



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**GUÍA DE DISEÑO ESTRUCTURADA PARA
INSTALACIONES ELÉCTRICAS ESPECIALES EN
ESTACIONES DE SERVICIO**

Autor(es)
Edwin Alberto Paternina Cantillo

Universidad de Antioquia
Departamento de ingeniería eléctrica
Medellín, Colombia
2019



Guía de diseño estructurada para instalaciones eléctricas especiales en estaciones de servicio.

Edwin Alberto Paternina Cantillo

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electricista

Asesores (a):

Diana Valencia Aguirre
Ingeniera Electricista

Instalaciones eléctricas en áreas clasificadas

Universidad de Antioquia
Departamento de ingeniería eléctrica
Medellín, Colombia

2019



1. RESUMEN

Este proyecto se basó en instalaciones eléctricas especiales, cuyo énfasis es instalaciones eléctricas en estaciones de servicio de combustible a prueba de explosión. La metodología aplicada fue entender como es el funcionamiento de una estación de servicio desde su marco legal en Colombia, además de estudiar la normativa internacional aplicable para este tipo de instalaciones. Cabe destacar que una estación de servicio tiene 3 pilares en cuanto a la parte eléctrica le compete que son: zona de áreas clasificadas, control de líquidos combustibles, protección contra descargas atmosféricas y sistema de puesta a tierra. Debido a estas tres componentes importantes, el objetivo de este proyecto además de entender el funcionamiento eléctrico de una estación de servicios, es dar bases para el diseño, ejecución y puesta en servicio de este tipo de instalaciones eléctricas. Con base en estos se desarrolla una guía de diseño estructurada basadas en instalaciones eléctricas en áreas peligrosas con énfasis en estaciones de servicio.

2. INTRODUCCIÓN

Todos los procesos de asociados a combustibles funcionan con equipos energizados de control y los requerimientos especificados para asegurarse que los mismos están dispuestos en el sector o área adecuada. Por consiguiente, se comienza por un análisis de clasificación eléctrica de áreas peligrosas. Esta se realiza clasificación dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables y los polvos o fibras combustibles que puede haber en ellos, que tengan la posibilidad de que se produzcan concentraciones. [4]

Este proyecto se enfocará en las estaciones de servicios (EDS) debido a que en, ILUX INGENIERIA, el principal servicio va enfocado a las instalaciones eléctricas a prueba de explosión en estaciones de servicio. Una EDS es un establecimiento de comercio en el cual se almacena y se distribuye combustibles derivados del petróleo a vehículos motores con equipos especializados llamados surtidores y dispensadores. Una EDS opera mediante de un tablero que permite hacer todo el control sobre los combustibles, además de proteger los equipos de la estación.

Este proyecto cuyo objetivo principal es entender cómo funciona una estación de servicio, además de cómo se da la caracterización de la misma y conocer el gran campo que se tiene en este sector debido a que pocas empresas se especializan en el manejo de estos temas y existe un buen campo de trabajo.

Finalmente, este proyecto pretende dar las bases para el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas a prueba de explosión para áreas clasificadas como peligrosas de clase 1 división 1 y 2 de acuerdo la normatividad internacional.

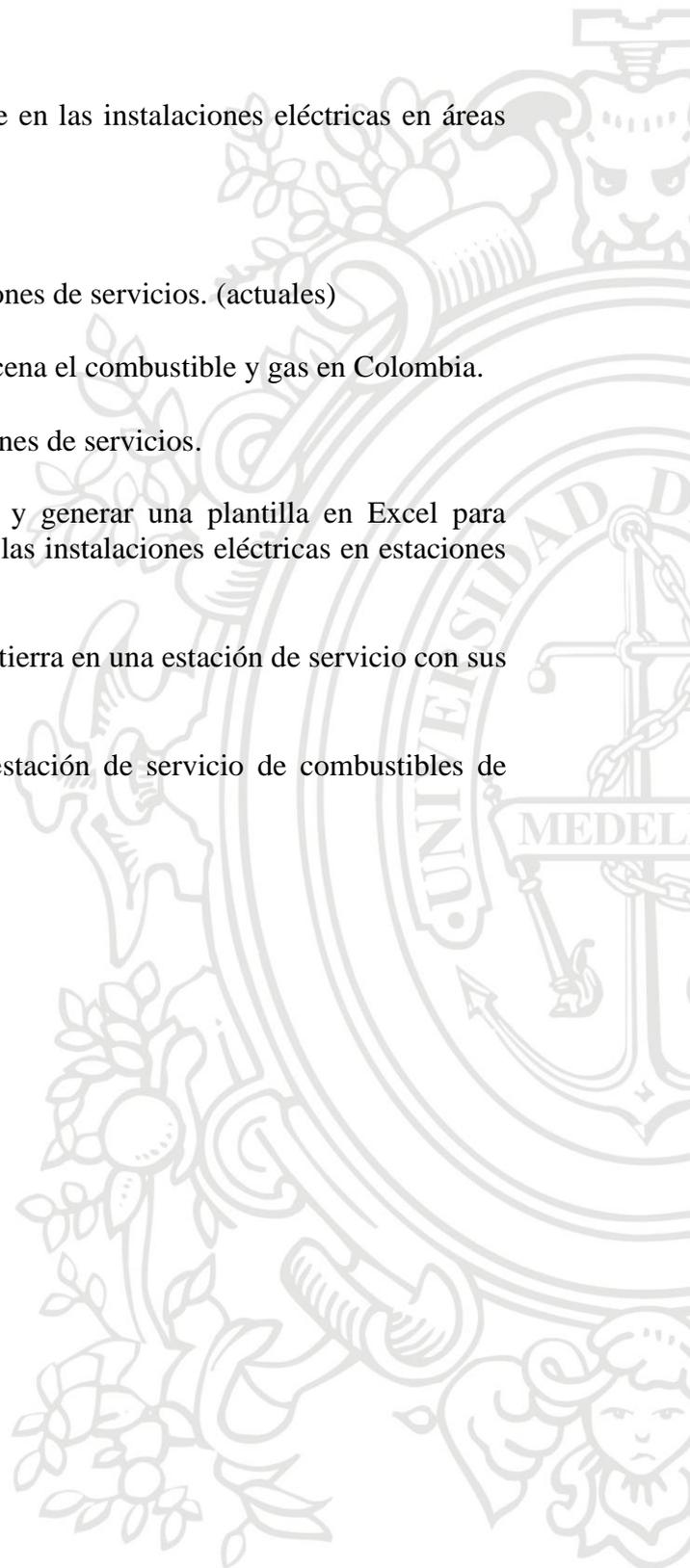
3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una guía de diseño estructurada con base en las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas con énfasis en estaciones de servicio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las normas técnicas que rigen las estaciones de servicios. (actuales)
- Estudiar la forma de cómo se distribuye y se almacena el combustible y gas en Colombia.
- Caracterización de equipos y accesorios en estaciones de servicios.
- Realizar un análisis de precios unitarios (APU) y generar una plantilla en Excel para evaluar los costos y presupuestos requeridos para las instalaciones eléctricas en estaciones de servicios.
- Realizar el apantallamiento y sistema de puesta a tierra en una estación de servicio con sus respectivos estudios y simulaciones.
- Diseñar un tablero de control aplicable a una estación de servicio de combustibles de líquidos y gas.



4. MARCO TEÓRICO:

Es esta sección se hará una revisión de la normativa eléctrica vigente que se aplica a las estaciones de servicios de combustibles.

4.1 Estación de servicio:

Establecimiento destinado al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y/o gaseosos, excepto gas licuado del petróleo (GLP), para vehículos automotores, a través de equipos fijos (surtidores) que llena directamente los tanques de combustible. Además, puede incluir facilidades para prestar uno o varios de los siguientes servicios: lubricación, lavado general y/o de motor, cambio y reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnóstico, trabajos menores de mantenimiento automotor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías y accesorios y demás servicios afines.

“Las estaciones de servicio también podrán disponer de instalaciones y equipos para la distribución de gas natural comprimido (G.N.C.) para vehículos automotores, caso en el cual se sujetarán a la reglamentación específica del Ministerio de Minas y Energía contemplada en el decreto 070 de 2001 y en la Resolución número 8 0582 del 8 de abril de 1996 o en aquella que la aclare, modifique o reemplace.” [4]

4.2 Clasificación de estaciones de servicio. [4]

Las estaciones de servicios según la norma se clasifican de la siguiente manera:

4.2.1 Por la clase de producto que manejan:

- **Gas natural comprimido (G.N.C.):** Establecimiento que dispone de instalaciones y equipos para el almacenamiento y distribución de combustibles gaseosos, excepto gas licuado del petróleo (G.L.P.), para vehículos, a través de equipos fijos (surtidores) que llenan directamente los tanques o cilindros de combustible. Además, pueden incluir facilidades para prestar uno o varios de los siguientes servicios; lubricación; lavado general o de motor, cambio o reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnosticentro, trabajos menores de mantenimiento de motor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías, accesorios y demás servicios afines. (Definición de acuerdo con lo consagrado en el artículo 1 de la Resolución 80582 del 8 de abril de 1996).
- **Combustibles líquidos derivados del petróleo:** Establecimiento que dispone de instalaciones y equipos para el almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto gas licuado del petróleo (G.L.P.), para vehículos, a través de equipos fijos (surtidores) que llenan directamente los tanques de combustible. Además, puede incluir facilidades para prestar uno o varios de los siguientes servicios: lubricación, lavado general o de motor, cambio o reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnosticentro, trabajos menores de mantenimiento de motor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías, accesorios y demás servicios afines.
- **Mixta:** Establecimiento que dispone de instalaciones y equipos para el almacenamiento y distribución de combustibles gaseosos y combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto gas licuado del petróleo (G.L.P.), para vehículos, a través de equipos fijos

(surtidores) que llenan directamente los tanques de combustible. Además, puede incluir facilidades para prestar uno o varios de los siguientes servicios: lubricación, lavado general o de motor, cambio o reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnosticentro, trabajos menores de mantenimiento de motor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías, accesorios y demás servicios afines.

4.2.1.1 Por su naturaleza:

- De servicio público: Es aquella destinada a suministrar combustibles, servicios y venta de productos al público en general, según la clase del servicio que preste.
- De servicio privado: Es aquella perteneciente a una empresa o institución, destinada exclusivamente al suministro de combustibles para sus automotores. Se exceptúan de esta clasificación, las estaciones de servicio de empresas de transporte colectivo, las que también están obligadas a prestar servicio al público, salvo cuando estén totalmente cercadas.

5. REGLAMENTACIÓN REQUERIDA PARA ESTACIONES DE SERVICIOS EN COLOMBIA.

Las estaciones de servicios en Colombia se encuentran reglamentadas por el ministerio de minas y energías mediante los siguientes lineamientos:

- **Decreto No 1521 agosto 4 1998:** por el cual se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para estaciones de servicio.
- **Decreto No 4299 noviembre 25 2005:** se define estación de servicio como: “Establecimiento en el cual se almacenan y distribuyen al consumidor final los combustibles líquidos derivados del petróleo. Dependiendo del tipo de combustibles que distribuyan las estaciones de servicio se clasifican en”:
 - Estación de servicio de aviación.
 - Estación de servicio automotriz.
 - Estación de servicio fluvial, y estación de servicio marítima.
- **Dec.1073:2015:** El Ministerio de Minas y Energía tiene como objetivo formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas, planes y programas del Sector de Minas y Energía.
- **Res.90708:2013 RETIE:** El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE contiene los requisitos de seguridad que deben guardar las instalaciones eléctricas, atendiendo plenamente el mandato establecido en parágrafo del artículo 8 de la Ley 1264 de 2008.
- **Res.40247:** Este reglamento tiene por objeto establecer normas de carácter técnico para el desarrollo seguro de las actividades de envasado GLP (gas licuado de petróleo) en cilindro utilizados en la prestación del servicio público domiciliario y/o en el cargue de cisterna destinadas a servir tanques estacionarios.

- **Res.40248:** Este reglamento tiene por objeto establecer normas de carácter técnico para el desarrollo seguro de las actividades requeridas para el montaje, puesta en servicio y operación de los depósitos, expendidos y puntos de ventas de cilindros GLP (gas licuado de petróleo) utilizados para la prestación de servicio domiciliario de GLP.
- **Res.40278:** Establecer los requisitos de carácter técnico aplicables a las instalaciones y el desarrollo seguro de actividades donde se suministra gas natural comprimido para usos vehicular, doméstico, comercial e industrial.

5.1 Normativa internacional aplicada a las estaciones de servicio:

Los códigos NFPA, las normas, las prácticas recomendadas y las guías de las cuales estas son unas cuantas, de ellas, han sido desarrolladas a través de un proceso de desarrollo de normas por consenso y aprobación del Instituto de Normas Nacional Americano (ANSI).

- **NFPA497:** Prácticas recomendadas para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas (clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico. El propósito de esta práctica es proporcionar al usuario el conocimiento básico de los parámetros que determinan el grado y extensión del área peligrosa (clasificadas). A demás esta práctica proporciona ejemplos de aplicaciones de estos parámetros.
- **NFPA 500:** Práctica recomendada para la clasificación de ubicaciones para instalaciones eléctricas en instalaciones petroleras. El propósito de esta práctica recomendada es proporcionar pautas que clasifiquen la ubicación de las instalaciones de petróleo para la selección e instalación de equipos eléctricos.
- **NFPA505:** Práctica recomendada para la clasificación de ubicaciones para instalaciones eléctricas en instalaciones petroleras. Clasificadas en clase 1, zona 0, zona 1, y zona 3.

6. PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIO:

Las estaciones de servicios están conformadas por unas islas de combustibles, surtidores y/o dispensadores de combustibles, tanques de almacenamiento, canopy o techo de la estación. Donde las islas de combustibles junto con los dispensadores y tanques serán gran parte de nuestro objeto de estudio para lograr los objetivos. [8]

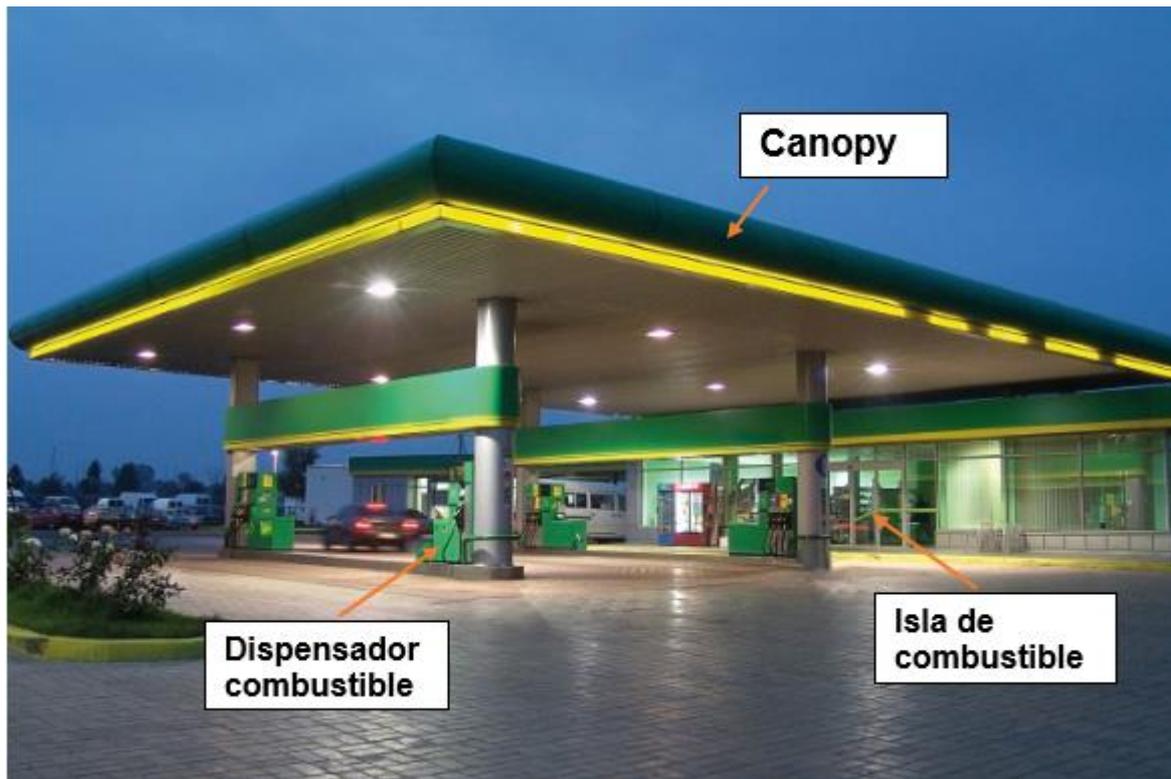


Fig. 1 Partes características de una estación de servicio.

