



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS, APLICACIÓN
ESPECÍFICA: ESTACIONES DE SERVICIO Y PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS**

José Luis Hernández González

Asesorado por el Ing. Jorge Gilberto González Padilla

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS, APLICACIÓN
ESPECÍFICA: ESTACIONES DE SERVICIO Y PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE GILBERTO GONZÁLEZ PADILLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS, APLICACIÓN
ESPECÍFICA: ESTACIONES DE SERVICIO Y PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 8 de junio de 2011.



José Luis Hernández González

Guatemala, 30 de septiembre de 2013

Ingeniero
Romeo López
Coordinador del Área de Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ing. López

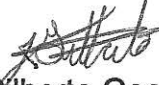
Por este medio le envié el informe final del Trabajo de Graduación titulado **"Diseño de Instalaciones eléctricas en áreas peligrosas, aplicación específica: estaciones de servicio y plantas distribuidoras de gas"** desarrollado por el estudiante **JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ**, asesorado debidamente por mi persona.

Por lo que habiendo cumplido con el objetivo y requisitos de ley del referido trabajo, en mi calidad de asesor apoyo su contenido, solicitándole el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

Jorge Gilberto González Padilla
INGENIERO ELECTRICISTA
No. DE COLEGIADO 9055


Ing. Jorge Gilberto González Padilla.
Colegiado No. 9055
Asesor



Ref. EIME 83, 2013
Guatemala, 23 de OCTUBRE 2013.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS
PELIGROSAS, APLICACIÓN ESPECÍFICA: ESTACIONES DE
SERVICIO Y PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS,** del
estudiante **José Luis Hernández González,** que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Romeo Neftalí López Orozco
Coordinador Área Electrotécnica



SRO



REF. EIME 83. 2013.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ titulado: DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS, APLICACIÓN ESPECÍFICA: ESTACIONES DE SERVICIO Y PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 7 DE NOVIEMBRE 2,013.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 853.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS, APLICACIÓN ESPECÍFICA: ESTACIONES DE SERVICIO Y PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS**, presentado por el estudiante universitario José Luis Hernández González, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 28 de noviembre de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme culminar una etapa importante en mi vida profesional.
Mis padres	Isidro Hernández Juárez y Josefina González Vásquez, por brindarme siempre su apoyo.
Mi esposa	Claudia Verónica Toc, por su apoyo constante, y por el gran amor que me brinda cada día.
Mi hijo	José Pablo Hernández, por ser la principal fuente de inspiración de todo lo que hago.
Mis hermanos	Edvin, Jorge, Sergio, Jeremías, Wilson, Jesenia y Cristian Hernández González, de quienes siempre conté con su apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por tanta bendición recibida, y por darme la oportunidad de finalizar una etapa más en mi vida profesional.
Mis padres	Por brindarme siempre buenos consejos y guiarme por el camino correcto.
Mi esposa	Claudia Verónica Toc, por todo el amor, comprensión y felicidad que me brinda.
Grupo Artec	Por brindarme apoyo incondicional, siempre que lo necesité.
Mi asesor	Por ser una gran persona que confió en mí y por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.
Mis amigos	Luis Orozco y Mario Guzmán, por brindarme su apoyo incondicional cuando fue necesario.
Ingeniero Jorge Arana	Por brindarme su apoyo y experiencia cuando lo necesité.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas para adquirir los conocimientos necesarios de ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ANTIEXPLOSIVAS.....	1
1.1. Información general relativa a los fenómenos de explosión de gases	1
1.1.1. Áreas peligrosas	1
1.1.2. Causas de incendios y explosiones.....	2
1.1.2.1. Fuentes de ignición.....	3
1.2. Riesgos de ignición electrostáticas en las gasolineras	4
1.2.1. Electricidad estática: fundamentos	4
1.2.2. Acumulación de carga electrostática entre dos malos conductores y posible aparición de descargas electrostáticas	5
1.2.3. Carga electrostática de un conductor aislado y posible aparición de una descarga electrostática	5
1.2.4. Parámetros que influyen en la acumulación de carga electrostática dentro de una tubería no conductora.....	6
1.3. Condiciones básicas de seguridad	7

1.3.1.	Instalador, fabricante y operador.....	8
1.3.2.	Reparación y mantenimiento.....	8
1.4.	Normas utilizadas para el diseño de instalaciones especiales.....	9
1.4.1.	Clasificación de áreas peligrosas según los artículos del Código Eléctrico Nacional (NEC), artículo 500.....	10
1.4.1.1.	Ambiente Clase I (artículo 501, NEC)...	10
1.4.1.2.	Ambientes Clase II (artículo 502, NEC).....	12
1.4.1.3.	Ambientes Clase III (artículo 503, NEC).....	14
1.4.1.4.	Grupos atmosféricos (artículo 500.6, NEC).....	15
1.4.2.	Clasificación de áreas explosivas, según las normas de la Comisión Internacional de Electrotecnia IEC (60079-10).....	16
1.4.2.1.	Procedimientos de clasificación del área explosiva, Comisión Internacional de Electrotecnia IEC 60079-10, sección 4.....	16
1.4.2.2.1.	Alcance de la zona.....	17
1.4.3.	Clasificación de las zonas peligrosas.....	18
1.4.3.1.	Zona 0 (sección 2.5.1 IEC 60079-10)...	18
1.4.3.2.	Zona 1 (sección 2.5.2 IEC 60079-10)...	18
1.4.3.3.	Zona 2 (sección 2.5.3 IEC 60079-10)...	18
2.	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO.....	19

2.1.	Requerimientos del Ministerio de Energía y Minas (MEM)	19
2.2.	Plano de instalaciones eléctricas.....	19
2.2.1.	Clasificación de áreas peligrosas	20
2.2.2.	Diseño del circuito eléctrico derivado de fuerza.....	22
2.2.3.	Circuitos derivados de iluminación, por el método de cavidad zonal.....	26
2.2.4.	Cálculo de la capacidad de tableros	31
2.2.5.	Cálculo de protección principal	33
2.2.6.	Cálculo de acometida	34
2.2.6.1.	Cálculo de acometida por caída de tensión	34
2.2.7.	Cálculo de la tubería antiexplosión para la acometida	35
2.2.8.	Corrección del factor de potencia	35
2.2.9.	Cálculo de las características eléctricas del transformador	37
2.2.10.	Cálculo de planta de emergencia	37
2.2.11.	Material a utilizar para el diseño de la instalación eléctrica	38
2.2.12.	Métodos de instalación utilizado en la gasolinera... 38	
2.2.12.1.	Sistema de tubería (NEC 501.10 (A), inciso a)	38
2.2.12.2.	Instalación de la tubería (artículo 501.4 NEC).....	41
2.3.	Plano de ubicación	42
2.4.	Plano de instalaciones.....	44
2.5.	Plano de detalles técnicos	44
2.5.1.	Tanques para el almacenamiento de combustible.....	45

2.5.1.1.	Protección catódica de tanques	46
2.5.1.2.	Norma de materiales utilizados en tanques UL-58 fibratank glasteel II	47
2.5.1.3.	Instalaciones relacionados con los tanques.....	50
2.5.1.4.	Venteo de los tanques.....	52
2.5.2.	Plano de seguridad	54
3.	DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS	55
3.1.	Transferencia del gas con compresor	57
3.2.	Cálculos para el diseño del circuito derivado de fuerza	58
3.3.	Cálculos para el diseño del circuito de iluminación por el método de cavidad zonal	59
3.4.	Cálculo de la capacidad del tablero.....	61
3.5.	Cálculo de protección principal.....	62
3.6.	Cálculo de acometida.....	62
3.7.	Cálculo de la tubería antiexplosiva.....	63
3.8.	Corrección del factor de potencia.....	63
3.9.	Cálculo del transformador	64
3.10.	Puestas a tierra física de la estructura	64
3.11.	El sistema de detección de incendios	65
3.11.1.	Tipos de detectores o sensores	66
3.12.	Consideraciones para el diseño de un sistema de detección de gases.....	67
3.12.1.	Clasificación de los sensores de gas	67
3.12.1.1.	Sensores portátiles de gas	68
3.12.1.2.	Sensores fijos de gas	69

3.12.2.	Consideraciones que ayudan a determinar la ubicación del sensor	70
3.12.3.	Típicas opciones de montaje de los sensores	71
3.12.4.	Configuraciones típicas	72
3.12.5.	Tipo de sensor sugerido a utilizar en un diseño de detección de gases.....	73
3.12.5.1.	Características técnicas del sensor	74
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRA FÍSICA PARA LA GASOLINERA.....	77
4.1.	Valores recomendados por normas.....	77
4.1.1.	Valores recomendados en Código Eléctrico Nacional (NEC).....	77
4.1.2.	Valores recomendados por IEEE 142 de 1991.....	78
4.2.	Diseño del sistema de tierra física de la gasolinera.....	79
4.2.1.	Resistividad del terreno	80
4.3.	Electrodos de grafito.....	82
4.3.1.	Características y beneficios.....	82
4.3.2.	Especificaciones técnicas.....	83
4.3.3.	Instalación del electrodo de grafito	84
4.4.	Soldaduras exotérmicas	87
5.	FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINAS O EQUIPOS UTILIZADOS EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO	89
5.1.	Sistema de automatización de dispensadores y telemedición	89
5.1.1.	Controlador para estaciones de servicios, CEM44.....	89
5.1.2.	Principales características CEM44	90

5.1.3.	Caja de distribución Gp Box	92
5.1.4.	Sistema de telemedición de los combustibles	93
5.2.	Dispensadores de combustible	93
5.2.1.	Funcionamiento del dispensador.....	94
5.2.2.	Detalle técnico de los dispensadores utilizados en la estación de servicio	96
5.3.	Bombas sumergibles para suministro de combustible.	96
CONCLUSIONES.....		99
RECOMENDACIONES.....		101
BIBLIOGRAFÍA.....		103
APÉNDICES.....		105
ANEXOS.....		111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Acumulación de carga electrostática dentro de una tubería no conductora.....	7
2.	Clasificación de áreas peligrosas, artículo 500 NEC	10
3.	Clasificación de áreas adyacentes a los dispensadores	21
4.	Diagrama unifilar circuito de fuerza	25
5.	EVLL9L 130 W, Led 130W	28
6.	Lámpara punta de poste, CEFS-36, Led 36W.....	28
7.	Lámpara plafón CLC 180FSO, Led 40W.....	28
8.	Montaje unilateral de lámparas	29
9.	Diagrama unifilar circuito de iluminación	29
10.	Vista del tablero a utilizar	33
11.	Corrección del factor de potencia.....	36
12.	Caja a prueba de explosión.....	39
13.	Sello antiexplosivo.....	39
14.	Instalación de sellos antiexplosivos en tuberías largas	41
15.	Tubería conduit de aluminio con recubrimiento exterior de PVC.....	42
16.	Plano de ubicación	43
17.	Protección catódica con ánodos de sacrificio.....	47
18.	Detalle de la cubierta o pared del tanque UL-58 Glasteel II	48
19.	Elevación frontal fosa de tanques.	48
20.	Planta fosa de tanques.....	50
21.	Sección típica de las instalaciones sobre tanques.	51
22.	Elevación monolito de venteo de tanques	52

23.	Clasificación de zonas en la tubería de venteo.....	53
24.	Perfil de la distribuidora de gas.....	56
25.	Planta de la distribuidora de gas.....	56
26.	Trasvase de gas licuado de petróleo (GLP) por compresor.....	57
27.	Lámpara Led EVLL7L, 100W.....	59
28.	Diagrama Eléctrico unifilar de la distribuidora de gas.....	61
29.	Conexión de la estructura de la planta distribuidora a tierra.....	65
30.	Fase de actuación de los sensores.....	66
31.	Detector de un solo gas.....	68
32.	Detector de un multigás.....	69
33.	Detector infrarrojo de gas de camino abierto.....	70
34.	Montaje de sensores.....	71
35.	Configuraciones típicas.....	72
36.	Compatibilidad de detección y comunicación del transmisor Universal XNX.....	73
37.	Resistividad el terreno.....	80
38.	Electrodo de grafito ya instalado.....	85
39.	Plano del sistema de tierra física de la gasolinera.....	86
40.	Esquema de funciones del CEM44.....	90
41.	Secuencia en la que está interconectado el controlador CEM44 hacia los dispensadores.....	91
42.	Tarjeta electrónica de Gp Box.....	92
43.	Dispensador de combustible Encore 300.....	94
44.	Funcionamiento del dispensador de combustible.....	95
45.	Detalle técnico del dispensador a utilizar.....	96
46.	Bomba sumergible ¾" HP, Red Jacket.....	97

TABLAS

I.	Lugares de Clase I: estaciones de servicio	20
II.	Fórmulas a utilizar para circuitos de fuerza	22
III.	Cargas instaladas para el circuito de fuerza.....	24
IV.	Fórmulas para el diseño de circuitos de iluminación	26
V.	Resumen de cargas, circuito de iluminación	27
VI.	Cargas instaladas de iluminación y fuerza en la gasolinera	30
VII.	Comparación entre tanques de pared sencilla y doble.....	46
VIII.	Espaciamiento mínimo entre tanques	49
IX.	Simbología de seguridad utilizada en la gasolinera	54
X.	Características del compresor a utilizar	58
XI.	Resumen de cargas, circuito de fuerza	59
XII.	Cargas del circuito de iluminación.....	60
XIII.	Resumen de cargas instaladas en la distribuidora de gas	60
XIV.	Interruptores principales, Siemens	62
XV.	Especificaciones de diseño del transmisor universal	75
XVI.	Sección mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos	78
XVII.	Área del conductor tierra al tablero de distribución principal al sistema de tierra física	79
XVIII.	Especificaciones del electrodo de grafito	83
XIX.	Compatibilidades con el combustible	97

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
Cu	Coeficiente de utilización
I	Corriente eléctrica
In	Corriente eléctrica nominal
DME	Demanda media estimada
Fm	Factor de mantenimiento
Fp	Factor de potencia
Φ	Flujo luminoso
GLP	Gas licuado de petróleo
K1	Índice del local
KVA	Kilo voltio amperio
Lm	Lumen

Em	Nivel de iluminancia media
Ω	Ohmio
P	Potencia activa en watts
S	Potencia aparente en voltios-amperios
V	Voltaje
VAR	Voltio amperio reactivo
VA	Voltios-amperios

GLOSARIO

Altura del plano de trabajo	Altura necesaria para poder realizar alguna actividad como: dibujar, cobros en caja, emisión de facturas, trabajos de oficina.
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
API	Instituto Americano del Petróleo.
Arrancadores	Equipos destinados a maniobra y protección de motores eléctricos trifásicos y monofásicos.
Boquerel	Boquilla metálica de las mangueras de los surtidores de gasolina que tiene un dispositivo en forma de gatillo para permitir la salida del combustible.
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.
IEC	Comisión Internacional de Electrotecnia.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
Efecto Venturi	Un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado, disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.

Electricidad estática	Fenómeno en el que se transfieren electrones de un cuerpo a otro por fricción o por contacto.
Envolvente	Que rodea una cosa de modo que cubre todas sus partes.
Flujo luminoso	Medida de la potencia luminosa percibida.
Fosa	Hoyo que se hace en la tierra.
Geomembranas	Láminas con una barrera impermeable que se emplean para impedir o prevenir el paso de fluidos.
Índice del local	Factor necesario para el cálculo de iluminación de interiores, que depende de largo y ancho del local y la altura entre el plano de trabajo y las luminarias.
LED	Diodo emisor de luz.
Lumen	Unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso.
Luminaria	Aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
NEC	Código Eléctrico Nacional.
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.
Polvo combustible	Polvo o fibras que pueden quemar o arder en el aire y que pueden formar mezclas explosivas con el aire a presión atmosférica y a temperatura normal.
Seguridad aumentada “e”	Protección en el que se adoptan medidas adicionales para obtener una seguridad incrementada frente a la posibilidad de que se produzcan temperaturas excesivas, y a la aparición de arcos y chispas en el interior y en partes exteriores del material eléctrico.
Tela geotextil	Material textil sintético plano formado por fibras poliméricas, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas (en contacto con tierras y rocas), cuya misión es hacer las funciones de separación o filtración, drenaje, refuerzo o impermeabilización.
Temperatura de ignición	Es la temperatura mínima (en °C) a la cual una sustancia inflamable emite los suficientes vapores en el aire, los cuales en presencia de una llama pueden inflamarse.
UL	Underwriters Laboratories, organización sin fines de lucro, de certificación y prueba de la seguridad de los productos o equipos.

RESUMEN

Para garantizar la seguridad de las personas y del equipo en las estaciones de servicio, plantas distribuidoras de gas, y en todo tipo de lugar donde se maneje material inflamable, se debe contar con el conocimiento adecuado para utilizar y seleccionar el material antiexplosivo correcto, cumpliendo con normas internacionales.

El capítulo 1 trata sobre las generalidades relacionadas a las instalaciones antiexplosivas y sobre la correcta clasificación de las áreas peligrosas, dependiendo del material que se maneje o procese en el lugar, con base en normas internacionales como el Código Eléctrico Nacional (NEC) artículo 500 e IEC 60079-10.

Para la realización del diseño de la instalación eléctrica de la gasolinera del capítulo 2, se inició con el plano de construcción general de la misma, para que, con base en la información sobre las cargas a instalar, se proceda al cálculo de conductores, tubería, protecciones, acometida y transformador. Todo el material utilizado es antiexplosivo, tubería conduit de aluminio con recubrimiento de PVC, cajas y sellos de la marca Rawelt, y lámparas LED de la marca Cooper, todas aprobadas por el Código Eléctrico Nacional.

En las instalaciones eléctricas en plantas distribuidoras de gas, en el capítulo tres, el punto de partida para el diseño eléctrico es la selección de la forma en la que se hace el trasvase del gas hacia los tanques, en el presente caso, se utilizarán compresores, para después realizar todos los cálculos eléctricos correspondientes.

El capítulo cuatro está dedicado a todo lo relacionado a sistemas de tierra física, mediciones de tierra, material a utilizar, formas de conexión, y el sistema de tierra física utilizado en este diseño, es a base de electrodos de grafito.

