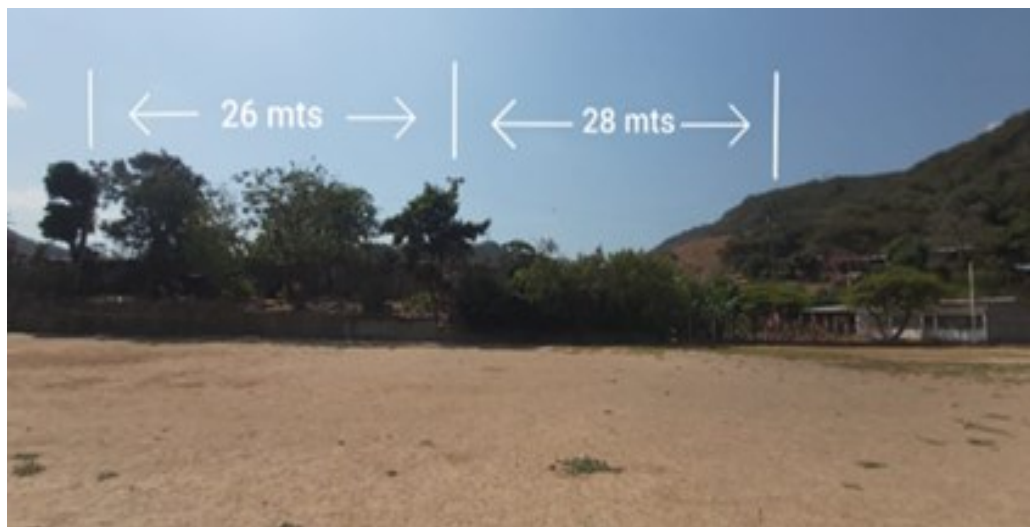
# 1. FUNDAMENTACIÓN

## 1.1 EL PROBLEMA

El sistema de alumbrado público para campos deportivos se convierte en problema económico en la mayoría de los municipios de nuestro país, debido a que se suma al alumbrado público general de la población y la facturación recae directamente sobre los fondos de las alcaldías, cualquier inversión que se realice para mejorar o mantener estos escenarios requiere de un costo económico alto. El mantenimiento de los que están en funcionamiento la mayoría de la veces no se realiza técnicamente aplicando las normas que se exigen para esta clase de trabajos como lo es el RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público).

Actualmente el municipio de San Cayetano al cual pertenece el Corregimiento de Cornejo, tiene una carga presupuestal alta para mantener estos espacios donde la comunidad realiza sus eventos deportivos; la iluminación actual de la cancha es deficiente y su sistema eléctrico es precario como se puede apreciar en las siguientes fotografías.

Fotografía 1. Cancha de fútbol cornejo



Fuente: Autor



Fotografía 2. Alumbrado Cancha de fútbol Cornejo



Fuente: Autor

Fotografía 3. Control del sistema de alumbrado cancha de fútbol



Fuente: Autor

El objetivo principal de este proyecto es generar una proyección del sistema de alumbrado para la cancha de fútbol que abarque las tecnologías limpias y energías renovables conjuntamente con la iluminación LED, para entregarlo como un aporte de desarrollo en el área energética y cuidado del medio ambiente al Corregimiento de Cornejo ubicado en el departamento de Norte de Santander por parte de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La realización de este proyecto es de gran importancia e influencia en el aspecto social, económico y ambiental del Corregimiento de Cornejo, porque se pretende realizar una proyección tecnológica que promueva la aplicación de tecnologías limpias y de energías renovables, aplicadas en un proyecto de tecnología electromecánica para dar solución a un problema real que se presenta con la actual iluminación, la cual está conformada por una red de postería y lámparas que no son óptimas para este tipo de instalaciones y lo más importante, no cumplen con el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

Al proyectar el sistema de alumbrado con energía solar fotovoltaica y tecnología LED para la cancha de fútbol del Corregimiento de Cornejo Norte de Santander, se desea impulsar el desarrollo intelectual del estudiante de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial y así mismo, integrar las áreas de matemáticas, electromecánica, física, electrónica, instalaciones eléctricas, ciencia e investigación aplicadas en los sistemas de iluminación con energías renovables y tecnología LED.

Con el desarrollo de este proyecto integral de grado se está dando cumplimiento al requisito para la obtención del título de Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial por parte de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Electromecánica, Programa Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

## **1.3 OBJETO**

Proyección del sistema de alumbrado para la cancha de futbol con las tecnologías limpias y energías renovables

## **1.4 OBJETIVOS**

**1.4.1 Objetivo General.** Proyectar el sistema de alimentación eléctrica con energía solar fotovoltaica para el sistema de alumbrado de la cancha de futbol del corregimiento de cornejo Norte de Santander

**1.4.2 Objetivos Específicos.** Calcular la red eléctrica de energía solar fotovoltaica para el sistema de alumbrado de la cancha de futbol del corregimiento de cornejo Norte de Santander

Proyectar la red y control del sistema de energía solar fotovoltaica para alimentar el sistema de alumbrado de la cancha de futbol del corregimiento de cornejo Norte de Santander.

Proyectar los planos del sistema de energía solar fotovoltaica según los cálculos realizados.

## **1.5 ACOTACIONES**

Para hacer realidad el proyecto global denominado ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DE FUTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE DE SANTANDER se realizaron en conjunto tres subproyectos cuya denominación y autores son:

INFRAESTRUCTURA DE LA RED ELECTRICA PARA LA ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DE FUTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE DE SANTANDER Autor: JORGE EDUARDO NORIEGA RUBIO Cód.: 23551729347

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DE FÚTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE DE SANTANDER Autor: ALBERT PAUL RODRIGUEZ MONOGA Cód.: 23551726890

ILUMINACIÓN CON TECNOLOGIA LED PARA LA CANCHA DE FUTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE DE SANTANDER Autor: RONALD

ENRIQUE GARCIA NORIEGA Cód.: 23551729347

**1.5.1 Alcance.** El alcance del proyecto, es la proyección de la red de energía solar fotovoltaica para la alimentación del sistema de iluminación de la cancha de fútbol del corregimiento de cornejo Norte de Santander.

Generar propuestas para mejorar el desarrollo de la investigación en el campo de las energías renovables y sistemas de iluminación pública aplicando la normativa del RETILAP en el Programa en Mantenimiento Electromecánico Industrial de la Universidad Antonio Nariño UAN sede Cúcuta.

**1.5.2 Limitaciones.** El trabajo de grado se desarrolló en la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, en un término de 4 meses y es aplicado a la formación en el programa de Tecnología electromecánica.

Con el desarrollo del trabajo de grado se limitó a la proyección del sistema de alumbrado con energía solar fotovoltaica para la iluminación de la cancha de fútbol del Corregimiento de Cornejo Norte de Santander

## **1.6 LEGISLACIÓN**

En la construcción de cualquier tipo de instalación eléctrica, incluyendo el alumbrado público y campos deportivos, existe el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y el RETILAP reglamento técnico de iluminación y alumbrado público, donde se especifican todas las condiciones mínimas de seguridad, calidad que deben tener las instalaciones eléctricas, como distancias de seguridad, materiales a utilizar y la protección del medio ambiente

**ISO 14001 VERSIÓN 2015:** Norma aplicada en el manejo del plan de gestión integral de residuos sólidos.

**1.6.1 Marco internacional.** A nivel internacional no existen, solo existen normas para los equipos que se utilizan.

**1.6.2 Marco nacional.** Norma Técnica Colombiana NTC 2050 código eléctrico colombiano.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, áreas deportivas.

Comisión de regulación de energía y gas CREG resolución 030 del 26 de febrero del 2018.

**1.6.3 Marco institucional.** Acuerdo N° 48 de la Universidad Antonio Nariño para los proyectos de grado, “reglamento de trabajo de grado”. El Consejo Directivo de la Universidad Antonio Nariño en uso de sus Facultades legales y estatutarias y en particular las que son mencionadas en el Reglamento Estudiantil en sus Artículos 9,10, 11, 12 y 43.

## 2. ARGUMENTACIÓN

### 2.1 ANTECEDENTES

Al realizar el rastreo bibliográfico sobre el proyecto de investigación que se adelanta, se encontraron los siguientes trabajos de grado, artículos de revista e informes de investigación, que hacen una referencia específica a la actividad del proyecto. A continuación se relacionan algunos, similares al tema en estudio.

