

**INFRAESTRUCTURA DE LA RED ELECTRICA PARA LA ILUMINACIÓN DE
LA CANCHA DE FUTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE
DE SANTANDER**

JORGE EDUARDO NORIEGA RUBIO

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

**INFRAESTRUCTURA DE LA RED ELECTRICA PARA LA ILUMINACIÓN DE LA
CANCHA DE FUTBOL DEL CORREGIMIENTO DE CORNEJO NORTE DE
SANTANDER**

JORGE EDUARDO NORIEGA RUBIO

**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 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 Jorge y Francelina quienes siempre estuvieron rodeándome de cariño y apoyándome en todos los aspectos de mi vida en forma incondicional para la culminación de este proyecto.

A mis hijos Sofía y Gerónimo, quienes han sido mi mayor motivación para culminar esta carrera, quien fue mi compañero de lucha en todo este proceso por quien decidí iniciar mis estudios universitarios para poder brindarles un mejor futuro.

A mi esposa quien fue un gran apoyo en todos los aspectos 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.

JORGE EDUARDO

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 maestra 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 de la infraestructura de la red eléctrica para la instalación del sistema de energía fotovoltaica off grid que alimentara la 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 metodológica 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 infrastructure of the electrical network for the installation of the off grid photovoltaic energy system that would feed the lighting 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 step by step of the methodological projection in the construction of a photovoltaic solar system was carried out, starting from the statistical analysis of climatological variables in the township of Cornejo through 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

	pág.
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 Especificos	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 infraestructura	23
2.2.2 Disposición y definición de las alturas de reflectores en las instalaciones de cancha de fútbol	24
2.2.2.1 Definición de alturas	24
2.2.3 Tecnología Led	24
2.2.3.1 Flujo luminoso	25
2.2.3.2 Intensidad luminosa	25
2.2.3.3 Eficacia luminosa	26
2.2.4 Energía renovable	26
2.2.4.1 Energía solar	26
2.2.5 Energía solar fotovoltaica	27
2.2.5.1 Tipos de instalación de energía fotovoltaica	27
2.2.5.2 Elementos de una instalación solar fotovoltaica	28
3. METODOLOGÍA	29
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO	29
3.3 PLAN DE TRABAJO	29
3.3.1 Etapa 1	30
3.3.2 Etapa 2	30
3.3.3 Etapa 3	30

4. DESARROLLO DEL PROYECTO	31
4.1 ETAPA 1	31
4.1.1 Localización	31
4.1.2 Visita al sitio de la cancha de fútbol en Cornejo	32
4.1.3 Ejecutar el levantamiento topográfico del terreno de acuerdo a la petición técnica	34
4.1.3.1 Método de Radiación	34
4.2 ETAPA 2	37
4.2.1 Recopilar información técnica sobre tecnología LED	37
4.2.2 Proyectar la infraestructura de la red aplicando el RETIE y RETILAP	39
4.2.2.1 Área de instalación y tipo de estructura necesaria	39
4.2.2.2 Orientación del sistema fotovoltaico	40
4.3 ETAPA 3	41
4.3.1 Planos de acuerdo a la proyección establecida para la infraestructura eléctrica	41
4.3.2 Distribución de la red subterránea del sistema eléctrico	43
4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	45
4.5 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	47
4.5.1 Energía eléctrica y medioambiente	47
4.6 GLOSARIO	47
5. CONCLUSIONES	49
6. RECOMENDACIONES	50

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	53

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Estructura Lámparas	54
ANEXO B. Estructura Paneles	55
ANEXO C. Cancha Cornejo Cajas Eléctricas	56

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Lúmenes útiles medidas dentro de un codo de 90 ^a	25
Figura 2. Generación de energía solar	27
Figura 3. Localización del municipio cornejo	31
Figura 4. Ubicación de la cancha de fútbol en el municipio de Cornejo	32
Figura 5. Datos de la visita	33
Figura 6. Graderías cancha de Cornejo	34
Figura 7. Plano de la cancha del municipio de Cornejo	37
Figura 8. Proyección fotométrica en el programa DIALux	38
Figura 9. Distribución de cajas eléctricas y postes	39
Figura 10. Gradería cancha municipio de Cornejo	40
Figura 11. Estructura de soporte de los reflectores.	42
Figura 12. Estructura de soporte para paneles solares	43
Figura 13. Poste de concreto metros 12 metros	44
Figura 14. Distribución de la ducteria y cajas eléctricas	45

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Ventajas y desventajas energía solar	27
Cuadro 2. Cartera de campo	35
Cuadro 3. Coordenadas N-E-A	36
Cuadro 4. Presupuesto global del proyecto	46

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
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.

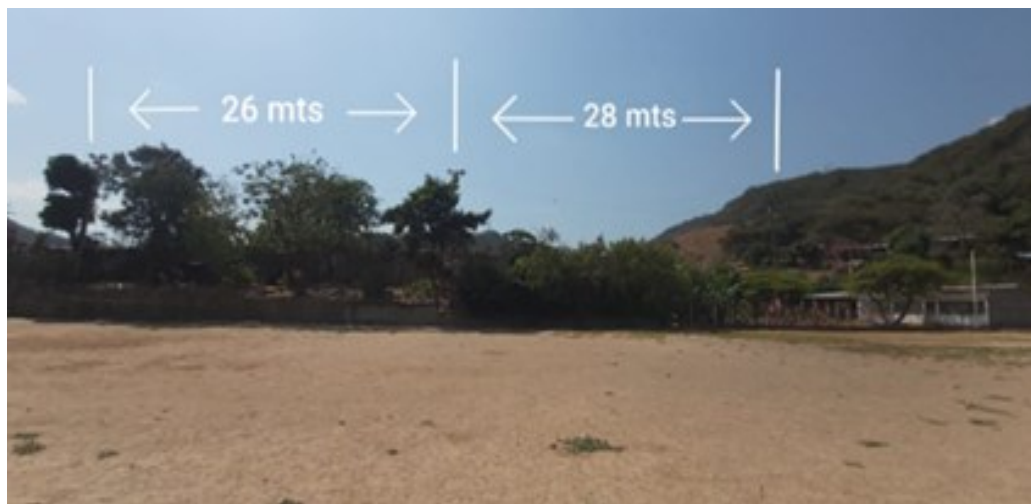
1. FUNDAMENTACIÓN

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: Autores del proyecto.

Fotografía 2. Alumbrado Cancha de fútbol Cornejo



Fuente: Autores del proyecto

Fotografía 3. Control del sistema de alumbrado cancha de fútbol



Fuente: Autores del proyecto.

El objeto 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 postera 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

Proyectar del sistema de alumbrado para la cancha de fútbol con las tecnologías limpias y energías renovables.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General. Proyectar la infraestructura de la red eléctrica para el sistema de iluminación de la cancha de fútbol del corregimiento de cornejo Norte de Santander

1.4.2 Objetivos Específicos. Recopilar la información del levantamiento topográfico del terreno para la infraestructura de la red eléctrica.