Por último, para que todo aquel que haga uso de este material esté más relacionado con los equipos o maquinaria que se utilizan en las gasolineras, se hace un resumen de cómo es que funciona el sistema automatizado de la gasolinera, para el control de despacho, niveles en los tanques, así como el funcionamiento de los dispensadores y bombas sumergibles para el suministro del combustible.

Creando con esto un buen material que pueda servir a la población en general, para la realización de este tipo de instalación especial.

OBJETIVOS

General

Proporcionar al público en general, un documento que reúna los fundamentos de ingeniería necesarios para la realización correcta de las instalaciones eléctricas en las áreas vulnerables a las explosiones y con esto garantizar la integridad de las personas y del equipo.

Específicos

1. Presentar las generalidades de las instalaciones eléctricas antiexplosivas.
2. Presentar el diseño de la instalación eléctrica en una estación de servicio.
3. Presentar el diseño de las instalaciones eléctricas en plantas distribuidoras de gas.
4. Presentar el sistema de tierra física para la estación de servicio.
5. Describir el funcionamiento de las máquinas o equipos en la estación de servicio.

INTRODUCCIÓN

Es muy importante garantizar el correcto y seguro funcionamiento de la instalación eléctrica en una estación de servicio y plantas distribuidoras de gas, debido a la alta inflamabilidad que existe en estos lugares, por eso es de vital importancia realizar el diseño de este tipo de instalación especial y cumplir con normas de seguridad tanto para las personas, como para el equipo y lograr obtener un óptimo funcionamiento del diseño de la instalación.

Para poder determinar el tipo de instalación que se debe realizar, primero se debe clasificar el área con base en las normas internacionales, actualmente existen dos normativas que rigen esta clasificación. El Código Eléctrico Nacional (NEC) los clasifica en ambientes Clase I, Clase II y Clase III, con divisiones I y II. La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) los clasifica en zonas 0, 1 y 2. Para el diseño de la instalación eléctrica se debe tomar en cuenta los puntos de vista de cada metodología utilizada por las Normas IEC y NEC. Todo el material que se utilizará debe ser certificado y aprobado por las normas antes mencionadas.

En Guatemala, el ente encargado de autorizar el diseño en general de gasolineras es el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el cual, para su evaluación solicita que se le presenten los siguientes planos: ubicación, instalaciones en general, detalles técnicos, seguridad y el de instalaciones eléctricas. Luego de contar con el visto bueno, se presenta al Ministerio de Ambiente un estudio de impacto ambiental. Cuando ya se cuenta con la autorización de estas entidades, se procede al trámite de los permisos

municipales correspondientes, para que sea extendida la licencia de construcción de la misma.

El sistema de tierra a utilizar en la estación de servicio, cumple con dos funciones fundamentales: establecer la permanencia de un potencial de referencia al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación y, para disipar las cargas electrostáticas generadas. Para lo cual se ha utilizado un sistema de tierra física interconectada con varillas de grafito.

Para la instalación eléctrica en una planta distribuidora de gas, se toma como punto de partida una estación que cuenta con 2 estaciones de suministro, para el cual se necesita 2 compresores y, a partir de estos se realizará todo el cálculo eléctrico correspondiente.

Para el sistema de automatización de la gasolinera, para el control de diferentes marcas de surtidores de combustible, control de despachos, cambio de precios del combustible, generación de reportes, control de inventario de combustibles en los tanques de almacenaje, cierres de turno y más; todo esto se realiza por medio de controlador CEM44, que tiene una forma sencilla de operar y una gran versatilidad para proporcionar resultados requeridos por la gasolinera.

1. GENERALIDADES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ANTIEXPLOSIVAS

1.1. Información general relativa a los fenómenos de explosión de gases

Todo fenómeno de explosión sucede en áreas peligrosas, por medio de una fuente de ignición que puede traer consecuencias nefastas, si no se toman las medidas de seguridad correspondiente en las instalaciones y equipos, a continuación se detallan conceptos muy importantes relacionados con este fenómeno.

1.1.1. Áreas peligrosas

Área donde existe riesgo potencial de incendio o explosión debido a la presencia de gases, líquidos o vapores inflamables, polvos combustibles, fibras y partículas en cantidades suficientes para producir una explosión. La presencia en la atmósfera de esas sustancias peligrosas puede ocurrir bajo condiciones normales de operación, o en caso de rotura de equipos o recipientes donde tales productos son manejados.

- Resultando en:
 - Fuego y explosiones
 - Paros técnicos y demoras
 - Pérdidas en la producción
 - Reparación y reemplazo de equipos

- Personas heridas o muertas
- Las áreas peligrosas se encuentran en:
 - Estaciones de servicio de combustible
 - Plataformas petroleras
 - Refinerías
 - Plantas químicas y petroquímicas
 - Plantas productoras de alimentos
 - Cerveceras
 - Plantas textiles
 - Plantas de gas, entre otras

1.1.2. Causas de incendios y explosiones

Los incendios o explosiones requieren tres ingredientes:

- Combustible
- Oxígeno
- Energía

El combustible almacenado en forma de líquido en un depósito bajo alta presión (como el propano), se le deja salir solo de una manera regulada, el combustible se evaporará como gas a la presión atmosférica y solamente se mezclará con el aire alrededor de la fuente de ignición y producirá una llama. Desde que se genera calor con la combustión, el gas escapado continuará quemándose en ese punto cuando la fuente de encendido sea apagada o retirada.

Cuando un gran volumen de combustible gaseoso es mezclado en la proporción correcta, de tal forma que cada molécula de combustible tenga suficiente oxígeno, y la temperatura de unas pocas moléculas de la mezcla alcance o supere su temperatura de ignición, ocurrirá una combustión instantánea (una explosión).

Cuando a un combustible líquido o sólido se le aplica calor, el combustible gradualmente se convertirá en gas que, cuando se mezcle con el oxígeno del aire y se encienda, provocará una combustión lenta (un incendio).

1.1.2.1. Fuentes de ignición

- Chispas o arcos eléctricos en:
 - Switches
 - Interruptores de circuitos
 - Arrancadores para motores eléctricos
 - Bombas dispensadoras de gasolina
- Metales propensos a sacar chispas.
- Cortocircuitos debido a cables gastados, tomacorrientes dañados.
- Líneas sobrecargadas, que se recalientan por excesivos aparatos eléctricos conectados y/o por gran cantidad de derivaciones en las líneas, sin tomar en cuenta la capacidad eléctrica instalada.
- Mantenimiento inadecuado de equipos eléctricos.

- Electricidad estática.

1.2. Riesgos de ignición electrostáticas en las gasolineras

La electricidad estática y las descargas electrostáticas ocasionan una multitud de problemas de gran, o menor magnitud en varios procesos industriales. La energía de una descarga electrostática puede ser suficiente como para iniciar incendios o explosiones.

La formación de atmósferas explosivas es muy frecuente en las estaciones de servicio. En el trasvase de combustible a través de tuberías de plástico aislante, también produce una acumulación de electricidad estática y la posibilidad de descargas electrostáticas con energía suficiente, para causar la ignición de atmósferas explosivas.

1.2.1. Electricidad estática: fundamentos

La electricidad estática es un fenómeno en el que se transfieren electrones de un cuerpo a otro por fricción o por contacto.

Si se frota dos cuerpos, sobre todo si son aislantes o tiene baja conductividad, puede producirse una separación de carga eléctrica. El cuerpo que pierde los electrones se carga positivamente (electrización positiva), mientras que el cuerpo que gana los electrones adquiere una carga negativa (electrización negativa). Se establece una fuerza de atracción entre ambos cuerpos, generando con esto la pequeña descarga.

- La baja conductividad es la causa del problema con la electricidad estática

Las propiedades aislantes de los objetos pueden impedir que las partículas cargadas se eliminen a tierra; produciéndose un agudo y continuo desequilibrio de cargas, esto se llama electricidad estática.

Un fuerte desequilibrio o separación de cargas supone un gran potencial eléctrico o tensión. Como consecuencia aumenta el riesgo de que el desequilibrio se compense a través de una descarga electrostática.

1.2.2. Acumulación de carga electrostática entre dos malos conductores y posible aparición de descargas electrostáticas

Cuando un mal conductor, como un fluido combustible, circula por el interior de una tubería de material plástico aislante (otro mal conductor) puede producirse una acumulación de electricidad estática, provocando pequeñas descargas electrostáticas al transportar fluidos combustibles.

Se puede producir acumulación de carga electrostática en el interior de una tubería de material no conductor, en el caso del llenado de un tanque de almacenamiento de combustible o después de esta operación. Cuando el camión cisterna completa el proceso de llenado y se desacopla la manguera, puede producirse una aspiración de aire hacia el interior de la boca de carga. Esto favorece la creación de una atmósfera potencialmente explosiva.

1.2.3. Carga electrostática de un conductor aislado y posible aparición de una descarga electrostática

Como ejemplo de esto: una pieza metálica aislada eléctricamente y en contacto directo con una tubería plástica cargada.

El fenómeno de inducción dentro de un campo eléctrico complica aún más el asunto. En una tubería de plástico aislante que se ha cargado debido al flujo de combustible, aparecerá un campo eléctrico alrededor del mismo. Es posible entonces, que un conductor aislado dentro del campo eléctrico se cargue por inducción, lo que en la práctica abarca cualquier pieza metálica que no esté conectada a tierra (tapas metálicas, abrazaderas, terminales de soldaduras), además del personal.

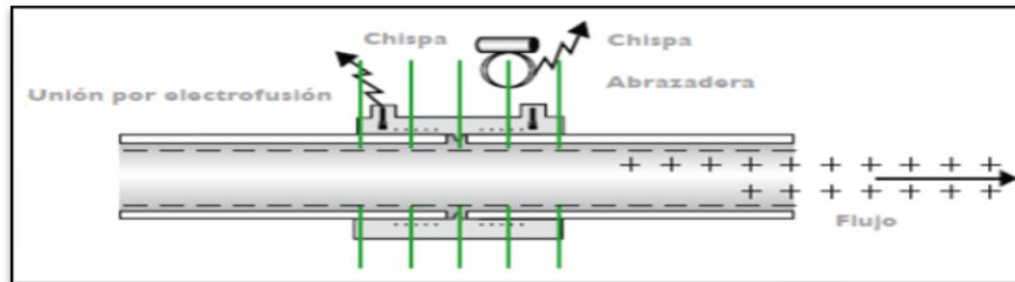
Algunos dispositivos como los que se encargan de interrumpir la propagación de la llama al interior de una tubería o por la misma, pueden provocar un aumento en la intensidad del campo eléctrico, elevando el riesgo de una descarga electrostática capaz de provocar una ignición.

La presencia de oxígeno y de vapores por derrame de combustible puede, también facilitar una atmósfera explosiva que ocasiona una explosión o un incendio, siendo la descarga electrostática el origen de la ignición.

1.2.4. Parámetros que influyen en la acumulación de carga electrostática dentro de una tubería no conductora

- Conductividad eléctrica de las paredes de la tubería.
- Conductividad eléctrica del líquido.
- Contenido de impurezas en el líquido.
- Aditivos del combustible, como el azufre, pueden afectar el nivel de acumulación de carga electrostática.
- Humedad relativa del aire: cuanto menor es la humedad, mayor es el peligro.

Figura 1. **Acumulación de carga electrostática dentro de una tubería no conductora**



Fuente: PLAST, kungörs. Los riesgos de ignición electrostática en gasolineras, p. 8.

En la figura 1 se observa que el campo exterior, debido a la carga presente en el interior de la tubería, carga las piezas metálicas (conductores aislados) dentro del campo, causando descargas electrostáticas capaces de producir una ignición.

La acumulación de carga electrostática puede ocurrir únicamente en redes de tuberías que no estén correctamente conectadas a tierra. Una tubería no conductora no podrá conectarse a tierra correctamente.

1.3. **Condiciones básicas de seguridad**

La seguridad en áreas potencialmente explosivas, únicamente podrá garantizarse por el trabajo efectivo en conjunto de todas las partes involucradas y con esto garantizar la integridad de las personas y equipos involucrados, como se detalla a continuación.

1.3.1. Instalador, fabricante y operador

El operador es responsable por la seguridad de su equipo. Es su deber juzgar cuando existe un peligro de explosión y de allí, dividir el área en zonas o divisiones según Normas IEC 60079-10 o NEC artículo 500, dependiendo del nivel de riesgo establecido. Debe asegurar que el equipo se encuentra instalado de acuerdo a las regulaciones y ha sido probado antes de su uso inicial. El equipo deberá mantenerse en buen estado mediante inspecciones y mantenimiento regulares.

Los instaladores deben observar los requerimientos de instalación y realizar la correcta instalación del aparato para su uso predeterminado.

Los fabricantes de los aparatos protegidos contra explosiones son responsables de las pruebas de rutina, certificación de los mismos, documentación, y es necesario que cada equipo manufacturado cumpla con las pruebas determinadas en normativas como: NEC artículo 500, NFPA 70E, IEC 79-10 y NFPA30.

1.3.2. Reparación y mantenimiento

Se requiere de un mantenimiento regular para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas. El personal que llevará a cabo dicho mantenimiento y los trabajos de reparación deberá encontrarse bajo la supervisión de un especialista y estar informado sobre los peligros particulares en que se vean envueltos.

Antes de llevarse a cabo cualquier maniobra de reparación o modificación, es necesario asegurar que no existe peligro de que ocurra una explosión durante el proceso. Normalmente se requiere de permisos escritos generados por la Gerencia pertinente, para la realización de este tipo de trabajos. Deberá llevarse un registro de los cambios realizados y tener confirmación de que todas las regulaciones relevantes han sido observadas.

Un especialista deberá revisar cualquier modificación extensiva que pueda tener un efecto negativo sobre la protección contra explosiones. Cuando se realice un cambio de un componente o de un equipo completo, las características del elemento y su protección contra explosiones deberán ser anotadas. Únicamente podrán utilizarse repuestos originales establecidos por el fabricante del equipo.

1.4. Normas utilizadas para el diseño de instalaciones especiales

Las principales normas que rigen la clasificación de áreas peligrosas: para instalaciones eléctricas, medidas de seguridad, fabricación de materiales y equipos para atmósferas explosivas, son:

- Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC) / Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC), IEC 60079-1 a la 60079-10.
- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) / Código Eléctrico Nacional (NEC), NEC artículo 500.

1.4.1. Clasificación de áreas peligrosas según los artículos del Código Eléctrico Nacional (NEC), artículo 500

Las denominadas áreas peligrosas son lugares donde una sustancia inflamable está o puede estar presente en un estado fácilmente inflamable. Estos pueden ser aquellas instalaciones donde se manipulen, almacenen o procesen líquidos, gases, vapores, polvos o fibras inflamables.

Figura 2. Clasificación de áreas peligrosas, artículo 500 NEC



Fuente: elaboración propia.

La figura 2 muestra, de una manera general, como está dividida la clasificación de áreas peligrosas según el NEC, artículo 500.

1.4.1.1. Ambiente Clase I (artículo 501, NEC)

Son aquellas zonas en que el aire contiene o puede contener gases o vapores en cantidades, que puedan producir mezclas inflamables o explosivas (acetileno, hidrógeno, éter etílico, gasolina, butano, gas natural).

- División I

Define los lugares con las siguientes características:

- Ambiente con concentraciones peligrosas de gases y vapores inflamables en condiciones normales de funcionamiento.
- Ambiente donde dichas concentraciones pueden existir debido a operaciones de reparación o mantenimiento.
- Ambiente donde pueden liberarse concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, por fallas o chispas en el funcionamiento de los equipos eléctricos.

Los lugares referidos en la Clase I, División I son aquellos donde se trasvasan líquidos volátiles o gases licuados inflamables, operaciones de pintado o rociado con líquido volátiles, secadores con evaporación de disolventes inflamables, lugares usados para extracción de gases con disolventes, lavaderos que usan líquidos volátiles inflamables, plantas generadoras de gas con posibilidad de escapes, salas de bombeo de gases inflamables.

- División II

Define lugares con las siguientes características:

- Ambiente, donde se usan, procesan o manufacturan líquidos volátiles y gases o vapores inflamables, pero ellos se encuentran en recipientes o cañerías cerradas, de los cuales pueden salir, únicamente por algún accidente, rotura o mal funcionamiento del equipo.

- Ambiente, donde se evitan las concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables por medio de ventilación forzada, pero que al producirse una falla o mal funcionamiento del equipo, representa peligro.
- Lugares vecinos a los de la Clase I División I, a los que pueden introducirse vapores y gases inflamables, a menos que cuenten con ventilación forzada con un sistema de seguridad que impida fallas en el equipo de ventilación.

La División II de la Clase I define lugares donde se emplean corrientemente líquidos volátiles, gases y vapores peligrosos, que representan peligro solamente en los casos de fallas, averías, accidentes o del anormal funcionamiento de las instalaciones. Para delimitar el área peligrosa en estos casos, debe tenerse presente la cantidad de elementos peligrosos existentes.

1.4.1.2. Ambientes Clase II (artículo 502, NEC)

Son aquellas zonas en las que en el ambiente se encuentra polvo combustible en suspensión en cantidades que pueden producir ignición o explosión (polvo de aluminio, polvo de magnesio, humo negro, carbón de piedra, polvo de coque, polvo granulado de flúor).

- División I

Define los lugares con las siguientes características:

- Ambiente, donde en condiciones de funcionamiento normal, habrá en forma periódica o continua, polvo combustible con la capacidad de producir ignición o explosión.

- Ambiente, donde por posibles desperfectos, mal funcionamiento o accionamiento de máquinas o equipos, pueden producirse mezclas inflamables que provoquen ignición o explosión.
- Lugares donde puede haber polvo conductor de electricidad.

La División I de la Clase II comprende, en general, plantas de almacenamiento de granos (silos), plantas de pulverización, limpieza, mezcladoras, elevadoras, colectoras y todo equipo similar productor de polvo, todo lugar o depósito donde en condiciones normales de funcionamiento existe en el aire polvo que produzca mezcla inflamable o explosiva; los polvos muy peligrosos son conductores de la electricidad, al igual que los de coque y carbón vegetal. Los polvos no conductores de la electricidad, pero combustibles son los producidos en la manipulación de granos, molienda del cacao y el azúcar y toda materia orgánica que pueda producir polvos combustibles.