Isla de Combustible: Es la base o soporte de material resistente y no inflamable, generalmente concreto, sobre la cual van instalados los surtidores o bombas de expendio, construida con una altura mínima de veinte (20) centímetros sobre el nivel del piso y un ancho no menor de un metro con veinte centímetros (1.20 m). [4]

Dispensador: Los dispensadores no contienen ni el motor, ni la bomba en su interior. En los dispensadores, la bomba y el motor están sumergidos en el tanque subterráneo de combustible. Con una sola bomba sumergible el combustible es distribuido a todos los dispensadores de la playa, lo que significa un ahorro considerable de energía eléctrica. Entonces, ¿por qué debería comprar un surtidor y no un dispensador? La principal razón para comprar un surtidor, y no un dispensador, es la infraestructura de la Estación de Servicio. Las instalaciones más antiguas, especialmente en provincias, fueron diseñadas para este tipo de maquinaria, y no soportan la instalación de dispensadores. Para reemplazar los surtidores en una Estación de Servicio, por dispensadores, se tendría que adaptar las conexiones en la superficie del tanque para instalar la bomba sumergible. Y, además, correr los cables de alimentación eléctrica para el motor.[4]

Surtidor: Es un equipo que trae un motor y unidad de bombeo, por lo cual no necesita bomba sumergible y por esto es un equipo más costoso que el dispensador.

¿Cómo funciona un surtidor de gasolina?

“Está en una pregunta que se hacen muchas personas, la mayor intriga la causa es el cierre automático del fluido del combustible cuando el tanque de automotor llega a cierto nivel de llenado y esa intriga se debe a que se desconoce como es el funcionamiento interno de la misma. Entonces para la comprensión de este proceso consiste en entender el efecto Venturi”.

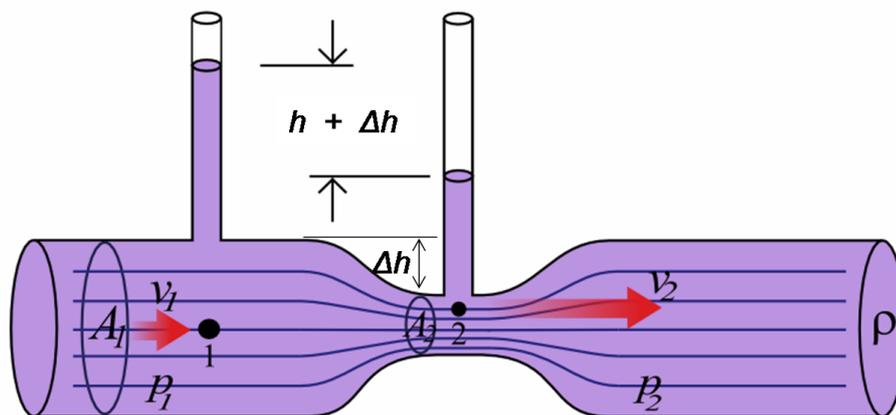


Fig. 2 Esquema de Efecto Venturi.

El efecto Venturi consiste en la disminución de la velocidad de un fluido cualquiera dentro de un conducto cerrado, cuando este atraviesa una sección de menor tamaño. En síntesis, esto establece que un fluido mientras más rápido se desplace menor presión tendrá. Entonces

¿Cómo funciona el dispensador de gasolina?

En la manguera de los surtidores de gasolina se encuentra una pieza denominada boquerel, este está constituido por dos tubos en forma de Y, en una de las partes de esta Y se desplaza la gasolina y en la otra solo hay aire, a medida que el tanque se llena de combustible aumenta su nivel, al cubrir la manguera comenzará a tratar de entrar combustible por el otro extremo del tubo del boquerel, es decir, por la parte de la Y que solo contiene aire.

Pero este proceso en un dispensador no es posible debido a la falta de presión, es en ese momento donde el sensor de presión del dispensador de combustible entrará en acción, y en consecuencia el surtidor dejará de emanar combustible y se detendrá por completo. El funcionamiento de los surtidores de gasolina no es complicado, quizás un poco molesto puesto que en ocasiones deja de fluir combustible antes de alcanzar el nivel del tanque deseado, sin embargo, gracias a este sensor es posible evitar derrames que pueden resultar catastróficos en las estaciones de servicios. [4]

Otras partes de una estación de servicio que son importante pero no estarán contempladas en nuestro contexto son:

- Tanque de almacenamiento de combustibles.
- Dispositivos de llenado de combustibles.
- Bomba de despachos de combustibles.
- Control de inventarios de combustible

- Cámara de acceso.
- Válvula de venteo.

6.1 Instalaciones eléctricas especiales en estaciones de servicios: En el entorno de las instalaciones, se debe evitar que estén presentes materiales inflamables y combustibles (gas, vapor, niebla, o polvo) y aire (oxígeno) en condiciones y cantidades apropiadas para producir mezclas explosivas. Si no se puede garantizar esta condición, se deben tomar acciones especiales para controlar la energía de las fuentes de ignición. Por tal motivo se requiere de unos materiales especiales para la seguridad y protección de la vida humana. [2]

6.1.1 Clasificaciones: [9]

La clasificación de las áreas peligrosas se hace con base en la naturaleza de los materiales que están o pueden estar presentes.

CLASE: Productos en el ambiente de acuerdo al tipo o naturaleza de la sustancia presente:

- **CLASE I:** Líquidos, gases y vapores inflamables.
- **CLASE II:** Polvos combustibles.
- **CLASE III:** Fibras de fácil combustión o pelusas.

DIVISIONES: Condiciones del lugar y posibilidad de presentarse los productos en el área:

- **DIVISION I:** La concentración peligrosa se presenta normalmente.
- **DIVISION II:** Cuando se presenta de manera accidental.

6.1.2 Clasificación grupos NFPA(National Fire Protection Association) [9]:

Los grupos, se refieren a clasificaciones más precisas por el poder explosivo y límites de explosividad de los materiales, así:

Áreas Clase I: Áreas en las que están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir una mezcla inflamable o explosiva.

Clasificación de los materiales combustibles para CLASE I:

Los materiales combustibles se clasifican en A, B, C, D con base en:

- **MESG** (maximum experimental safe gap- distancia máxima de apertura con rejilla): Es la separación máxima entre dos superficies metálicas paralela que se han encontrado, en condiciones de prueba especificadas, para evitar que una explosión en la cámara de prueba se propague a la cámara secundaria que contiene el mismo gas o vapor en concentración igual.

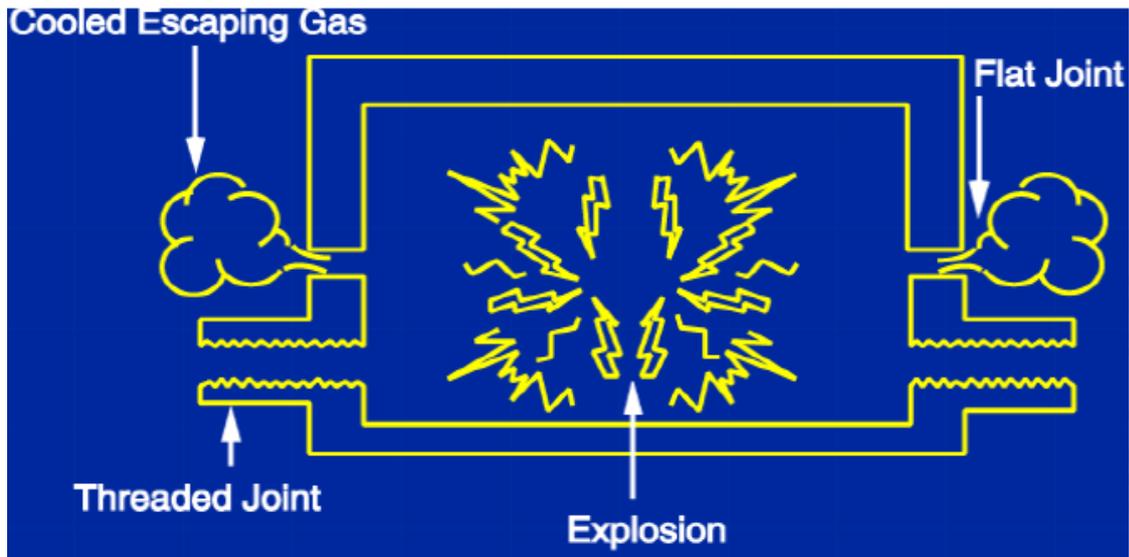


Fig. 3 Cámara de prueba de explosión.

- **MIC RATIO** (minimum igniting current ratio – relación de corriente mínima de ignición): Es la relación de corriente mínima requerida de una chispa de descargar inductiva para encender la mezcla más fácilmente inflamable de un gas o vapor, dividida por la corriente mínima requerida de una chispa inductiva para encender el metano.

Tabla 1. Clase I- Clasificación y Grupos.

GRUPO	EJEMPLO	MIC	MESG(mm)
A	Acetileno	0.28	0.25
B	Hidrógeno	≤ 0.4	≤ 0.45
C	Éter Etílico	0.40 - 0.80	0.45 – 0.75
D	Gasolina	> 0.80	> 0.75

Áreas Clase II: Donde puede haber **POLVOS** combustibles en cantidades que originen un riesgo. Estas agrupaciones de polvo están basadas en el tipo de material: metálico, carbonoso, u orgánico. Estos se subdividen en grupos: **GRUPOS E, F y G.**

Tabla 2. Clasificación de Lugares.

CLASES	DIVISIONES	GRUPOS
I	1 y 2	A,B,C,D.
II	1	E,F,G.
II	2	F,G.
III	1 y 2	N.A.

6.2 Clasificación de áreas [9]:

El uso de equipos eléctricos en lugares donde hay manejo de combustibles es muy frecuente, los sistemas eléctricos utilizados en estos son para:

- Alumbrado.
- Activación de bombas y motores.
- Instrumentación y control.

6.2.1 ¿Qué es una clasificación de área? [9]

Son aquellas en las que existe presencia en el ambiente de materiales combustibles (vapores, líquidos, gases inflamables, polvos, partículas, fibras, etc.) que, si son sometidos a una fuente de ignición, pudiera ocurrir una explosión y/o incendio.

Estos peligrosos pueden presentarse durante los procesos normales de operación o en caso de falla de algunos del sistema de manejo del combustible.

6.2.2 ¿Qué es clasificar un área? [9]

Es establecer un mapa de riesgo de las instalaciones, teniendo en cuenta la presencia de sustancias combustibles e inflamables, debido a que sus componentes esenciales del proceso o se requieren para realizarlo y la posibilidad de fuente de ignición por la operación de equipos eléctricos.

La palabra AREAS no se refiere a la delimitación de superficies de una planta o fabrica, si no a limites tridimensionales en donde la explosividad de un material, puede estar latente después de entrar en contacto con el medio ambiente.

6.2.3 ¿Porque se requiere hacer clasificación de áreas?

Para disminuir la posibilidad de incendios y explosiones que pueden destruir la infraestructura de la empresa y poner en riesgo las vidas de las personas que allí laboran y se encuentra en un dado momento.

- Diseño técnico.
- Optimización de recursos sin sacrificar la seguridad.
- Porque la ley colombiana lo exige.

6.2.4 ¿Cuál es el objetivo de la clasificación eléctrica de áreas?

- Diseños.
- Compra de equipos y accesorios (eléctricos y electrónicos).
- Instalación.
- Mantenimiento.
- Interventorías.
- Inspecciones.

Puedan determinar las características que deben cumplir los equipos y accesorios y utilizar herramientas y métodos apropiados según el riesgo del área que se haya establecido.

6.2.5 ¿Quién debe hacerse cargo de la clasificación de áreas?

- ✓ Ingeniero químico.
- ✓ Ingeniero de proceso.
- ✓ Ingeniero electricista o electromecánico.
- ✓ Personal de seguridad de la planta.
- ✓ Consultor con experiencia.

7. METODOLOGÍA:

Instalaciones eléctricas especiales a prueba de explosivos:

Es de suma importancia para las instalaciones eléctricas a prueba de explosiones. Indicar la acometida, el centro de control eléctrico y radios de áreas peligrosas, debido a que en estas se tienen diferentes características en comparación a las instalaciones eléctricas convencionales y son la base para este tipo de instalaciones en áreas clasificadas como peligrosas.

7.1.1 Análisis de clasificación eléctrica de áreas peligrosas:

Se entiende por áreas peligrosas aquellos lugares donde pueden presentarse fuego o explosiones debido a gases o vapores (líquidos inflamables), polvo, combustibles o fibras que puedan incendiarse.

La presencia de estos materiales puede ocasionar un eventual incendio si se exponen a una fuente de ignición.

Dada la revisión de la normativa realizada, tenemos que la NFPA70 sirve principalmente como norma de instalación. Esta, proporciona los requerimientos técnicos para las instalaciones eléctricas en áreas clasificadas como peligrosa. Generalmente, se requieren de otras normas para clasificar las áreas las cuales fueron revisadas con anterioridad.

7.1.2 Procedimiento para la clasificación de áreas. [9]

Para realizar la clasificación de un área se tienen los siguientes pasos:

Paso 1.- Determinar la necesidad de clasificación.

Paso 2.- Recopilación de la información.

- Información de la instalación.
- Historial de la instalación existente.
- Diagrama de flujo de proceso.
- Plano general de localización de equipo (plot plan).
- Propiedades de riesgo de incendio de los materiales.

Paso 3.- Seleccionar el diagrama apropiado de clasificación.

Paso 4.- Determinar la extensión del área clasificada.

- Usar software de análisis.

- Ubicar posibles fuentes de fugas o derrames.
- Para cada posible fuente determinar el diagrama de clasificación adecuado.
- Delimitar el área de acuerdo a las instalaciones.

Nota: Los tableros para el centro de control de motores estarán localizados en una zona exclusiva para instalaciones eléctricas, la cual por ningún motivo debe estar ubicada en el cuarto de máquinas ni en las áreas clasificadas de las divisiones 1 y 2.