Proyectar la infraestructura de la red eléctrica subterránea y área para la instalación de lámparas y paneles solares aplicando RETIE y RETILAP.

Trazar los planos de la infraestructura de la red eléctrica subterránea y área para la instalación de lámparas y paneles solares según la proyección.

1.5 ACOTACIONES

Acuerdo de conformidad adendum: 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 infraestructura de la red eléctrica para el 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.

El desarrollo del trabajo de grado se limitó a la proyección de la infraestructura de la red eléctrica para el sistema de iluminación de la cancha de futbol 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

Después de realizar un rastreo bibliográfico sobre el proyecto de investigación que se adelanta, se puede decir, que no se encontraron trabajos de grado, artículos de revista e informes de investigación, que hagan 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 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 fútbol 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: 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 Infraestructura. Para los sistemas de alumbrado las instalaciones destinadas a varios tipos de prácticas deportivas en este caso una cancha de fútbol, hace muy importante la comodidad visual de los jugadores y espectadores. Por esto hace importante la elección de las lámparas más adecuadas por lo que se debe tener en cuenta dos características principales, el rendimiento luminoso y la composición de luz irradiada.

Es decir, para los campo el uso previsto de iluminación es de dos tipos para entrenamiento o competiciones, el rendimiento luminoso será la característica preferente.

2.2.2 Distribución y definición de alturas de los reflectores en la cancha de fútbol. Para la disposición de los equipos iluminación en sus torres de soporte, se encuentra relacionada con las características arquitectónicas de la cancha así como el tipo de iluminación cumpliendo los requerimientos.

2.2.2.1 Definición de alturas. Para definir las alturas de las estructuras depende de las dimensiones del campo esto dará como resultado el lugar donde se instale las torres que soportaran los sistemas de iluminación para la cancha.

Para definir los emplazamientos adecuados, es necesario determinar las áreas menos ofensivas o que no estorban tanto para los jugadores como el público.

El confort visual de una instalación de alumbrado y el valor de deslumbramiento depende directamente del ángulo que forma el eje principal de iluminación en dirección de un punto de la retícula

Garantizando la iluminación en horas de baja o nula iluminación natural por esto es importante garantizar el excelente estado de la infraestructura.

2.2.3 Tecnología Led. Un LED (Lighting Emitting Diode) es un diodo semiconductor emisor de luz. Este tipo de elemento fue creado a principio de la década de los 60 perteneciente a la familia de los diodos, este tipo de iluminación es de estado sólido no posee partes móviles o frágiles y tiene un muy larga duración; este tipo de iluminación posee más eficiencia que las lámparas comunes.

En la actualidad por relación de eficiencia, costo y amigable con el medio ambiente han logrado revolucionar el mercado de iluminación las luces LED blancas han logrado ser tan eficientes para ser aplicada en interiores como exteriores.

El diodo emisor de luz (LED) usa menos energía que los sistemas de iluminación común y tienen una vida útil mucho mayor y una de los puntos más importantes es que son amigables con el medio ambiente.

Los dispositivos que contienen esta tecnología emiten luz con temperaturas de 3200^ak y ofrece un CRI de 80, lo cual ofrece una representación de color excelente en los objetos iluminados

2.2.3.1 Flujo luminoso. Es el flujo radiante de la potencia transmitida en forma de radiación, este flujo es emitido por un relector de tecnología led, la magnitud derivada del flujo radiante es valorada por su efecto sobre el observador fotométrico de la CIE y su unidad de medida es el lumen. Se utilizan dos medidas de lúmenes (lm) del tipo de lámpara.

- **Lúmenes lámparas no direccionadas:** es cuando el flujo luminoso es emitido por una lámpara en todas direcciones.
- **Lúmenes útiles:** es la cantidad de flujo luminoso en un codo de 90^a en dirección frontal de la lámpara.

Figura 1. Lúmenes útiles medidas dentro de un codo de 90^a



Fuente: <https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2018/07/Guia-sobre-Tecnologia-LED-en-Alumbrado-fenercom-2015.pdf>

2.2.3.2 Intensidad luminosa. La intensidad de iluminación está orientada a las lámparas direccionales, ya que es el cociente del flujo luminoso emitido por una luz en una dirección específica y el ángulo de la emisión.

La apertura de haz en las lámparas se expresa en grados, determinando el nivel de concentración a dispersión de la luz, un haz estrecho se utiliza para la iluminación de acento ya que con esto se logra resaltar los objetos o zonas, mientras que un haz ancho facilita la obtención de una iluminación general de un área.

2.2.3.3 Eficacia luminosa. Este punto se analiza el indicador de eficacia es la fuente de luz, según la comisión internacional de iluminación CIE, y la potencia consumida en vatios se expresa en:

$$\frac{lm}{W}$$

La eficiencia luminosa indica la calidad de luz en cuanto a lúmenes generados por cada vatio que es consumido; estos parámetros a tener en cuenta a la hora de valorar una fuente de luz.

2.2.4 Energía renovable. Se considera energía renovable a un recurso natural ilimitado que puede aprovecharse industrialmente sin generar contaminación a partir de la aplicación de tecnología y de diversos recursos asociados.

Los tipos de energías renovables hace referencia a que pueden obtenerse de fuentes naturales inagotables, ya que esto puede contener una inmensa cantidad de energía o que se puede regenerarse naturalmente como lo es el caso con la energía solar fotovoltaica.

2.2.4.1 Energía solar. Es la energía proveniente del sol cuando es recibida por el planeta en forma de radiación electromagnética.

Figura 2. Generación de energía solar



Fuente: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75816/PONS20-%20PROYECTO20DE%20INSTALACI%C3%93N%20SOLAR%20FOTOVOLTAICA%20PARA%20BLOQUE%20DE%20%20VIVIENDAS.pdf?sequence=4>

Cuadro 1. Ventajas y desventajas energía solar

Ventajas	Desventaja
Es amigable con el medio ambiente e inagotable, y genera energía a coste reducido en lugares donde no hay suministro de comercializadoras.	Al igual que la energía eólica es una fuente intermitente dependiendo de las condiciones climatológicas así como de la ubicación al realizar la instalación.

2.2.5 Energía solar fotovoltaica. La energía solar fotovoltaica es el resultado de transformar la radiación solar incidente en el planeta, mediante un elemento electrónico

2.2.5.1 Tipo de instalación de energía fotovoltaica. Existen dos tipos de instalaciones fotovoltaicas dependiendo del uso final de la electricidad producida.

- **Instalaciones aisladas:** La electricidad generada es empleada de manera integrada para el autoconsumo en viviendas, huertos o instalaciones donde las redes eléctricas de las compañías eléctricas no llegan o generan un alto precio.
- **Instalaciones conectadas a la red eléctrica:** Genera la instalación es inyectada a la red nacional de suministro, esto genera un beneficio tanto económico como el beneficio ambiental que representa el uso de estos sistemas.