**2.1.1 Nivel internacional. Título: Diseño de iluminación para estadios de fútbol nacional.** Universidad de Costa Rica, facultad de ingeniería, escuela de ingeniería eléctrica

#### **Palabras claves:**

Reflexión, Setback, Refracción, Luminotecnia, Isolinea, Luminiscencia, Color de luz y temperatura de color Lumen, Flujo Luminoso, Iluminancia horizontal, Iluminancia Vertical, Coeficiente de uniformidad, Deslumbramiento, Índice de reproducción cromática Ra

**Resumen:** Para la elaboración de este proyecto, inicialmente se realizó una recopilación de las normas, reglas y consideraciones más importantes de la Federación Internacional de Fútbol Asociación que se deben de tomar en cuenta a la hora de iluminar el campo de juego de un estadio de fútbol donde tengan lugar eventos futbolísticos internacionales y transmitidos en HDTV. Una vez identificados los aspectos a considerar, se procedió a investigar los tipos de luminarias disponibles en el mercado y las más ideales para el uso que se les daría en este proyecto las cuales son los halogenuros metálicos. Se escogieron 2 luminarias de la misma familia pero con características de potencia y desempeño distintas y se obtuvieron sus características más relevantes así como los archivos ?ies? de cada una. Como parte fundamental del proyecto, se investigaron y estudiaron los métodos más comunes de iluminación de exteriores, así como los programas para iluminación. Tras un análisis de las necesidades y las condiciones con las que se desarrollaría el proyecto, se eligió el método de los lúmenes por ser preciso y a la vez sencillo de implementar, y por último el programa Dialux por ser probablemente el más utilizado a nivel mundial. Finalmente, se elaboró un programa para iluminación capaz de realizar un cálculo de la cantidad de

luminarias necesarias para iluminar un campo de futbol dado las dimensiones del campo, el tipo de luminaria, sus características de mantenimiento, desempeño y curvas de iluminación, la posición y altura donde se instalaran las luminarias, cantidad de postes y niveles de iluminación requeridos. El programa es capaz también de realizar un cálculo de la dirección que deberán tener los haces centrales de cada luminaria para poder asegurar uniformidad en la iluminación. Los resultados del programa fueron validados por el programa Dialux y se demostró que aunque fueron necesarios algunos ajustes en el direccionamiento de las luminarias o incluso en la cantidad de luminarias, si se obtuvieron resultados muy positivos que comprobaron el funcionamiento del programa.

### **2.1.2 Nivel nacional. Título: Diseño de la iluminación de la unidad deportiva del municipio de Herrán norte de Santander**

Universidad Nacional de Colombia, facultad de ingeniería, departamento de ingeniería eléctrica Y electrónica.

Este trabajo se centró en el diseño de la iluminación de la unidad deportiva de este municipio, utilizando el software de diseño DIALux y tecnología LED.

**2.1.3 Nivel local.** En la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta en el año 2014 se realizó el proyecto Diseño de un sistema de alumbrado público con energía solar fotovoltaica y tecnología led aplicado en una urbanización del municipio de Acarí y en los dos últimos años se han realizado proyectos con aplicación de energía solar en la parte comercial, industrial y el sector de la agricultura

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

**2.2.1 Historia de la energía fotovoltaica.** Las bases teóricas del efecto fotovoltaico eran conocidas desde principio de siglo, hasta el año 1954 se logró producir la primera célula que proveerá dicho efecto con un rendimiento razonable.

En 1956 Ioffe hizo público las tablas de rendimiento de conversión fotovoltaica para los materiales semiconductores a principio de los años 70 se logró obtener en laboratorio del 20%.

Las primeras aplicaciones prácticas de la electricidad fotovoltaica se encontraron en los vehículos espaciales, alimentando los equipos de control, de medida o de retransmisión de datos, posteriormente se inició la producción industrial de los paneles para aplicaciones domésticas

**2.2.2 Módulo solar fotovoltaico.** Según los parámetros eléctricos de las celdas solares el valor de voltaje requiere utilizarlas asociadas en serie para conseguir las tensiones de trabajo adecuadas para su uso en sistemas de generación, que pueden variar desde unidades hasta centenas de voltios y asociadas en paralelo hasta alcanzar la potencia deseada del generador.

El módulo es la unidad constructiva mínima para la realización de un sistema fotovoltaico, su función es alcanzar los valores de voltaje y corriente garantizando su funcionamiento y prolongando las celdas solares que lo componen. Para ello las celdas están interconectadas en serie y en paralelo encapsuladas entre dos superficies que hacen impermeable el módulo, como puede observarse en la Figura 1. La cubierta superior es de vidrio templado de alta transmisibilidad, mientras que la inferior puede ser de material plástico o de vidrio.

Figura 1. Módulo fotovoltaico



Fuente: Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid

**2.2.2.1 Componentes de un sistema solar fotovoltaico.** Un sistema de energía fotovoltaico es un conjunto de dispositivos cuya función principal es la de convertir



la energía solar en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada. Consta principalmente de los siguientes elementos:

Arreglos de módulos de celdas solares.

Estructura y cimientos del arreglo.

Reguladores de voltaje y otros controles, típicamente un controlador de carga de batería, un inversor de corriente cd/ca o un rectificador ca/cd.

Baterías de almacenamiento eléctrico y recinto para ellas.

Instrumentos.

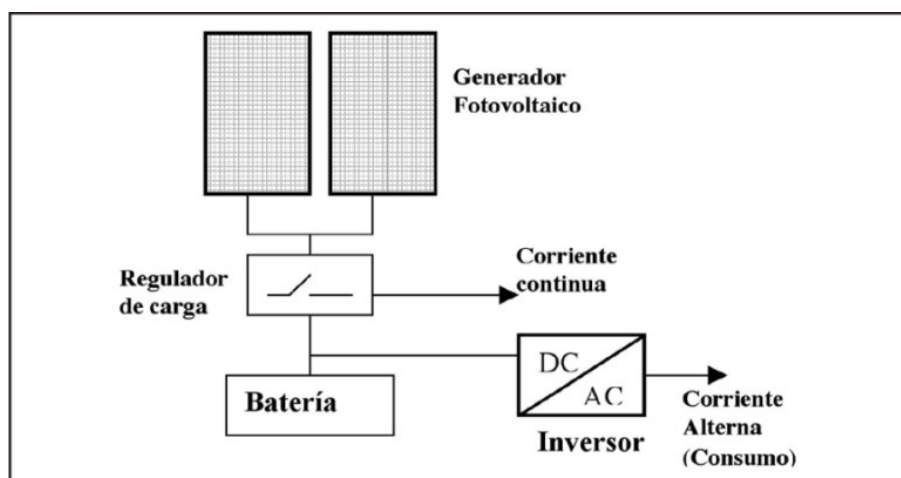
Cables e interruptores.

Red eléctrica circundante.

Cercado de seguridad, sin incluir las cargas eléctricas.

En un Sistema Solar Fotovoltaico no siempre se usan la totalidad de los elementos enumerados. Se puede prescindir de uno o más de éstos, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar, el tiempo, hora y época de operación y la naturaleza de los recursos energéticos disponibles en el lugar de la instalación.

Figura 2. Componentes de un sistema solar fotovoltaico



Fuente: [myprofetecnologia.wordpress.com](http://myprofetecnologia.wordpress.com)

**2.2.2.2 Funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico.** El funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico se logra mediante el siguiente proceso:

La luz solar irradia sobre la superficie del panel fotovoltaico, de esta forma los fotones convierten la radiación solar en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares, después esta energía es conducida hacia el controlador de carga con la función de cargar el banco de baterías en donde es almacenada la energía.

La energía almacenada se utiliza para abastecer la carga durante la noche o cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí sólo. Si las cargas a alimentar son de corriente directa, estas pueden hacerse a través del arreglo fotovoltaico o desde la batería, cuando las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitadas por el controlador, es enviada a un inversor de corriente, en donde es convertida a corriente alterna.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La realización del trabajo integral de grado se fundamentó en la investigación aplicada con el análisis de la información consultada y recopilada con referencia a las especificaciones técnicas de energía solar fotovoltaica existentes en el mercado local y nacional, haciendo un análisis técnico de las características de cada uno de los componentes, lo cual representa una forma de investigación de campo aplicada sobre los diferentes procesos y tecnologías que se utilizan.

Con la investigación realizada se espera un análisis técnico y el trabajo de campo a través de la proyección y la información obtenida en el rastreo bibliográfico efectuado en manuales técnicos de equipos y procesos de empresas del sector, aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera en las áreas de circuitos eléctricos, electrónica analógica, electrónica digital, sistemas automáticos de control, instrumentación industrial y teoría de control

#### **3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO**

La realización de este proyecto se fundamenta en el análisis y aplicación de los datos técnicos recopilados en la investigación de campo. Esta forma de investigación técnica nos permite aprender sobre los diferentes parámetros, procesos y tecnologías que se utilizan en los protocolos de instalación de energía solar fotovoltaica en las canchas de fútbol y se centra en la realización de la proyección eficiente, eficaz, amigable con el medio ambiente.

#### **3.3 PLAN DE TRABAJO**

Para el desarrollo del proyecto, se trabajó con una metodología que permitió alcanzar los objetivos propuestos mediante la fundamentación del marco conceptual, reuniendo la información a través de actividades propuestas donde se analizó y evaluó dicha información, proponiendo tres etapas de desarrollo, donde cada etapa representa cada uno de los objetivos propuestos y así alcanzar el objetivo general.

**3.3.1 Etapa 1.** Calcular la red eléctrica de energía solar fotovoltaica para el sistema de alumbrado de la cancha de fútbol del Corregimiento de Cornejo Norte de Santander

Actividades propuestas:

Recopilar información técnica sobre energía solar fotovoltaica.

Realizar los cálculos para el sistema de alimentación con energía solar fotovoltaica.

**3.3.2 Etapa 2.** Proyectar la red y control del sistema de energía solar fotovoltaica para alimentar el sistema de alumbrado de la cancha de fútbol del Corregimiento de Cornejo Norte de Santander.

Actividades propuestas:

Aplicar las normas del RETIE a la proyección de la red de energía solar fotovoltaica.

**3.3.3 Etapa 3.** Proyectar los planos del sistema de energía solar fotovoltaica según los cálculos realizados.

Actividades propuestas:

Dibujar los planos del sistema de energía solar fotovoltaica de acuerdo a la proyección establecido.

## 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1 ETAPA 1

Calcular la red eléctrica de energía solar fotovoltaica para el sistema de alumbrado de la cancha de fútbol del Corregimiento de Cornejo Norte de Santander.

Actividades propuestas:

Recopilar información técnica sobre energía solar fotovoltaica.