Ejemplo de plano de áreas clasificadas en estaciones de servicios:

Por lo regular las estaciones de gasolinas se dimensionan en función del espacio que se tiene, pero todas estas tienen formas similares por tal motivo la disposición de su plano de áreas clasificadas es en función de su espacio, debido a que si es un espacio muy reducido pueda dar como resultado que la estación no se pueda construir porque se debe minimizar el riesgo hacia las vidas humanas.

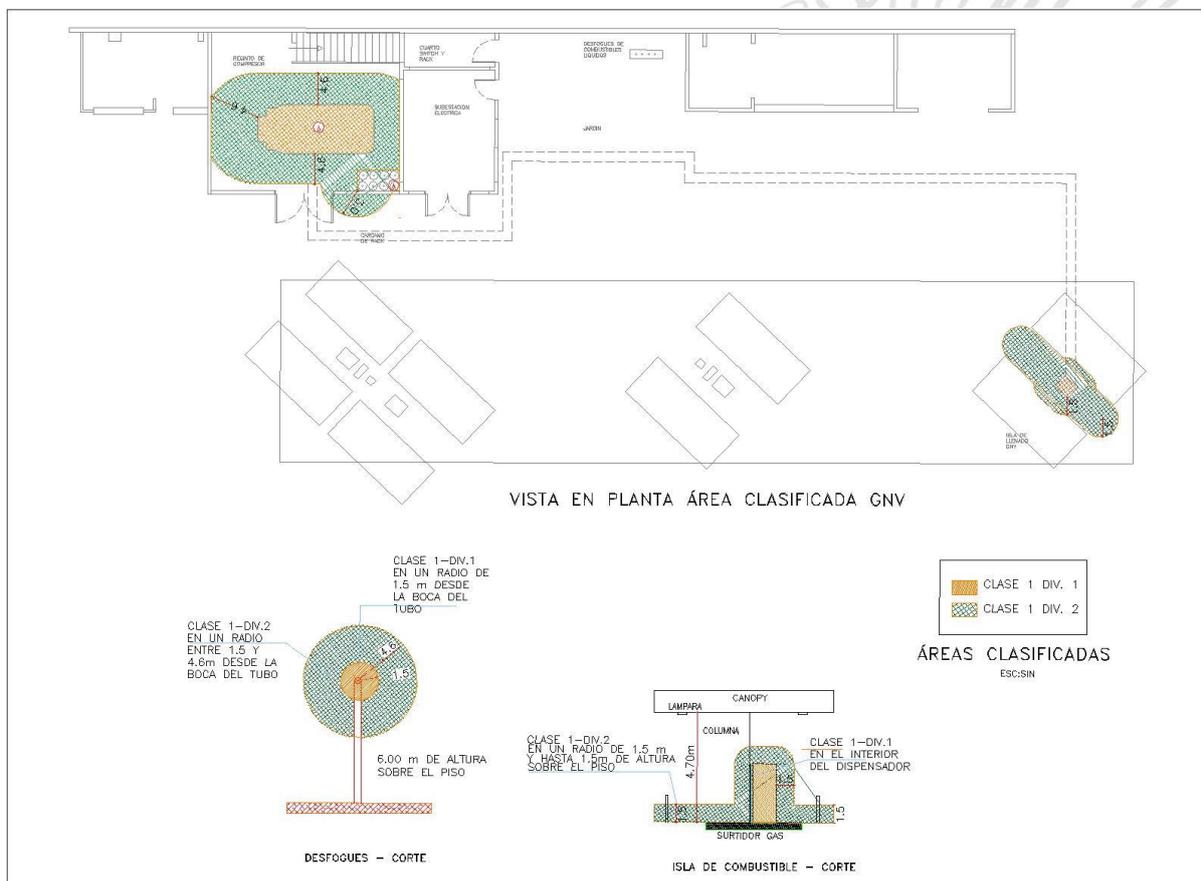


Fig. 4. Plano de áreas clasificadas EDS ESSO CARIBE.

7.1.3 Procedimiento para las instalaciones eléctricas de áreas comunes y patio de bombas.

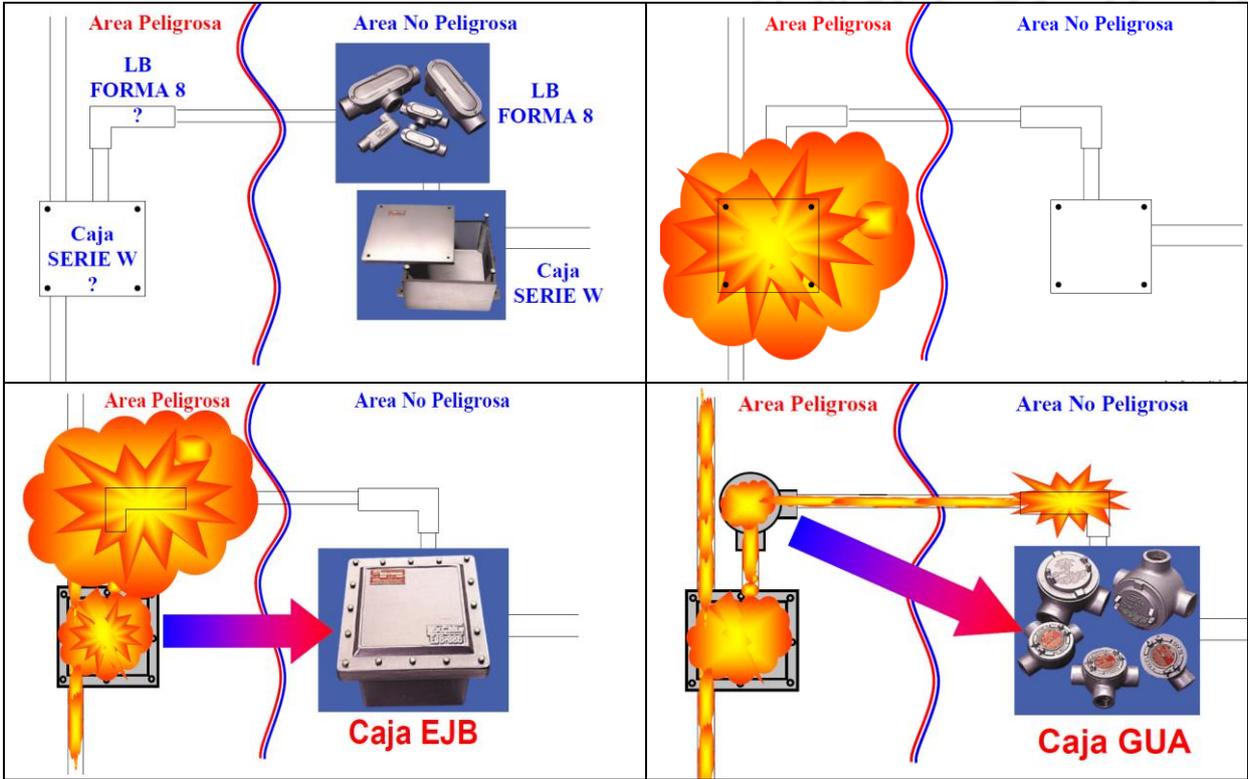
Para realizar las instalaciones eléctricas en las áreas comunes, administración, cuartos técnico y cuarto eléctrico, se realizan de manera convencional, donde se tiene el cuadro de cargas de la instalación y se dimensiona la capacidad de los circuitos para conocer cuál será la capacidad del transformador que requiere la instalación. Por lo regular en las estaciones de

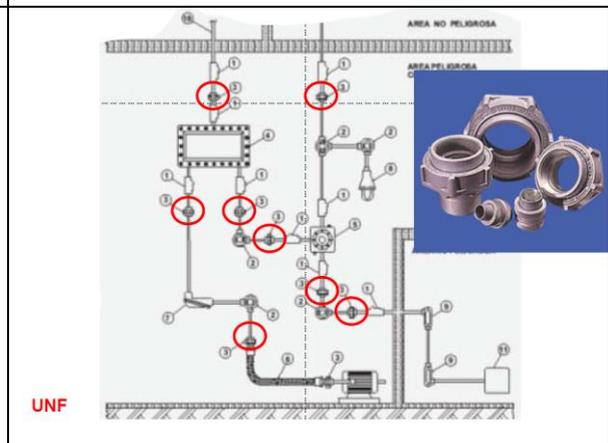
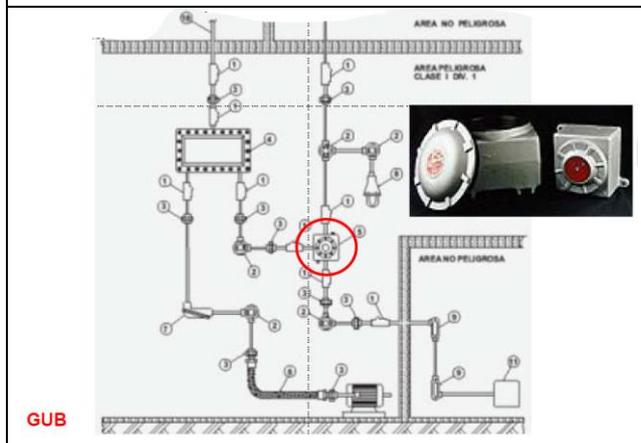
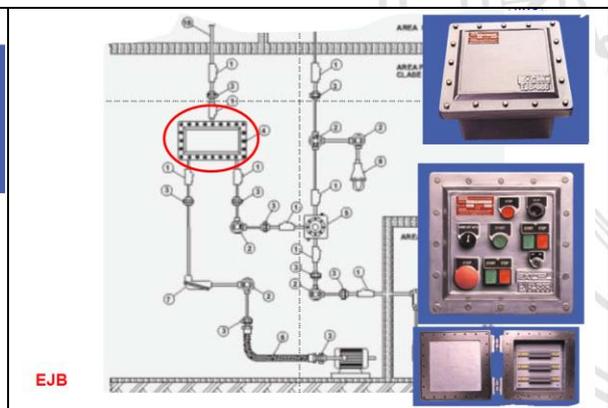
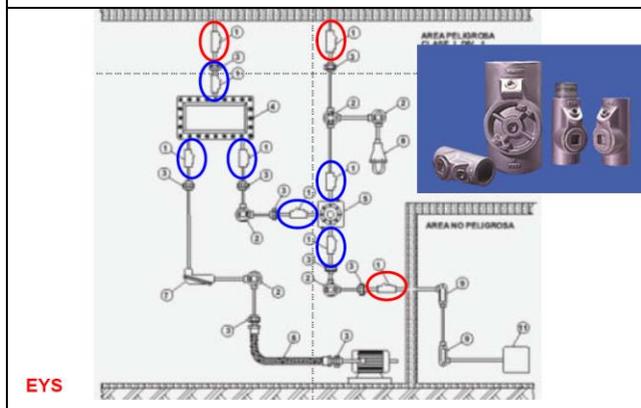
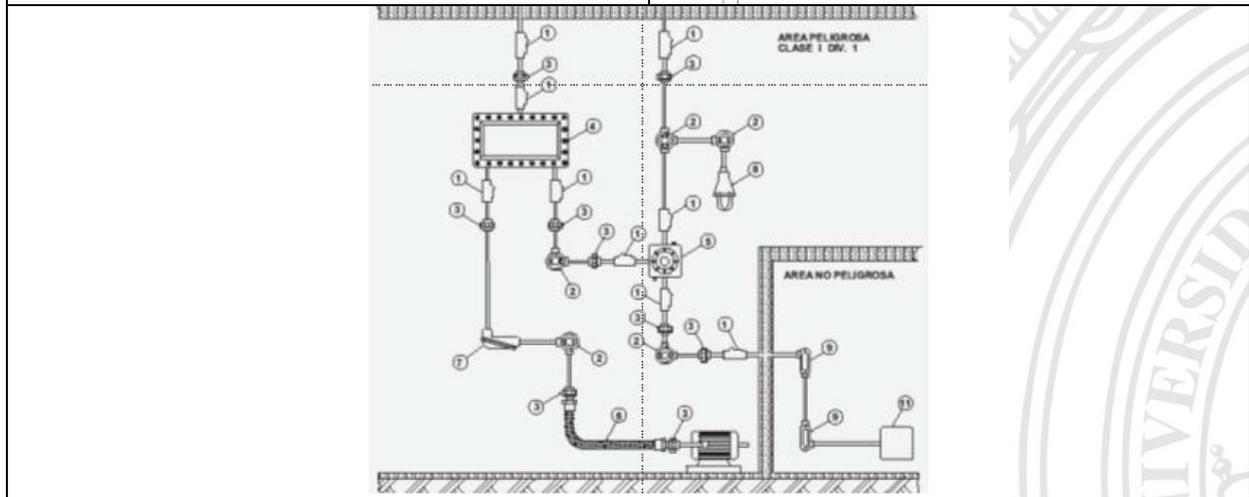
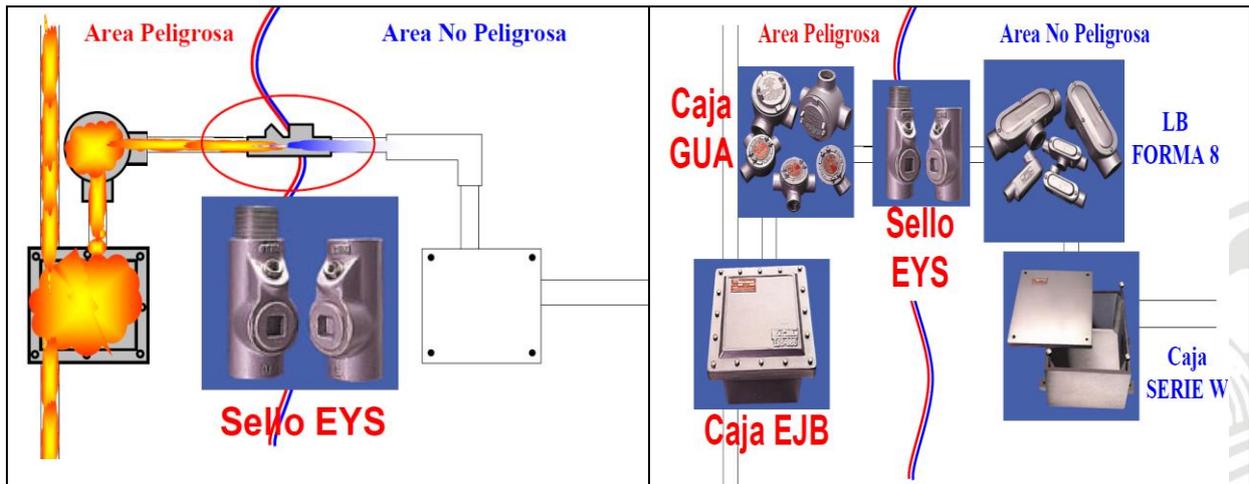
servicios de gasolinas se tiene una subestación exterior en poste donde la capacidad del transformador es alrededor de los (30kVA, 45kVA) si la estación cuenta con un open mall o zona de comidas su capacidad puede aumentar a 75 kVA.