2.2.5.2 Soporte. Los soportes que sirven para sujetar el panel fotovoltaico, el sistema de sujeción es muy importante para el propio panel, al presentarse un fallo de estos elementos conlleva la inmediata paralización de la instalación.

El principal factor a la hora de fijar la estructura no es el peso de los paneles sino la fuerza del viento, que varía dependiendo de la zona esto puede ser un factor muy importante en la instalación.

3. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La realización del trabajo 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 desde el 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 análoga, 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 Recopilar la información del levantamiento topográfico del terreno para la infraestructura de la red eléctrica.

Actividades propuestas:

Planear la comisión de campo para el levantamiento.

Ejecutar el levantamiento topográfico del terreno de acuerdo a la petición técnica.

3.3.2 Etapa 2. Proyectar la infraestructura de la red eléctrica subterránea y área para la instalación de lámparas y paneles solares aplicando RETIE y RETILAP.

Actividades propuestas:

Recopilar información técnica sobre tecnología LED.

Proyectar la infraestructura de la red aplicando el RETIE y RETILAP.

3.3.3 Etapa 3. Trazar los planos de la infraestructura de la red eléctrica subterránea y área para la instalación de lámparas y paneles solares según la proyección.

Actividades propuestas:

Recopilar información técnica del levantamiento topográfico.

Dibujar los planos de acuerdo a la proyección establecida.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 ETAPA 1

Recopilar la información del levantamiento topográfico del terreno para la infraestructura de la red eléctrica.

Trazar los planos de la infraestructura de la red eléctrica subterránea y área para la instalación de lámparas y paneles solares aplicando según la proyección.

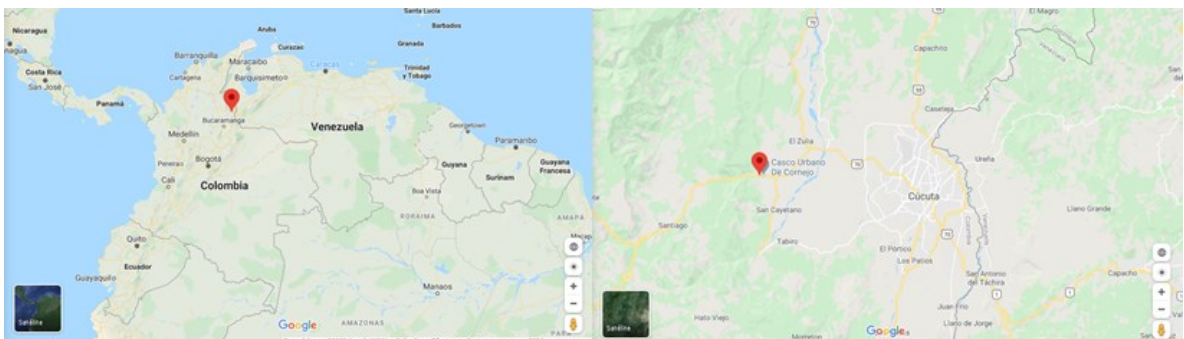
Actividades propuestas:

Planear la comisión de campo para el levantamiento.

Ejecutar el levantamiento topográfico del terreno de acuerdo a la petición técnica.

4.1.1 Localización. La zona de trabajo se encuentra en el municipio de Cornejo Norte de Santander.

Figura 3. Localización del municipio cornejo



Fuente: Google maps.

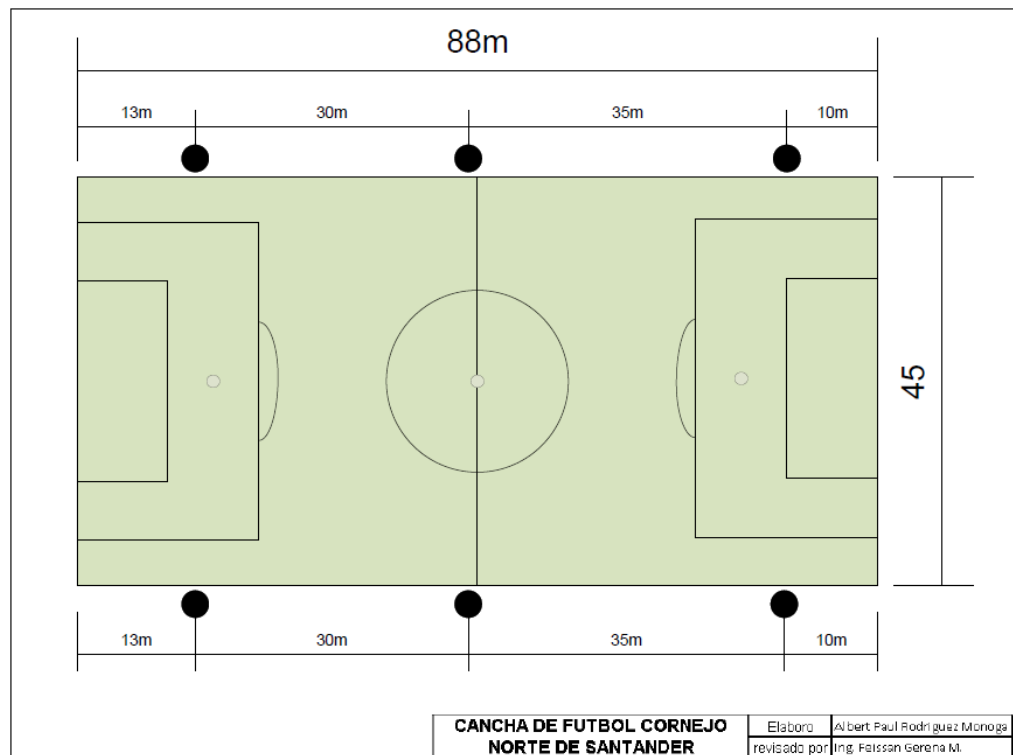
Figura 4. Ubicación de la cancha de fútbol en el municipio de Cornejo



Fuente: Google Earth

4.1.2 Visita al sitio de la cancha de fútbol en Cornejo. En la visita a la cancha de cornejo antes de la emergencia generada por el COVID-19 se realizó un levantamiento de los datos del lugar y el estado en el que se encuentra la cancha para la realización del levantamiento topográfico.

Figura 5. Datos de la visita



Fuente: Autor

En la visita se verifica el estado de la infraestructura actual de la cancha, realizando un análisis de los elementos que se pueden optimizar y adecuar para la implementación del proyecto de iluminación con el sistema de energía solar fotovoltaica off-grid.

Figura 6. Graderías cancha de Cornejo



Fuente: Autor

4.1.3 Ejecutar el levantamiento topográfico del terreno de acuerdo a la petición técnica.

4.1.3.1 Método de Radiación. La radiación es un método topográfico que permite determinar coordenadas (X, Y) desde un punto fijo llamado polo de radiación consiste en estacionar en un punto de coordenadas conocidas y medir coordenadas polares (ángulo y distancia reducida) a los puntos cuya posición se quiere determinar.

Con los datos obtenidos realizamos una cartera de campo con la cual se realiza una cartera de oficina o cuadro de construcción.