#### 4.1.1 Cálculos para el sistema de alimentación con energía solar fotovoltaica.

**Parámetros de diseño:** Los parámetros obtenidos de acuerdo a los valores de variables como: Temperatura, radiación solar, cantidad de polvo y posibles elementos de contaminación no se pudieron medir directamente en terreno por las condiciones actuales del COVID-19. Los datos se tomaron con referencia de la base de datos de temperatura del IDEAM (1981-2010).

Cuadro 1. Medidas de temperaturas expuestas a radiación pico

Hora	Temperatura de exposición (°C)
11:03	41,4
11:11	42,2
11:18	42,1
11:26	42,6
11:33	42,8
11:45	49,3
11:57	49,3
12:15	53,3
12:24	53,1
12:38	53,4

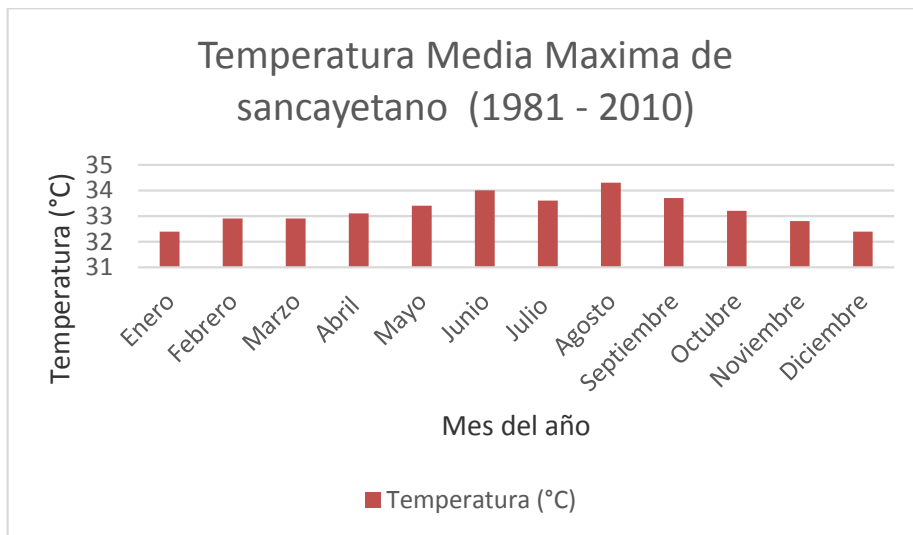
Continuación Cuadro 1

Hora	Temperatura de exposición (°C)
12:51	53,1
1:21	53,5
1:32	53,2
1:47	53,2
1:55	53,1
2:18	52,7
2:31	52,3
2:47	52,1
2:58	51,5

Fuente: [https://www.cuandovisitar.co/colombia/san-cayetano-1115484/#Clima\\_San\\_Cayetano](https://www.cuandovisitar.co/colombia/san-cayetano-1115484/#Clima_San_Cayetano)

La temperatura ambiente se tomó como referencia para la base de datos de temperatura del IDEAM (1981-2010) y se procedió a realizar un gráfico de barras de temperatura media máxima que corresponde al horario más intenso de radiación solar, generando un valor de 33,1 °C.

Gráfica 1. Temperatura Anual en el municipio de San Cayetano



Fuente: Autor

**4.1.2 Estudio económico. Recopilar información técnica sobre energía solar fotovoltaica.** Para realizar un análisis técnico económico del tipo de energía se presenta la siguiente tabla de comparación.

Cuadro 2. Energía solar vs. Electrificación convencional

<b>ENERGIA SOLAR</b>	<b>ELECTRIFICACION CONVENCIONAL</b>
No requiere instalación de transformador, ni red primaria, ni cable pre ensamblado.	Necesariamente se debe instalar red primaria, transformador y tendido secundario con cable pre ensamblado
La cantidad de materiales es bajo (celdas fotovoltaicas, banco de baterías, regulador, lámparas y cable eléctrico).	El listado de materiales es extenso
El costo de instalación es muy económico	El costo de instalación es alto, debido al tendido de las líneas y la hincada de postes, adicionales para transformador.
Los costos de mano de obra son muy puntuales.	El costo de instalación por kilómetro de línea es considerable y más aún en zonas de condiciones adversas.
No necesita instalación de acometida ni contador de energía.	Es obligatorio el uso del contador de energía y de su respectiva acometida, cuyos costos deben ser asumidos por los usuarios.
Cobro de facturación posterior a la instalación de la celda es por mantenimiento del sistema, debido a que la fuente de la energía es el sol.	Después de instalado el contador los usuarios asumen los costos por el cobro de facturación.
El tiempo de garantía de la celda fotovoltaica es de 25 años.	El tiempo de garantía de la red es de 15 años (máximo).

Fuente: Autor

**4.1.3 Cálculos del sistema de energía solar fotovoltaica.** Según los estudios fotométricos y los de infraestructura se obtienen las características técnicas para el sistema de iluminación, el cual se realizó un cuadro de cargas permitiendo saber cuál es el consumo estimado que se necesita para su óptimo funcionamiento. (Véase el Cuadro 3).

La distribución de las cargas se hizo en cuatro grupos, donde cada grupo corresponde a una torre con la salvedad que las cuatro torres son simétricas, están distribuidas en el terreno cada una en un cuarto de cancha y tienen el mismo número de elementos; la infraestructura es igual para su montaje en postes de 12 metros, la altura mínima requerida por la norma que maneja el software DIALUX con el cual se realizó el estudio de fotometría y que está avalado por el RETILAP.

La luminaria utilizada en el estudio es la lámpara APLETON de 200 wtt 240000 lúmenes.

Cuadro 3. Cuadro de cargas

EQUIPO	POTENCIA (W)	Nº EQUIPOS SIMULT. (N)	POTENCIA TOTAL (W-N)	TIEMPO EN H/DÍA	CONSUMOS Wh/DÍA (W.H.N)
LAMPARAS TORRE A	200	20	4000	5	20000
LAMPARAS TORRE B	200	20	4000	5	20000
LAMPARAS TORRE C	200	20	4000	5	20000
LAMPARAS TORRE D	200	20	4000	5	20000
TOTAL			16000 W		80000 W

Fuente: Autor

### Consumo de los equipos en CA:

La potencia total de cada torre es de 4000 Wh de acuerdo al tiempo estipulado para el trabajo del sistema encendido, se tomaron 5 horas en el horario de 6 Pm a 11 pm que será el tiempo de uso estipulado para los cálculos.

La potencia total de servicio para cada torre será de 20000 Wh/día, según el cuadro 2.



El consumo total del sistema es de 80000 wh/día. El uso de 4 torres permite al sistema de energía solar entregar una carga más estable, lo cual protege la vida útil de los inversores y al tener el sistema eléctrico en AC del inversor se puede realizar un balance de cargas que permite mayor estabilidad al sistema en general, por ejemplo en el arranque o encendido no entra la carga total si no que se va realizando el encendido de forma parcial una torre a la vez y esto evita un pico alto de corriente, se puede alcanzar el 100 % del sistema en intervalos de tiempo inclusive automatizarlo para mayor protección.

De acuerdo a lo explicado anteriormente se realizan los cálculos para una torre de iluminación y el total se multiplica por 4.

**Calcular la energía total.** Para los consumos en las instalaciones Fotovoltaicas se clasifican en 3 grupos:

Consumo de corriente continua (ECC)  
Consumo de corriente alterna (ECA)  
Mixtos

En el proyecto se toma el grupo 2 (ECA)

Para realizar el cálculo de la energía total (Et) se toman los datos obtenidos en el cuadro 3 del cuadro de cargas y en el caso de que sólo sean consumos en CC, o en CA, las pérdidas Kc se aplicará en el momento de calcular el rendimiento total de la instalación R.

El valor Kc 0,2 para consumos en CA.

$$ECC + \frac{ECA}{1 - Kc}$$

Cuadro 4. Cálculo para la energía total (ET) de los consumos en las instalaciones fotovoltaicas

ECC	ECA	PERDIDA DE INVERSOR(Kc)	ENERGIA TOTAL (ET) Wh
0	20000	0,1	22222,22222

Fuente: Autor

**Demanda energética:** se realiza el análisis de la potencia recibida del Sol según el análisis de las horas pico de radiación, dando como resultado 6 horas pico solares en las cuales los paneles de energía fotovoltaica se encuentra suministrando energía a su máxima capacidad necesarios para calcular el número de módulos fotovoltaicos del sistema de iluminación.