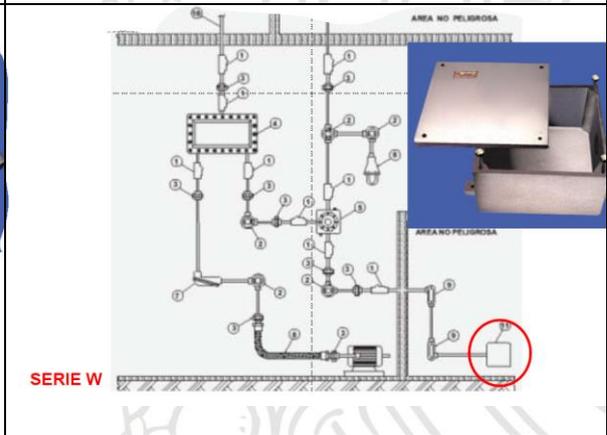
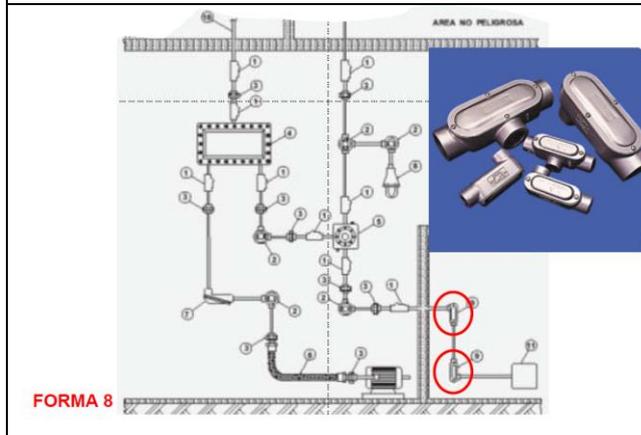
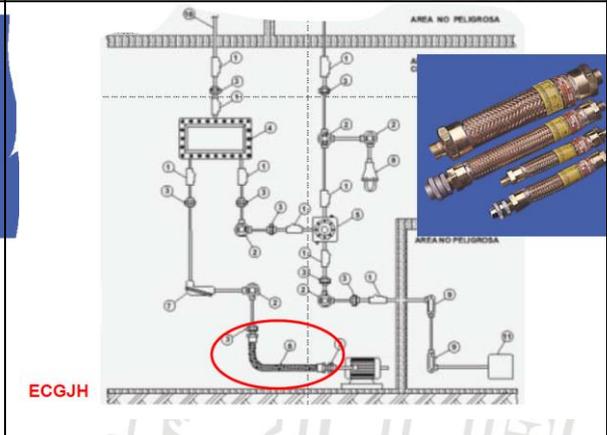
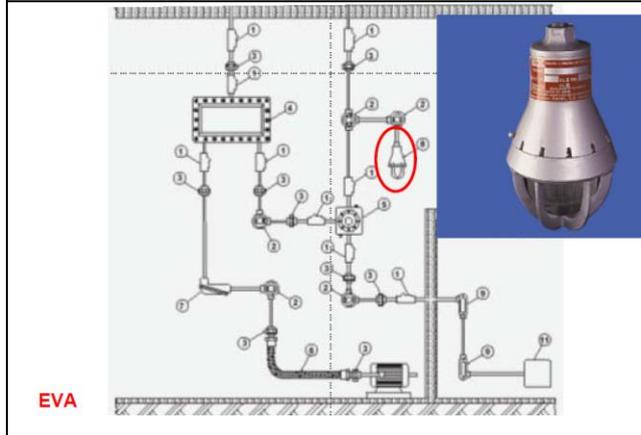
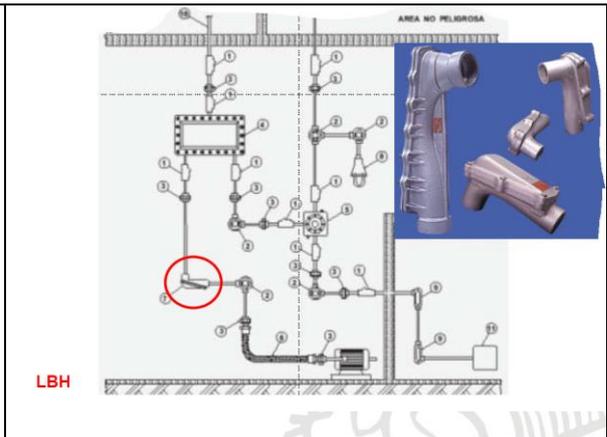
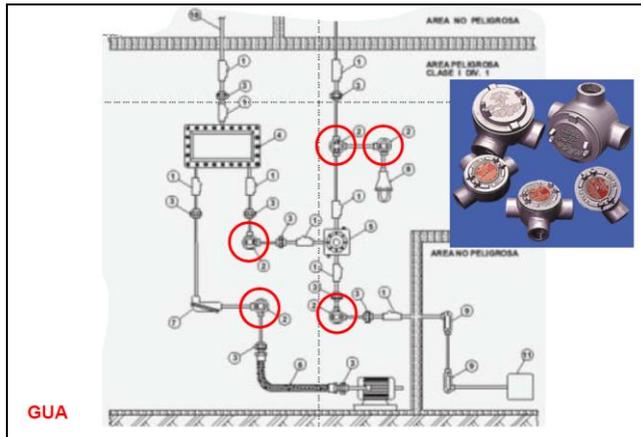
Lo diferente de estas instalaciones eléctricas, como se ha hecho mención a lo largo del documento, está en saber desde donde comienza la clasificación de área. Cuya razón se debe a que, si se tiene este radio (clasificación del área), saliendo de desde la caja de paso eléctrica se obtienen dos tipos de instalaciones eléctricas una de manera convencional, y otra instalación especial Con materiales eléctricos APE (a prueba de explosión) y estos irán hasta la llegada de los equipos dispensadores y/o surtidores, Bombas de la estación.

Para efectos de este proyecto se enfatizará en las instalaciones eléctricas no convencional, por esta razón se debe conocer que tipos de materiales eléctricos son los que se deben utilizar para poder realizar este tipo de instalaciones, a continuación, se muestran algunos materiales eléctricos APE, su función y como se debe hacer su instalación:

Tabla 3. Ubicación de elementos eléctricos APE en la estación. [9]







7.1.4 Elementos a prueba de explosión:[11]

- Caja de conexión para cableado de los dispensadores de gasolina:

CAJA DE CONEXION PARA CABLEADO DE LOS DISPENSADORES DE GASOLINA TIPO SXEGJ421

Uso en áreas clasificadas Clase 1, Div. 1 Grupos D; Clase II, Grupos E, F y G



USO

Caja de conexión, diseñada como caja de unión para cableado de los dispensadores de gasolina. Para ser instalada en atmosferas explosivas y a ras del piso en la base de los surtidores.

CARACTERÍSTICAS Y MATERIALES

- Provista de O'ring para impedir el paso de polvo y humedad en el interior de la caja.
- Tapa redonda embebida y apertura con llave de tanque.
- Ocho accesos roscados NPT de 3/4" (2 en la base) y 2 hubs corta-fuego en la base.

ACABADO

Pintura electrostática color gris martillado, opcional pintura epóxica.

MATERIALES

- Cuerpo, tapa y hubs: Fundición de aluminio, con bajo contenido de Hierro (Fe) y cobre (Cu), cumpliendo con los parámetros exigidos por la norma **UL-886**.
- Empaque: O'ring.
- Polo a tierra: Bronce latón.
- Accesos roscados: Los accesos roscados son tipo **NPT** en (cónicas) hembra para conexión a tubería conduit.

CONSTRUIDAS DE ACUERDO A LAS NORMAS

- **NEMA 7, NEMA 9 Y NEMA 4/4X.**
- **UL886** (Outlet Boxes and Fittings for use in Hazardous (Classified) Locations).
- **NTC 3229** (Norma Técnica Colombiana - Electrotécnica. Cajas de Salida y Accesorios que se utilizan en sitios clasificados como de alto riesgo).
- **NEC Art 500-503** National Electric Code.
- **RETIE**: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.



REFERENCIA	ACCESOS ROSCADOS NPT	PESO APROX Kg
SXEGJ421	3/4" NPT x 8 1" NPT x 2	4,6

Fig. 5 Características de la caja para conexión en dispensadores.

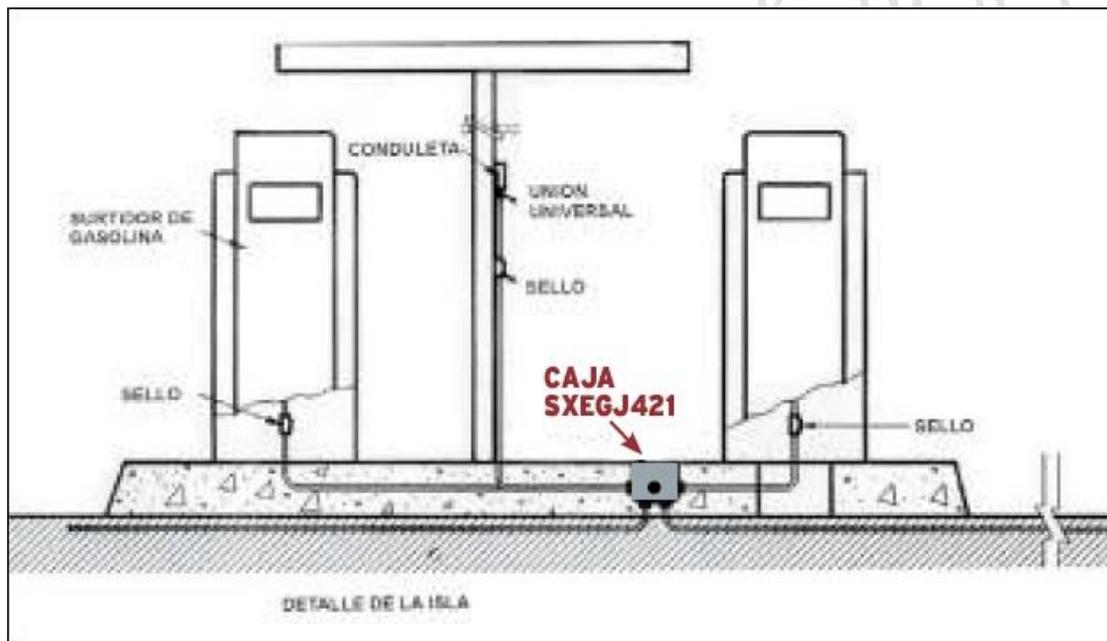


Fig. 6 Ilustración de ubicación de caja para conexión en dispensadores.

- Sellos cortafuego para uso en áreas clasificadas:

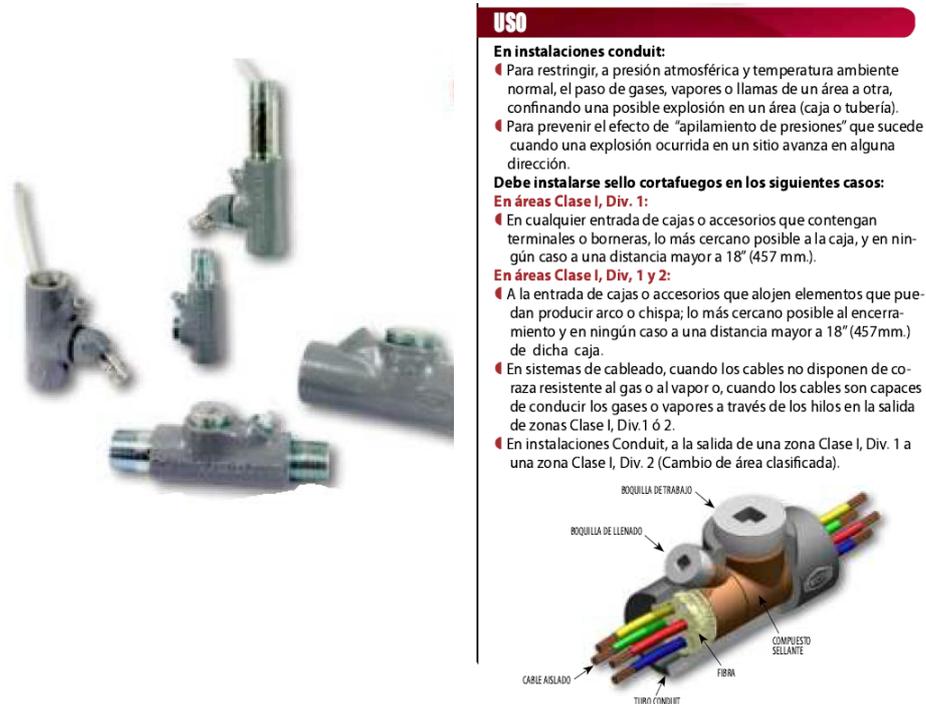


Fig. 7 Características de los sellos cortafuegos.

7.2 SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS

Este proyecto se realiza en la estación de servicios de combustibles TERPEL LA PALMA, ubicada en la ciudad de Medellín.

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Nombre:	EDS TERPEL LA PALMA
Departamento:	Antioquia
País:	Colombia
N° de puntas captadoras:	10 Un
N° de bajantes:	4 Un
Sitio de instalación:	Medellín

RECURSOS

Software

Software CYMGrd 6.3 versión 6 del 2005 para diseño de mallas de puesta a tierra, contrastado satisfactoriamente con la norma IEEE std.80-2000. Este programa utiliza una metodología basada en elementos finitos, lo cual le permite analizar sistemas de puesta a

tierra en configuraciones simétricas o asimétricas de conductores y varillas de puesta a tierra, a diferencia de lo que permiten las fórmulas aproximativas que ofrece la Guía IEEE 80.

Software AutoCAD 2017, para obtención del modelo en 3D de la edificación y posterior aplicación del método Electrogeométrico basados a la serie de normas NTC 4552. **Ver Anexo.**

EVALUACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO (Según NTC 4552-2)

Para reducir las pérdidas debidas a rayos se requieren medidas de protección, cuyas características deben determinarse por medio de la evaluación de riesgo.

En la norma NTC 4552-2, el riesgo se define como el procedimiento anual probable de pérdidas en la estructura y en sus acometidas de servicios debido a descargas atmosféricas, el cual depende de:

- El número anual de rayos que afecta a las estructuras y a sus acometidas de servicio.
- La probabilidad de daño debido a los efectos del rayo.
- El costo promedio de los daños.

Cabe resaltar que el impacto de una descarga atmosférica en tierra es un efecto probabilístico, en donde puede darse en acometidas, estructuras o tierra.

El propósito principal del procedimiento indicado en la norma no es más que establecer la necesidad de un sistema de protección contra rayos en una estructura dada, de igual forma las características que debe tener para garantizar de forma idónea la seguridad de las personas, animales, estructura y equipos.

La estructura a proteger debe incluir:

- La estructura misma.
- La instalación dentro de la estructura.
- El contenido de la estructura.
- Las personas dentro de la estructura o que permanezcan en zonas aledañas hasta tres (3) metros fuera de la estructura.
- Ambiente afectado por un daño en la estructura.

A continuación, se muestran los parámetros tenidos en cuenta en la evaluación del factor de riesgo antes de la implementación del sistema:

Tabla 4: Dimensiones generales de la estructura.

DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA A PROTEGER		
Ítem	Valor	Unidad
Largo de la estructura – L	40	m
Ancho de la estructura – W	8	m
Altura máxima de la estructura - H	6	m
Altura máxima de la estructura - Hp	6	m
Densidad de descarga a tierra - DDT	3	Rayos/Km ² /año

Resistividad del Suelo	50	$\Omega \cdot m$
BIL de los equipos internos	1501	Volt

Tabla 5: Condiciones generales de la estructura.