Con los ángulos y distancias obtenidas se procede a calcular la azimut. Con este dato más las distancias calculamos las coordenadas para calcular el área.

Cuadro 2. Cartera de campo

Δ	O	Angulo observado	Distancia	Rumbo		Coseno N-S	Seno E-W	PROYECCIONES				COORDENADAS	
								N (+)	S (-)	E (+)	N (-)	N	E
D1	N	0 0 0	-	-								100	100
	1	40° 35' 40"	58	40° 35' 40"	NE	0,7593	0,6570	44,04		37,74		144,04	137,74
	2	83° 50' 11"	71	83° 50' 11"	NE	0,1073	0,9942	7,62		70,58		107,62	170,58
	3	120° 50' 0"	62	59° 37' 0"	SE	0,5057	0,8626		31,35	53,48		68,65	153,48
	4	146° 6' 41"	55	33° 53' 19"	SE	0,8301	0,5575		45,65	30,66		54,35	130,66
	5	189° 14' 21"	61	9° 14' 21"	SW	0,9870	0,1605		60,20		9,79	39,8	90,21
	6	216° 16' 24"	47	36° 16' 24"	SW	0,8062	0,5916		37,89		27,80	62,11	72,2
	7	269° 23' 56"	38	89° 23' 55"	SW	0,010	0,999		0,39		38,99	99,61	61,01
	8	303° 45' 14"	69	56° 14' 46"	NW	0,555	0,8216	38,33			56,69	138,33	43,31
	9	322° 31' 28"	74	37° 28' 32"	NW	0,7936	0,6084	58,72			45,02	158,72	54,98
	10	357° 24' 33"	62	2° 35' 27"	NW	0,9989	0,045	61,93			2,80	161,93	97,2
												144,04	137,74

Fuente: Autor

Para hallar los datos de N y S se saca el coseno del rumbo, para hallar los datos de E y W se saca con seno del rumbo.

Para unir las proyecciones se multiplica la distancia por el coseno (N-S) o seno (E-W)

Con las proyecciones se restan o se suman de las coordenadas N o E según el signo de la proyección

Con las coordenadas listas se suman en cruzadas repitiendo al final las dos primeras coordenadas N y E, se aplica la siguiente fórmula.

$$A = \frac{N - E}{2}$$

Dando como resultado:

Cuadro 3. Coordenadas N-E-A

N	111274,7891
E	91087,8628
A	10093,46315

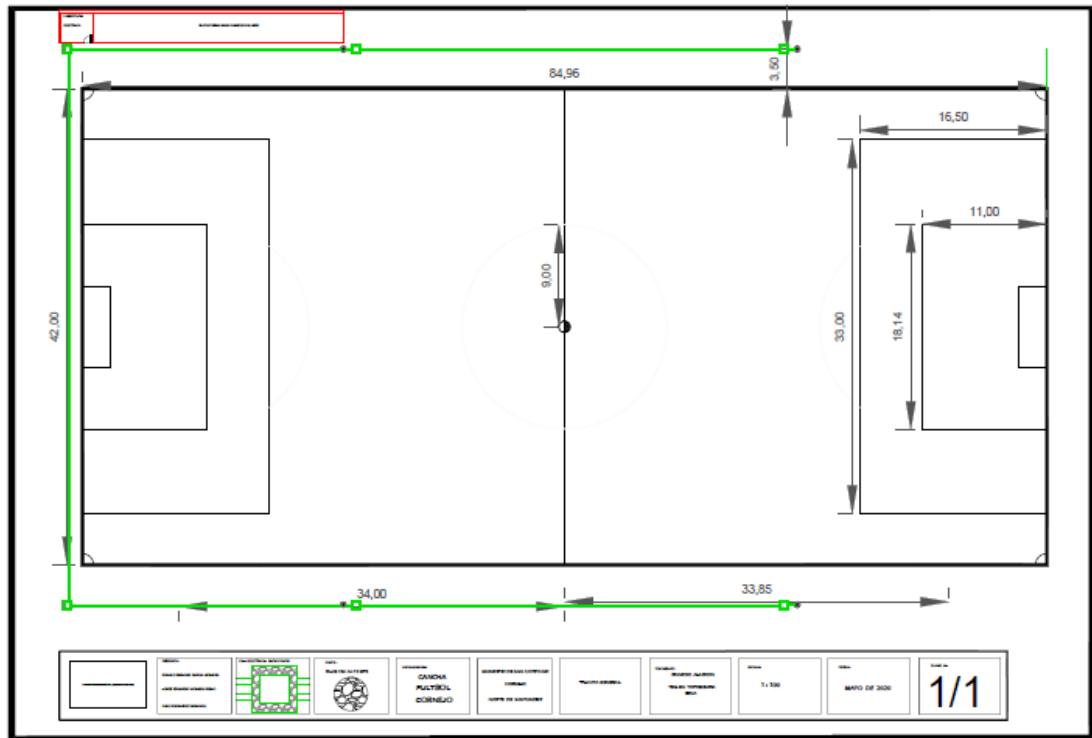
Con el reconocimiento del terreno de manera real del sitio donde se desarrolló las actividades de campo de levantamiento topográfico para el área en estudio y detalles adyacentes de su infraestructura se procesa la información para realizar la elaboración del plano a partir de la información obtenida en el procesamiento de coordenadas.

Para la elaboración del plano utilizamos la herramienta AutoCAD, el cual es un software de diseño (CAD) en el cual se apoyan tanto arquitectos como ingenieros y profesionales de diferentes áreas para crear dibujos, planos y diferentes tipos de diseños precisos en 2D y 3D.

Ya en AutoCAD, se procede a la interpretación de la cartera de campo, uniendo mediante líneas y/o convenciones los puntos de acuerdo a los esquemas obtenidos en la cartera de campo hasta unir de manera consistente todo los puntos.

El plano se realizó a la escala indicada, para la observación precisa y sin distorsión de los detalles el cual será la base para el estudio fotométrico de la cancha.