- División II

Considera aquellos lugares, donde en condiciones normales, no es posible que exista polvo combustible en suspensión en el aire, pero que pueda afectar de la siguiente forma:

- Que la cantidad de polvo depositado sea suficiente para impedir la disipación del calor de los equipos eléctricos.
- Que por el polvo acumulado sobre y/o el interior de los equipos eléctricos este pueda inflamarse debido a chispas o daños producidos por el polvo.

Los lugares donde pueden darse estas condiciones son, fundamentalmente, las vecinas a las de Clase II División I, además los lugares que cuentan con transportadores, ventiladores y tolvas cerradas y equipos donde pueden desprenderse cantidades de polvos en condiciones de funcionamiento anormales.

1.4.1.3. Ambientes Clase III (artículo 503, NEC)

Son aquellas zonas en que el aire presenta en suspensión fibras y volátiles inflamables, pero no en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

- División I

Son los lugares donde se emplean o fabrican fibras de fácil inflamabilidad y materiales productores de combustibles volátiles.

Esta división incluye fábricas de tejido, algodón y textiles, carpinterías, fábricas para tratado de telas, etc., en general, fábricas que procesen fibras volátiles y fácilmente inflamables. Tales como: tejido, nylon, algodón, estopa, cáñamo, entre otras.

- División II

Incluye los lugares donde se almacenan o manipulan fibras y volátiles, pero que no están en proceso de fabricación.

1.4.1.4. Grupos atmosféricos (artículo 500.6, NEC)

Para realizar los ensayos y comprobaciones se han definido y agrupado mezclas atmosféricas según su peligrosidad en:

- Clase I (500.6A)
 - Grupo A: atmósferas que contengan acetileno.
 - Grupo B: atmósferas que contengan hidrógeno, combustibles y gases combustibles con más del 30 por ciento de hidrógeno en volumen.
 - Grupo C: atmósferas con gases como éter etílico, etileno u otros gases o vapores de riesgo equivalente.
 - Grupo D: atmósferas con gases como acetona, amoníaco, benceno, butano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.

- Clase II (500.6B)
 - Grupo E: atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, como de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales u otros polvos combustibles de partículas cuyo tamaño, abrasividad y conductividad presenten riesgos similares con el uso de equipos eléctricos.

 - Grupo F: atmósferas que contengan polvos combustibles de carbón, como carbón vegetal, carbón mineral, negro de carbón o polvos que estén sensibilizados por otros materiales de modo que presenten riesgo de explosión.

- Grupo G: atmósferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los Grupos E o F como: harina, cereales, serrín de madera, serrín de plástico y productos químicos.

1.4.2. Clasificación de áreas explosivas, según las Normas de la Comisión Internacional de Electrotecnia IEC (60079-10)

La Norma IEC 60079 indica la clasificación de las zonas de riesgos en gases inflamables o vapores, con el fin de permitir la adecuada selección e instalación de aparatos para uso en estas áreas.

1.4.2.1. Procedimientos de clasificación del área explosiva, Comisión Internacional de Electrotecnia IEC 60079-10, sección 4

La IEC clasifica las áreas peligrosas por zonas, para lo cual es necesario el conocimiento de las propiedades de materiales inflamables, el proceso y el equipo, en consulta, según proceda, con equipos de seguridad, eléctricos, mecánicos y demás personal de ingeniería.

La clasificación de la zona debe llevarse a cabo cuando el proceso inicial y la línea de instrumentación, esquemas y planos iniciales de diseño están disponibles y confirmado antes de la puesta en marcha.

1.4.2.2.1. Alcance de la zona

La extensión de la zona depende de la distancia estimada o calculada de la atmósfera explosiva, antes de que se disperse a una concentración en el aire por debajo de su valor límite explosivo. Se debe evaluar el área del gas o vapor antes de la disolución por debajo de su límite inferior de explosividad.

La consideración debe dar siempre la posibilidad cuando un gas es más pesado que el aire, puede fluir en áreas por debajo del nivel del suelo (pozos o trincheras) y de un gas que es más ligero que el aire puede estancarse a un nivel alto (en un espacio en el techo).

Cuando la fuente de la liberación se encuentra fuera de un área o en una zona contigua, la penetración de una cantidad significativa de gas o vapor inflamable en la zona se puede prevenir por medios adecuados, tales como:

- Barreras físicas.
- El mantenimiento del exceso de presión suficiente en el área relativa a las áreas peligrosas adyacentes, para prevenir la entrada de la atmósfera de gases explosivos.
- Depuración de la zona con un caudal suficiente de aire fresco.

El diseño de la planta debe ser diseñado para ayudar a la rápida dispersión de atmósferas de gas explosivas.

1.4.3. Clasificación de las zonas peligrosas

La IEC 60079-10, edición 2002, en la sección 2.5 define tres zonas para la clasificación de áreas peligrosas, con base en la frecuencia de la ocurrencia de una atmósfera de gas explosiva, de la siguiente manera:

1.4.3.1. Zona 0 (sección 2.5.1 IEC 60079-10)

Lugar donde existe una mezcla explosiva de gas, vapor o polvo que está presente continuamente o durante largos periodos de tiempo, como la fase gaseosa en el interior de un tanque de almacenamiento o una cámara abierta.

1.4.3.2. Zona 1 (sección 2.5.2 IEC 60079-10)

La atmósfera explosiva está casi siempre presente, debido a la presencia de gases, vapores o polvos, durante la operación normal del proceso. Por ejemplo, en industrias mineras o químicas.

1.4.3.3. Zona 2 (sección 2.5.3 IEC 60079-10)

La atmósfera explosiva no está presente durante la operación normal, solo está presente durante cortos periodos y de manera accidental.

La mayor diferencia entre las Normas IEC y NEC se encuentran dentro de los conceptos de áreas peligrosas. Estas normas son tan diferentes y tan desarrolladas, que el esfuerzo para que estén disponibles universalmente lo mejor de las dos, es necesario respetar cada una de ellas siendo explicada y mantenida separado una de otra.

2. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

2.1. Requerimientos del Ministerio de Energía y Minas (MEM)

El Ministerio de Energía y Minas (MEM), para poder autorizar la construcción de una gasolinera, solicita lo siguiente:

- Plano de instalaciones eléctricas
- Plano de ubicación
- Plano de instalaciones
- Plano de detalles técnicos
- Plano de seguridad

Con la debida autorización del MEM, se deberá entregar un estudio de impacto ambiental al Ministerio de Ambiente y se procede a realizar los trámites municipales para la licencia de construcción de la misma.

2.2. Plano de instalaciones eléctricas

El contenido mínimo de los planos eléctricos debe ser el siguiente:

2.2.1. Clasificación de áreas peligrosas

En áreas donde se procesen o almacenen sustancias sólidas, líquidas o gaseosas fácilmente inflamables, deben elaborarse dibujos de áreas clasificadas indicando los límites en vistas de planta y cortes transversales y longitudinales de forma que puedan ser verificadas objetivamente.

Estos planos servirán también, como base para la selección del equipo y materiales eléctricos a utilizarse en el proyecto de Instalación Eléctrica.

Para la clasificación de áreas es necesario utilizar la tabla 514.3 (B) del NEC (2011), que en el presente caso corresponde a la tabla I.

Tabla I. Lugares de Clase I: Estaciones de servicio

Lugar	Clase I, Grupo D, División	Ámbito del lugar clasificado
Depósito Subterráneo		
Boca de llenado	1	Cualquier foso, casilla o espacio bajo el nivel del suelo, parte de los cuales esté en un lugar clasificado de División 1 o 2.
	2	Hasta 18 pulgadas sobre el nivel del suelo en un radio horizontal de 10 pies desde cualquier conexión de llenado suelta o de 5 pies desde cualquier conexión de llenado fija.
Montante de respiración	1	Hasta 3 pies desde el extremo abierto del tubo, en todas las direcciones.
	2	Espacio entre 3 y 5 pies del extremo abierto del tubo, en todas las direcciones.
Surtidor (excepto colgante)		
Fosos	1	Cualquier foso, casilla o espacio bajo el nivel del suelo, parte de los cuales esté en un lugar clasificado de División 1 o 2.
Surtidor	2	Hasta 18 pies en horizontal en todas las direcciones hasta el nivel del suelo desde el recinto del surtidor o la parte del recinto del surtidor que contenga aparatos para la manipulación de los líquidos.
Al exterior	2	Hasta 18 pulgadas sobre el nivel del suelo y 20 pies en horizontal desde los límites del recinto.
En interior		
Con Ventilación mecánica	2	Hasta 18 pulgadas sobre el nivel del suelo y 20 pies en horizontal desde los límites del recinto.
Con Ventilación por Gravedad	2	Hasta 18 pulgadas sobre el nivel del suelo y 25 pies en horizontal desde los límites del recinto.

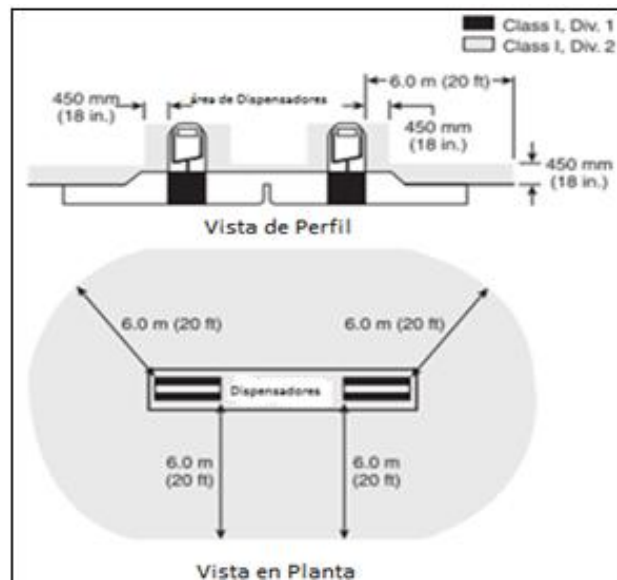
Continuación de la tabla I.

Bomba a distancia-exterior	
1	Cualquier foso, casilla o espacio bajo el nivel del suelo, parte de los cuales esté a una distancia horizontal hasta de 10 pies desde cualquier borde de la bomba.
2	A menos de 3 pies desde cualquier borde de la bomba, en todas las direcciones. Además hasta 18 pulgadas sobre el nivel del suelo y a menos de 10 pies en horizontal desde cualquier borde de la bomba.
Bomba a distancia-interior	
1	Todo el espacio dentro del foso.
2	A menos de 5 pies desde cualquier borde de la bomba, en todas las direcciones. Además hasta 3 pies sobre el nivel del suelo y a menos de 25 pies en horizontal desde cualquier borde de la bomba.
Tiendas, almacenes y servicios sanitarios	
1	Si en estos lugares hay alguna abertura que dé a un lugar de División 1, toda la habitación se debe clasificar como de División 1.

Fuente: NEC 2011, tabla 514.3 (B), p. 827.

Para comprender mejor la clasificación de las áreas se muestra en la figura 3.

Figura 3. Clasificación de áreas adyacentes a los dispensadores



Fuente: NEC 2011, lugares clase I, estaciones de servicio, p. 830.

Para el diseño eléctrico de circuito de fuerza e iluminación se hace uso del plano de construcción general una gasolinera, mostrado en el apéndice 1.

2.2.2. Diseño del circuito eléctrico derivado de fuerza

En los cálculos eléctricos de los circuitos derivados de fuerza, se hace uso de las fórmulas que se detallan en la tabla II.

Tabla II. Fórmulas a utilizar para circuitos de fuerza

Descripción	Fórmula	Unidad
Corriente nominal	$In = \frac{S}{V}$ Donde: S= potencia aparente V= voltaje	Amperios (A)
Potencia aparente	$S = \frac{P}{\cos\phi}$ Donde: P= potencia activa Cos ϕ = factor de potencia	Voltio amperio (VA)
Sección del conductor por caída de tensión	$St = \frac{k * In * L}{\rho * \% * V}$ Donde: St= sección transversal del conductor. K= factor con valor de 2, para sistemas monofásicos y $\sqrt{3}$ para sistemas trifásicos. L= longitud del conductor en metros. ρ = conductividad del conductor, cobre 57, aluminio 35. % = porcentaje de caída de tensión aceptable (2, 3 o 5).	mm ²

Fuente: elaboración propia.

Con base en la normativa NEC edición 2011, en el artículo 210.19 (A)- (1) nota # 4, en el diseño se utiliza un 3 por ciento, para la caída de tensión del conductor en circuitos derivados de fuerza e iluminación.

Para la realización de los cálculos correspondientes, se hizo uso de las tablas de especificaciones técnicas de cada máquina o equipo a utilizar, las cuales se encuentran detalladas en la sección de apéndices.

En la tabla III se encuentra detallado cada una de las cargas que se utilizarán para el diseño del circuito de fuerza, así como el tipo de conductor a utilizar, tipo de tubería y la protección necesaria.

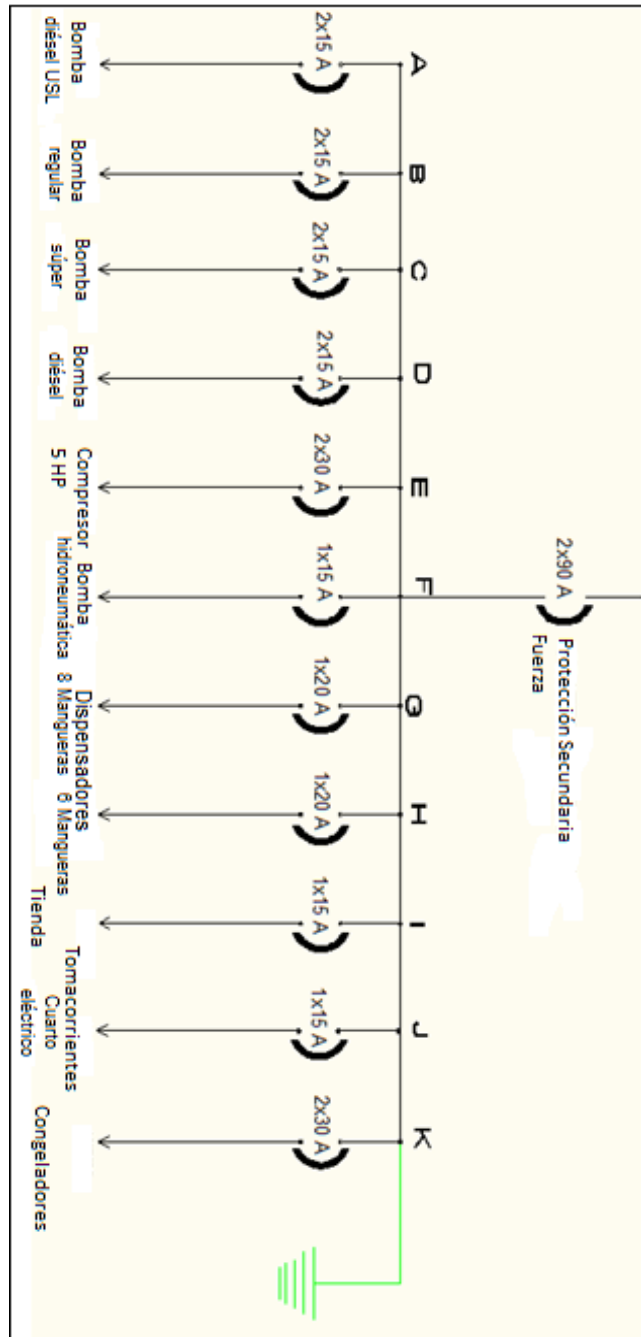
Para el cálculo del circuito K de la tabla III se utilizan congeladores 240V de 1000 W cada uno.

Tabla III. Cargas instaladas para el circuito de fuerza

Circuito	Descripción	Cantidad	Voltaje monofásico 120/240 V	P (W)	Fp	S (VA)	Carga instalada VA	In	Calibre del conductor, anexo 3		Longitud de circuito (m)	Selección de conductor por caída de tensión		Tubería especial a utilizar	Protección a utilizar	FD	DME
									A	THHN		mm ²	THHN				
A	Bomba surtidora de diesel USL	1	240	560	0,8	700	700	2,92	14	14	65	0,92	14	3/4"	2x15	0,8	560
B	Bomba de gasolina regular	1	240	560	0,8	700	700	2,92	14	14	68	0,97	14	3/4"	2x15	0,8	560
C	Bomba de gasolina súper	1	240	560	0,8	700	700	2,92	14	14	72	1,024	14	3/4"	2x15	0,8	560
D	Bomba surtidora de diesel normal	1	240	560	0,8	700	700	2,92	14	14	78	1,11	14	3/4"	2x15	0,8	560
E	Compresor	1	240	3730	0,8	4 662	4 662	19,43	10	10	< 30	N.A.	N.A.	3/4"	2x30	0,6	2792
F	Bomba hidro.	1	120	746	0,8	932	932	7,8	14	14	< 30	N.A.	N.A.	3/4"	1x15	0,6	559
G	Dispensadores de 8 mangueras	3	120	600	1	600	1800	15	12	12	< 30	N.A.	N.A.	3/4"	1x20	1	1800
H	Dispensadores de 6 mangueras	3	120	600	1	600	1800	15	12	12	< 30	N.A.	N.A.	3/4"	1x20	1	1800
I	Tomacorrientes tienda de conveniencia	9	120	-	-	180	1620	13,5	12	12	< 30	N.A.	N.A.	3/4"	1x15	0,6	972
J	Tomacorrientes bodega, cuarto de máquinas y baños.	7	120	-	-	180	1260	10,5	14	14	< 30	N.A.	N.A.	3/4"	1x15	0,6	756
K*	Tomacorrientes para congeladores	4	240	1000	0,8	1250	5000	20,83	10	10	< 30	N.A.	N.A.	3/4"	2x30	1	5000
	Σ																15 919

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Diagrama unifilar circuito de fuerza



Fuente: elaboración propia, con base al programa Autocad.

2.2.3. Circuitos derivados de iluminación, por el método de cavidad zonal.

Para el diseño de iluminación se necesita hacer uso de las fórmulas que se describen en la tabla IV.