Condición de la estructura	Si	No
Posee paredes y techos metálicos con un espesor entre 0.1 mm y 0.5 mm	X	
Estructura con elementos sobresalientes		X
Perdidas de herencia cultural irremplazables		X

Tabla 6: Localización de la estructura.

Localización de la estructura	Si	No
Aislado: en la cima de una colina o elevación		X
Aislado sin objetos la vecindad		X
Rodeado de objetos o arboles de la misma altura o menor	X	
Rodeado de objetos o arboles más altos		X

Tabla 7: Ambiente alrededor de la acometida.

Ambientes donde están las acometidas	Si	No
Rural		X
Suburbano – menos de 10 metros de altura		X
Urbano – entre 10 y 20 metros de altura	X	
Urbano con edificaciones altas – más de 20 metros		X

Tabla 8: Ambiente alrededor de la acometida.

Tipo de Suelo en el interior de la estructura	Si	No
Prado, Concreto	X	
Mármol, Cerámica		X
Gravilla, tapete plástico		X
Asfalto, madera, linóleo, vinillo		X

Tabla 9: Tipo de acometida.

Tipo de Acometida	Si	No
Aérea		X
Subterránea	X	

Tabla 10: Localización de la acometida.

Localización de la acometida	Si	No
Aislado: en la cima de una colina o elevación		X
Aislado sin objetos la vecindad		X
Rodeado de objetos o arboles de la misma altura o menor	X	
Rodeado de objetos o arboles más altos		X

Tabla 11: Tipos de transformador utilizado.

Tipo de Transformador	Si	No
Sin transformador		X
Con transformador	X	
Con autotransformador		X

Tabla 12: Medidas tomadas con respecto a tensiones de paso y toque.

Medidas tomadas frente a Tensiones de paso y toque	Si	No
Sin medidas de protección	X	
Aislamiento eléctrico de bajantes expuestos		X
Equipotencialización efectiva a nivel del suelo		X
Avisos de advertencia		X
Refuerzos estructurales como bajantes o restricciones físicas		X
Sin medidas de protección		X

Tabla 13: Nivel de protección de la estructura.

Nivel de protección de la estructura	Si	No
Estructura no protegida	X	
Nivel IV		X
Nivel III		X
Nivel II		X
Nivel I		X
Nivel I con acero de refuerzo como bajante		X
SPE Completo		X

Tabla 14: Sistema de protección interno adaptado.

Sistema de protección interno	Si	No
Sin sistema de protección externa	X	
Nivel III y IV		X
Nivel II		X
Nivel I		X
DPS con mejores características que el Nivel I		X

Tabla 15: Tipo de cableado interno.

Tipo de cableado interno	Si	No
Sin apantallamiento y con lazos inductivos		X
Sin apantallamiento y pequeños lazos inductivos		X
Sin apantallamiento y sin lazos inductivos	X	
Con apantalla metálica puesta a tierra en ambos extremos		X
Sin apantallamiento y con lazos inductivos		X

Tabla 16: Tipo de canalizador.

Tipo de canalizador	Si	No
No metálica		X

metálica no puesta a tierra en ambos extremos		X
metálica puesta a tierra en ambos extremos	X	

Tabla 17: Uso de estructura.

Uso de estructura	Si	No
Atención médica, hoteles		X
Industria, comercio, escuelas, oficinas	X	
Entretenimiento público, teatros, iglesias, Museos		X
Otros		X

Tabla 18: Personas a proteger.

Personas a proteger	Si	No
Dentro de la estructura	X	
Fuera de la estructura	X	

Tabla 19: Perdidas por Sobretensiones.

Perdidas por sobretensiones	Si	No
Sistemas eléctricos no críticos		X
Sistemas eléctricos críticos por seguridad		X
Instalaciones de atención medica		X
Riesgo de explosión	X	

Tabla 20: Riesgo de explosión.

Perdidas por sobretensiones	Si	No
Mínimo		X
Bajo (que almacenan material combustible ocasionalmente)		X
Moderado (que almacenan material combustible permanente)		X
Alto (fabricada con material combustible)		X
Severo (con riesgo de explosión)	X	

Tabla 21: Medidas de protección por fuego.

Medidas de protección por fuego	Si	No
Extintores manuales, alarmas manuales, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación	X	
Extintores automáticos, alarmas automáticas		X

Tabla 22: Situación especial de peligro.

Situación especial de peligro	Si	No
Bajo (menos de 100 personas)	X	
Medio (entre 100 y 1000 personas)		X
Alto (superiores a 1000 personas)		X
Dificultad de evacuación (con personas)		X

discapacitadas)		
Peligro para el medio ambiente o el entorno		X

1.1 Evaluación de las componentes de riesgo (actual)

Tabla 23: Resultado de la evaluación de los componentes de riesgo.

Componentes de riesgo	Valor obtenido	Valor de referencia	Cumple (Si/No)
Pérdida de vida humana	$3,4035 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-5}$	NO
Pérdida del servicio público	0	$1,0 \times 10^{-3}$	Si
Pérdida del patrimonio cultural	0	$1,0 \times 10^{-3}$	SI

Medidas recomendadas

Como resultado de la evaluación, se encontró que de acuerdo con la NTC 4552-2008, el riesgo de pérdida de vidas humanas calculado (3.4035×10^{-2}) se encuentra por encima del valor tolerable por la norma (1×10^{-5}) para esta misma componente, por lo que deberán adoptarse medidas que permitan disminuir el riesgo a un valor menor o igual al tolerable.

Es necesario implementar medidas que minimicen los riesgos, tales como:

- ✓ Instalación de un SPE nivel I.
- ✓ Equipotencialización de los bajantes con la puesta a tierra de la edificación y el refuerzo estructural.
- ✓ Instalación de un sistema de protección interno de nivel I incluyendo un sistema coordinado de DPS's.
- ✓ Instalación de DPS's de acuerdo al nivel de riesgo y cumpliendo los requerimientos de Equipotencialización de la NTC 4552-3.
- ✓ Señalización adecuada para condiciones de riesgo eléctrico.
- ✓ Mantener en buenas condiciones el sistema de protección contra fuego manual.

1.2 Evaluación de las componentes de riesgo (después)

Tabla 24: Resultado de la evaluación de los componentes de riesgo teniendo implementando el sistema.

Componentes de riesgo	Valor obtenido	Valor de referencia	Cumple (Si/No)
Pérdida de vida humana	$9,5476 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-5}$	SI
Pérdida del servicio público	0	$1,0 \times 10^{-3}$	Si
Pérdida del patrimonio cultural	0	$1,0 \times 10^{-3}$	SI

Implementando las anteriores medidas, el valor de la componente de riesgo será de $9,5476 \times 10^{-6}$, valor que se encuentra por debajo del límite máximo considerado por la norma.

Por lo tanto, se deberán implementar tales recomendaciones para alcanzar los niveles de riesgo recomendados por la NTC 4552-2 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

La corriente nominal de descarga es el valor cresta de la corriente de impulso para la que está diseñado el DPS sin que supere el nivel de protección en tensión, esta corriente nominal deberá ser mayor a lo establecido en la tabla de acuerdo a NTC 4552-1.

Tabla 25: Corriente nominal de descarga.

Nivel de protección	Onda de prueba	
	10/350	8/20
IV	2 kA	20 kA
III	5 kA	50 kA
II	12.5 kA	125 kA
I	>12.5 kA	>125 kA

Los valores en la tabla son aplicables por cada conductor activo en el punto de conexión de la acometida.

1.3 Sistema De Protección Externo

Con el fin de prevenir que una descarga atmosférica de magnitud considerable produzca daños en la **EDS TERPEL LA PALMA**, se diseñó un sistema de protección externa contra rayos que consta de tres partes fundamentales:

- Elementos captadores de la descarga (puntas Franklin)
- Elementos conductores de la descarga a tierra (bajantes)
- Elementos disipadores de la descarga en la tierra (Electrodos de puesta a tierra)

El diseño del sistema de protección externo se realizó utilizando el método de la esfera rodante, siguiendo las recomendaciones dadas en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas -RETIE- y las normas NTC 4552 de 2008, NFPA 780, IEC 62305-3 y UL96A.

1.4 Elementos Captadores de la Descarga

El criterio de la ubicación de estos elementos consistió en la definición de una zona de protección contra rayos con una magnitud de corriente superior a los 17 KA; la cual corresponde a un sistema con un nivel de protección contra rayos I (NPR I) de acuerdo con la NTC 4552-2008. Para este nivel de protección contra rayos, el radio de la esfera rodante debe ser de 35m.

Las puntas estarán sobre la superficie del canopy y el techo de las oficinas, la ubicación de cada una de ellas se encuentra especificada en las imágenes de simulaciones adjuntas a este informe y en el plano anexo.

Las puntas ubicadas, deben estar interconectadas con el anillo equipotencializador ubicado en los techos por medio de conductores en aluminio desnudo calibre N° 1/0 AWG aislados mediante conectores tipo Snap plásticos. El alambre de aluminio debe tener diámetro y área mínima de 8mm y 50mm² respectivamente como lo indica el RETIE, para distribuir las corrientes de rayo entre las diversas bajantes.

Los elementos metálicos que se encuentren en los techos deben de considerarse elementos captadores siempre y cuando cumplan con las tablas de componentes naturales de captación de la NTC 4552-3 de lo contrario deben ser protegidos.

1.5 Elementos de conducción del rayo a tierra (Bajantes)

Son los encargados de conducir las corrientes del rayo desde los elementos captadores hasta los elementos disipadores de la descarga en la tierra (electrodos de puesta a tierra). Para el caso de la **EDS TERPEL LA PALMA**, el SPE tendrá el número bajantes por estructura indicado en los planos en conductor de aluminio THW calibre N° 1/0 AWG. Su ubicación deberá ser como se muestra en las gráficas de simulación adjuntas a las memorias.

1.6 Elementos de disipación del rayo en tierra (Electrodos de puesta a tierra)

Son los encargados de disipar la corriente del rayo en el terreno sin causar daño. Cada una de las bajantes deberá terminar en una varilla de cobre de 2.4 m de longitud y 5/8” de diámetro enterradas a 0.5m de profundidad.

2 PUESTA A TIERRA.

2.1 Medidas de resistividad eléctrica del suelo

Para la obtención de la resistividad (ρ), se aplicó el método de WENNER, el cual usa cuatro electrodos igualmente espaciados. El equipo empleado fue el Telurómetro Digital METREL MI-2088.

Las resistividades para las rutas medidas se muestran a continuación:

Tabla 26: Medidas de resistividad.

Distancia	Resistividad Ruta 1 [Ω .m]	Resistividad Ruta 2 [Ω .m]	Resistividad promedio [Ω .m]
1	51,80	9,36	30,58
2	45,40	11,17	28,29
4	50,70	8,99	29,85
6	56,30	22,40	39,35
8	63,40	23,00	43,20

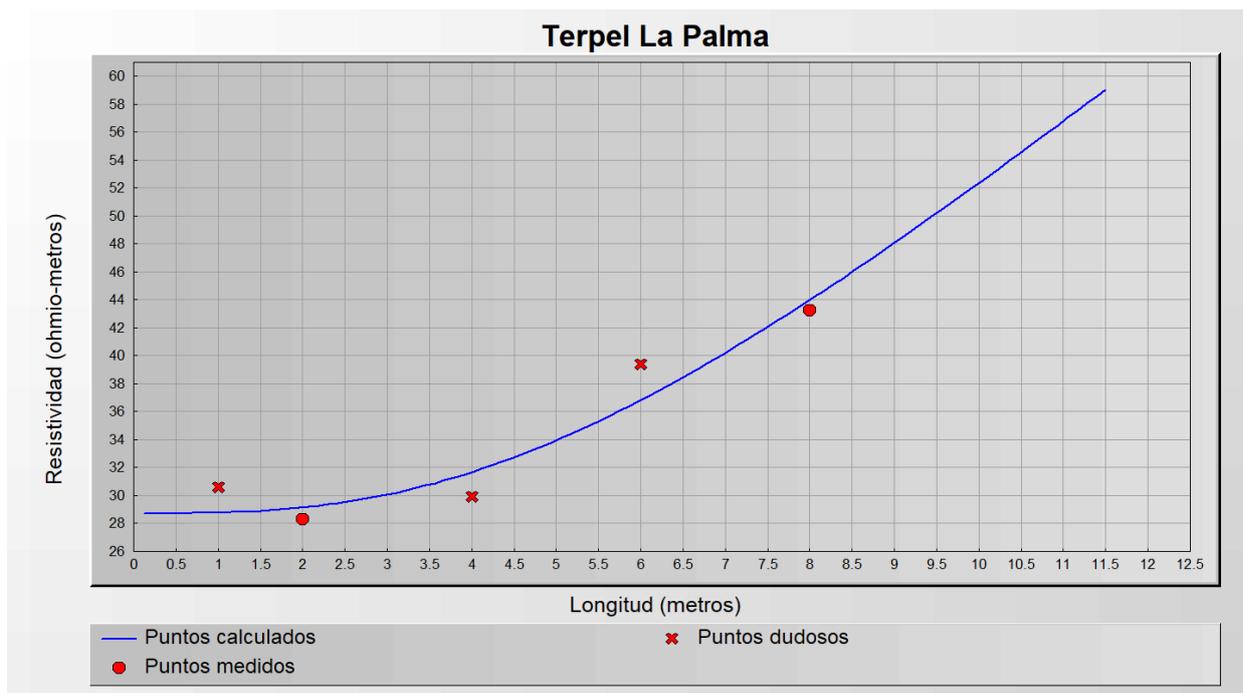


Fig. 8 Curva de resistividad del suelo.

2.2 Modelo del Suelo

Se caracterizó el terreno por medio del software CYMGrd, bajo el modelo securitario IEEE Std. 80-2000, dando como resultado la siguiente estratificación:

$$\rho_1 = 28,72 \text{ } [\Omega \cdot \text{m}]$$

$$\rho_2 = 1372,44 \text{ } [\Omega \cdot \text{m}]$$

H = 7.56 m espesor de la capa superior

Donde,

ρ_1 : Resistividad de la capa superior **ρ_2** : Resistividad de la capa inferior

H: Espesor de la capa superior

2.3 Calculo de la Puesta a Tierra

Los cálculos y el diseño de la puesta a tierra fueron realizados con el software CYMGrd y a partir del modelo del suelo de dos capas y la configuración de las puestas a tierra, se calculó su valor de resistencia.

Tabla 27: Resistencia de puesta a tierra.

EQUIPOTENCIALIDAD EXTERNA	Número de electrodos	Resistencia Calculada [Ω]
	7	2,569

El sistema de puesta a tierra del sistema externo de protección (SPE) contra rayos se debe equipotencializar con el sistema de puesta a tierra existente en la edificación.