Figura 7. Plano de la cancha del municipio de Cornejo



Fuente: Autor

4.2 ETAPA 2

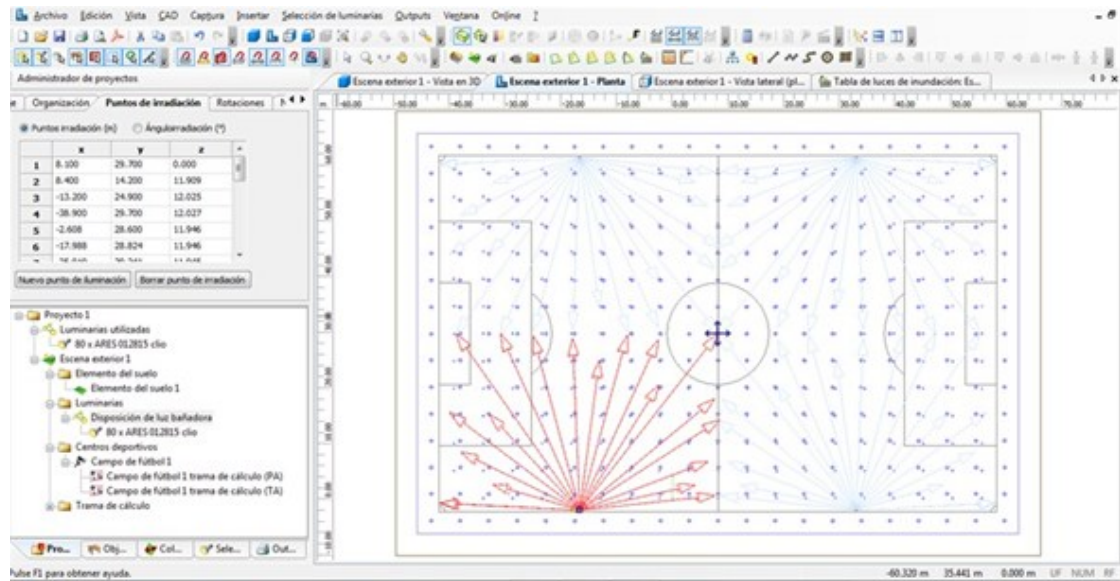
Proyectar la infraestructura de la red eléctrica subterránea y área para la instalación de lámparas y paneles solares aplicando RETIE y RETILAP.

Actividades propuestas:

4.2.1 Recopilar información técnica sobre tecnología LED. Basados en el estudio fotométrico el cual fue desarrollado en la herramienta DIALux. Software para diseño de iluminación profesional disponible de forma gratuita en 25 idiomas, nos permite planificar, calcular y visualizar las áreas de cobertura de la luz para áreas interiores y exteriores desde edificios completos y habitaciones individuales hasta espacios de estacionamiento o alumbrado público, en este caso se

desarrolló para la cancha de fútbol del municipio de Cornejo Norte de Santander a partir de la información recopilada del levantamiento topográfico.

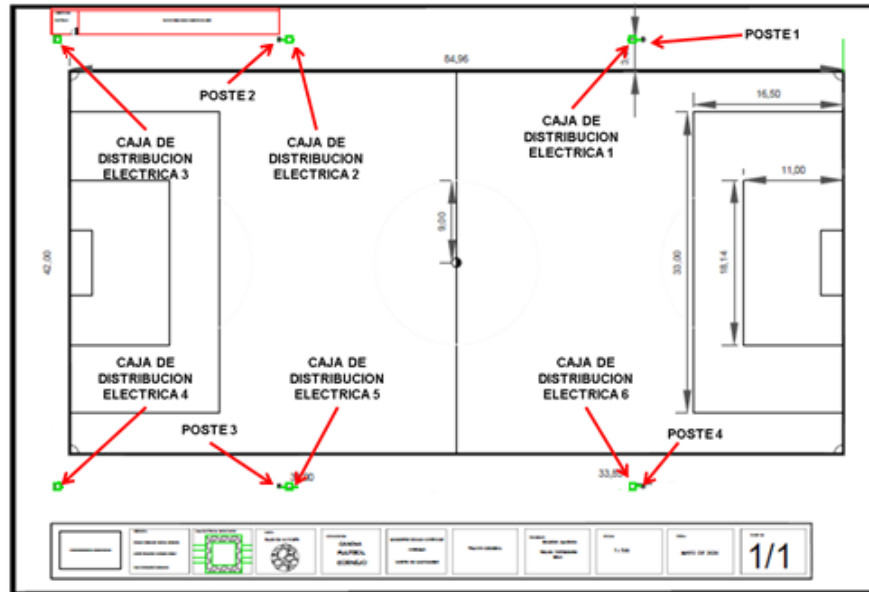
Figura 8. Proyección fotométrica en el programa DIALux



Fuente: Autor del proyecto

Basados en esta proyección se obtiene la ubicación y altura adecuada para la postería de la cancha y así realizar la proyección de la ductería y las cajas subterráneas para la distribución eléctrica cumpliendo las normas RETIE y RETILAP.

Figura 9. Distribución de cajas eléctricas y postes



Fuente: Autor del proyecto

4.2.2 Proyectar la infraestructura de la red aplicando el RETIE y RETILAP.

Para el desarrollo de esta actividad se recopila la información de las áreas de iluminación con tecnología led y la del sistema de energía solar fotovoltaica para determinar las características y especificaciones necesaria para su implementación.

4.2.2.1 Área de instalación y tipo de estructura necesaria. El siguiente paso fue tomar las medidas del área disponible para el montaje de la estructura que soportará los paneles solares; en una inspección realizada se encontró la disponibilidad de 156 m² libres de obstáculos que produzcan sombras, lo cual hace el sitio adecuado para la implementación del sistema fotovoltaico.

Se proyecta el uso de la estructura del techo sobre las graderías para el montaje de los paneles adaptando los sistemas de anclaje para los paneles y el ángulo de irradiación, a su vez se cuenta con una habitación de 9 m² para la instalación de los equipos de almacenamiento y el control de la energía, como lo son las baterías, inversores y reguladores de carga según la proyección del sistema de energía solar fotovoltaica.

Figura 10. Gradería cancha municipio de Cornejo



Fuente: Autor

Para calcular el área necesaria que requiere el sistema fotovoltaico se utilizó la ecuación

$$\text{Area.FV} = (\text{Area panel} * N^{\circ} \text{ paneles} * 1.10)$$

Se agrega una tolerancia de error de un 10% del área total que incluye los bordes y el ancho de las bases del sistema solar, reemplazando los valores se obtiene los resultados representados en la ecuación

$$\text{Area.FV} = (1.95 * 72 * 1.10) = 153,68 \text{ m}^2$$

De acuerdo a los datos obtenidos se puede determinar que existe la suficiente área para implementar el sistema solar fotovoltaico.

4.2.2.2 Orientación del sistema fotovoltaico. Para determinar la inclinación óptima de los paneles en la superficie fija se hizo uso de una ecuación basadas en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre las superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, que proporciona una

inclinación óptima en función de la latitud del lugar.

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 * |\varphi|)$$

Donde $|\varphi|$ es la latitud del corregimiento de cornejo ($7^{\circ}.54'$). Reemplazando valores se obtiene la ecuación

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 * 7.54) = 8,9026^{\circ} \cong 99^{\circ}$$

4.3 ETAPA 3

Trazar los planos de la infraestructura de la red eléctrica subterránea y área para la instalación de lámparas y paneles solares según la proyección.