Para obtener el rendimiento de la instalación se estudian los parámetros de:

Cuadro 5. Parámetros para los cálculos

<p>kA: coeficiente de auto-descarga diaria del acumulador                  kB: coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador                  kC: coeficiente de pérdidas en el inversor CC/CA.                  kV: coeficiente de pérdidas varias de la instalación                  PD: Profundidad máxima de descarga del acumulador                  N número de días de autonomía que soportará el acumulador</p>
--

Fuente: Autor

De los cuales se realizaron los cálculos descritos en el siguiente cuadro.

$$R = (1 - kB - kC - kV) * (1 - kA * \frac{N}{PD})$$

Cuadro 6. Cálculo del rendimiento de la instalación

<b>kA</b>	<b>kB</b>	<b>kC</b>	<b>kV</b>	<b>PD</b>	<b>N</b>	<b>Rendimiento genérico de instalación ( R )</b>
0,005	0,05	0,2	0,15	0,7	1,5	0,593571429

Fuente: Autor

Fijado el factor de rendimiento en la instalación y conocida la energía total requerida en horas, se calculó la energía real necesaria (E), que debe recibir el sistema de acumulación de energía,

$$E = \frac{ET}{R}$$

Cuadro 7. Cálculo de la energía diaria a acumular

<b>ET</b>	<b>R</b>	<b>ENERGIA DIARIA A ACUMULAR ( E ) Wh</b>
22222,22222	0,593571429	37438,16018

Fuente: Autor

Con esta información calculamos la capacidad útil del acumulador (CU). Después procedemos a calcular la capacidad total del banco de acumuladores (C), ya que la capacidad (CU), corresponde al 70 % de la C total.

$$CU = \frac{E * N}{VNS}$$

Cuadro 8. Capacidad útil del acumulador

<b>E</b>	<b>N</b>	<b>VNS</b>	<b>CU Ah</b>
37438,16018	1	48	779,9616705

Fuente: Autor

**Cálculos para el número de acumuladores en serie y paralelo:**

Se calcula el número de acumuladores necesarios para conectar en serie AS se determinó en función de la tensión nominal del sistema VNS y de la tensión nominal del acumulador elegido VNA.

De donde:

$$AS = \frac{VNS}{VNA}$$

Para calcular el número de acumuladores necesario para conectar en paralelo AP, se determina en función de la corriente nominal del sistema.

El número total de acumuladores que son necesarios conectar será:

$$AT = AS * AP$$

Cuadro 9. Número de acumuladores

<b>PD</b>	<b>KT</b>	<b>C Ah</b>	<b>VNA</b>	<b>Ah</b>	<b>AS</b>	<b>AP</b>	<b>AT</b>
0,7	0,95625	1165,208845	48	189	1	4,1	4

Fuente: Autor

### **Cálculo de la potencia del generador fotovoltaico:**

Se toma el dato del consumo diario del acumulador, después se procede a calcular la energía diaria que debe suministrar el generador fotovoltaico al banco de acumuladores, en la instalación entre el generador fotovoltaico y el banco de acumuladores está situado un regulador, por lo que se debe tener en cuenta el rendimiento del regulador.

$$EG = \frac{E}{\eta R}$$

EG Energía diaria que debe producir el generador FV.

E Energía diaria que debe recibir el acumulador.

$\eta R$  Rendimiento del regulador.

Cuadro 10. Energía diaria a acumular

<b>E</b>	<b><math>\eta R</math></b>	<b>EG (Wh)</b>
37438,16018	0,9	41597,95576

Fuente: Autor.

### **Cálculo de la potencia nominal (PN) del generador fotovoltaico:**

La potencia nominal necesaria en el generador fotovoltaico es la potencia (en Wp) que se debe instalar como mínimo para que en función de las horas pico solares (HSP) disponibles nos proporcione la energía diaria que necesitamos.

Para este cálculo debemos tener en cuenta el rendimiento de los paneles solares que por suciedad de la cara activa, pérdidas por reflexión en incidencias muy oblicuas y por tolerancias, difícilmente valorables se le puede considerar de 0,8 a 0,9.

$$PN = \frac{EG}{HSP * \eta G}$$

Cuadro 11. Potencia nominal

$\eta R$	EG (Wh)	PN (W)
0,9	41597,95576	7703,32514

Fuente: Autor

Se eligió el módulo con las siguientes características.

Cuadro 12. Características del panel fotovoltaico

Módulo	$I_p$	$V_p$	$P_p$
AS-6P	9.50	46.1	340

Fuente: Autor

### **Cálculo del número de paneles solares en serie del generador Fotovoltaico:**

El cálculo del número de módulos o la cantidad de paneles solares requeridos, se determina en función de la tensión nominal de la instalación “VNS” y la tensión nominal del módulo elegido “VNM”.

$$MS = \frac{VNS}{VNM}$$

### **Cálculo del número de ramas en serie que deben ir en paralelo MP del generador fotovoltaico:**

El número de ramas necesario para conectar en paralelo MP, se calcula en

función de la potencia nominal del generador PN, el número de módulos en serie, MS y la potencia pico del módulo elegido PP.

$$MP = \frac{PN}{MS * PP}$$

Por tanto el número total de módulos instalados será:

$$MT = MS * MP$$

Cuadro 13. Número de paneles a utilizar

<b>MS</b>	<b>MP</b>	<b>MT</b>
3	6	18

Fuente: Autor

### **Cálculo del regulador:**

Para determinar las características eléctricas necesarias del regulador se toma la intensidad de pico del generador fotovoltaico y la intensidad de consumo de las cargas conectadas a la salida del regulador.

$$IPG = MP * IP$$

Con base en estos dos parámetros seleccionaremos el regulador más adecuado.

Cuadro 14. Características para el regulador

IPG (A)	IR	PCC	IC(A)
55,71	69,64	0	0

Fuente: Autor.

Según los datos obtenidos, buscaremos un regulador capaz de gestionar una corriente IR = 250 A.

### **Cálculo del inversor:**

Debemos definir los siguientes parámetros del inversor

Tensión nominal de entrada: En este caso 48 V.

Tensión nominal de salida: 220 V / 60 Hz. Onda senoidal.

Rendimiento:  $\eta = 0,8 \div 0,9$  .

Potencia nominal: Potencia de salida /  $\eta$

Para calcular la potencia nominal del convertidor deberemos tener en cuenta la potencia total en (4000 W).

Por tanto, habrá que considerar una potencia de consumo, mínima, de 4000 W.

$$PNI = \frac{PS}{\eta}$$

$$PNI = 6066 \text{ W}$$

Eficiencia por manual 96% PNI + 4

Seleccionaremos un inversor  $\geq 10000\text{W}$ .

Para validar los datos en forma automática se diseñó una calculadora en hoja electrónica. (Véase el anexo A).



## **4.2 ETAPA 2**

Proyectar la red y control del sistema de energía solar fotovoltaica para alimentar el sistema de alumbrado de la cancha de fútbol del Corregimiento de Cornejo Norte de Santander.

Actividades propuestas:

Aplicar normas del RETIE a la proyección de la red de energía solar fotovoltaica.

Proyectar la red para el sistema de alimentación con energía solar fotovoltaica.

### **4.2.1 proyección de la red y control del sistema de energía solar fotovoltaica.**

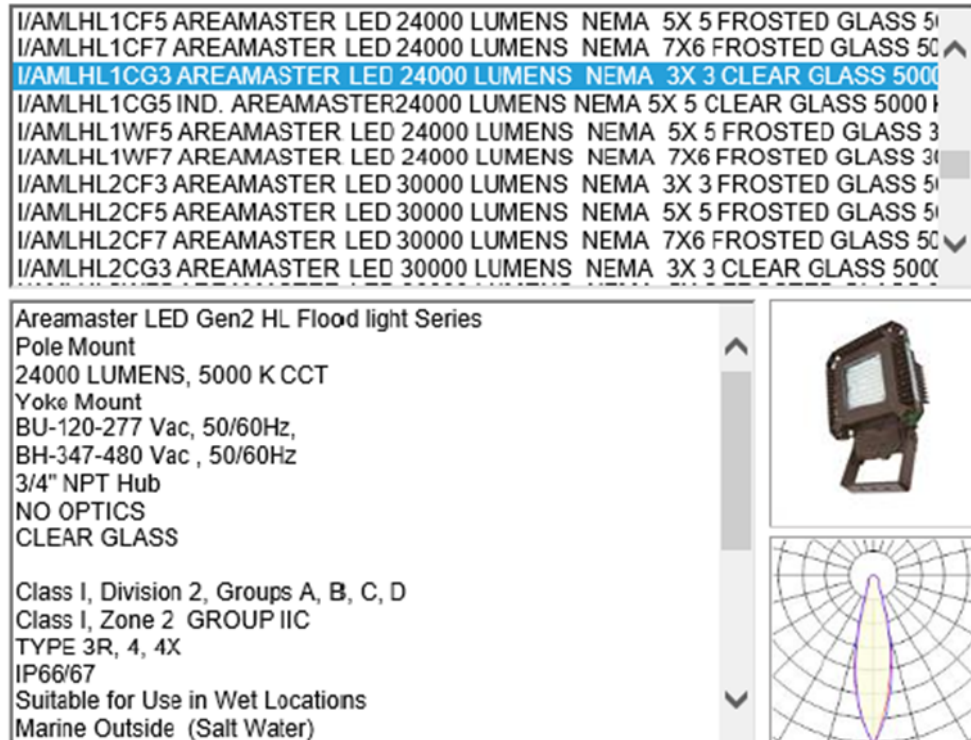
Según cálculos realizados en la etapa anterior se diseñó el circuito unifilar de conexión con el cual se mantendrá el control del funcionamiento de las torres donde se encontrarán instalados los reflectores del tipo led cumpliendo normas y características de retie y RETILAP para áreas deportivas.

Para realizar la proyección del sistema se tienen en cuenta los datos calculados en el capítulo 4.1

#### **4.2.1.1 Elección de los equipos. Características técnicas de la lámpara seleccionada.**

(Véase la Figura 3).

Figura 3. Lámpara seleccionada en el estudio fotométrico



Fuente: [www.emerson.com](http://www.emerson.com)

- **Elección del inversor:** Para el sistema fotovoltaico de la cancha se efectuaron los cálculos para una torre, como se explicó anteriormente el sistema tiene 4 torres y las 4 son exactamente iguales en infraestructura y número de lámparas, por lo cual tomamos los datos de los cálculos para el inversor.

PNI = 6066 W.