Elementos a tener en cuenta en la implementación del sistema de apantallamiento externo:

- El anillo equipotencializador de techos debe de estar aislado de la estructura.
- Cada bajante debe terminar en una puesta a tierra con una configuración como la que se muestra en los anexos y lo más cercano posible a la base de las paredes o muros, preferiblemente a una distancia de 50cm desde el borde. [7]
- El electrodo tipo varilla debe estar identificado con la razón social o marca registrada del fabricante y sus dimensiones; esto debe hacerse dentro los primeros 30 cm desde la parte superior. [2]
- Se recomienda para los electrodos tipo varilla, emplear los de cobre sólido o las elaboradas por medio de electrodeposición, manteniendo las dimensiones antes mencionadas.
- El cableado de la puesta a tierra, deberá realizarse en cable de cobre desnudo calibre mínimo No. 1/0 AWG. El cableado y los electrodos, se deben colocar a una profundidad de 0.5 m, medidos a partir de la superficie del suelo o piso existente.
- Las uniones en la puesta a tierra se deben realizar con soldadura exotérmica (mirar anexo) o con conectores que cumplan con la norma NTC 4628 y/o IEEE 837.
- La puesta a tierra del sistema de apantallamiento externo se debe unir con el sistema de puesta a tierra principal de la edificación u otras puestas a tierra existentes en la misma. Para equipotencializar los sistemas, esta unión deberá realizarse en cable de cobre desnudo No. 1/0 AWG.
- “Los conductos, encerramientos, estructuras y otras partes metálicas de equipos eléctricos no portadores de corriente, se deben mantener alejados como mínimo a 1.80m de los conductores de las bajantes de los pararrayos; cuando la distancia a los conductores de las bajantes sea menor a 1.80 m, se deben conectar equipotencialmente a dichas bajantes”. [3]
- “Cualquier elemento metálico de la edificación que se encuentre expuesto al impacto del rayo, como antenas de televisión, CHIMENEAS, torres de comunicación y cualquier antena o tubería que sobresalga debe ser tratado como un terminal de captación” [2]. (Por tal motivo, deberán conectarse al anillo equipotencializador con conectores certificados para tal uso y cables que cumplan con la tabla 46 del RETIE.
- El radio de curvatura de una bajante no debe ser inferior a 20 cm, ni formar un ángulo menor de 90°, según normas NFPA 780 y UL96A.
- Es necesario instalar protecciones contra las sobretensiones (supresores clase I y II) que puedan ocurrir, debido a descargas eléctricas atmosféricas en los alrededores de las edificaciones o sobre el sistema de apantallamiento externo de las estructuras. Esto con el fin de proteger los equipos sensibles y así lograr una protección integral.
- El supresor o los supresores clase I y II se deben instalar inmediatamente antes de ingresar a los tableros de distribución que alimentan cargas sensibles y los supresores clase III, se deben

colocar como protecciones individuales de equipos sensibles y de líneas telefónicas que ingresan a la edificación.

- Todos los DPSs deben tener conexión a tierra.
- “Para minimizar los efectos que puedan causar diferencias de potencial ocasionadas por una descarga, las instalaciones metálicas deben estar a un mismo potencial mediante conexión a un barraje equipotencializador (BE), que debe ser conectado al sistema de puesta a tierra”. [6]
- “Todas las partes metálicas no portadoras de corriente como ductos de agua, ductos de gas, canastillas, sistemas eléctricos, etc., se deben conectar a un mismo potencial mediante un barraje equipotencializador (BE), para disminuir las consecuencias de un rayo, debidas a las grandes diferencias de potencial en la instalación de puesta a tierra. Todas las bajantes deben terminar en el BE y solamente éste debe estar conectado al sistema de puesta a tierra”. [6]
- No se deben usar como conductores de puesta a tierra conductores aislados o desnudos de aluminio o aluminio recubierto de cobre que estén en contacto directo con las paredes de mampostería o con tierra o si están sometidos a condiciones corrosivas. Es importante tomar precauciones a la hora de conectar materiales distintos sin los conectores adecuados, ya que se puede presentar corrosión, acelerando el deterioro de alguno de los materiales.
- Se debe construir mínimo una caja tipo distribución de 30x30cm (o mayor) cuya tapa debe ser removible, para efectos de medida e inspección.

2.4 Control de tensiones de Contacto y Paso.

La norma IEC 62305-3 “Protection against Lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard” indica que algunas condiciones, la vecindad con las bajantes del sistema de protección contra rayos (LPS) en el exterior de la estructura pueden ser peligrosas para la vida, inclusive si el LPS ha sido diseñado y no construido de acuerdo con lo definido por la normatividad aplicable. En consecuencia, establece que el peligro por tensiones de contacto y de paso puede reducirse a un nivel tolerable si una de las siguientes medidas es tomada:

- La probabilidad de tener presencia de personas o la duración de la presencia de las personas a 3 m alrededor de las bajantes es baja.
- La resistividad de la capa superficial del terreno a 3 metros alrededor de la bajante no debes ser inferior a 5 kΩm (una capa de material aislante como por ejemplo asfalto de 5 cm de espesor o una capa de 15 cm de triturado generalmente reduce el riesgo a valores tolerables)
- Un control adicional aplicable únicamente a las tensiones de contacto, se logra cuando se utilizan como bajantes grandes estructuras metálicas o varias columnas de acero interconectadas, con continuidad eléctrica asegurada.
- Señalización de advertencia por bajante accesible.

Si ninguna de las condiciones anteriores se cumple puede brindarse protección contra accidentes mediante la adopción de las siguientes medidas:

- Tener instrucción clara de la guía de seguridad frente a tormentas eléctricas. [5]. anexo F) Anexo D.
- Crear restricciones físicas de acceso a las bajantes y/o generar anuncios de advertencia para minimizar la probabilidad de que alguien esté a menos de 3 m de las bajantes.
- Instalar conductores expuestos con aislamiento resistente a impulsos de tensión de 100 kV 1,2/50 μ s. Un ejemplo es el aislamiento de 3 mm de polietileno reticulado (cables de media tensión). Este Control es únicamente a las tensiones de contacto.
- Garantizar la equipotencialización por medio de la correcta instalación de puesta a tierra. (Control aplicable únicamente a tensiones de paso)

Luego de realizar el diseño de puesta a tierra y apantallamiento, teniendo el conocimiento previo de los materiales eléctricos a utilizar, se realiza el diseño del alma de una estación de servicios de combustibles como lo es su gabinete de líquidos.

7.3 DISEÑO DE GABINETE DE LIQUIDOS:

Ante de diseñar el gabinete de líquidos, se debe conocer en que consiste y cuál es la principal función. En una estación de servicios de gasolina, el gabinete o tablero eléctrico de líquidos es la parte principal debido a que en estos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación, su principal función es automatizar el proceso brindando confiabilidad, seguridad y buen servicio en el menor tiempo posible.

El gabinete de líquidos en la estación de combustible **TERPEL LA PALMA**, fue diseñado principalmente para controlar, el funcionamiento de cuatro bombas sumergibles de 1.5Hp con tensión nominal de 208Vac.

7.3.1 DIAGRAMA UNIFILAR:

El diagrama unifilar del gabinete de control de líquidos de la EDS TERPEL LA PALMA diseñado en este proyecto, se muestra en la Fig 10, en el cual se observa un totalizador o interruptor termomagnético de 3x40A siendo este la protección principal a el gabinete de líquidos, a su vez tiene asociado una bobina de disparo por emisión de corriente, la cual permite desenergizar desde varios puntos de la conexión mediante pulsadores tipo hongos o paradas de emergencia.

Se debe tener en cuenta a la hora de dimensionar este tipo de gabinete de control lo siguiente: Se necesitan tantos contactores como bombas, además cada bomba tiene asociada a su respectiva protección cuya capacidad está dada por la potencia y la tensión de la bomba, para esta estación de servicio se cuenta con cuatro bombas, por lo tanto, se tienen cuatro

contactores. Por otra parte, se deben tener acondicionadores o reguladores de tensión cuya razón es proteger los dispensadores ya que estos poseen equipos electrónicos debido a que son sensibles a los cambios de tensión. Entonces, después de los reguladores como se observa en el diagrama unifilar, se tendrá un barraje regulado que, además la función antes descrita se tendrán los circuitos de control para los contactores km1, km2, km3, km4 descritos en el diagrama unifilar. Cabe resaltar que se cuenta con dos reguladores con la finalidad de que si uno falla no se vaya a perder el servicio de la estación debido a esto.

Para tener conocimiento de cuántos relevos se necesitan, estos se asocian cada uno a las mangueras que tiene cada dispensador, es decir si se tiene un dispensador con cuatro mangueras, entonces se necesitan cuatro relevos asociado a los productos que se quieren tener en ese dispensador. Por consiguiente, el relveo estará asociado a la bobina de un contactor principal que será la señal de activación de la bomba. En este caso en el gabinete de líquidos de la EDS se obtuvieron 16 relevos, esto debido a que por cada dispensador se tienen tres productos que son: corriente, diésel, extra, además de un relveo de reserva para futuras ampliaciones.

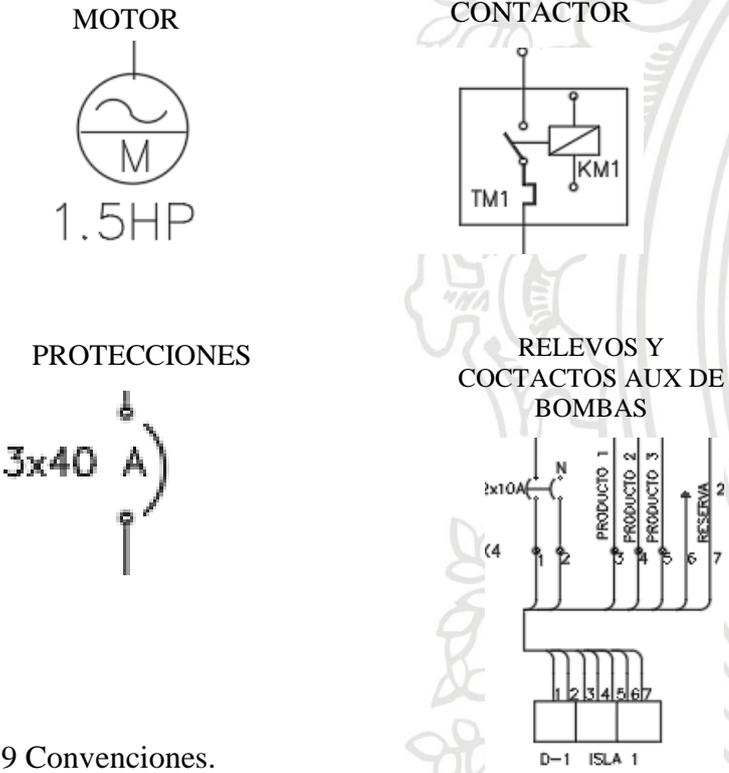


Fig. 9 Convenciones.

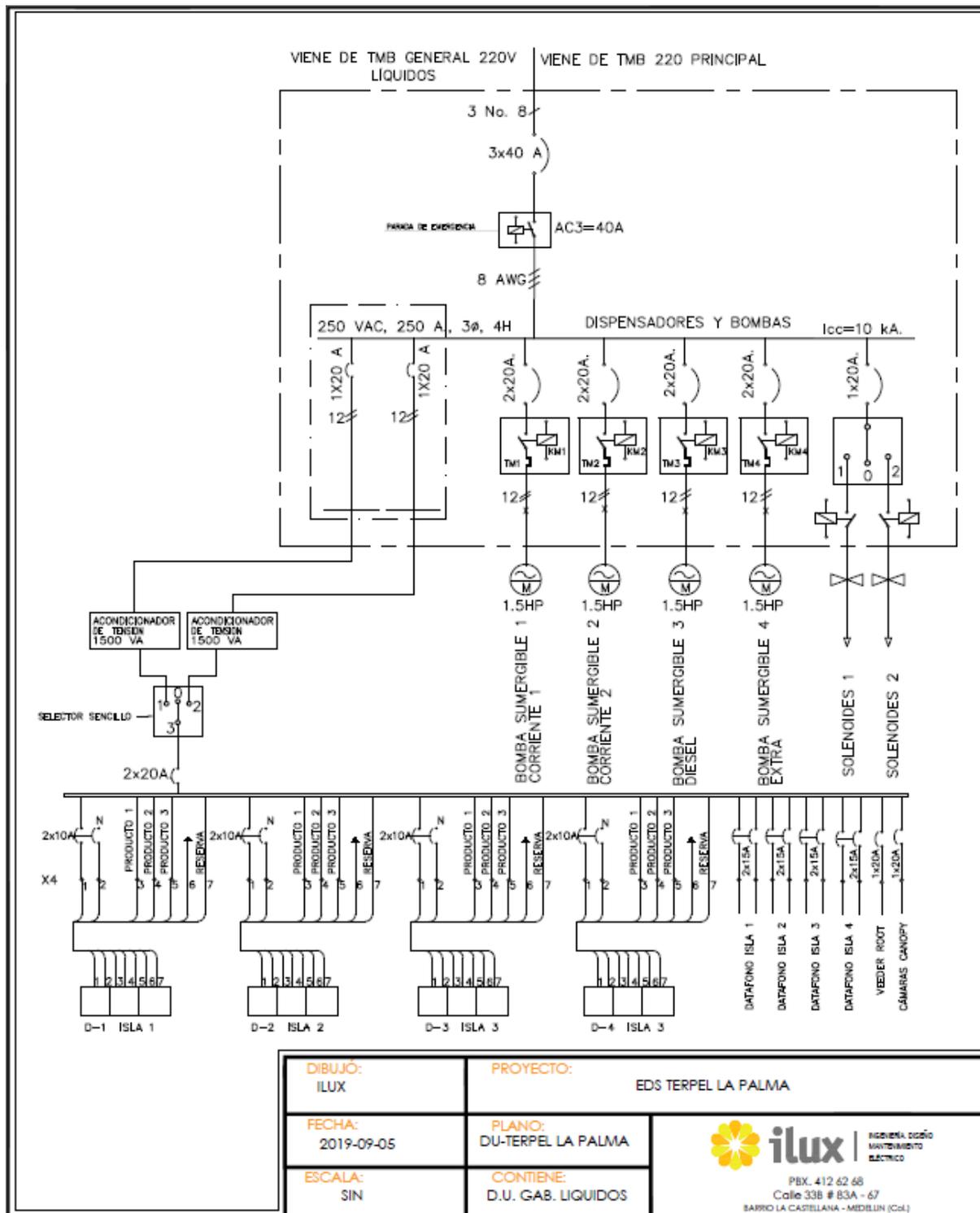


Fig. 10 Diagrama unifilar gabinete de líquidos EDS TERPEL LA PALMA.

7.3.2 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE GABINETE DE LÍQUIDOS.

Una vez aprobado y revisado el diagrama unifilar se procede al montaje del tablero, de acuerdo a las cantidades de obra cotizadas. Al elegir los elementos conectados en el tablero hay que tener en cuenta las cargas que vamos a conectar como lo son los motores y dispensadores para así debido a su potencia consumida y la tensión a la cual estará conectados calcular las diferentes protecciones a lo largo del tablero.

En la figura 7 y 8 se presenta el gabinete de control de líquidos instalado en la instalación.