Actividades propuestas:

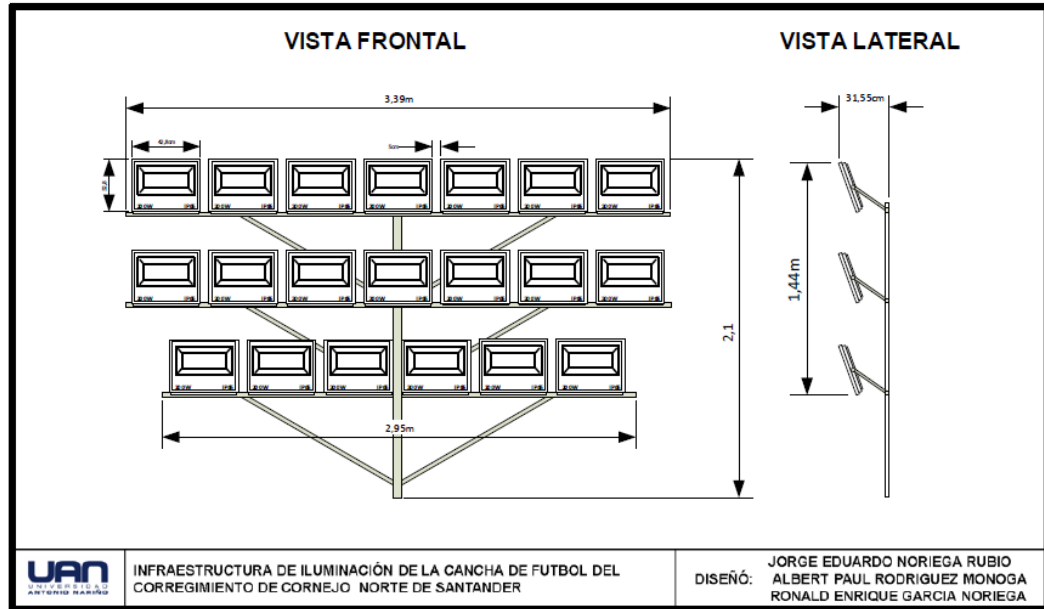
Recopilar información técnica del levantamiento topográfico.

Dibujar los planos de acuerdo a la proyección establecida.

4.3.1 Planos de acuerdo a la proyección establecida para la infraestructura eléctrica. Con los objetivos anteriormente cumplidos se procede a la proyección de la infraestructura para la distribución del sistema de energía y el sistema de anclaje para la iluminación cumpliendo los reglamentos eléctricos RETIE y RETILAP.

- **Estructura lámparas LED.** Para la distribución de las torres de iluminación se diseñó la estructura de soporte de los reflectores de tecnología led con su sistema de anclaje ajustable para graduar su inclinación y la orientación según el estudio fotométrico para la cantidad de 20 reflectores por torre en postes de 12 metros de altura. (Véase el Anexo A).

Figura 11. Estructura de soporte de los reflectores.

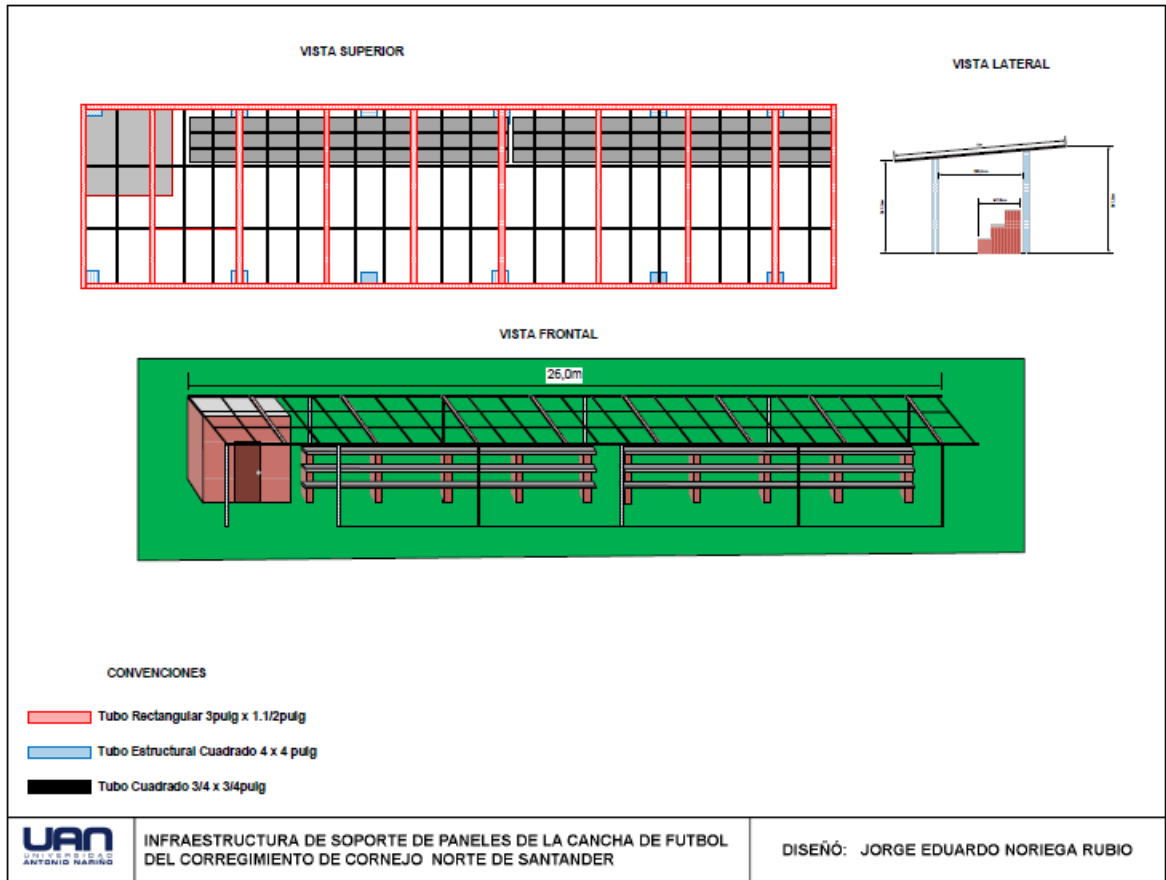


Fuente: Autor

- **Estructura paneles solares.** Para los soportes de los paneles solares se realizó la proyección de la estructura sobre las graderías y se proyectó según los resultados de los cálculos para hallar el área de instalación y tipo de estructura necesaria.

(Véase el Anexo B).