Se tomó un inversor  $\geq 10000W$ ; la selección se realiza llevando la capacidad del inversor 10 Kw para dejar un rango de tolerancia.

Para el sistema fotovoltaico de la torre 1 se eligió un inversor de 10000 Vatios modelo 10k Inversor- Híbrido marca Geinfinisolar debido al tamaño del sistema solar previsto de acuerdo al consumo básico obtenido en los cálculos del inversor, para una torre, también se tuvo en cuenta el sistema de conversión según la ficha

técnica del inversor (Véase el Anexo B) precio, calidad y disponibilidad en el mercado.

Este modelo de inversor tiene una salida monofásica con una tensión de 220V que es el voltaje de alimentación con el que trabaja la lámpara led seleccionada.

Figura 4. Ficha técnica inversor

## Ficha Técnica GeinfiniSolar 10k Inversor Híbrido

MODEL	Geinfinisolar Trifasico 10KW
PHASE	3-phase in / 3-phase out
RATED OUTPUT POWER	10000 W
MAXIMUM CHARGING POWER	9600 W
GRID-TIE OPERATION	
PV INPUT (DC)	
Maximum PV Input Power	14850W
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	720 VDC / 900 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	2 / 2 x 18.6A
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 265 VAC per phase
Nominal Output Current	14.5 A per phase
Power Factor	> 0.99
EFFICIENCY	
Maximum Conversion Efficiency (DC/AC)	> 96%
European Efficiency@ Vnominal	> 95%

Fuente Ficha técnica.

- Sistemas de protección:** Como sistema de protección para el arreglo de paneles fotovoltaicos de la torre1 se plantearon protectores diferenciales de modelo GELA BREAKER DC, son interruptores automáticos magnetotérmicos con una capacidad de soportar 1000V y una corriente máxima de 30 Amperios; se escogió 1 interruptor de 2 polos el equivalente a las líneas en paralelo del arreglo de paneles. (Véase el Anexo C).

Figura 5. Interruptores automático magneto-térmico 30 amperios 2 polos



Fuente: <https://www.greenenergy-latinamerica.com/tienda/producto/gela-breaker-dc-2/>

Para la salida en corriente alterna del inversor de 10000 Vatios se planteó un interruptor termomagnético con una intensidad de 30 Amperios de tres polos.

(Véase el Anexo C).

Figura 6. Interruptores automático magneto-térmico 30 Amp 2 polos



Fuente: <https://www.greenenergy-latinamerica.com/tienda/producto/gela-breaker-dc-2/>

Para seleccionar el breaker de protección se tiene en cuenta la potencia nominal del inversor elegido  $P_{n\text{inv}} = 6.066 \text{ VA}$

Voltaje nominal de utilización,  $V_{\text{inv ca}} = 230 \text{ V}$

Rendimiento  $\eta = 97\%$  se calculó la intensidad nominal del inversor:

$$I_{\text{inv ca}} = \frac{P_{n\text{inv}}}{V_{\text{ca}}} = \frac{60066}{0.97 * 220} = 28.42\text{A}$$

De acuerdo calculó la intensidad nominal del inversor, se toma un breaker de 30 Amperios.

- **Cálculo de Cableado, conectores:** Se analizó la selección del cable por tramos, desde la subestación hasta cada una de las torres. Para este cálculo

se tomaron las torres por separado, teniendo en cuenta las distancias desde el tablero principal hasta la parte superior de la torre, cuya altura es de 12 metros y su posicionamiento en distancia al tablero principal cumple las normas de RETIE y de acuerdo a la proyección de infraestructura donde se aplicó la norma del RETILAP.

**Aplicación del RETIE para el cálculo del cableado.** La sección 560.1 del RETILAP enuncia “El trabajo visual en las canchas está orientado a proveer una visión clara del área de juego a los futbolistas, incluyendo los objetos que se encuentran, bajo dos criterios fundamentales: contraste elevado entre el jugador y el fondo, ausencia o minimización del deslumbramiento, para conseguir una buena visibilidad y una práctica más continua y menos fatigante”<sup>1</sup>.

- **Caída de tensión por línea.** De la figura 8 planos de la cancha, se tomaron las distancias de cada una de la torre, incluyendo el poste de 12 m hasta el tablero principal en la subestación.

Tramo 1= 79 m.

Tramo 2= 42 m.

Tramo 3= 122 m.

Tramo 4= 88 m.

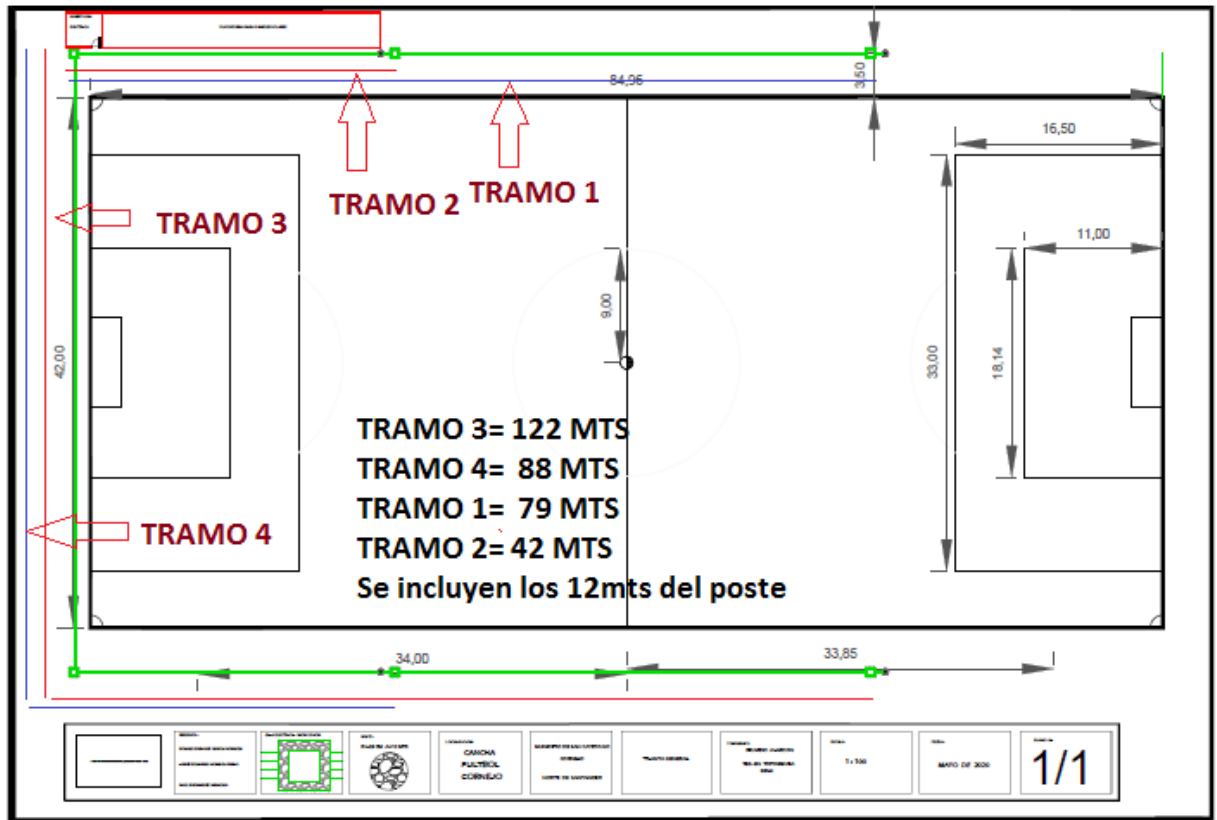
Datos tomados del plano de la figura 7.

(Véase la Figura 7).

---

<sup>1</sup> RETILAP sección 560.1

Figura 7. Plano infraestructura física de la cancha



Fuente Autor

Aplicando el coeficiente 1.15:  $I_{inv} = 28,42 * 1,15 = 30,9 \text{ A}$ .

Nos da una  $I_{inv}$  de 30,9

La caída de tensión permitida para red de instalación pública o instalación en interiores no debe superar un máximo de  $\Delta U\% = 1.5\%$  para todos los tramos de la instalación eléctrica. Por este caso se tiene una caída de tensión por unidad de longitud de:

$$\Delta U_n = \frac{\Delta U\%}{L_t} = \frac{1.5}{122} = 0.012 \text{ \%/m}$$

Se tomó el tramo más largo que es el tramo 3 = 122 metros. Para el tramo 3  $\Delta U\% = 1,22\%/m$  no supera la caída de tensión máxima permitida, por lo tanto de acuerdo a la tabla técnica del cable AWG se toma el calibre No 10 que cumple con las condiciones técnicas. (Véase la Figura 8).

Figura 8. Datos técnicos AWG

## AWG = sección real en mm<sup>2</sup> y resistencia de conductores

AWG es el valor exacto en mm<sup>2</sup> + E en mm.