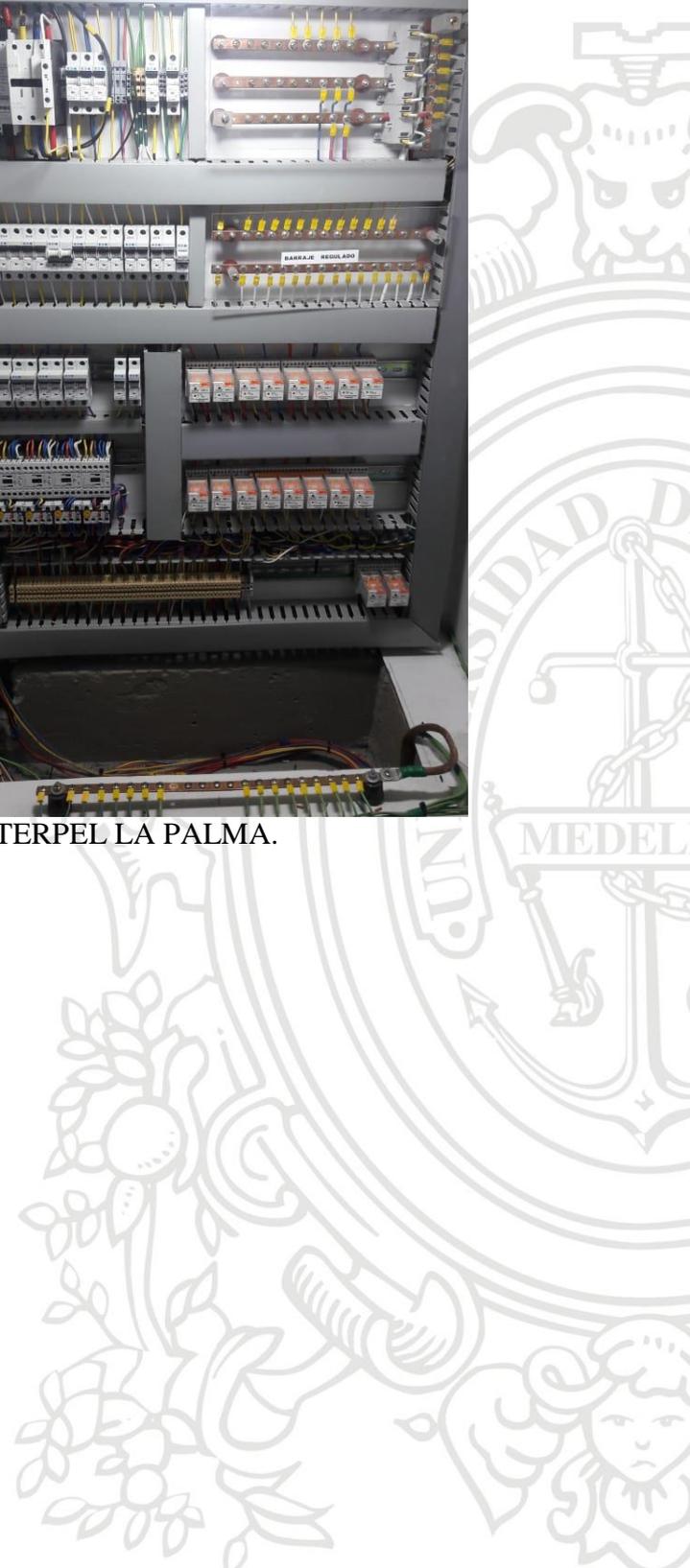
Tabla 28. Cantidades de Obras ejecutadas para el gabinete de líquidos.

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1	GABINETES Y TABLEROS		
1.1	Modulo Gabinete Equipos (líquidos)	GL	1
1.1.1	Gabinete de 0,90 x 0,52 x 1,40 cm (ancho - profundo - alto), cableado, con barraje normal trifásico y barraje regulado monofásico.	UN	1
1.1.2	Contactador de 40 A -115 V AC 3 (general)	UN	1
1.1.3	Breaker industrial 3 x 40 A 25 KA (totalizador general) MG	UN	1
1.1.4	Breaker riel 2 x 10 A, 10 KA (datafono)	UN	4
1.1.5	Breaker riel 1 x 10 A, 10 KA veeder root	UN	1
1.1.6	Breaker riel 1 x 4 A, 10 KA (Bobinas contactores)	UN	3
1.1.7	Breaker riel 1 x 20 A, 10 KA (acondicionadores de voltaje 2 un)	UN	2
1.1.8	Bornera para cable 12 - 14AWG	UN	60
1.1.9	Barraje de cobre para neutro 20 x 1 x 0. 3 (80 A) 50cms	UN	1
1.1.10	Barraje de cobre para tierra 20 x 1 x 0. 3 (80 A) 50cms	UN	1
1.1.11	Barraje de cobre para red normal de 25 x 1 x 0. 3 red regulada	UN	6
1.1.12	Piloto señalización electrónico 22 mm 3 w ,220 v (10 rojos y 10 verdes)	UN	8
1.1.13	Acrílico 45x15cm	UN	2
1.1.14	Toma dobles p/t 120 V (acondicionadores)	UN	2
1.1.15	Caja 12x12x5	UN	2
1.1.16	Regulador automático de voltaje de 2 KVA - 120 Voltios	UN	0
1.1.17	Prensa estopa de 1/2"	UN	2
1.1.18	Pulsador paro emergencia para gabinete PN 81 R	UN	1
1.1.19	Conmutador tripolar 1 - 0 - 2 32 AMP para tablero	UN	1
1.1.20	Riel omega para instalación de breaker	ML	4
1.1.21	Cable encauchetado 3x12	ML	6
1.1.22	Canaleta plástica ranurada de 7 x 8cm O 60 X 80	ML	8
1.1.23	Aisladores yoyo para barraje de 3/16"	UN	14
1.1.24	Terminales amarillas de ojo para cable No.12	UN	50
1.1.25	Clavija de caucho 120V/15A con polo a tierra	UN	2
1.1.26	Tornillo de lámina de 1/2" x 8 autopercorante	UN	60
1.1.27	Cable de Cu THWN No. 8	ML	3
1.1.28	Cable de Cu THWN No.12	ML	75
1.1.29	Cable de Vehículo No.16	ML	50

1.1.30	Espiral para cable de 1/2"	ML	2
1.1.31	Correas de amarre de 15cm	UN	50
1.1.32	Terminales de prensar cable N. 8	UN	9
1.1.33	Marcación tablero	UN	1
1.1.34	Borneras portafusibles	UN	3
1.1.35	fusibles 6 amp 20 mm	UN	3
1.1.36	Terminales de pin 10-12 amarillas	UN	80
1.1.37	Lámpara de iluminación de tableros	UN	1
1.1.38	Voltímetro digital de 110 V-220V	UN	1
1.1.39	Selector voltímetro LOVO500	UN	1
1.1.40	Amperímetro digital de 0-100A	UN	1
1.1.41	Selector Amperímetro LOVO346	UN	1
1.1.42	Transformador de corriente LOVO505 5-100A	UN	1
1.1.37	Mano de obra	UN	1
1.2	Módulo para bomba de 1.5 HP	GL	4
1.2.1	Breaker riel 2 x 20 A , 10 KA	UN	4
1.2.2	Contactador de 20 amperios AC 3 - 110 Voltios	UN	4
1.2.3	Térmico de 3- 9 amperios	UN	4
1.2.4	Mano de obra	UN	4
1.3	Módulo para dispensador	GL	4
1.3.1	Breaker riel 2x10 A, 10 KA	UN	3
1.3.2	Base para relevo de 11 pines	UN	16
1.3.3	Relevo de 11 pines con base 110V	UN	16
1.3.4	Mano de obra	UN	3
1.4	Selector para bypass de 2 tanques con válvula solenoide		
1.4.1	Swiche muletilla de 3 posiciones (Lovato lovo380)	UN	1
1.4.2	Mano de obra	UN	1

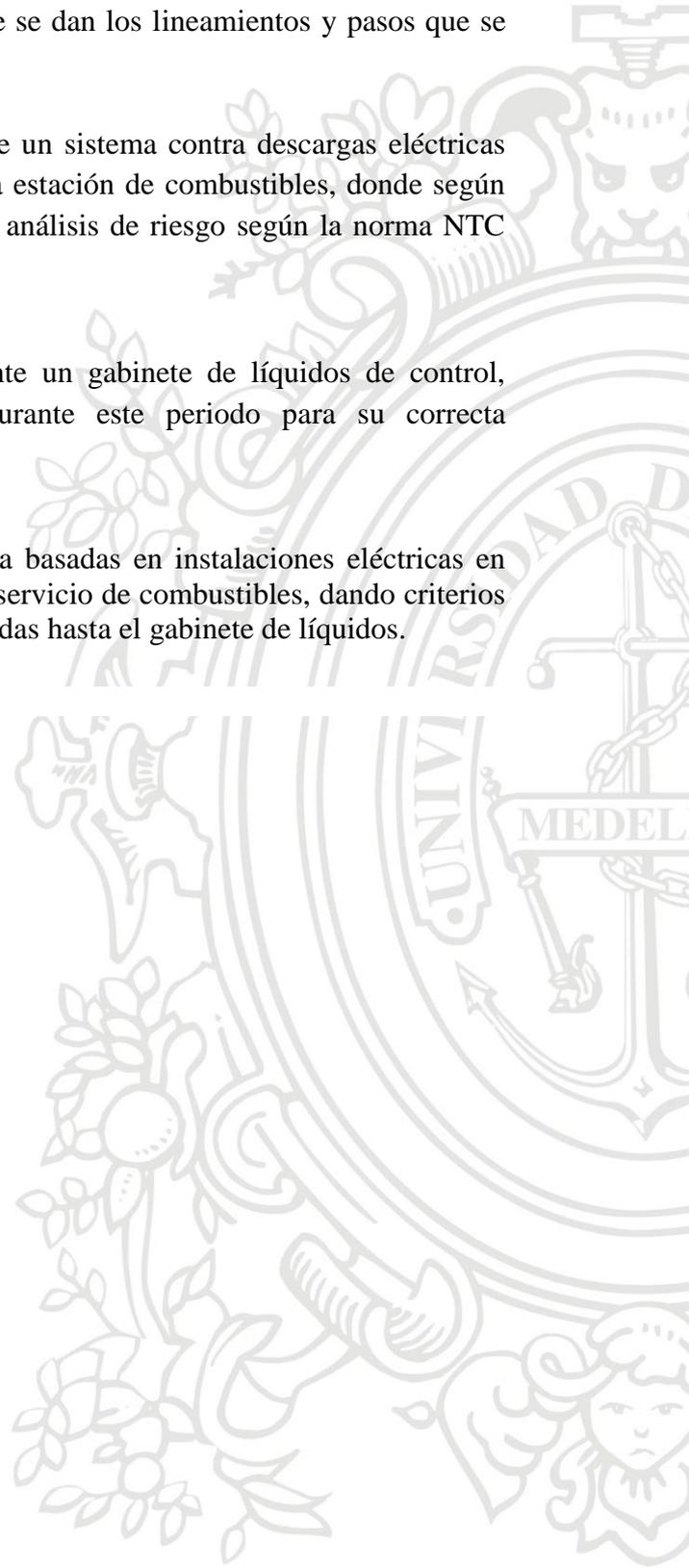


Fig. 11 Gabinete de líquidos EDS TERPEL LA PALMA.



8. RESULTADOS:

- Se realiza una investigación de la normativa Colombia e internacional aplicable para las estaciones de servicios de gasolina, donde se dan los lineamientos y pasos que se deben seguir para su correcto funcionamiento.
- Se diseñó y se implementó satisfactoriamente un sistema contra descargas eléctricas atmosféricas y puesta a tierra aplicable a una estación de combustibles, donde según su grado de criticidad se realizó el respectivo análisis de riesgo según la norma NTC 4552-2 y se ejecutó satisfactoriamente.
- Se diseñó y se implementó satisfactoriamente un gabinete de líquidos de control, aplicando los conocimientos adquiridos durante este periodo para su correcta ejecución.
- Se desarrolla una guía de diseño estructurada basadas en instalaciones eléctricas en áreas peligrosas con énfasis en estaciones de servicio de combustibles, dando criterios para realizar desde el diseño de áreas clasificadas hasta el gabinete de líquidos.



9. CONCLUSIONES:

La información presentada tiene cierto grado de complejidad, por lo tanto, se estudió rigurosamente como se realizan las instalaciones eléctricas en estaciones de servicios, desde su marco legal vigente y la normativa actual que se aplica a nivel nacional e internacional para las estaciones de servicios de combustibles, enfatizando la clasificación de áreas peligrosas hasta el alma de la estación de servicios como lo es el gabinete de control de líquidos, dando como resultado en el estudio realizado una guía de diseño estructurada para instalaciones eléctricas especiales en estaciones de servicio.



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio De Minas y Energía Decreto No 4229 De 25 noviembre De 2005.
- [2] Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas. RETIE versión agosto 30 de 2013.
- [3] Código Eléctrico Colombiano. NTC 2050 Primera Actualización Instituto Colombiano De Normas Técnicas ICONTEC.
- [4] Ministerio De Minas y Energía Decreto No 1521. agosto 4 de 1998.
- [5] Norma Técnica Colombiana. NTC 4552-1 Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos) Parte 2, 26 de noviembre de 2008. Instituto Colombiano De Normas Técnicas ICONTEC.
- [6] Norma Técnica Colombiana. NTC 4552-2 Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos) Parte 2, 26 de noviembre de 2008. Instituto Colombiano De Normas Técnicas ICONTEC.
- [7] Norma Técnica Colombiana. NTC 4552-2 Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos) Parte 3, 26 de noviembre de 2008. Instituto Colombiano De Normas Técnicas ICONTEC.
- [8] CARDOZO GALVIS, Carlos Alfredo. Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos. Bucaramanga, 2011. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de ingeniería.
- [9] Diplomado RETIE Con Énfasis en la NTC 2050. Facultad de Ingeniería, Centro de Extensión-CESET, Universidad De Antioquia. Septiembre 01 2017 – marzo 09 2018.

10.1 CIBERGRAFIA

- [10] Diferencias entre Surtidores y Dispensadores. (<https://chayan.com.pe/surtidores-y-dispensadores-de-combustible.html>). Consultado: 10 de mayo de 2019.
- [11] Producto a Prueba de Explosión. <http://teca.co/categoria-producto/nema-7-productos-a-prueba-de-explosion/>. Consultado: 22 de agosto de 2019.

Anexos

Anexo 1: Modelación de puestas a Tierra.

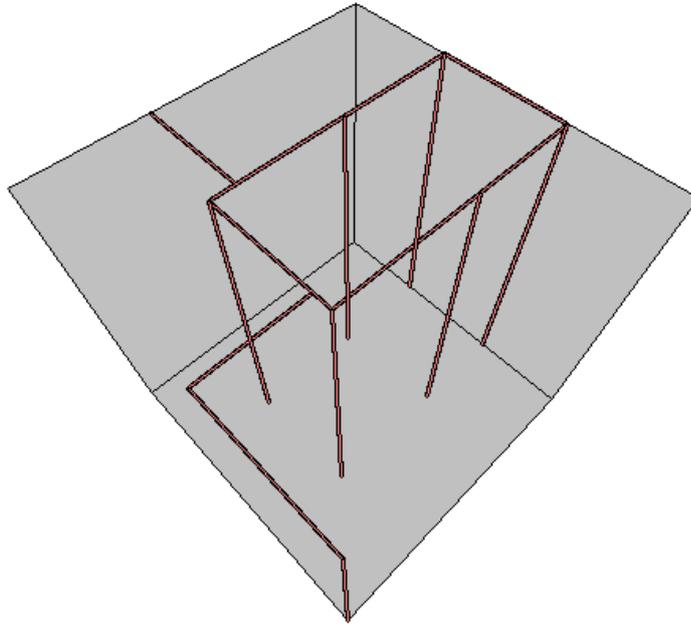


Ilustración 1. Modelo 3D Malla del Apantallamiento.