Figura 12. Estructura de soporte para paneles solares

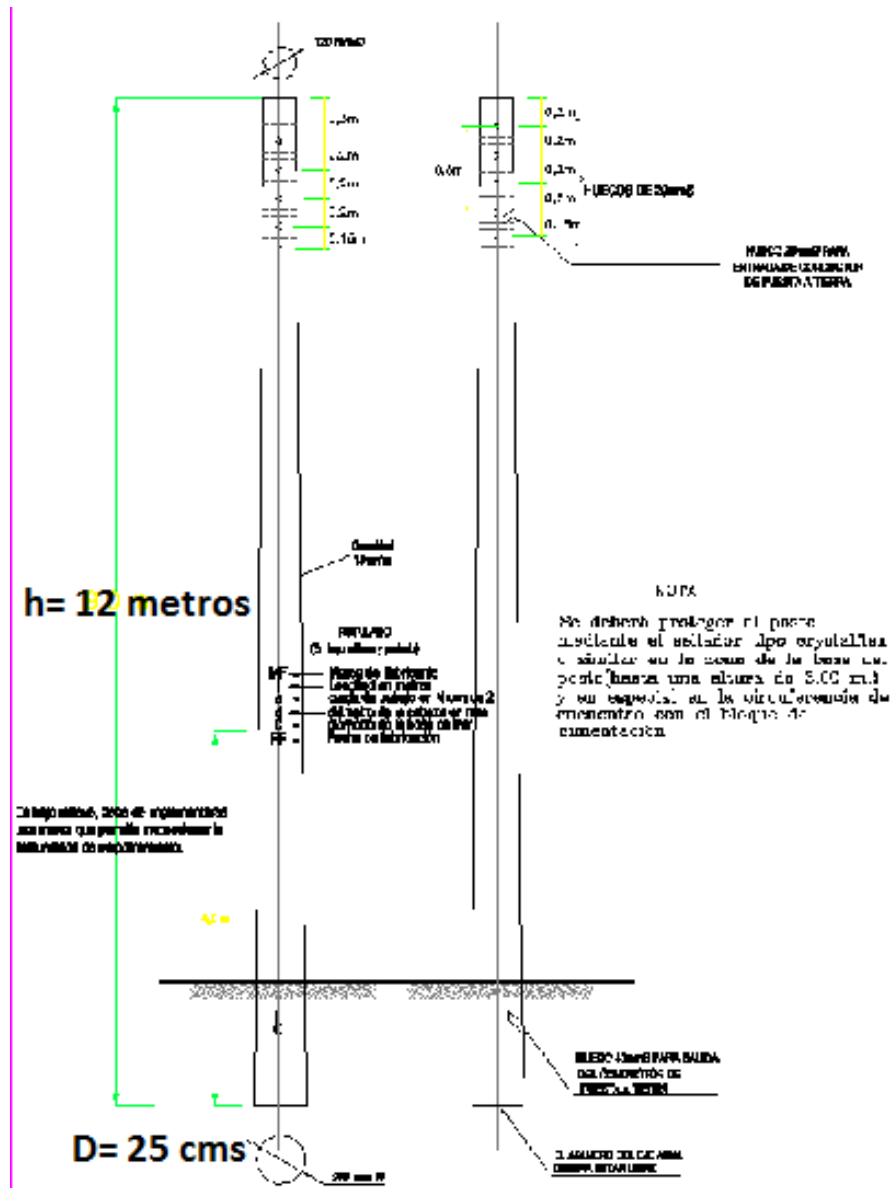


Fuente: Autor.

4.3.2 Distribución de la red subterránea del sistema eléctrico. Para el sistema de distribución se diseñó el circuito de ductería cumpliendo las normas del RETIE con cajas de distribución y ductería subterránea para cada uno de los postes que soportan el sistema de iluminación. (Véase el Anexo C).

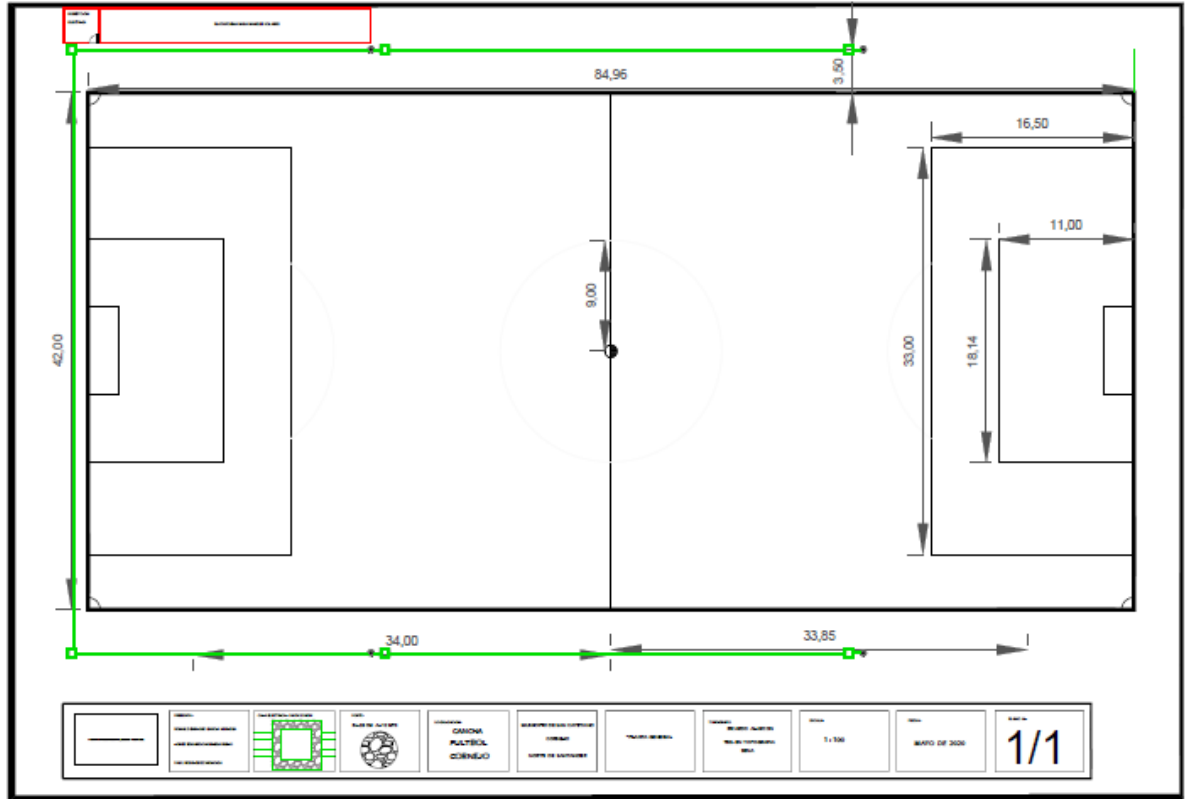
Postes. Se seleccionaron postes de 12 metros, fabricados en concreto con diámetro = 25 ms; son postes comerciales se encuentra fácilmente en el mercado local.

Figura 13. Poste de concreto metros 12 metros



Fuente: https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/poste-de-concreto-9-m_63993/

Figura 14. Distribución de la ducteria y cajas eléctricas



Fuente: Autor

Plano civil proyectado en AutoCAD se muestra en el Anexo C.

4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

(Véase el Cuadro 4).

Cuadro 4. Presupuesto global del proyecto

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

Fuente: Autor

4.5 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

4.5.1 Energía eléctrica y medioambiente. 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 CO₂ 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

La proyección de toda la infraestructura en este trabajo de grado integral fue una experiencia personal que me dejó enseñanzas en áreas para mis desconocidas, en el área civil pero en desarrollo entendí que son labores transversales de la tecnología electromecánica.