Tabla IV. **Fórmulas para el diseño de circuitos de iluminación**

Descripción	Formula	Unidad.
Altura de suspensión de lámparas	$h = h' - (d' + hpt)$ Donde: h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias h': altura del local a iluminar. d': altura entre el techo y las luminarias. hpt = altura del plano de trabajo	metros
Índice del local	$k1 = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$ Donde: a= ancho del local, b= largo del local, k ₁ = tiene un valor comprendido entre 1 y 10.	-
Flujo total requerido	$\Phi_{tot} = \frac{Em * A}{Cu * Fm}$ Donde: Φ_{tot} = flujo total requerido Em= iluminancia media, según el tipo de ambiente. A= área a iluminar. Cu= coeficiente de Utilización. Fm= factor de mantenimiento.	lúmenes
Número de luminarias	$Nlum = \frac{\Phi_{tot}}{n * \Phi l}$ Donde: Φl = flujo luminoso por lámpara. n= número de lámparas por luminaria.	-
Separación entre lámparas	$d = \frac{Cu * Fm * \Phi l}{A * Em}$	Metros

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Resumen de cargas, circuito de iluminación

Circuito	Descripción	Dimensiones (m)		Iluminancia media (Em) LUX	Tipo de lámpara a utilizar	Sistema de alumbrado	Altura de suspensión (m)	Plano de trabajo (m)	Índice del local (K1)	Coeficientes de reflexión		Coeficiente de utilización	Factor de mantenimiento	Flujo luminoso por lámpara (lúmenes)	Flujo luminoso total (lm)	Numero de luminarias	Watts por luminaria
		Área (m ²)	Altura							Techo	Pared						
L	Marquesina 1	10x13 = 130	5	100	EVLL 9L	Semidirecto	3.46	1.18	1.63	0.7	0.3	0.446	0.7	9 000	41640	5	130
	Marquesina 2	12x13 = 156	6.5	100	EVLL 9L	Semidirecto	4.96	1.18	1.14	0.7	0.3	0.5095	0.7	9 000	43740	5	130
	Marquesina 3	10x13 = 130	5	100	EVLL 9L	Semidirecto	3.96	1.18	1.63	0.7	0.3	0.446	0.7	9 000	41640	5	130
M	Pista de parqueo y salida	60 m de longitud.	6	10	CEFS-36D	Semidirecto	4.82	1.18	-	-	-	0.3	0.7	5 000	30000	6	36
N	Cuarto eléctrico	5x7 = 35	3	300	PLAFON CLC-180FSO	Semidirecto	2.2	0.8	1.3	0.7	0.7	0.6	0.7	7 000	25 000	4	40
	Tienda de conveniencia	8x10= 80	3	300	PLAFON CLC-180FSO	Semidirecto	2.2	0.8	2	0.7	0.7	0.56	0.7	7 000	61 224	9	40
	Servicios sanitarios	4x5 = 20	3	300	PLAFON CLC-180FSO	Semidirecto	2.2	0.8	1	0.7	0.7	0.62	0.7	7 000	13 825	2	40
Ñ	Pista de entrada y área de tanques	70 m de longitud	6	10	CEFS-36D	Semidirecto	4.82	1.18	-	-	-	0.3	0.7	5 000	35 000	7	36

Fuente: elaboración propia.

Las lámparas que se utilizan en la tabla V circuito de iluminación, son las siguientes.

Figura 5. **EVLL9L 130 W, Led 130W**



Fuente: Manual luminarias LED serie EVLL, Cooper Crouse-Hinds. p. 5.

Figura 6. **Lámpara punta de poste, CEFS-36, Led 36W**



Fuente: Catálogo general comercializadora COMMAQ. 2012. p. 12.

Figura 7. **Lámpara plafón CLC 180FSO, Led 40W**

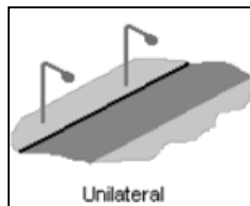


Fuente: Catálogo general comercializadora COMMAQ. 2012. p. 33.

En anexos se encuentran las tablas y figuras de las características técnicas de cada lámpara utilizada. Así como las tablas de niveles de iluminancia, coeficientes de reflexión y coeficiente de utilización a emplear.

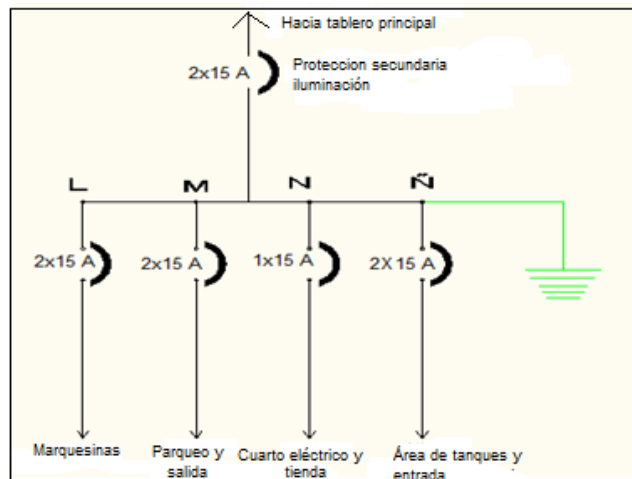
Para el caso de las lámparas de pista de salida, entrada y parqueos se utilizo un montaje unilateral, debido a que las lámparas deben ser instaladas en todo el contorno de la gasolinera, como se muestra en la figura 8.

Figura 8. **Montaje unilateral de lámparas**



Fuente: MONTIEL, Karla. Iluminación. p. 97.

Figura 9. **Diagrama unifilar circuito de iluminación**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Autocad.

Tabla VI. Cargas instaladas de iluminación y fuerza en la gasolinera

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Id= Inx1.25	10	11	12	13	14	15
No.	Circuito	Descripción	Tipo de carga	Cantidad	Potencia en VA	Voltaje nominal	Carga instalada (VA)	I nominal (A)		Calibre conductor por NEC 310.16, 90°C, cobre	Conductor neutro o tierra	Tubería especial a utilizar	Protección a utilizar (amperios)	Factor de demanda (F.D.)	D.M.E. (carga instalada xF.D.) VA
1	A	Bomba 1	Fuerza	1	700	240	700	2,92	3,65	14	14	3/4"	2x15	0,8	560
2	B	Bomba 2	Fuerza	1	700	240	700	2,92	3,65	14	14	3/4"	2x15	0,8	560
3	C	Bomba 3	Fuerza	1	700	240	700	2,92	3,65	14	14	3/4"	2x15	0,8	560
4	D	Bomba 4	Fuerza	1	700	240	700	2,92	3,65	14	14	3/4"	2x15	0,8	560
5	E	Compresor	Fuerza	1	4662	240	4662	19,43	24,29	10	12	3/4"	2x30	0,6	2797,2
6	F	Bomba hidroneumática	Fuerza	1	932	120	932	7,8	9,75	14	14	3/4"	1x15	0,6	559,2
7	G	Dispensadores 1	Fuerza	3	600	120	1800	15	18,75	12	14	3/4"	1x20	1	1800
8	H	Dispensadores 2	Fuerza	3	600	120	1800	15	18,75	12	14	3/4"	1x20	1	1800
9	I	Tomacorrientes 1	Fuerza	9	180	120	1620	13,5	16,88	12	14	3/4"	1x15	0,6	972
10	J	Tomacorrientes 2	Fuerza	7	180	120	1260	10,5	13,13	14	14	3/4"	1x15	0,6	756
11	K	Tomacorrientes 3	Fuerza	4	1250	240	5000	20,83	26,04	10	12	3/4"	2x30	1	5000
12	L	Iluminación 1	Iluminación	15	130	240	1950	8,12	10,15	14	14	3/4"	2x15	1	1950
13	M	Iluminación 2	Iluminación	6	36	240	216	0,9	1,125	14	14	3/4"	2x15	1	216
14	N	Iluminación 3	Iluminación	15	40	120	600	5	6,25	14	14	3/4"	1x15	1	600
15	N	Iluminación 4	Iluminación	7	36	240	252	1,05	1,313	14	14	3/4"	2x15	1	252
Σ															18 942,4

Fuente: elaboración propia.

La tabla VI fue elaborada con los cálculos realizados para los circuitos de fuerza e iluminación, mostrados en las tablas III y V. Toda la tubería y accesorios a utilizar deben ser antiexplosivos y que cumplan con los requerimientos de las normativas NEC artículo 500 e IEC artículo 60079-10.

2.2.4. Cálculo de la capacidad de tableros

Para el cálculo de la capacidad del tablero se utiliza la columna No. 15 de la tabla No. VI, DME (Demanda media estimada), luego se calcula la corriente nominal.

Sumando todas las DME, en la tabla VI, $\sum DME = 18\,942,4 \text{ VA}$

Para el cálculo de la corriente nominal de toda la carga instalada. Se utiliza un factor de crecimiento del 20 por ciento de la demanda media estimada, como sigue:

$$I_n = \frac{DME + DME * 20 \%}{V} = \frac{18\,942,4 * 1,20}{240} = 94,71 \text{ A}$$

Ahora se procede al cálculo de la corriente de barra:

$$I_{barra} = 2I_n = 2 * 94,71 = 189,24 \text{ A}$$

Con base en la columna No. 13 de la tabla VI (protección a utilizar) es necesario utilizar 24 espacios del tablero para los interruptores termomagnéticos.

Con los datos de corriente de barra y el número de espacios necesarios en el tablero, se procede a utilizar cualquier tipo de tablero en el mercado que esté aprobado por normas internacionales.

Para el cálculo de número de espacios necesarios del tablero se aplica un factor de diseño del 25 por ciento adicional, para futuro crecimiento en las instalaciones, como sigue:

- $(\# \text{ de espacios actuales}) + ((\# \text{ de espacios actuales}) \times 25 \%) = \text{total de espacios requeridos.}$

Realizando los cálculos correspondientes se tiene:

$$24 + (24 \times 0,25) = 30 \text{ espacios requeridos.}$$

Por lo tanto, se necesita un tablero que tenga una capacidad de corriente de barra de al menos 189,42 amperios y 30 polos o espacios disponibles.

Se utilizarán tableros de la marca SIEMENS, del catálogo 2010 de tableros, tipo P130250E, que tiene una corriente máxima de 250 A, y una capacidad de 30 polos.

Figura 10. **Vista del tablero a utilizar**



Fuente: Siemens, tableros eléctricos, 2010. p. 5.

Con base en la tabla VI puede determinarse que se necesitan 17 polos en el tablero para los circuitos de fuerza y 7 polos para el circuito de iluminación.

Por lo tanto, se utilizará un tablero Siemens, QP E0816ML1125F de 8 polos para el circuito de iluminación, y un G2020L1125 de 20 polos para el circuito de fuerza, ambos soportan una corriente máxima de 125 A.

2.2.5. Cálculo de protección principal

Toda instalación eléctrica para su adecuado funcionamiento, requiere de una protección principal, en caso de que suceda alguna sobrecarga o falla en el sistema eléctrico.

Para el cálculo de la protección principal, se hace uso de la corriente nominal calculada en el apartado 2.2.4.

Donde $I_n = 94,71 \text{ A}$

Se utilizará un interruptor principal, Siemens, tipo BL, 127/220 V, 100 A.

2.2.6. Cálculo de acometida

Se necesita el valor de la corriente nominal obtenida en la sección 2.2.4
 $I_n = 94,71$ A, para el cálculo de la acometida.

Con base en la tabla 310.16 del NEC (ver anexo 3), para una corriente de 94,71 A, el conductor a utilizar debe ser: conductor AWG calibre 2 THHN.

2.2.6.1. Cálculo de acometida por caída de tensión

Del contador al tablero principal se tiene una longitud de 65 metros.

Por lo tanto se tiene:

$$St = \frac{k * I_n * l}{\rho * \% * V} = \frac{2 * 94,71 * 65}{57 * ,03 * 240} = 30 \text{ mm}^2$$

Donde:

- St = sección transversal del conductor.
- K = factor con valor de 2, para sistemas monofásicos y $\sqrt{3}$ para sistemas trifásicos.
- L = longitud del conductor en metros.
- ρ = conductividad del conductor, cobre 57, aluminio 35.
- $\%$ = porcentaje de caída de tensión aceptable (2, 3 o 5).

Con base en la tabla del anexo 1, para esta sección corresponde un conductor AWG calibre 2.

Por lo tanto, en la acometida se utilizará:

- Tres conductores AWG calibre 2 THHN, dos para las fases y un conductor para el neutro.
- Un contador tipo 100.

2.2.7. Cálculo de la tubería antiexplosión para la acometida

De la sección 2.2.6 se sabe que se utilizarán 3 conductores AWG calibre 2, cada uno con una sección transversal de 33,63 milímetros cuadrados, multiplicado por 3, se tiene un total de= 100,89 milímetros cuadrados.

A esta sección calculada se le debe aplicar el factor de relleno en tubos, con base en la tabla del anexo 2, dice que, para tuberías con una cantidad mayor a dos conductores se necesita un factor del 40 por ciento.

Por lo tanto: $F=a/ A$, donde A es el área interior del tubo en mm^2 , a es el área total de los conductores y F es el factor de relleno.

Entonces:

$$A = \frac{a}{F} = \frac{100,89}{0.40} = 252,22 \text{ mm}^2$$

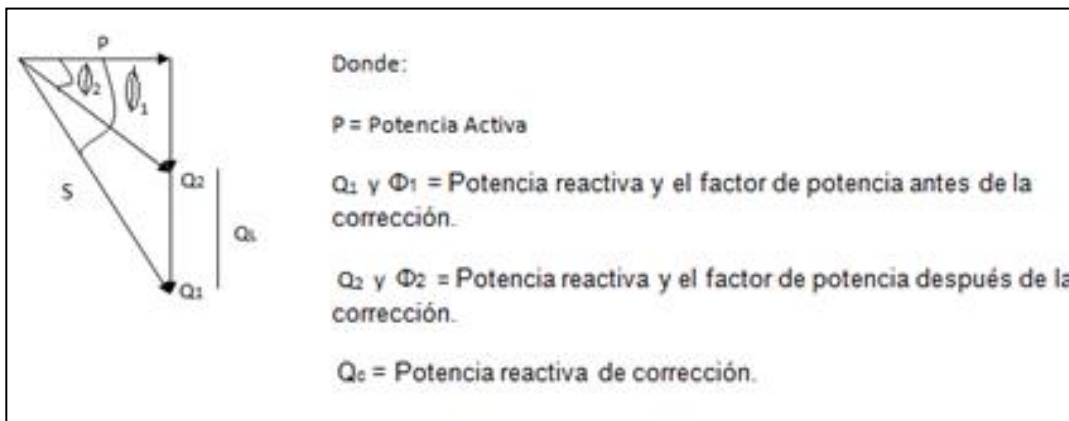
El cual corresponde a una tubería 1 ¼ de pulgada que en el presente caso, es tubería especial conduit de aluminio, con recubrimiento de PVC.

2.2.8. Corrección del factor de potencia

La gasolinera cuenta con una carga instalada en watts de 17 494, con un factor de potencia promedio de 0,8.

Con este factor de potencia, la Empresa Eléctrica penaliza debido a que requieren un factor de potencia mayor a 0,90. Por lo que es necesario realizar la corrección del mismo.

Figura 11. **Corrección del factor de potencia**



Fuente: elaboración propia.

La figura 11 sirve de guía para calcular el banco de capacitores necesarios para mejorar el factor de potencia de 0,8 a 0,93 el cual ya es aceptado por la Empresa Eléctrica de Guatemala.

Para la corrección del factor de potencia se utiliza el siguiente procedimiento, con base en la figura 11:

$$\Phi_1 = \text{Cos}^{-1}(0,80) = 36,87$$

$$\Phi_2 = \text{Cos}^{-1}(0,93) = 21,57$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \times (\text{tg}\Phi_1 - \text{tg}\Phi_2) = 17\,494(\text{tg}36,87 - \text{tg}21,57) = 6\,205 \text{ VAR}$$

Por lo tanto, para tener un factor de potencia de 0,93 es necesario instalar un banco de capacitores de 6.2 KVAR capacitivos.

2.2.9. Cálculo de las características eléctricas del transformador

Sumando todas las cargas instaladas en voltio amperio en la columna 8 de la tabla No. VI se tiene un total de 22 890 voltio amperio instalados.

Por lo tanto se debe instalar un transformador con capacidad de 25KVA, voltaje primario 13 200/7 600 V y voltaje secundario 120/240 V

2.2.10. Cálculo de planta de emergencia

Del apartado anterior se sabe que existe una carga total instalada de 22 890 voltio amperio, entonces, para calcular la capacidad de la planta o generador se usa el factor de potencia promedio de 0,8 de la planta, para obtener la potencia en kilo watts del mismo:

$$P = S \times F_p = 22\ 890 \times 0.80 = 18\ 312\ W.$$

Donde:

S = potencia aparente

F_p = factor de potencia

Con base en este cálculo se llega a la conclusión de que, una planta de 20 kilo watts funcionará adecuadamente.

En el apéndice 2 se muestra el diagrama unifilar completo de la instalación eléctrica de la estación de servicio, incluyendo el banco de capacitores, la planta de emergencia con transferencia automática y el transformador a utilizar.

En el apéndice 3 se muestran los detalles de la instalación de tableros, desde la acometida hacia el cuarto eléctrico.

2.2.11. Material a utilizar para el diseño de la instalación eléctrica

Todos los equipos y materiales son antiexplosivos para protegerse de las zonas o áreas donde puedan existir o producirse vapores inflamables, ya que no permiten altas concentraciones de gases en su interior y, en caso de producirse fallas, impiden la inflamación de gases que existan o se produzcan al exterior del equipo.

La instalación eléctrica, interruptores, arrancadores, cajas, tuberías, motor, cableado y accesorios; serán acordes a la zona de riesgo en la cual estarán instalados según la clasificación de las áreas de riesgos de explosión.

Todo el material y equipo que utiliza en el diseño eléctrico de la estación de servicio, cumple con los requerimientos de la Norma NEC, artículo 500.