Tabla 29. Reporte de resultados.

Reporte de análisis de la malla		Wednesday, March 20, 2019, 16:11:22
Nombre de la subestación	Untitled	
Proyecto	2019-03-18 SPT_SPE TERPEL LA PALMA	
Estudio	2019-03-18 SPT_SPE TERPEL LA PALMA	
Parámetros		
Spec. Z paralelo equivalente	Z infinito	
Frecuencia nominal	60 hz	
Nombre de la barra	Desconocido	
Corriente de falla LG	1000 amps	
Contribución a distancia	100 %	
Espesor de la capa superior	7.56 metros	
Resistividad de la capa superior	28.72 ohm-m	
Resistividad de la capa inferior	1372.44 ohm-m	
Resultados de salida		
Elevación del potencial de tierra	2636.25 voltios	
Resistencia de tierra calculada	2.56964 ohmios	
Impedancia equivalente	2.56898 ohmios	

Anexo 2: Aplicación del método Electro-geométrico.

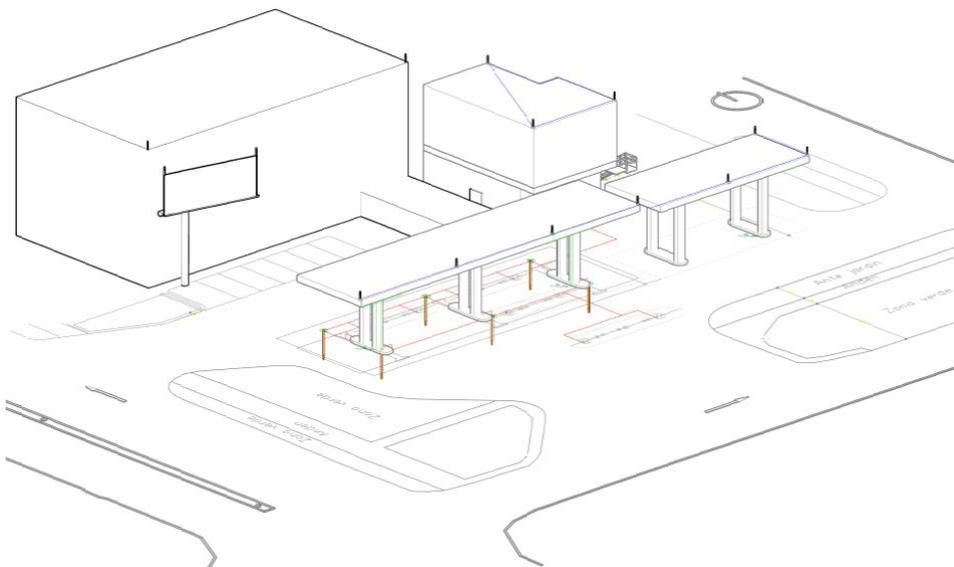


Ilustración 2. *Modelo EDS Terpel la palma.*

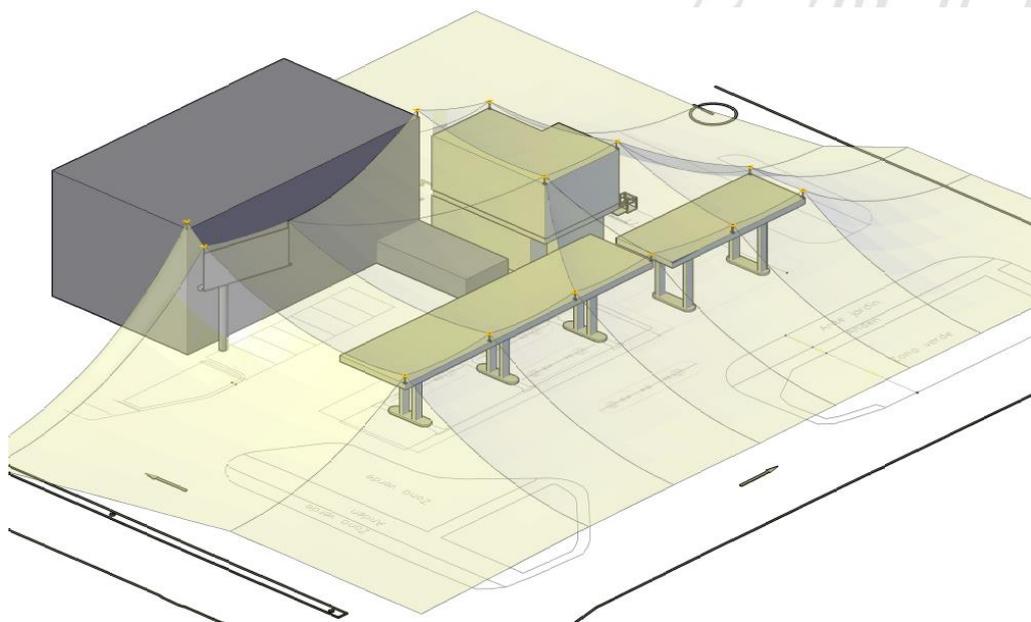


Ilustración 3. *Protección general sobre cubiertas.*

2.5 Anexo 3: Anexo F de la NTC 4552 - 2008. Guía general de seguridad personal durante tormentas eléctricas.

Durante una tormenta eléctrica son evidentes los peligros a los que se exponen, no solo las edificaciones y los sistemas eléctricos y electrónicos sino las personas. Es por ello que se deben conocer algunas recomendaciones para tener en cuenta durante una tormenta, evitando riesgos para las personas.

El riesgo de ser alcanzado por un rayo es mayor entre las personas que trabajan, juegan, caminan o permanecen al aire libre durante una tormenta eléctrica.

En la zona central colombiana (Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Santander, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y los llanos) la actividad de descargas eléctricas atmosféricas es más intensa durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre; en la zona caribe colombiana (Atlántico, Magdalena, Sucre, Córdoba, Guajira) durante los meses de julio y agosto y en la zona sur (Amazonas, Cauca y Putumayo) durante los meses de diciembre y enero.

La actividad de descargas eléctricas atmosféricas se presenta generalmente en las tres zonas descritas entre las 2 y las 6 de la tarde y en algunas zonas especiales como el Magdalena Medio en horas de la noche y en la madrugada.

Cuando se tenga indicios de tormenta eléctrica es recomendable, como medida de protección, tener en cuenta las siguientes instrucciones

- ✓ Desconecte equipos eléctricos o electrónicos, evitando a utilización de ellos y de aparatos telefónicos.
- ✓ Busque refugio en el interior de vehículos, edificaciones y estructuras que ofrezcan protección contra descargas eléctricas atmosféricas.
- ✓ A menos que sea absolutamente necesario, no salga al exterior ni permanezca a la intemperie durante una tormenta eléctrica.
- ✓ Permanezca en el interior del vehículo, edificación o estructura hasta que haya desaparecido la tormenta.

Protéjase de las descargas eléctricas atmosféricas en:

- ✓ Contenedores totalmente metálicos.
- ✓ Refugios subterráneos.
- ✓ Automóviles y otros vehículos cerrados con carrocería metálica.
- ✓ Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra descargas eléctricas atmosféricas.

Estos sitios ofrecen poca o ninguna protección contra descargas eléctricas atmosféricas:

- ✓ Edificaciones no protegidas alejadas de otras viviendas.
- ✓ Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.
- ✓ Vehículos descubiertos o no metálicos.

Aléjese de estos sitios en caso de tormenta eléctrica:

- ✓ Terrenos deportivos y campo abierto.
- ✓ Piscinas, playas y lagos.
- ✓ Cercanía a líneas de transmisión eléctrica, cables aéreos, vías de ferrocarril, tendedores de ropa, cercas ganaderas, mallas eslabonadas y vallas metálicas, Árboles solitarios.
- ✓ Torres metálicas: de comunicaciones, de líneas de alta tensión, de perforación. Etc.

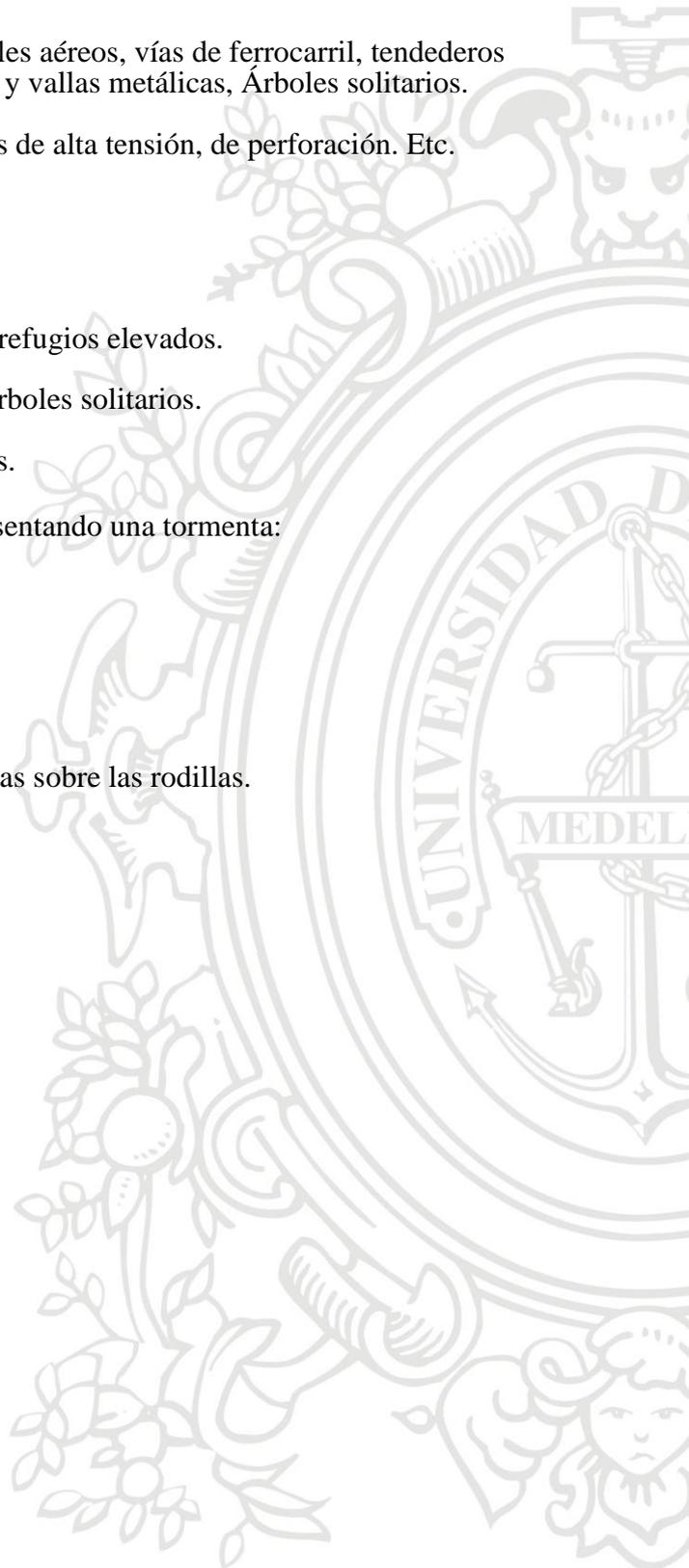
Si debe permanecer en una zona de tormenta:

- ✓ Busque zonas bajas.
- ✓ Evite edificaciones sin protección adecuada y refugios elevados.
- ✓ Prefiera zonas pobladas de árboles, evitando árboles solitarios.
- ✓ Busque edificaciones y refugios en zonas bajas.

Si se encuentra aislado en una zona donde se esté presentando una tormenta:

- ✓ No se acueste sobre el suelo
- ✓ Junte los pies.
- ✓ No escampe bajo un árbol solitario.
- ✓ No coloque las manos sobre el suelo, colóquelas sobre las rodillas.

Adopte la posición de cuclillas.



2.6 Anexo 4: Guía para soldaduras exotérmicas y cantidades aproximadas de Obra.

Tabla 30: Grapas de soldadura para cable de sobre N° 1/0 AWG.

Tipo de Unión	Gramos de Soldadura
Cable – Cable	45
Cable - Cable en T	90
Cable - Varilla de 5/8"	90
Cable - Varilla de 5/8" en T	90
Cable - Cable en X	90
Cable - Cable - Varilla de 5/8"	200

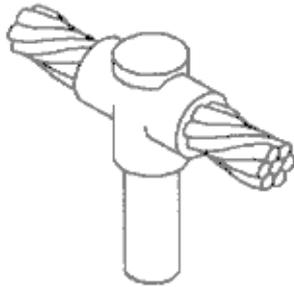


Ilustración 5: Unión de cable con varilla de 5/8" en T.

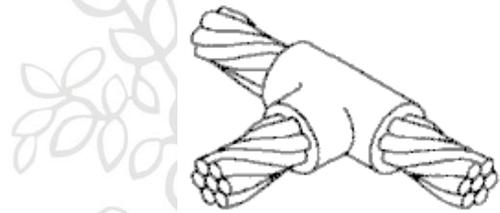


Ilustración 4. Unión de cable con Cable en T.

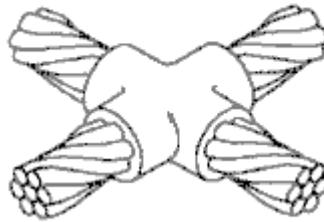


Ilustración 6: Unión de cuatro cables en cruz.

CANTIDADES DE OBRA			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	SISTEMA DE INTERCEPTACION Y TRASPORTE A TIERRA		
1.1	Punta de pararrayos(Asta)	UNIDAD	10
1.2	Union galvanizada de $\frac{3}{4}$ "	UNIDAD	1
1.3	Tubo galvanizado $\frac{3}{4}$ " x 3m	UNIDAD	1
1.4	conector de compresión en C	UNIDAD	20
1.5	Alambron de 8 mm Aluminio de diametro	METROS	120
1.6	Tubo PVC de $\frac{3}{4}$ " x 3m con union	UNIDAD	0
1.7	Cable Al AWG THW $\frac{1}{0}$	METROS	60
1.8	Conector bimetalico Al-Cu $\frac{1}{0}$	UNIDAD	4
1.9	Caja 12x12 tipo intemperie	UNIDAD	4
1.11	Tornillo autoperforante cabeza plana 1 1/2"	UNIDAD	280
1.12	Soporte plastico para conductor de Al $\frac{1}{0}$ sobre cubiertas	UNIDAD	120
1.13	Kit de señalizacion de riesgo eléctrico	UNIDAD	1
2	SISTEMA DE DISIPACION EN TIERRA		
2.1	Cable CU desnudo $\frac{1}{0}$ AWG	METROS	140
2.2	Electrodo de cobre diámetro $\frac{5}{8}$ " x 2,4 m	UNIDAD	7
2.3	Soldadura exotermica Cable-Cable-Varilla	UNIDAD	30
2.4	Caja de inspección 30x30 cm	UNIDAD	2
NOTA			
Todas son cantidades aproximadas, deberán verificarse en obra las cantidades aquí expuestas y se puede modificar tanto el tipo como la cantidad de material si es requerido dependiendo de las dificultades constructivas cumpliendo con NTC 4552			

NOTA: Todas las cantidades son aproximadas, deberán verificarse en obra.

Visto bueno del asesor interno y asesor externo

Como asesor conozco la propuesta y avalo su contenido.

Firma

Nombre del asesor interno

Firma

Firma del asesor externo