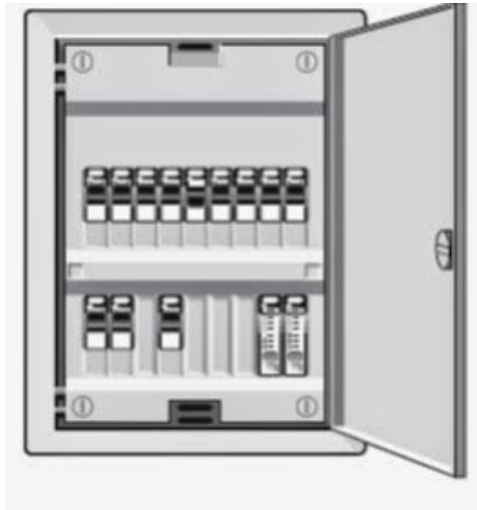
N° AWG	Sección del cable mm <sup>2</sup>	Diámetro del cable Ø mm	Resist
3	26,7	5,83	0,71
4	21,2	5,19	0,91
5	16,8	4,62	1,12
6	13,3	4,11	1,44
7	10,6	3,67	1,78
8	8,34	3,26	2,36
9	6,62	2,91	2,77
10	5,26	2,59	3,64
11	4,15	2,30	4,44

Fuente. <https://www.sab-cables.eu/productos/datos-tecnicos/cables-electricos/construccionesdevenasamericanas.html>

Los elementos eléctricos de protección se instalan en un tablero de circuitos DC-Ac y adecuaciones de redes internas.



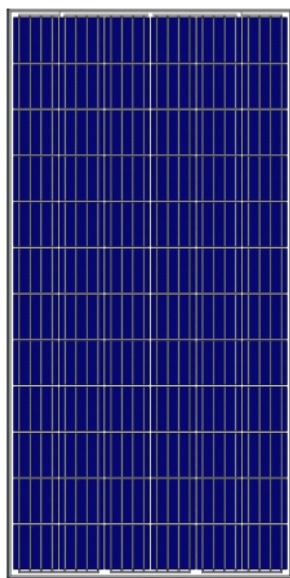
Figura 9. Tableros AC/DC



Fuente: <http://electricida123.blogspot.com/2015/01/instalacion-de-un-tablero.html>

**Ficha técnica Panel solar:** (Véase el Anexo D). El panel solar utilizado es 340 wtt.

Figura 10. Panel solar



**AS-6P**

**MODULO POLICRISTALINO**

---

**RENDIMIENTO AVANZADO & VENTAJAS COMPROBADAS**

- Modulo de alta eficiencia de conversión hasta 17.52% mediante el uso de células solares de alta eficiencia y tecnología de fabricación avanzada.
- Baja degradación y excelente rendimiento en condiciones de alta temperatura y poca luz.
- El robusto marco de aluminio garantiza que los módulos soporten cargas de viento de hasta 2400 Pa y cargas de nieve de hasta 5400 Pa.
- Alta confiabilidad contra condiciones ambientales extremas (pasando pruebas de salinidad, amoníaco y granizo).
- Resistencia a la degradacion inducida (PID)
- Tolerancia de potencia positiva de 0 ~ +3 %.

Fuente: W.W.W Amerisolar.com

### 4.3 ETAPA 3

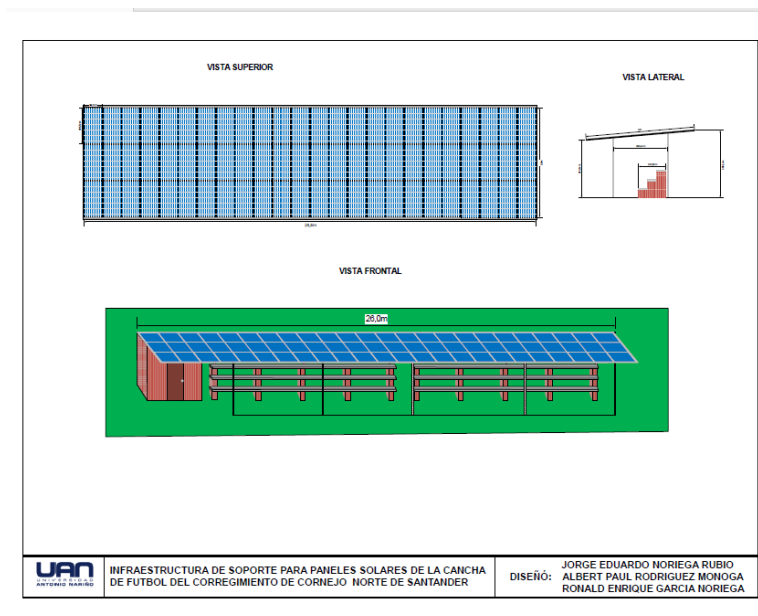
Proyectar los planos del sistema de energía solar fotovoltaica según los cálculos realizados.

Actividades propuestas:

Dibujar los planos del sistema de energía solar fotovoltaica de acuerdo a la proyección establecida.

**4.3.1 Planos del sistema de energía.** Se realiza una proyección para la instalación del sistema de energía solar fotovoltaica optimizando al máximo los recursos que se encuentran en la cancha del Corregimiento de Cornejo, el cual se propone utilizar los paneles solares como parte de la cubierta que tiene la tribuna asegurando que el lugar donde se encuentra esta tribuna no afecta la irradiación necesaria para el óptimo funcionamiento de los paneles solares. (Véase el Anexo E).

Figura 11. Estructura de para los paneles solares



Fuente: Autor

**Planos eléctricos.** Los planos eléctricos se proyectaron de acuerdo a la proyección realizada. (Véase el Anexo C).

#### 4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Cuadro 15. Presupuesto global del proyecto

<b>PRESUPUESTO</b>	
<b>MATERIA PRIMA (MP)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
Levantamiento topográfico	\$ 1.500.000
Planos	\$ 1.000.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.500.000</b>
<b>MANO DE OBRA (MO)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
DESARROLLO DE DISEÑO	\$ 3.000.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.000.000</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION (CIF)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
LABORATORIOS UAN, BIBLIOTECA VIRUTAL	\$300.000
ACCESO A INTERNET	\$ 200.000
BIBLIOGRAFIA, CAPACITACION Y COSTOS DE IMPRESIÓN LIBROS Y DOCUMENTOS	\$1.500.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$2.000.000</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
MATERIA PRIMA (MP)	\$ 2.500.000
MANO DE OBRA (MO)	\$ 3.000.000
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION (CIF)	\$ 2.000.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7.500.000</b>

Fuente: Autor

### **Cotización general del proyecto:**

La cotización total de los equipos y materiales para el montaje está en el Anexo E.

## **4.5 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL**

Para analizar el impacto ambiental del uso de las fuentes de energía no convencionales se debe conocer que existen muchos tipos que aprovechan diferentes fuentes como la solar térmica o fotovoltaica, biomasa, geotérmica, eólica y mareomotriz.

Se analiza en los sistemas solares fotovoltaicos para nuestro caso particular la disposición de los paneles solares los cuales abarcarán parte del tejado de las graderías de la cancha, sin causar esta disposición un impacto ambiental significativo, ya que no se invaden terrenos ajenos al campo deportivo por lo contrario prestan un servicio de sombra para los asistentes.

Con la energía solar fotovoltaica no se genera ningún tipo de contaminación por emisiones de CO<sub>2</sub> u otros gases invernaderos que perjudiquen al medio ambiente, solo queda analizar a futuro cuando estos elementos cumplan su vida útil cuál será su disposición final dentro de algunos años, para que impacte lo menor posible el ecosistema.

## **4.6 GLOSARIO**

**ANGULO DE INCIDENCIA:** es el ángulo entre la radiación directa del sol y la posición normal del plano a incidencia.

**CELDA SOLAR:** Elemento que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

**EFICACIA LUMINOSA:** es el indicador de cuan eficaz es la fuente de luz.

**FLUJO LUMINOSO:** es la potencia transmitida en forma de radiación lumínica.

**FOTOMETRIA:** es la ciencia encargada de medir la luz, la cual define el brillo de

los colores percibidos por el ojo humano.

**INTENSIDAD LUMINOSA:** flujo luminoso emitido por una fase de luz en una dirección.

**GENERADOR FOTOVOLTAICO:** conjunto de ramas fotovoltaicas interconectadas.

**MÓDULO O PANEL FOTOVOLTAICO:** conjunto de celdas solares interconectadas y encapsuladas entre materiales que las protegen de golpes, lluvias, etc.

**POTENCIA PICO:** Potencia máxima de trabajo del panel fotovoltaico.

**RADIACIÓN SOLAR:** energía irradiada del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

**RAMA FOTOVOLTAICA:** Conjunto de módulos interconectados en serie o en paralelo, con mismo voltaje del generador.

**RENDIMIENTO DE COLOR:** es el efecto que una luz tiene sobre los objetos que ilumina

**SISTEMA FOTOVOLTAICO:** un sistema fotovoltaico es un grupo de elementos conectados que sirven como fuente de energía y usan como fuente primaria el sol.

## **5. CONCLUSIONES**

Personalmente la experiencia obtenida como empleado de Termotasajero y conjuntamente con los conocimientos obtenidos en la formación de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial de la Universidad Antonio Nariño, fueron elementos fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

El sistema solar fotovoltaico presenta una excelente viabilidad de implementación, ya que su tiempo de retorno a la inversión es de aproximadamente siete años sin ningún costo adicional de mantenimiento o reemplazo de partes.

## **6. RECOMENDACIONES**

Existe la posibilidad de expandir este tipo de tecnología solar en la región, ya que las condiciones de brillo solar en Cúcuta son de alta eficiencia, los altos costos energéticos, su vida útil y los incentivos tributarios (regulados por la Ley 1715).

La aplicación de estos proyectos para la comunidad es de un impacto social muy importante, se recomienda que el proyecto se lleve a la implementación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB “Inversor PRO-33.0-TL-OUTD”, 15-August-2017. [En línea]. Disponible en: <http://new.abb.com/power-converters-inverters/solar/string/three-phase/pro-33-0kw>.