2.2.12. Métodos de instalación utilizado en la gasolinera

En el diseño de la gasolinera se utiliza el sistema de tubería.

2.2.12.1. Sistema de tubería (NEC 501.10 (A), inciso a)

Cuando se realiza la instalación utilizando el sistema de tuberías, los circuitos alimentadores se encontrarán en forma individual dentro de un tubo rígido metálico.

Estos tubos se conectan a la caja antiexplosiva (ver figura 12), por medio de uniones y sellos (ver figura 13) en los puntos de entrada. El sistema completo es a prueba de explosión.

Figura 12. **Caja a prueba de explosión**



Fuente: NEC 2011. p.731.

La función del sello antiexplosivo mostrado en la figura 16, denominado cortafuego, es precisamente evitar que una explosión que pudiera ocurrir dentro de la caja se propague a través de la tubería al resto del sistema. De otra forma, presiones explosivas extremadamente altas pueden ser creadas por una precompresión a lo largo de la tubería. Por eso es recomendable que los sellos sean instalados, además de en los puntos de entradas a intervalos a lo largo del recorrido. Deberán instalarse drenajes en los puntos más bajos de la tubería, donde la condensación pudiera acumularse.

Figura 13. **Sello antiexplosivo**

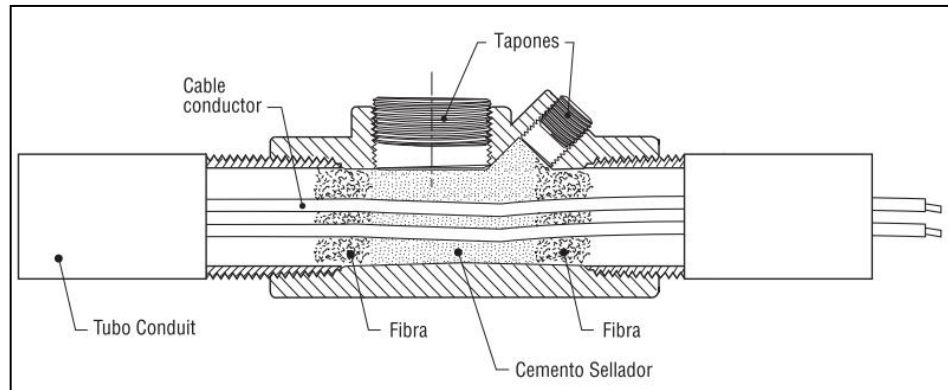


Fuente: NEC 2011. p.739.

- Aplicación de los sellos para áreas peligrosas
 - Restringe el paso de gases, vapores o flamas de una parte de la instalación eléctrica a otra.
 - Limita las explosiones al acordonar la envolvente.
 - Previene la compresión o acumulación de presiones en los sistemas de tubería.
 - El espesor del compuesto sellador no deber ser menor al diámetro nominal del tubo, y en ningún caso menor de cinco octavos de pulgada (artículo 501.5, c), 3) NEC.
 - El compuesto sellador no debe ser alterado por la atmósfera o por los líquidos que la rodean y no debe tener un punto de fusión (paso de sólido a líquido) de 93°C (artículo 501.5, c), 2) NEC.

- Instalación del sellador
 - Los sellos deben ser instalados lo más cercanos a la envolvente de interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros equipos que puedan producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas en condiciones normales de funcionamiento, a una distancia no mayor a 45 centímetros (artículo 501.5, NEC)
 - Si la tubería fuera demasiado larga, lo apropiado es instalar sellos a cada 15 o 30 metros, dependiendo del tamaño de la canalización para minimizar los efectos de la acumulación de presión, como se observa en la figura 14.

Figura 14. **Instalación de sellos antiexplosivos en tuberías largas**



Fuente: Inyectados Rawelt, productos para instalaciones eléctricas. p. 105.

2.2.12.2. Instalación de la tubería (artículo 501.4 NEC)

En los lugares de Clase I, División 1 y 2, para la instalación, todas las cajas, accesorios y elementos de unión deben estar roscados para conectarlos a los tubos y deben ser antiexplosivos. Las juntas roscadas deben tener, por lo menos, cinco roscas que queden completamente metidas.

Para el presente diseño eléctrico, se propone el uso de tubería conduit rígido de aluminio con recubrimiento exterior de PVC e interior de uretano púrpura, el cual cumple con las especificaciones requeridas por las Normas: Underwrite's Laboratories (UL) y NEC artículo 500, requerimientos para áreas peligrosas, ver figura 15.

Figura 15. **Tubería conduit de aluminio con recubrimiento exterior de PVC**



Fuente: Inyectados Rawelt, productos para instalaciones eléctricas. p. 134.

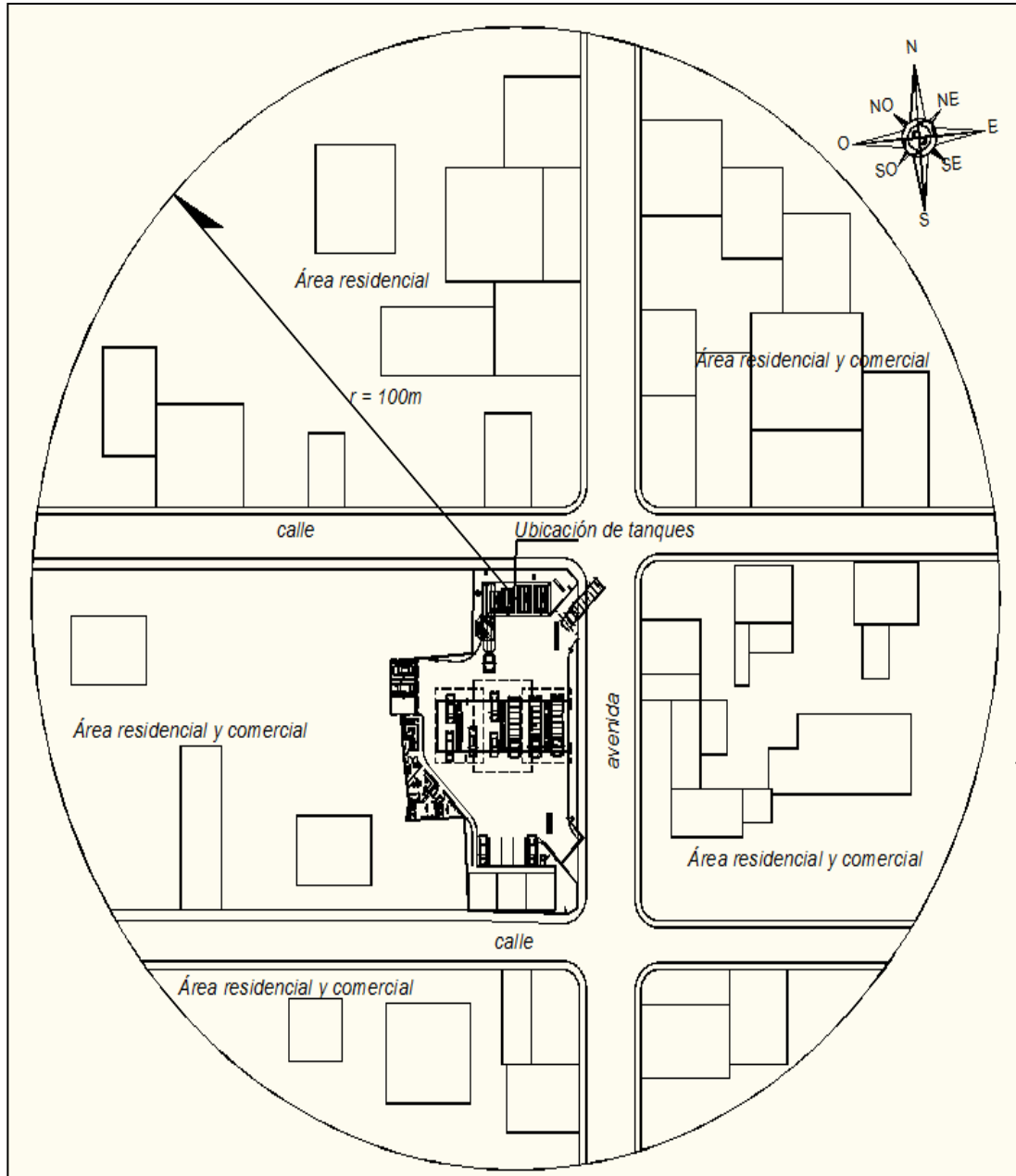
2.3. Plano de ubicación

En este plano se recomienda que a 100 metros, a partir del centro de los tanques de gasolina no se encuentre ninguna escuela, fábrica de pólvora o algún establecimiento de servicio comunitario que pudiera estar en riesgo por la estación de servicio.

Cumpliendo este requisito se procede a indicar la ubicación exacta del sitio de la construcción como sigue:

- Departamento, municipio, zona, avenida, calle y algún otro punto de referencia que pueda hacer más fácil la localización del mismo, para que el MEM pueda realizar una inspección en campo.

Figura 16. **Plano de ubicación**



Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

2.4. Plano de instalaciones

Depende de los requerimientos del cliente, de las dimensiones y las características del terreno.

Debe indicar la ubicación de las siguientes instalaciones:

- Tienda de conveniencia
- Servicios sanitarios
- Cuarto eléctrico
- Ingreso y salida de vehículos
- Límites del terreno
- Área de despacho de combustible
- Área de parqueo para la tienda de conveniencia
- Área de carga de combustible
- Monolito de venteo

Para mayor detalle de ubicación de instalaciones, ver apéndice 1.

2.5. Plano de detalles técnicos

Este contiene todos los detalles técnicos correspondientes a la instalación de la gasolinera, como sigue:

- Capacidad de los tanques, según Norma UL-58 Galsteel II ASTM A36
- Separación mínima de los tanques con los terrenos colindantes
- Separación mínima entre tanques
- Material utilizado en los tanques
- Dimensiones de los tanques

2.5.1. Tanques para el almacenamiento de combustible

En la actualidad existe gran variedad de tanques de almacenamiento, su uso y ubicación dependen del tipo de proyecto de estación de servicio a desarrollar, del presupuesto y tiempo con el que se cuenta para la puesta en marcha de la gasolinera.

Dentro de los más comunes están:

- Tanques subterráneos
 - De pared sencilla
 - De doble pared
- Tanques superficiales

Para la gasolinera en estudio, se hizo uso de un tanque subterráneo, pero debemos elegir entre uno de pared sencilla y una doble.

Características del tanque de pared sencilla.

- Para su instalación se necesita que la fosa donde será instalada tenga una base y paredes de concreto en todo su contorno.
- Necesita de protección catódica.

Características del tanque de doble pared.

- Para su instalación no necesita que la fosa sea de concreto, únicamente debe ser cubierta con tela geotextil.
- No necesita de protección catódica.

Tabla VII. **Comparación entre tanques de pared sencilla y doble**

Descripción	De pared sencilla	De pared doble
Tiempo de ejecución	Mayor tiempo.	Menor tiempo
Costo	Más económico	Un poco más caro
Protección catódica	Necesita	No necesita
Paredes y base de concreto	Necesita	No necesita

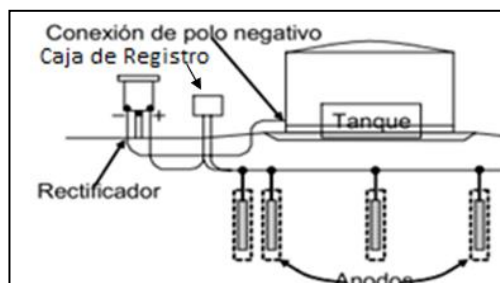
Fuente: elaboración propia.

Si se utiliza un tanque de pared sencilla, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones relacionadas a la protección catódica.

2.5.1.1. Protección catódica de tanques

La protección catódica es una técnica de control de la corrosión, esto se logra haciendo que el potencial eléctrico del metal a proteger se vuelva más electronegativo mediante la aplicación de una corriente directa o la unión de un material de sacrificio (comúnmente magnesio, aluminio o zinc), como se muestra en la figura 17.

Figura 17. **Protección catódica con ánodos de sacrificio**



Fuente: NRF-017-PEMEX-2007. Protección catódica de tanques de almacenamiento. p. 17.

Ya con este aparatado se observa que la mejor opción es el tanque de doble pared Fibratank Glasteel II, UL-58, debido al costo y tiempo que toma realizar un sistema con protección catódica.

2.5.1.2. Norma de materiales utilizados en tanques UL-58 fibratank glasteel II

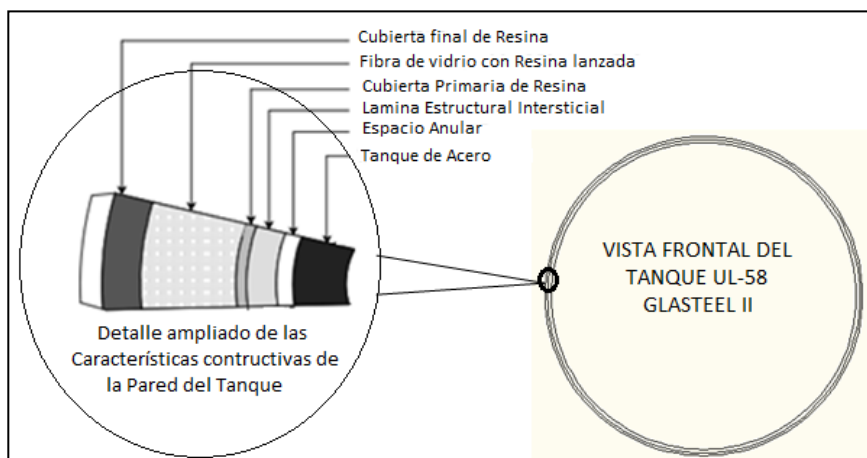
Tanque construido con dos capas de acero calidad ASTM A-36 con un cuarto de pulgada el cuerpo y cinco dieciseisavos de pulgada para las tapas de espesor uniforme, soldado enteramente con soldadura semicomputarizada de arco sumergido de alta resistencia, y probado neumáticamente a 5 libras sobre pulgada cuadrada de acuerdo a UL-58.

Recubrimiento externo a todo el cuerpo del tanque con una capa de fibra de vidrio para protección contra la corrosión, haciendo que no necesite de una protección catódica adicional.

Cuenta con un espacio intersticial entre el metal y el recubrimiento de fibra de vidrio, esto para el monitoreo de fugas existentes.

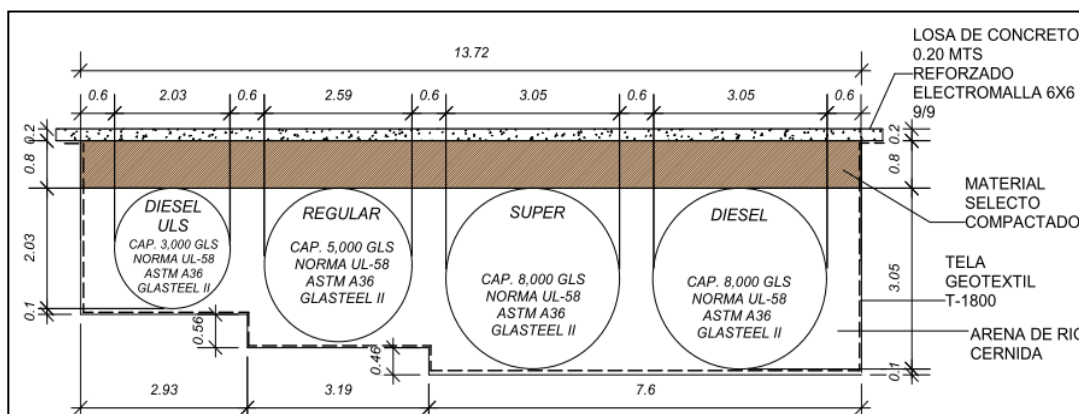
Para comprender mejor cómo está diseñada la cubierta o pared del tanque UL-58 Glasteel II, ver figura 18.

Figura 18. **Detalle de la cubierta o pared del tanque UL-58 Glasteel II**



Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

Figura 19. **Elevación frontal fosa de tanques.**



Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

- Las dimensiones de la fosa de tanques puede variar dependiendo del tipo de tanque a adquirir.
- La altura de lomo de tanque a nivel final de pista debe ser la misma que se muestra en el dibujo.
- La distancia entre tanques debe mantenerse como se muestra en la figura 19.

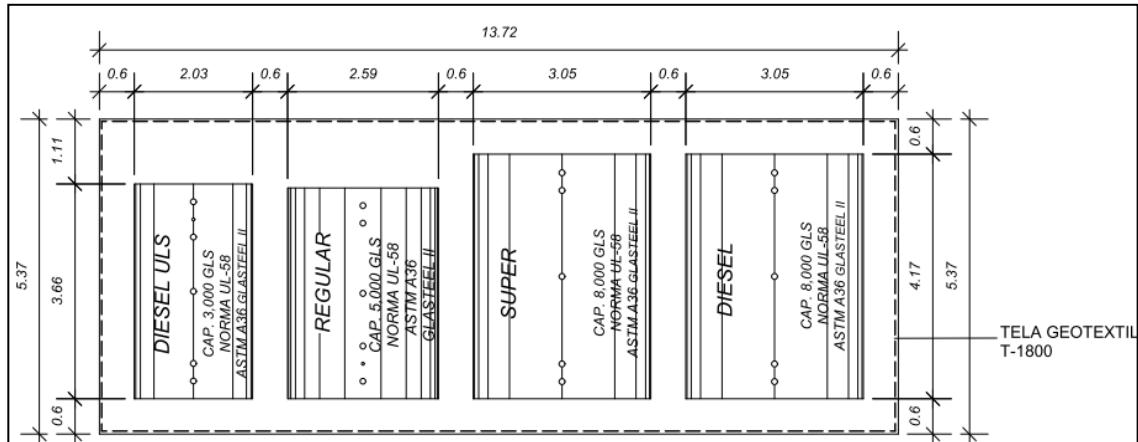
Las distancias entre tanques están diseñadas de acuerdo a la Norma NFPA30, como se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII. Espaciamiento mínimo entre tanques

	Tanques con techo flotante	Tanques horizontales o de techo fijo	
		Líquidos Clase I o Clase II	Líquidos Clase IIA
Todos los tanques cuyo diámetro no supere 150 pies	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero nunca inferior a 3 pies	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero nunca inferior a 3 pies	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero nunca inferior a 3 pies
Tanques con diámetros superiores a 150 pies			
Si el embalse remoto está de acuerdo con 2-3.4.2	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	¼ de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes
Si se ha provisto un dique de acuerdo con 2-3.4.3	¼ de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/3 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	¼ de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes

Fuente: NFPA30. p. 19.