Mi participación en el proyecto me obligó a conocer de las tecnologías Led y Solar fotovoltaica para poder alcanzar los objetivos propuestos; también conocí las herramientas de dibujo asistido por computador CAD

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda presentar el proyecto en la Alcaldía de San Cayetano para hacerlo realidad y beneficiar la comunidad.

Que la Universidad siga trabajando en estos proyectos que verdaderamente impactan en la comunidad de una forma acertada.

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>.

Adaguas “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.

Bleger. 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>.

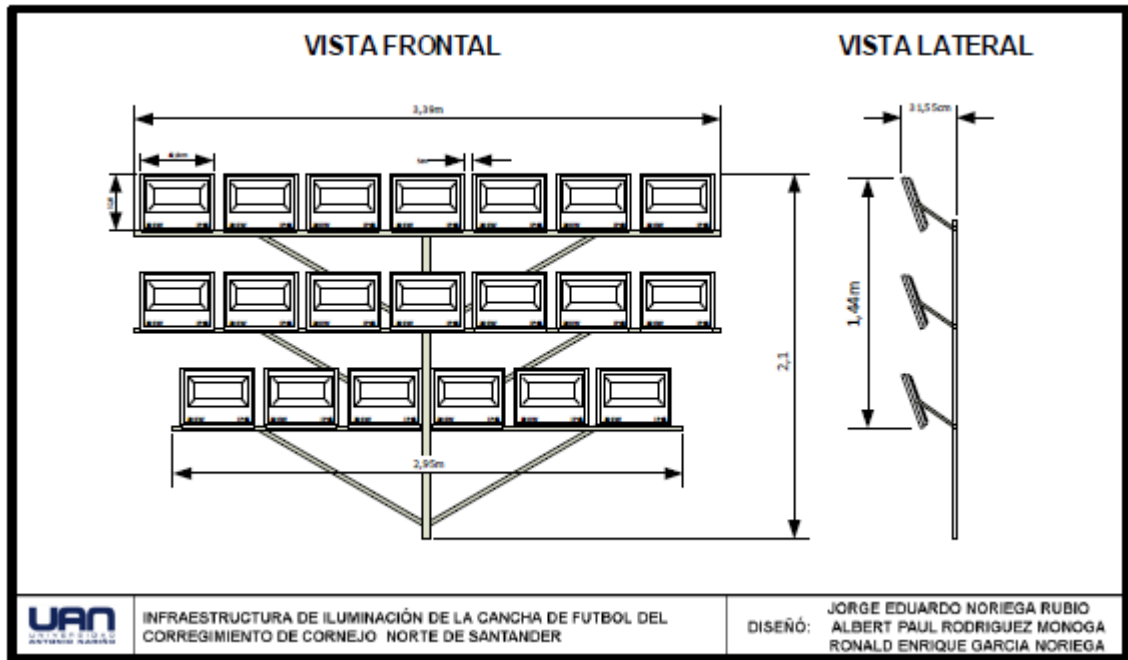
MICRO INVERSOR KD-WVC600-120VAC/230VAC. [En línea]. Disponible en: <https://www.ensolar.com/Product/pdf/Inverter/53fff8bed9878.pdf>.

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

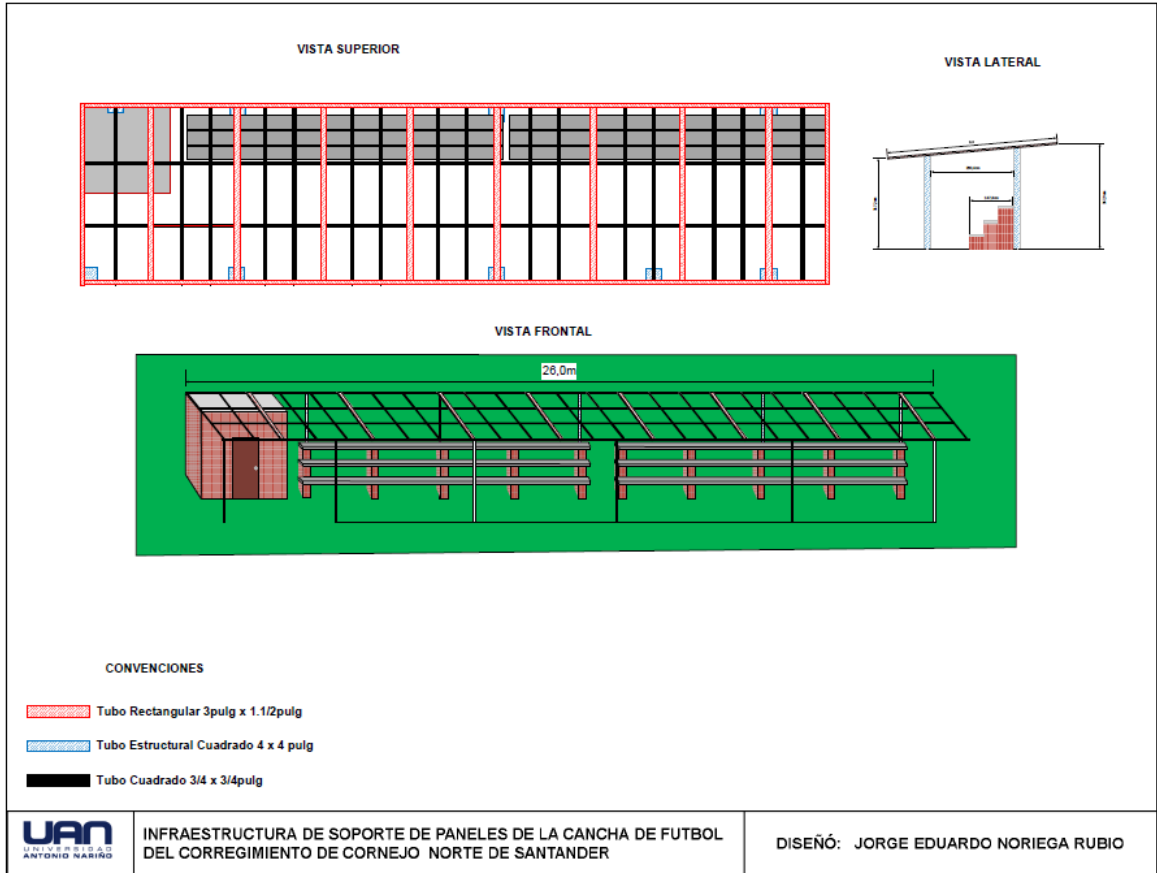
Schneiders Electric. Control y Automatización, 2005. [En línea]. Disponible en: http://www.schneider-electric.co.cr/sites/costa-rica/es/productos-servicios/automatizacion-control/oferta-de-productos/presentacion-de-rango.page?c_filepath=/templatedata/Offer_Presentation/3_Range_Datasheet/data/es/local/automation_and_control/tesys_gs.xml.

ANEXOS

ANEXO A. Estructura Lámparas



ANEXO B. Estructura Paneles



ANEXO C. Cancha Cornejo Cajas Eléctricas