Adajusa “Contactores Diferenciales Tripolares,”2016. [En línea]. Disponible en: <https://adajusa.es/diferenciales-tripolares/diferencial-4-polos-40-a-300-ma.html>.

Atlas IDEAM. Distribución de brillo solar medio diario. 10-August-2012. [En línea]. Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>.

Barco Jiménez, Jhon. (2014). Estudio del diseño e implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico como estrategia alternativa y sostenible de energización en el municipio de Santacruz del departamento de Nariño. Nariño: Plan de Energización Rural del Departamento de Nariño.

Blogger. Motores Eléctricos. Electricidad Práctica, 15-Febrero-2013. [En línea]. Disponible en: <http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com.co/2011/07/motores-electricos.html>.

Cadena Díaz, José David, Becerra Gaona, Álvaro Camilo y Cortés González, Mauricio. (2016). Prefactibilidad de la implementación de sistemas de generación fotovoltaica en empresas de la zona industrial de puente Aranda en la ciudad de Bogotá. Bogotá, 59 p. Trabajo de Grado (Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería.



Cantos, J. (2016). Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Paraninfo, S.A.

Castejón, A. y Santamaría, G. (2014). Instalaciones solares fotovoltaicas. Editex.

Martínez, I. C. (2015). Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, cuba solar. [En línea]. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia40/html/articulo05.htm>.

Meetthings “Comparaciones convencionales LED”, 30-August-2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.meetthings.com>.

MICRO INVERSOR KD-WVC600-120VAC/230VAC. [En línea]. Disponible en: <https://www.ensolar.com/Product/pdf/Inverter/53fff8bed9878.pdf>.

Rodríguez Murcia, Humberto. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. En: Revista de Ingeniería, N° 17. (Jan-2009).

Schneiders Electric. Control y Automatización, 2005. [En línea]. Disponible en: [http://www.schneider-electric.co.cr/sites/costa-rica/es/productos-servicios/automatizacion-control/oferta-de-productos/presentacion-de-rango.page?c\\_filepath=/templatedata/Offer\\_Presentation/3\\_Range\\_Datasheet/data/es/local/automation\\_and\\_control/tesys\\_gs.xml](http://www.schneider-electric.co.cr/sites/costa-rica/es/productos-servicios/automatizacion-control/oferta-de-productos/presentacion-de-rango.page?c_filepath=/templatedata/Offer_Presentation/3_Range_Datasheet/data/es/local/automation_and_control/tesys_gs.xml).

# **ANEXOS**

## ANEXO A. Cálculos

CONSUMO DE LOS EQUIPOS						
	EQUIPO	POTENCIA (W)	Nº EQUIPOS SIMULT. (N)	POTENCIA TOTAL (W-N)	TIEMPO EN H/DÍA	CONSUMOS Wh/DÍA (W.H.N)
PASO 1	LAMPARAS TORRE A	200	20	4000	5	20000
	LAMPARAS TORRE B	200	20	4000	5	20000
	LAMPARAS TORRE C	200	20	4000	5	20000
	LAMPARAS TORRE D	200	20	4000	5	20000
	<b>TOTAL</b>			<b>16000</b>		<b>80000</b>

cálculo de la energía total (ET) los consumos en las instalaciones FV						
	CORIENTE CONTINUA (CC)	CORIENTE ALTERNA (CA)	ECC o PCC	ECA	PERDIDA DE INVERSOR(Kc)	ENERGIA TOTAL (ET) Wh
PASO 2			0	80000	0,1	88888,88889

CÁLCULO DE LAS HORAS DE SOL PICO HSP			CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN							
PASO 3	PANEL SOLA W/m2	1000	PASO 4	kA	kB	kC	kV	PD	N	rendimiento generico de instalacion ( R )
	HORAS SOLAR PICO (HSP)	6		0,005	0,05	0,2	0,15	0,7	1,5	0,593571429

CÁLCULO DE LA ENERGÍA DIARIA A ACUMULAR			
paso 5	ET	R	ENERGIA DIARIA A ACUMULAR ( E ) Wh
	88888,889	0,593571429	149752,6407

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL ACUMULADOR												
paso 6	E	N	VNS	CU Ah	PD	KT	C Ah	VNA	Ah	AS	AP	AT
	149752,6407	1,5	36	6239,693364	0,7	0,95625	9321,670758	48	189	0,75	33,0	25

paso 7	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO			Cálculo de la potencia nominal del generador FV	PARAMETROS DEL PANEL					Cálculo del n° de módulos en serie (MS)	Cálculo del n° de ramas en paralelo (MP)	Cálculo del n° total de módulos	Cálculo de la potencia pico instalada Wp	
	E	$\eta R$	EG (Wh)	PN (W)	Módulo	Ip	Vp	Pp	VN O VNM	ICC	MS	MP	MT	PNI
	149752,6407	0,9	166391,8	30813,30056	AS-6P	9,5	46,1	360	12	9,78	3	29	86	30813,30056

PASO 8	CÁLCULO DEL REGULADOR				PASO 9	CÁLCULO DEL INVERSOR					potencia nominal del convertidor
	IPG (A)	IR	PCC	IC(A)		Tensión nominal de entrada cc	Tensión nominal de salida AC	Rendimiento ( $\eta$ )	potencia de salida (PS)	potencia de consumo mínima	PNI (W)
	271,04	338,80	0	0		48	220	0,9	20000	51	22222,22222

CONSUMO DE LOS EQUIPOS							
EQUIPO	POTENCIA (W)	CORRIENTE	Nº EQUIPOS SIMULT. (N)	CORRIENTE TOTAL	POTENCIA TOTAL (W-N)	TIEMPO EN H/DÍA	CONSUMOS Wh/DÍA (W.H.N)
LAMPARAS TORRE A	200	1,67	20	33,3	4000	5	20000
LAMPARAS TORRE B	100	0,83	2	1,7	200	5	1000
LAMPARAS TORRE C	0	0,00	20	0,0	0	5	0
LAMPARAS TORRE D	0	0,00	20	0,0	0	5	0
<b>TOTAL</b>				35,0	<b>4200</b>		<b>21000</b>
				175,0			
				875			

## ANEXO B. Inversor

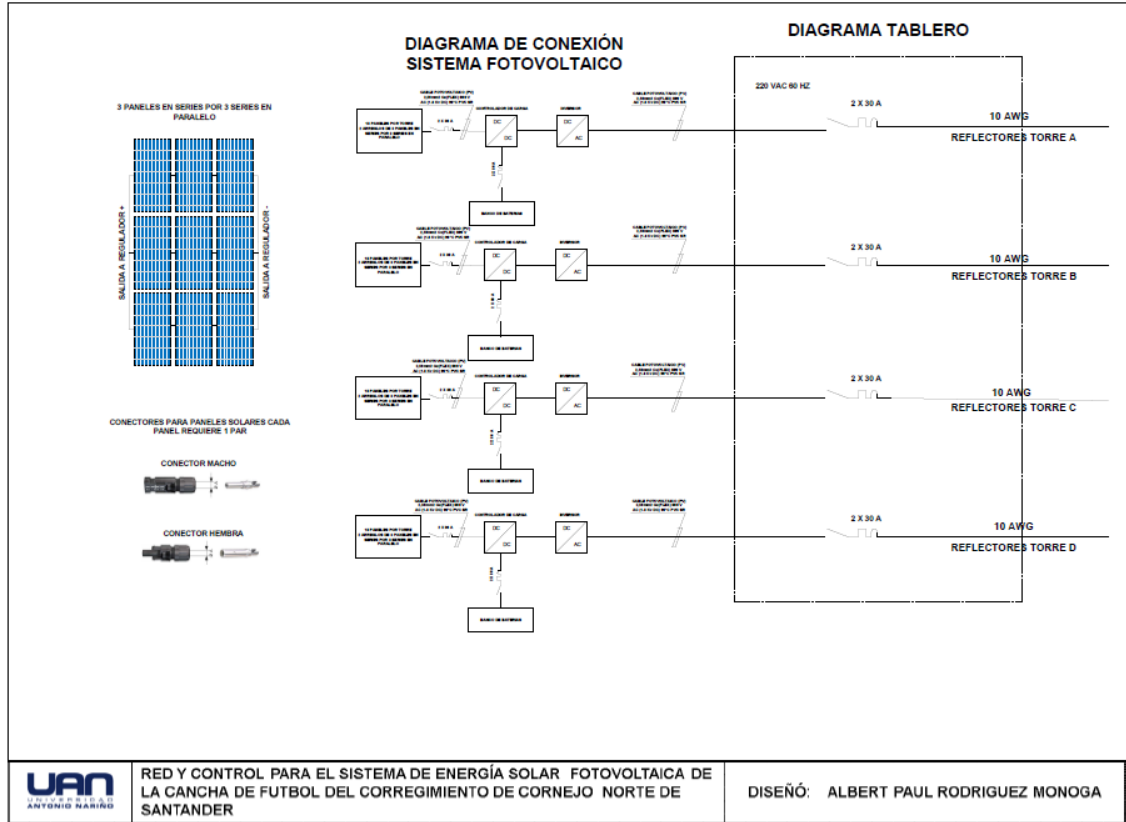
### Ficha Técnica GeinfiniSolar 10k Inversor Híbrido