Figura 20. **Planta fosa de tanques**



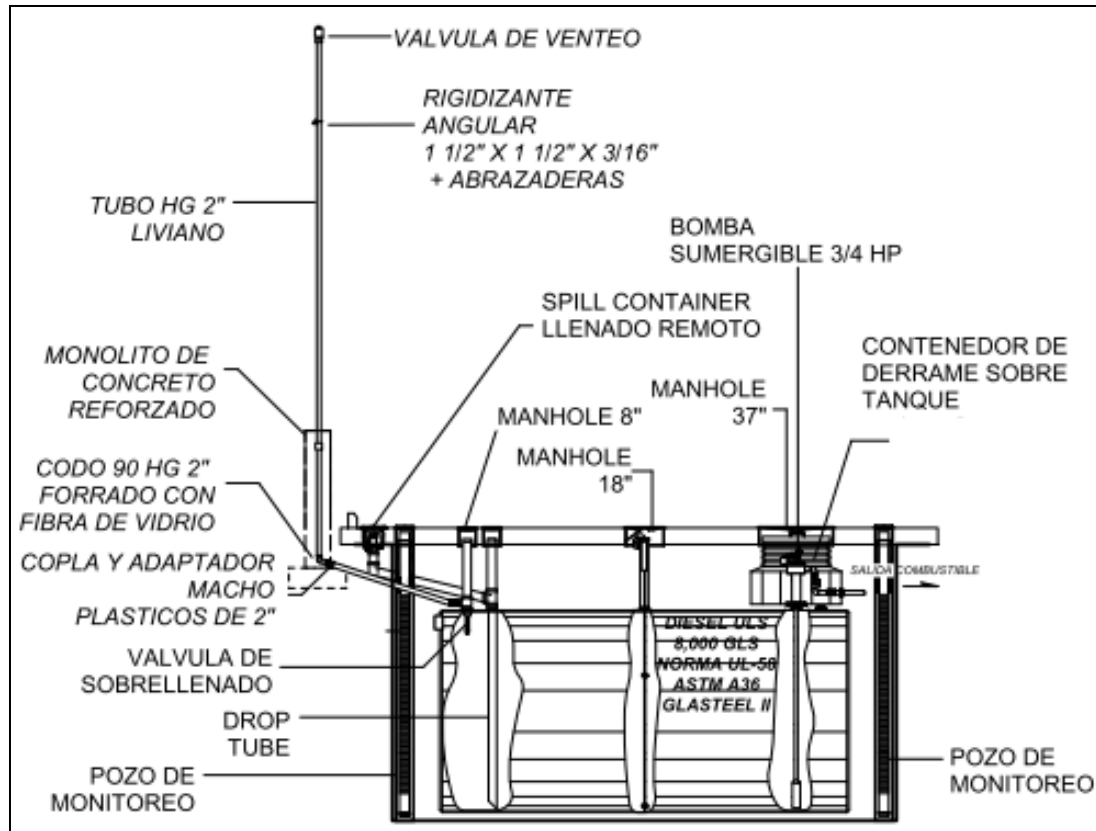
Fuente: Grupo Artec Guatemala.

Como se puede observar en la figura 20, toda la fosa se encuentra recubierta, únicamente, por tela Geotextil, sin necesidad de realizar un recubrimiento de concreto en el área donde serán enterrados los tanques, lo cual significa ahorro de dinero y tiempo, para la construcción de la estación de servicio.

2.5.1.3. **Instalaciones relacionados con los tanques**

Para conocer cuáles son los diferentes tipos de conexiones de tuberías que van en los tanques de almacenamiento, se necesita observar la figura 21.

Figura 21. **Sección típica de las instalaciones sobre tanques**



Fuente: Grupo Artec Guatemala.

Los pozos de monitoreo construidos al lado de los tanques sirven para detectar eventuales fugas en los tanques o tuberías. Los cuales deben ser chequeados periódicamente por medio de sistemas electrónicos o manuales.

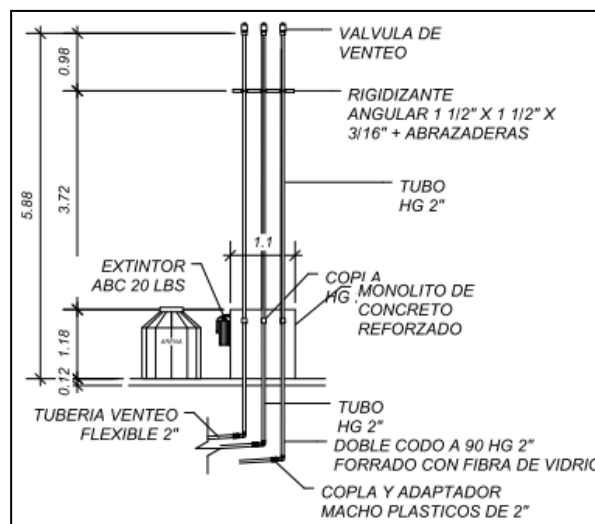
En los puntos de llenado de los tanques tiene que existir un contenedor para derrames eventuales, con una capacidad de 35 litros, el mismo tendrá un dispositivo en el caso de que ocurra esto, el contenido vaya directo al tanque.

2.5.1.4. Venteo de los tanques

Según la NFPA30, en la sección 2.3.5, el venteo está diseñado para eliminar pequeñas cantidades de aire que se encuentran en el conducto del tanque de combustible, como resultado de su llenado o vaciado y de los cambios de la temperatura ambiente y funciona con una válvula de escape unidireccional que se activa con la presión. Cuando esta alcanza cierto punto (establecido por libras por pulgada cuadrada), se abre la válvula liberando cierta presión y se cierra cuando esta, está nivelada dentro del conducto.

Esta presión se genera en el exterior del tanque debido al vacío que se forma por el desplazamiento del combustible en el interior. La función de la válvula es equilibrar la presión con la atmósfera que lo rodea, permitiendo que ingrese aire, pero sin liberar gases hacia afuera del tanque debido a cuestiones medioambientales.

Figura 22. Elevación monolito de venteo de tanques

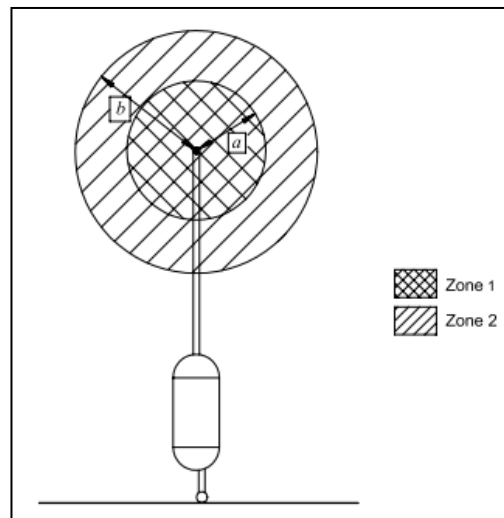


Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

De la figura 22 se observa que existe una tubería de venteo por cada tipo de tanque.

Según la normativa del IEC 60079-10 se puede clasificar las zonas en la salida de cada tubería de venteo como se muestra en la figura 23.

Figura 23. **Clasificación de zonas en la tubería de venteo**



Fuente: IEC 60079-10, Anexo "C". p. 79.

Donde:

$a = 3$ m en todas direcciones desde la fuente de liberación del gas















$b = 5$ m en todas direcciones desde la fuente de liberación del gas

Teniendo en cuenta parámetros relevantes, los valores anteriores son los típicos que serán obtenidos para una válvula donde la presión de apertura de la válvula es de aproximadamente 0,15 MPa (1,5 bar)

2.5.2. Plano de seguridad

Este plano sirve para ubicar en el área de despacho de combustible y en los suministros de gasolina en donde exactamente van estar ubicados los extinguidores, tomas de agua, tomas de aire, los areneros, tomas de tierra física, para cuando llegue el camión de suministro, debe tener bien identificado el lugar de entrada y salida vehicular y, el área de carga de combustible debe estar pintado con líneas color amarillo tránsito. Esto se puede apreciar de forma más detallada en el apéndice 4.

Tabla IX. **Simbología de seguridad utilizada en la gasolinera**

Simbología		Simbología de señalización		
	ARENERO	1		APAGUE SU MOTOR
	EXTINGUIDOR	2		NO FUMAR
	CAJA SEPARADORA DE HIDROCARBUROS	3		APAGUE SU CELULAR
	Tubería agua potable PVC 3/4" 125 PSI	4		DESCARGUE SU ENERGIA ESTÁTICA
	Tubería de aire, HG TIPO MEDIANO 1/2"	5		EXTINTOR
	COMPRESOR DE AIRE 5 HP 135 PSI	6		ÁREA DE DESCARGA COMBUSTIBLE
	Bomba Hidroneumática 3/4" HP	7	INFLAMABLE	INFLAMABLE
	TUBERÍA HG 3", FORRADO FIBRA DE VIDRIO			

Fuente: Grupo Artec Guatemala

3. DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PLANTAS DISTRIBUIDORAS DE GAS

En una planta distribuidora de gas las áreas peligrosas se clasifican como Clase I, División 1, grupo D, con base en la normativa del Código Eléctrico Nacional (NEC) artículo 500, para instalaciones especiales debido a que:

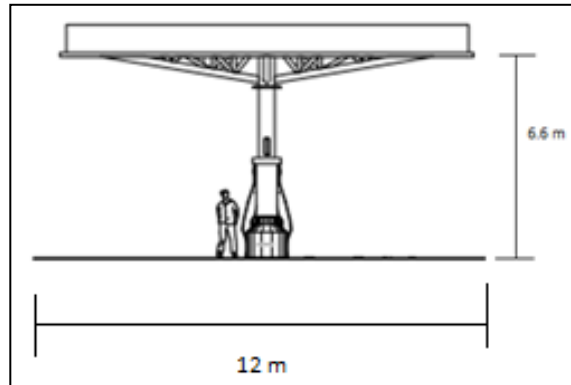
- Existen gases inflamables durante condiciones normales de operación.
- Contiene un ambiente frecuentemente contaminado por gases combustibles durante la operación en forma continua, en condiciones normales de funcionamiento.
- Líquidos inflamables y gases volátiles son trasvasados constantemente.

En plantas distribuidoras de gas, en el presente diseño es referirse a gas licuado de petróleo (GLP) como combustible (utilizadas en cocinas, calentadores de agua, secadoras).

El gas licuado de petróleo es una sustancia que se encuentra en recipientes bajo presión, que al contacto con el calor de la atmósfera se vuelve gaseoso y altamente inflamable, por lo que es indispensable una buena instalación eléctrica para evitar accidentes que puedan hacerle daño al personal y a la planta en general.

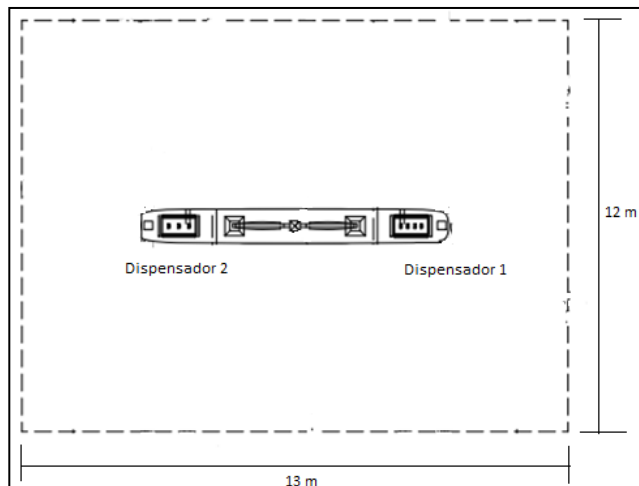
Para diseñar el sistema eléctrico en una planta de gas, se toma como base una pequeña distribuidora, cuyas dimensiones se muestran en la figura 24.

Figura 24. **Perfil de la distribuidora de gas**



Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

Figura 25. **Planta de la distribuidora de gas**



Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

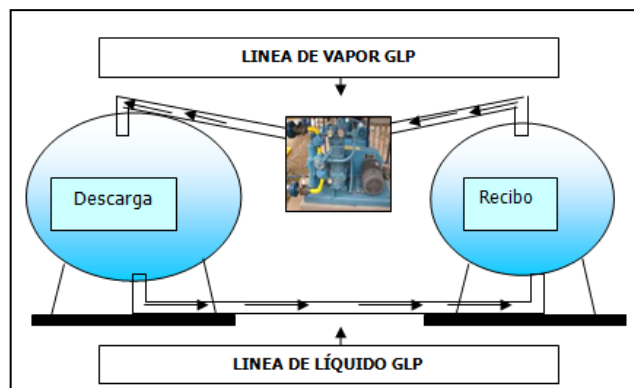
La planta contará con 2 dispensadores de gas, cada una con 2 mangueras de distribución. Para lo cual se necesita de 2 compresores.

La forma en la que se trasvasa el gas por medio de compresor, se explica a continuación.

3.1. Transferencia del gas con compresor

Este procedimiento involucra un compresor de gas licuado de petróleo que comprime gas, generado por las líneas de transferencia de vapor al tanque que descarga (figura 26).

Figura 26. **Trasvase de gas licuado de petróleo (GLP) por compresor**



Fuente: Rayo Gas. Procedimiento, transporte y almacenamiento operativo. p. 4.

La transferencia de líquido por medio de vapor se da cuando la presión interior del tanque que descarga (cisterna), sea menor que la del tanque de recibo. Lo requerido para este proceso es una línea de líquido abierta y la cisterna se descargará por sí misma hasta el punto en que su presión sea igual a la del tanque de recibo, el compresor utiliza la misma técnica de descarga creando una diferencia de presión artificial entre el tanque de almacenamiento (recibo) y la cisterna (descarga), esto se hace tomando vapor de dicho tanque,

reduciendo la presión y comprimiendo este vapor en la cisterna para incrementar su presión.

El líquido es literalmente empujado de la cisterna hacia el tanque de almacenamiento.

3.2. Cálculos para el diseño del circuito derivado de fuerza

Para los cálculos correspondientes al circuito de fuerza, son necesarios los datos de ambos compresores a utilizar, los cuales se dan en la tabla X.

Tabla X. **Características del compresor a utilizar**

Modelo	HP	Voltaje/ Fases	Entrega de Aire CFM @ 90/175 PSI	Presión Máx	RPM @ Especificados	Tamaño de Tanque
CIO53080V*	5	208-230/460V, 3 Ph	18.8/17.4	175 PSI	700	80(Gal)
CIO51080V	5	230V, 1 Ph	18.8/17.4	175 PSI	700	80(Gal)
CIO51080VMS**	5	230V, 1 Ph	18.8/17.4	175 PSI	700	80(Gal)

Fuente: Manual compresores Campbell Hausfeld. p. 3

Se utilizará el tipo de compresor: CIO51080VMS, el cual opera con un voltaje de 240V monofásico.

Teniendo ya las características constructivas de los compresores se procede a la realización de los cálculos correspondientes, los cuales están resumidos en la tabla XI.

Tabla XI. **Resumen de cargas, circuito de fuerza**

Circuito	Descripción	HP	P (W)	FP	S (VA)	In	Idiseño (Inx1.25)	Calibre de Conductor	Tuberí a a utilizar	Protección a Utilizar	Factor de Demanda	D.M.E (Potencia VAxFD)
A	Compresor 1	5	3730	0.8	4 662.5	19.43	24.29	10	3/4"	2x30	0.9	4 196.25
B	Compresor 2	5	3730	0.8	4 662.5	19.43	24.29	10	3/4"	2x30	0.9	4 196.25

Fuente: elaboración propia.

3.3. **Cálculos para el diseño del circuito de iluminación por el método de cavidad zonal**

Para este diseño de luminarias utilizarán lámparas LED antiexplosivas, herméticas al vapor y a prueba de explosión, las cuales son certificadas por las Normas NEC artículo 500 y UL Standards UL1598 luminarias, UL1598A luminaria para instalación en la marina.

Figura 27. **Lámpara Led EVLL7L, 100W**



Fuente: Manual Luminarias LED serie EVLL, Cooper Crouse-Hinds, p. 4

Con los datos constructivos de las lámparas, y las características del ambiente a iluminar, se procede a la realización de los cálculos correspondientes, mostrados en la tabla XII.

Tabla XII. **Cargas del circuito de iluminación**

Circuito	Dimensiones (m)		Em (LUX)	Tipo de Lámpara a utilizar	Sistema de Aluminado	Plano de Trabajo (m)	k	Coeficiente de Reflexión		Cu	Fm	Flujo Luminoso por Lámpara	Flujo Luminoso total (lm)	Numero de Luminarias
	Área (m ²)	Altura						pared	techo					
C	12x13 156	= 6.5	100	EVLL7L	Semidirecto	1.18	1.14	0.3	0.7	0.5095	0.7	6750	43740	6

Fuente: elaboración propia.

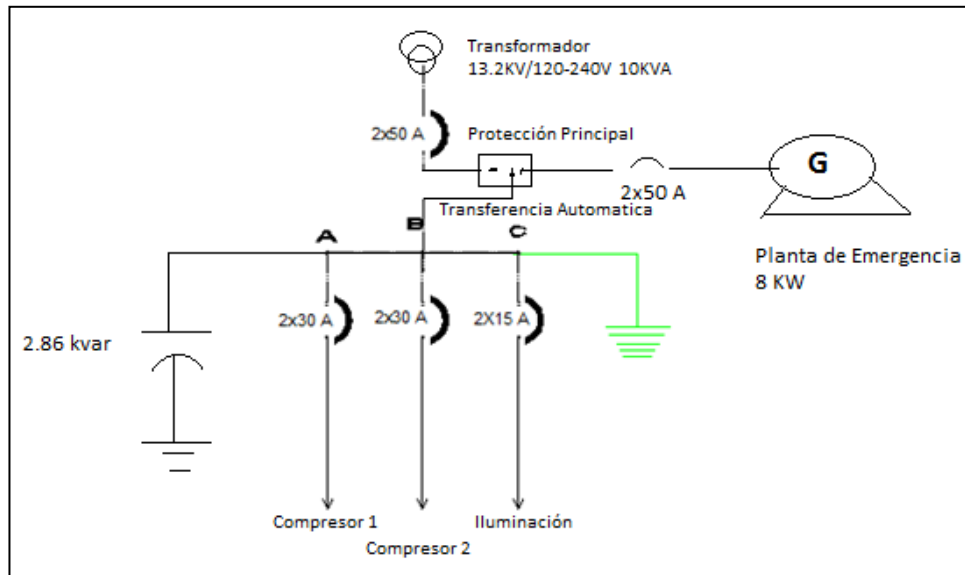
Tabla XIII. **Resumen de cargas instaladas en la distribuidora de gas**

Circuito	Descripción	Tipo de Carga	Cantidad	S (VA)	V (120/240)	In	ld=lnx 1.25	Calibre del Conductor	Tubería especial a utilizar	Protección a Utilizar	F.D.	D.M.E.
A	Compresor 1	Fuerza	1	4 662.5	240	19.43	24.25	10	¾"	2x30	0.9	4 196.25
B	Compresor 2	Fuerza	1	4 662.5	240	19.43	24.25	10	¾"	2x30	0.9	4 196.25
C	Luminarias	Iluminación	6	600	240	2.5	3.12	14	¾"	2x15	1	600
										Σ D.M.E.		8 992.5

Fuente: elaboración propia.

Todo el material a utilizar debe ser antiexplosivo, aprobados por las Normas NEC o IEC.

Figura 28. Diagrama Eléctrico unifilar de la distribuidora de gas



Fuente: elaboración propia, con base al programa Autocad.

3.4. Cálculo de la capacidad del tablero

Para el cálculo de la capacidad del tablero, se hace uso de la columna de DME (Demanda media estimada), de la Tabla XIII.

Se tiene: $\sum D.M.E. = 8\ 992.5$

Ahora se procede al cálculo de la corriente nominal de toda la carga instalada. Para lo cual se considera un factor de crecimiento del 20 por ciento de la demanda media estimada, como sigue:

$$I_n = \frac{D.M.E. + D.M.E * 20\%}{V} = \frac{8\ 992.5 * 1.20}{240} = 44.96\ A$$

Seguidamente se calcula la corriente de barra:

$$I_{barra} = 2I_n = 2 * 44.96 = 89.92 A$$

Con los cálculos anteriores se determina que es necesario un tablero con una capacidad mayor a 5 polos y una corriente de barra mayor a 90 A.

Se utilizará un tablero empotrable de la marca Siemens, serie E0816ML1125F, con una corriente de barras de 125A y capacidad para 8 polos.

3.5. Cálculo de protección principal

Para este paso es necesario utilizar la corriente nominal, calculado en el apartado anterior, donde: $I_n = 44.96 A$

Se utilizará un interruptor principal tipo BL, 127/220 V, 50 A. que tiene las características mostradas en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Interruptores principales, Siemens**

Tipo de Interruptor	Capacidad interruptiva (kA)			Valores de corriente en Amperes
	220V c.a.	480V c.a.	250V c.a.	
BL	10	N/A	N/A	15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100

Fuente: Tableros eléctricos, Siemens, 2010. p. 5.

3.6. Cálculo de acometida

Para el cálculo de la acometida se utiliza la corriente nominal, $I_n = 44.96 A$

Con base en la tabla 310.16 del NEC (anexo 3), el conductor a utilizar debe ser: conductor AWG calibre 8 THHN.

En el diseño, el cuarto de máquinas se encuentra a 20 metros de la acometida, por lo que no aplica el método de caída de tensión.

Por lo tanto, se debe utilizar:

- 3 conductores AWG Calibre 8, THHN, 2 para las fases y 1 para neutro, y se instalará un contador tipo 100.

3.7. Cálculo de la tubería antiexplosiva

La tubería a utilizar debe ser del tipo antiexplosivo, en este caso se utilizará una tubería antiexplosiva de aluminio, con recubrimiento de PVC.

Se sabe que para la acometida, son necesarios 3 conductores AWG calibre 8: $8.37\text{mm}^2 \times 3 = 25.11\text{ mm}^2$

Aplicando el factor de relleno de tubo se tiene:

$A = \frac{a}{F} = 25.11/0.40 = 62.78\text{ mm}^2$, con base en la tabla del anexo 2, para esta sección transversal corresponde utilizar una tubería de 1”.

3.8. Corrección del factor de potencia

En la gasolinera se tiene una carga instalada en watts de 10 934, con un factor de potencia promedio de 0,8.

En el presente diseño deseamos un factor de potencias de 0.93

Por lo tanto para la corrección se tiene:

$$\Phi_1 = \text{Cos}^{-1}(0.80) = 36,87$$

$$\Phi_2 = \text{Cos}^{-1}(0.93) = 21,57$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \times (\text{tg}\Phi_1 - \text{tg}\Phi_2) = 8\,060(\text{tg}36,87 - \text{tg}21,57) = 2\,859 \text{ VAR}$$

Por lo tanto, para tener un factor de potencia de 0,93 se necesita un banco de capacitores de 2.86 KVAR

3.9. Cálculo del transformador

Sumando todas las cargas instaladas en VA en la tabla XIII se tiene un total de 9 925 VA instalados.

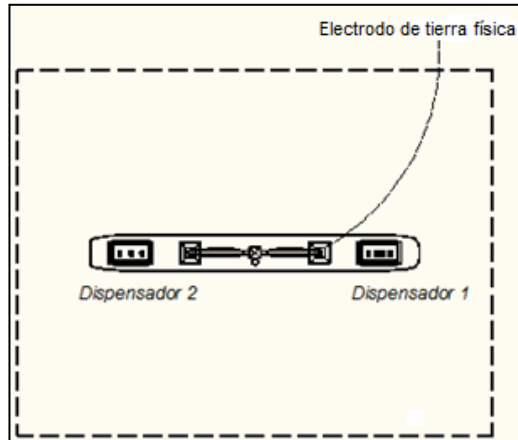
Por lo tanto se necesita instalar un transformador con capacidad de 10KVA, voltaje primario 13 200/7 600 y voltaje secundario 120/240 V

3.10. Puestas a tierra física de la estructura

Todas las estructuras metálicas, sala de bombas, máquinas, motores, mástiles, cañería, tanques, bastidor de tableros, arrancadores, columnas de iluminación, descargadero, deberán poseer una correcta puesta a tierra.

En este caso con un único electrodo de tierra, es suficiente para cumplir con los estándares establecidos en la IEEE 142 de 1991, que el valor de la resistencia para este tipo de construcción debe estar entre 1 y 5 Ω . En este caso el electrodo será instalado como se ve en la figura 29.

Figura 29. **Conexión de la estructura de la planta distribuidora a tierra**



Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

3.11. El sistema de detección de incendios

Las características más importantes que se deben tener en cuenta en un sistema de detección de incendios son la rapidez y la fiabilidad en la detección. De la rapidez dependerá la demora en la puesta en marcha del plan de emergencia y por tanto sus posibilidades de éxito; la fiabilidad es imprescindible para evitar que las falsas alarmas quiten credibilidad y confianza al sistema, lo que desembocaría en una pérdida de rapidez en la puesta en marcha del plan de emergencia.

La detección de un incendio se puede realizar por:

- Detección humana
- Una instalación de detección automática
- Sistemas mixtos

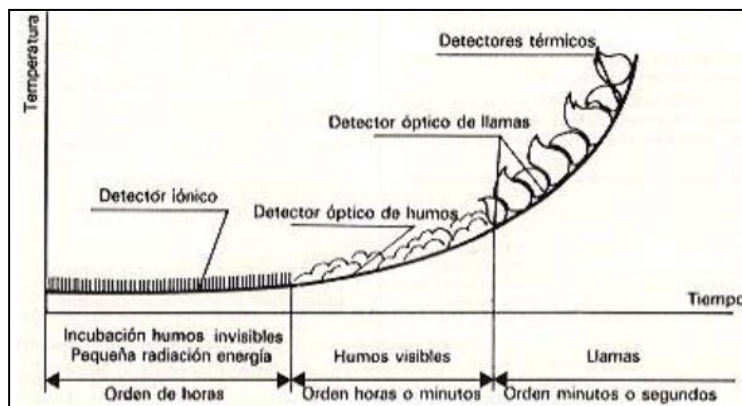
3.11.1. Tipos de detectores o sensores

Los sensores detectan el fuego a través de alguno de los fenómenos que le acompañan: gases, humos, temperaturas o radiación UV, visible o infrarroja.

- Detector de gases de combustión iónico (humos visibles o invisibles)
- Detector óptico de humos (humos visibles)
- Detector de temperatura
- Detector de radiaciones:
 - Ultravioleta
 - Infrarroja (llama)

Los sensores están programados para funcionar inmediatamente después de iniciado un incendio, la función de un sensor de gases es más efectiva en comparación con uno de temperatura, debido a que el de temperatura requiere que el fuego haya tomado ya cierto incremento antes de ser detectado.

Figura 30. Fase de actuación de los sensores



Fuente: Manual básico de instalaciones de protección contra incendios. p.17.

En la figura 30 se puede apreciar la fase del incendio en que entra en función cada tipo de detector o sensor.

3.12. Consideraciones para el diseño de un sistema de detección de gases

Los sistemas de detección de gases son necesarios para: proteger la vida humana, bienes y ambiente mediante medidas adecuadas.

Los sistemas de detección de gases están dedicados a detectar concentraciones de gas peligrosas, para activar alarmas y, hasta donde sea posible, activar contramedidas antes de que se pueda producir una situación peligrosa para empleados, instalaciones y medioambiente.

Estos sensores de gases y vapores son transductores que usan ciertas propiedades de los gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada.

Especialmente tres principios de medición se han hecho dominantes en las décadas recientes de la detección industrial de gases: sensores electroquímicos, sensores de perla catalítica y sensores infrarrojos.

3.12.1. Clasificación de los sensores de gas

Los equipos para detección de gases pueden ser portátiles (o semi-portátiles) o sistemas fijos de detección de gases. La seguridad de una zona potencialmente afectada por gases y vapores peligrosos depende, principalmente, de la fiabilidad del sistema de detección de gases, y especialmente de la calidad de los sensores utilizados.

3.12.1.1. Sensores portátiles de gas

La detección portátil de gas ofrece una gran flexibilidad y es especialmente idónea para uso personal y para acceder a espacios cerrados.

Existen sensores de un solo gas y multigás.

Los sensores de un solo gas: detectan de forma instantánea el gas, con tan solo ensamblarlo, es de funcionamiento sencillo, dependiendo de la marca del producto a utilizar, pueden usarse hasta por dos años sin necesidad de calibrarlos, una presentación de estos tipos de sensores es la que se muestra en la figura 31.

Figura 31. **Detector de un solo gas**



Fuente: Honeywell, Guía de productos para la detección de gas. p.6.

El sensor mostrado en la figura 31 se llama Impulse XT, que tiene las características mencionadas en el párrafo anterior.

Los sensores de un multigás: detecta hasta 4 gases simultáneamente, proporciona una protección personal continua y fiable frente a gases peligrosos, una presentación de este tipo de sensores se muestra en la figura 32.

Figura 32. **Detector de un multigás**



Fuente: Honeywell, Guía de productos para la detección de gas. p.6.

El sensor mostrado en la figura 32 se llama Impulse X4, el cual está diseñado para utilizarse 24 horas al día los 7 días de la semana en entornos industriales.

3.12.1.2. Sensores fijos de gas

Dispositivos de elevada funcionalidad, adecuados para todas las aplicaciones y sectores, son la mejor opción para cualquier diseño, para detectar gases inflamables, tóxicos y oxígeno.

Figura 33. **Detector infrarrojo de gas de camino abierto**



Fuente: Honeywell, Guía de productos para la detección de gas. p.10.

El sensor mostrado en la figura 38 es un detector infrarrojo de gas de camino abierto Searchline Excel, que tiene como característica principal un excelente rendimiento en condiciones climáticas extremas (como, niebla, nieve y lluvia).

3.12.2. Consideraciones que ayudan a determinar la ubicación del sensor

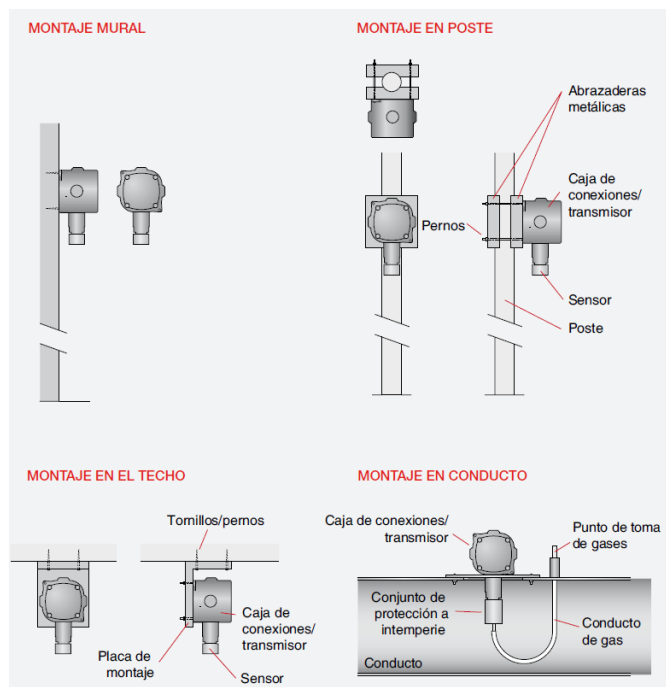
- Para detectar gases que son más ligeros que el aire (como, el metano y el amoníaco), los detectores deben ir montados en un nivel alto.
- Para detectar gases más pesados que aire (como, butano y dióxido de azufre), los detectores deben ser montados en un nivel bajo.
- Al colocar los detectores hay que tomar en cuenta los posibles daños causados por fenómenos naturales como, lluvia, o por inundación.

- Los detectores deberían estar posicionados un poco más atrás de las partes de alta presión para permitir que se formen las nubes de gases. De otra manera cualquier fuga de gas puede pasar por un chorro a alta velocidad y no ser detectado.
- Considerar la facilidad de acceso para pruebas funcionales y de mantenimiento.

3.12.3. Típicas opciones de montaje de los sensores

Los montajes utilizados, comúnmente son los que se muestran en la figura 34.

Figura 34. Montaje de sensores



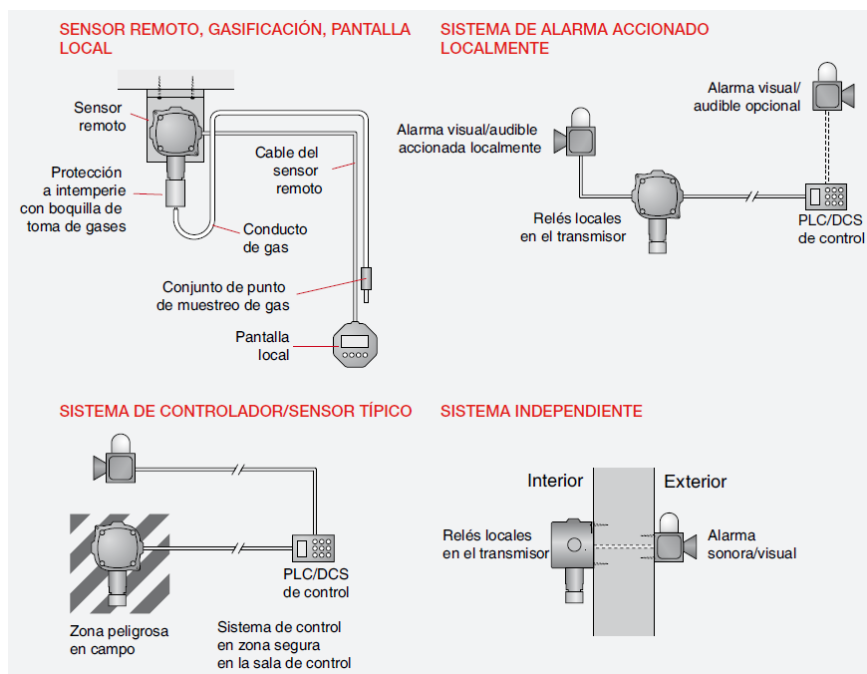
Fuente: Honeywell, Gas Book. p. 68.

De la figura 34 se puede observar que existen varias opciones de montaje de los sensores. Los sensores Honeywell permiten la opción de montaje en pared, tubería, techo o poste.

3.12.4. Configuraciones típicas

Las configuraciones típicas de los sensores, son los mostrados en la figura 35.

Figura 35. Configuraciones típicas



Fuente: Honeywell, Gas Book. p. 69.