<b>MODEL</b>	GeinfiniSolar Trifásico 10KW
<b>PHASE</b>	3-phase in / 3-phase out
<b>RATED OUTPUT POWER</b>	10000 W
<b>MAXIMUM CHARGING POWER</b>	9600 W
<b>GRID-TIE OPERATION</b>	
<b>PV INPUT (DC)</b>	
Maximum PV Input Power	14850W
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	720 VDC / 800 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	2 / 2 x 15.8A
<b>GRID OUTPUT (AC)</b>	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 268 VAC per phase
Nominal Output Current	14.5 A per phase
Power Factor	> 0.99
<b>EFFICIENCY</b>	
Maximum Conversion Efficiency (DC/AC)	> 95%
European Efficiency@ Vnominal	> 95%
<b>OFF-GRID OPERATION</b>	
<b>AC INPUT</b>	
AC Start-up Voltage/Auto Restart Voltage	120 - 140 VAC per phase / 188 VAC per phase
Acceptable Input Voltage Range	170 - 260 VAC per phase
Maximum AC Input Current	40A
<b>PV INPUT (DC)</b>	
Maximum DC Voltage	900 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	2 / 2 x 15.8A
<b>BATTERY MODE OUTPUT (AC)</b>	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Waveform	Pure Sinewave
Efficiency (DC to AC)	91%
<b>HYBRID OPERATION</b>	
<b>PV INPUT (DC)</b>	
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	720 VDC / 800 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	2 / 2 x 15.8A
<b>GRID OUTPUT (AC)</b>	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 268 VAC per phase
Nominal Output Current	14.5 A per phase
<b>AC INPUT</b>	
AC Start-up Voltage / Auto Restart Voltage	120 - 140 VAC per phase / 188 VAC per phase
Acceptable Input Voltage Range	170 - 260 VAC per phase
Maximum AC Input Current	40A
<b>BATTERY MODE OUTPUT (AC)</b>	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Efficiency (DC to AC)	91%
<b>BATTERY &amp; CHARGER</b>	
Nominal DC Voltage	48 VDC
Maximum Charging Current	Default 63A, 10A - 200A (Adjustable)
<b>GENERAL</b>	
<b>PHYSICAL</b>	
Dimension, D X W X H (mm)	622 x 500 x 167.5
Net Weight (kgs)	45
<b>INTERFACE</b>	
Communicative Port	RS-232/USB and CAN Interface
Intelligent Slot	Optional CAN/Modbus, and RS-485 cards available
<b>ENVIRONMENT</b>	
Humidity	0 - 90% RH (no condensing)
Operating Temperature	-10 to 55°C
Altitude	D = 1000 m <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Power derating 1% every 100 m when altitude is over 1000m  
Product specifications are subject to change without further notice.



## ANEXO C. Plano distribución Red Eléctrica

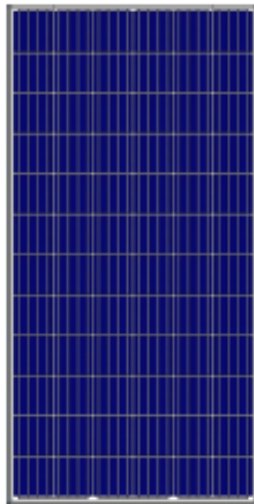


## ANEXO D. Plano Fotovoltaico



# AS-6P

## MODULO POLICRISTALINO



### RENDIMIENTO AVANZADO & VENTAJAS COMPROBADAS

- Modulo de alta eficiencia de conversión hasta 17.52% mediante el uso de células solares de alta eficiencia y tecnología de fabricación avanzada.
- Baja degradación y excelente rendimiento en condiciones de alta temperatura y poca luz.
- El robusto marco de aluminio garantiza que los módulos soporten cargas de viento de hasta 2400 Pa y cargas de nieve de hasta 5400 Pa.
- Alta confiabilidad contra condiciones ambientales extremas (pasando pruebas de salinidad, amoníaco y granizo).
- Resistencia a la degradación inducida (PID)
- Tolerancia de potencia positiva de 0 ~ +3 %.

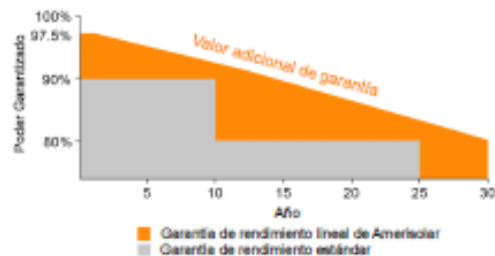
### CERTIFICACIONES

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, CE, CQC, CGC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), Kemco(South Korea), KS(South Korea), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Sistema de manejo de calidad
- ISO14001:2004: Sistema de Gestión Ambiental
- OHSAS18001:2007: Sistema de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo

### GARANTÍA ESPECIAL

- 12 años de garantía limitada del producto.
- Garantía limitada de potencia lineal: 12 años 91.2% de la potencia nominal de salida, 30 años 80.6% de la potencia nominal de salida.

Apasionados  
Por ofrecer una  
Solución Energética  
Innovadora



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN TEC										
Potencia Máxima (P <sub>max</sub> )	300W	305W	310W	315W	320W	325W	330W	335W	340W	
Voltaje de Circuito Abierto (V <sub>OC</sub> )	45.3V	45.4V	45.5V	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V	46.0V	46.1V	
Corriente de Corto Circuito (I <sub>sc</sub> )	8.66A	8.76A	8.85A	8.93A	9.04A	9.15A	9.26A	9.38A	9.50A	
Voltaje a Potencia Máxima (V <sub>mp</sub> )	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V	
Corriente a potencia Máxima (I <sub>mp</sub> )	8.18A	8.29A	8.41A	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A	8.96A	9.07A	
Eficiencia del Módulo (%)	15.48	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01	17.28	17.52	
Temperatura de Funcionamiento	-40°C to +85°C									
Voltaje Máximo del Sistema	1000V DC									
Clasificación de Resistencia al Fuego	Tipo 1 (De acuerdo con UL1703)(Clase C)(E81730)									
Máxima Clasificación de Fusibles de la Serie	15A									

TEC: Irradiancia 1000W/m<sup>2</sup>, Temperatura de las celdas 25°C, AM1.5

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN TNOC										
Potencia Máxima (P <sub>max</sub> )	221W	224W	228W	232W	236W	239W	243W	247W	251W	
Voltaje de Circuito Abierto (V <sub>OC</sub> )	41.7V	41.8V	41.9V	42.0V	42.1V	42.2V	42.3V	42.4V	42.5V	
Corriente de Corto Circuito (I <sub>sc</sub> )	7.05A	7.10A	7.17A	7.23A	7.32A	7.41A	7.50A	7.60A	7.70A	
Voltaje a Potencia Máxima (V <sub>mp</sub> )	33.4V	33.5V	33.6V	33.7V	33.8V	33.9V	34.0V	34.1V	34.2V	
Corriente a potencia Máxima (I <sub>mp</sub> )	6.62A	6.69A	6.79A	6.89A	6.98A	7.05A	7.15A	7.25A	7.34A	

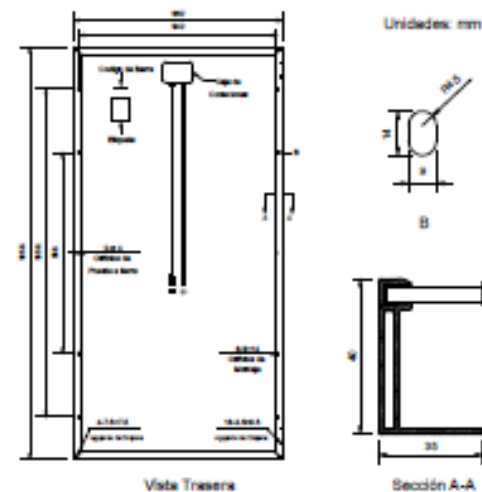
TNOC: Irradiancia 800W/m<sup>2</sup>, Temperatura Ambiente 20°C, Velocidad del viento 1 m/s

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Tipo de Célula	Policristalino 5BB 156x156mm (6x6pulg)
Numero de Celdas	72 (6x12)
Dimensiones del Módulo	1956x992x40mm (77.01x39.06x1.57pulg)
Peso	22.5kg (49.6lbs)
Cubierta Frontal	3.2mm (0.13pulg) vidrio templado con revestimiento AR
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de Conexiones	IP67, 3 diodos
Cable	4mm <sup>2</sup> (0.006pulg <sup>2</sup> ), 1000mm (39.37pulg)
Conector	MC4 o compatible con MC4

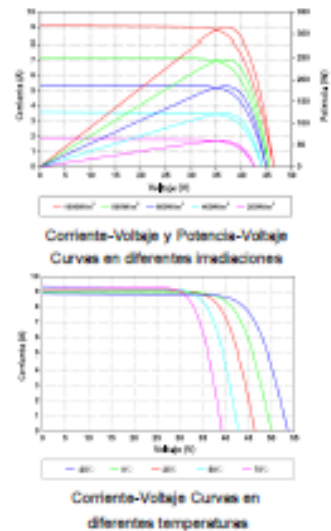
CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA	
Temperatura Nominal de Operación de Celda (TNOC)	45°C/2°C
Coefficientes de temperatura de P <sub>max</sub>	-0.41%/°C
Coefficientes de temperatura de V <sub>OC</sub>	-0.31%/°C
Coefficientes de temperatura de I <sub>sc</sub>	0.05%/°C

EMBALAJE	
Embalaje Estándar	26 und/pallet
Cantidad de módulos por contenedor de 20'	280 Und
Cantidad de módulos por contenedor de 40'	572und(GP)615und(HQ)

### PLANOS DE INGENIERIA



### IV CURVAS



Las especificaciones en este hoja de datos están sujetas a cambios sin previo aviso

Amerisolar y el Logotipo de Amerisolar denotan con © que son marcas registradas de Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.