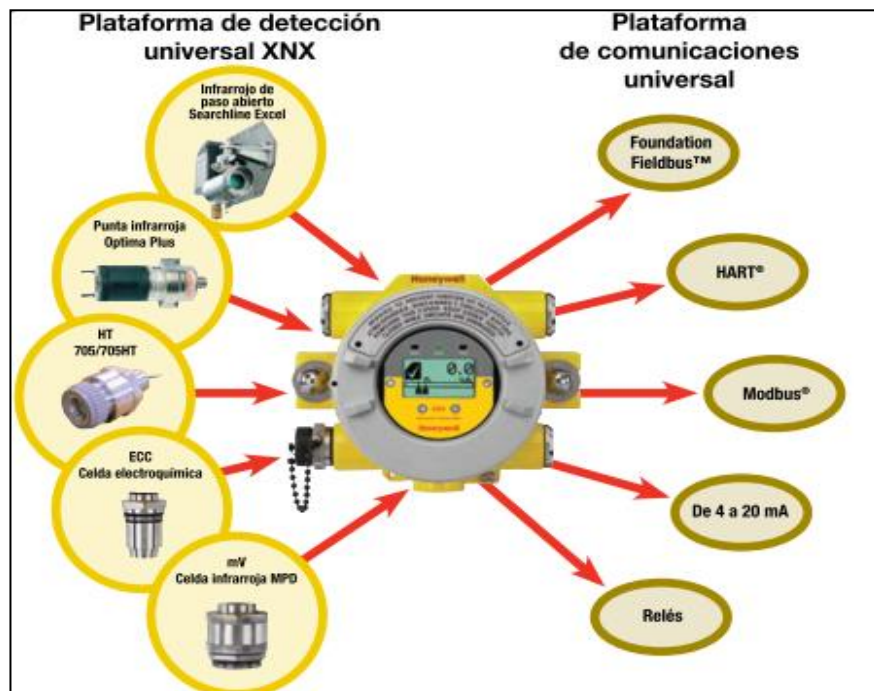
En la figura 35 se observa que un sensor puede funcionar de manera independiente, así también de manera coordinada con otros, como: sensores visuales, audibles, PLC'S y relés.

3.12.5. Tipo de sensor sugerido a utilizar en un diseño de detección de gases

Para la propuesta de diseño se utilizará un transmisor Universal XNX (XNX es el nombre comercial), diseñado especialmente, para la detección de gases tóxicos, combustibles y de oxígeno, compatible con todas las tecnologías de detección de gas de la marca Honeywell. Ideal para el uso con una gama de controladores de monitoreo de gas o de PLC estándar en la industria.

Posee una plataforma universal de comunicaciones y de detección de gas, como se muestra en la figura 36.

Figura 36. **Compatibilidad de detección y comunicación del transmisor Universal XNX**



Fuente: Honeywell, Manual de transmisor Universal XNX. p. 3.

El transmisor de la figura 36 es una plataforma universal de comunicaciones y de detección de gas, proporcionando mayor funcionalidad y flexibilidad a una red de detección de gas, debido a que es compatible con diferentes tipos de sensores y protocolos de comunicación.

3.12.5.1. Características técnicas del sensor

- **Carga:** el cableado para la alimentación de CC, la señal de 4-20 mA, y el cableado remoto de los sensores se debe dimensionar para proporcionar la tensión suficiente con la longitud de línea y cargas que se utilizarán.
- **Aislamiento:** se recomienda aislar los conductores portadores de alimentación y de señal.
- **Protección del circuito:** los circuitos de alimentación deben ofrecer protección contra la sobrecorriente.
- **Cargas:** el uso de cargas de corriente de conexión o cargas inductivas puede afectar al rendimiento del XNX. Para mejorar la fiabilidad, utilizar solo cargas resistivas.

Tabla XV. **Especificaciones de diseño del transmisor universal**

Características eléctricas			
Tensión de funcionamiento	EC/mV: de 16 V a 32 V (24 V nominales) ** Valores de arranque/normales ** IR: de 18V a 32 V (24 V nominales) ** Valores de arranque/normales **		
Consumo eléctrico	Configuración	Pico de potencia	máx.
	XNX EC	6,2 W	<1 A, <10 ms a 24 V CC
	XNX mV	6,5 W	<750 mA <2 ms a 24 V CC
	XNX IR (Optima)	9,7 W	<1 A, <10 ms a 24 V CC
	XNX IR (Excel)	13,2 W	<1 A, <10 ms a 24 V CC
Terminales	Enchufables tipo borne con tornillos de sujeción, 12-28 AWG (de 2,5 a 0,5 mm ²) con puentes acortadores: 14-28 AWG (de 2,0 a 0,5 mm ²) NOTA: para mantener la integridad EMC, el cableado debe protegerse con un blindaje integral o bien mediante un conducto o tubería. El blindaje debe proporcionar una cobertura del 90%.		
Señal	Norma	HART® por 3 cables de 4-20 mA (sumidero, fuente o aislada)	
	Opcional	Modbus® por RS-485	
	20 mA	HART por 3 cables de 4-20 mA (fuente, sumidero o aislada) conformes con NAMUR NE43	

Fuente: Honeywell, Manual de transmisor Universal XNX. p. 94.

El transmisor universal XNX es un potente módulo de comunicaciones para un sistema eficaz de detección de gases.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRA FÍSICA PARA LA GASOLINERA

4.1. Valores recomendados por normas

A continuación se detallan los valores de tierra física establecidos por las Normas del Código Eléctrico Nacional (NEC) y por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

4.1.1. Valores recomendados en Código Eléctrico Nacional (NEC)

El Código Eléctrico Nacional, Artículo 250-84 establece que a un solo electrodo con resistencia a tierra mayor que 25 ohmios debe aumentarse un electrodo adicional. Es recomendable que las tierras con un solo electrodo se prueben al momento de su instalación y en forma periódica posteriormente.

La resistencia a tierra puede variar con los cambios en el clima y la temperatura. Tales cambios pueden ser considerables. Un electrodo de tierra que fue bueno o de baja resistencia cuando se instaló, puede dejar de serlo; para asegurarse, debe ser revisado periódicamente, para evitar que la resistencia de tierra llegue a su valor máximo de 25 ohmios según la normativa del NEC.

4.1.2. Valores recomendados por IEEE 142 de 1991

- Para grandes subestaciones, estaciones de generación y líneas de transmisión, el valor debe ser de 1 ohmio.
- Para subestaciones de plantas industriales, edificios y grandes instalaciones comerciales, el valor debe estar entre 1 y 5 ohmios.
- Para un electrodo simple, el valor debe ser 25 ohmios.

Tabla XVI. **Sección mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos**

Intensidad o posición máxima del del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, conductos, etc. (amperios)	Tamaño AWG o Kcmil del conductor de tierra
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250

Fuente: tabla 250.122, NEC 2011. p. 268.

Tabla XVII. **Área del conductor tierra al tablero de distribución principal al sistema de tierra física**

Conductor fase de Voltaje	Conductor tierra AWG, cobre
2 es el más pequeño	8
1 o 1/0	6
2/0 o 3/0	4
desde 3/0 a 350Kcmil	2
desde 350 a 600Kcmil	1/0
desde 600 a 1100Kcmil	2/0
desde 1100Kcmil	3/0

Fuente: Tabla 250.66, NEC 2011. p. 260.

4.2. **Diseño del sistema de tierra física de la gasolinera**

El presente diseño del sistema de tierra física debe estar entre 1 y 5 ohmios, con base en los valores establecidos por Normas.

Para el diseño del sistema de tierra física de la gasolinera, se tomará en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para del sistema de tierra física en el cuarto eléctrico: la tierra física sirve para establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.
- Para el sistema de tierra en tanques de combustible, marquesinas, carrete de tierra para descarga de camión y demás componentes expuestos: esta sirve para disipar cargas electrostáticas que se han generado debido a fricción de materiales o maquinaria, esto ayuda a evitar que alguna chispa pueda causar un incendio.

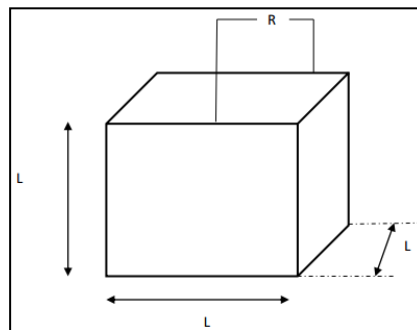
Lo mencionado anteriormente es la función principal del sistema de tierra física en una gasolinera.

Para tener un sistema de tierra física adecuado para esta instalación, se puede hacer, utilizando varillas de cobre, pero para determinar la cantidad de varillas a utilizar se necesita conocer el valor de la resistividad del suelo.

4.2.1. Resistividad del terreno

La resistividad del terreno es la resistencia al paso de la corriente eléctrica de un volumen que tenga una sección transversal y longitud unitarias (ver figura 41); sus unidades son ($\Omega\cdot m$)

Figura 37. Resistividad el terreno



Fuente: elaboración propia.

La medición de la resistividad es útil por los siguientes motivos:

- Para calcular la resistencia de puesta a tierra del sistema
- Para el diseño de sistemas de protección catódica

Para el cálculo de la resistividad del terreno se necesita utilizar la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{AxR}{L}$$

Donde:

R = valor de la resistencia medida por un megger u otro medidor de tierra, en Ω .

ρ = resistividad del terreno en ohm-metro.

A = área en m^2 de la sección transversal.

L = longitud en metros.

En el presente caso se tiene un valor de resistencia medido de 20 ohmios por el método de Wenner (ver anexo 15)

Por lo que se tendría:

$$\rho = \frac{(1x)x20}{1} = 20 \Omega - m$$

Esta sería la resistividad promedio del terreno, por lo que será necesario instalar varillas de tierra física.

Para calcular la resistencia de la varilla se hace por medio de la fórmula de Dwight del MIT.

$$R = \frac{\rho}{2x\pi xL} * \left(\ln \left(4 * \frac{L}{r} \right) - 1 \right)$$

Donde:

ρ = resistividad del terreno en ohm-metro

L = largo de la varilla en metros

r = radio de la varilla en metros

$$R = \frac{20}{2\pi\rho L} * \left(\ln \left(4 * \frac{3}{0,01587} \right) - 1 \right) = 5,97 \Omega$$

El cual todavía tiene un valor de resistencia mayor a lo requerido por las Normas IEEE, que para este caso debe estar entre 1 y 5 ohmios. Para solucionar este problema se utilizarán electrodos de grafito, los cuales se describen a continuación.

4.3. Electrodo de grafito

Es un buen elemento para garantizar la máxima fiabilidad de un sistema de puesta a tierra en entornos de alta corrosión, terrenos de alta resistividad óhmica, así como en condiciones extremas de temperatura. Sistema recomendado en la mayoría de los casos.

4.3.1. Características y beneficios

Este tipo de electrodo tiene las siguientes características:

- Alta conductividad eléctrica y térmica.
- Presentan un buen comportamiento frente a corrosiones químicas típicas de los sistemas de puesta a tierra.

- Mayor vida útil que en la mayoría de sistemas de puesta a tierra equivalentes, debido a su mínima degradación por corrosión.
- Mejora de las propiedades de contacto eléctrico entre el electrodo de grafito y el terreno mediante sales conductoras y polvo de grafito, haciendo que las fisuras del terreno alrededor de dicho electrodo queden firme.

4.3.2. Especificaciones técnicas

El electrodo de grafito a utilizar tiene las especificaciones mostradas en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Especificaciones del electrodo de grafito**

Diámetro del electrodo	Ø 50 mm
Long. del electrodo	500 mm
Dimensiones con envoltorio	200 x 700 mm
Peso electrodo	8 kg.
Resistividad eléctrica	950 $\mu\Omega/cm$
Resistencia teórica	0.475 $\Omega/$
Resistencia empírica	0.4 - 0.6 $\Omega/$
Grosor máximo de grano	1.6 mm
Coefficiente de dilatación	3.00 x 10 ⁻⁶ /°C
Densidad aparente	1.54 gr/cm ³
Carga de rotura a tracción	75kg/cm ²
Carga de rotura a flexión	150kg/cm ²
Carga de rotura a compresión	215kg/cm ²

Fuente: INGESCO, electrodo de grafito. p. 1.

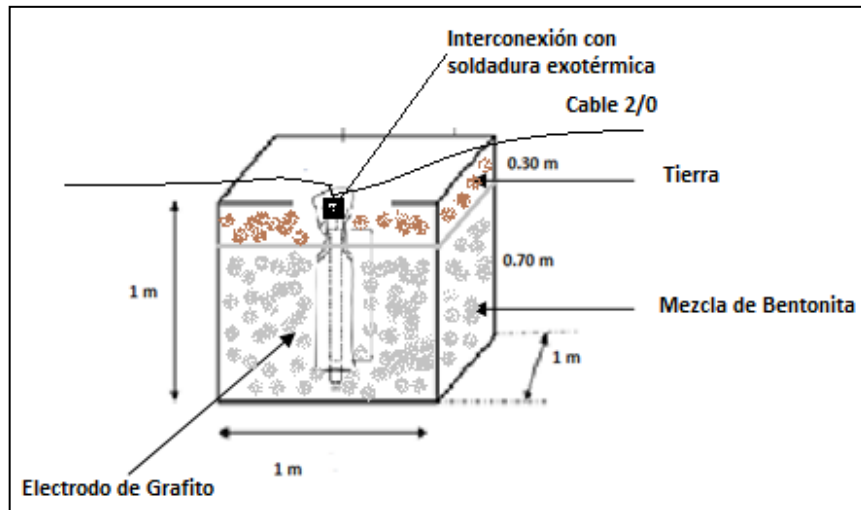
4.3.3. Instalación del electrodo de grafito

Para la instalación del electrodo de grafito se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Hacer una excavación de 1 metro de largo, 1 metro de ancho y 1 metro de profundidad.
- b) Realizar una mezcla entre bentonita sódica y agua, de 0,70 metros de profundidad como se ve en la figura 38.
- c) Por cada kilogramo de bentonita, agregar 1,5 litros de agua, mezclar hasta obtener una masa uniforme y gelatinosa.
- d) Instalar el electrodo de grafito entre la mezcla anterior.
- e) Realizar una caja de registro de 20 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 de profundidad, para futuras inspecciones a la red de tierra física.
- f) Conectar el cable AWG desnudo calibre 2/0 con el electrodo de grafito, mediante soldadura exotérmica.
- g) Interconectar todos los electrodos a utilizar.
- h) Tapar la excavación con tierra.

Finalmente, el electrodo queda instalado como se muestra en la figura 38.

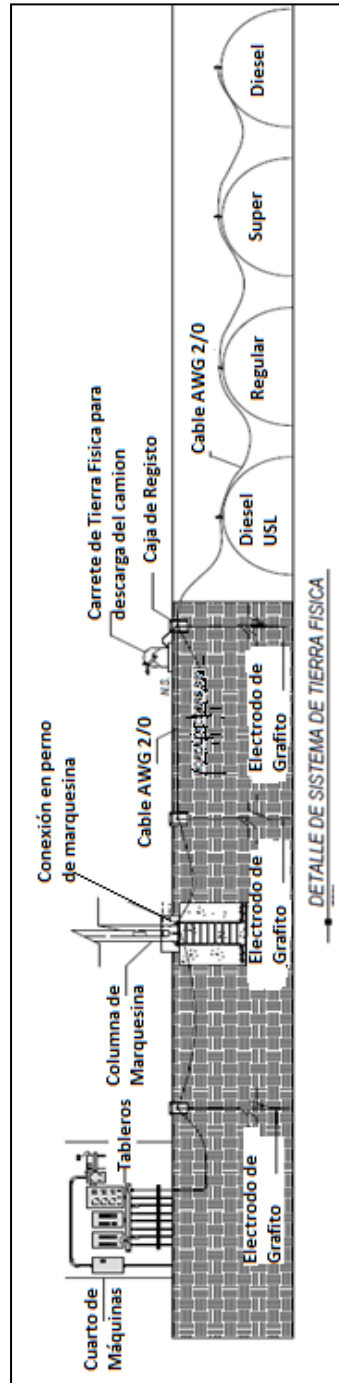
Figura 38. **Electrodo de grafito ya instalado**



Fuente: elaboración propia.

En este caso se instalarán tres electrodos de grafito, garantizando con esto un sistema de tierra física óptimo, como se muestra en la figura 39.

Figura 39. Plano del sistema de tierra física de la gasolinera



Fuente: elaboración propia, con base al programa de Autocad.

4.4. Soldaduras exotérmicas

Este sistema de tierra física será interconectado por medio de soldadura exotérmica, la cual se describe a continuación.

Estas uniones se realizan mediante un molde de grafito que se diseña para ajustar el tipo específico de unión y el tamaño de los conductores. Usando una pistola con pedernal se enciende una mezcla de polvo de aluminio y de óxido de cobre y la reacción que se crea forma una unión de cobre virtualmente puro en torno a los conductores. La reacción de alta temperatura se produce en el interior del molde de grafito. Si se ocupa y mantiene adecuadamente, cada molde puede usarse para realizar entre 50 y 70 uniones. Este tipo de unión asegura los siguientes beneficios:

- Proporciona una unión permanente, de baja resistencia eléctrica y resistente a la corrosión.
- La técnica empleada no requiere adiestramiento, relativamente.
- Puede operar a alta temperatura, permitiendo eventualmente reducir el calibre del conductor.

5. FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINAS O EQUIPOS UTILIZADOS EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

A continuación se describen las principales máquinas o equipos eléctricos que se utilizan en las gasolineras.

5.1. Sistema de automatización de dispensadores y telemedición

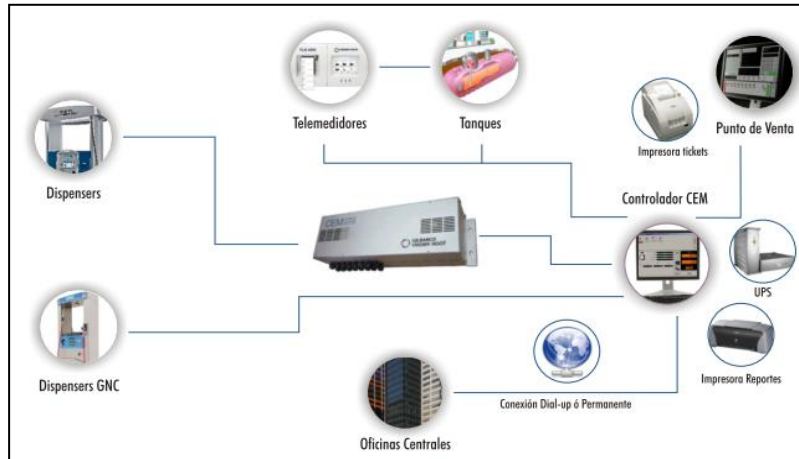
Para automatizar los despachos de combustibles y transacciones en las islas, en la estación de servicio se utilizará el sistema CEM44.

5.1.1. Controlador para estaciones de servicios, CEM44

El CEM44 es un sistema de avanzada tecnología ampliamente utilizado en las estaciones de servicio, porque permite sistematizar todas las actividades de su negocio de manera segura, facilitando el control y la supervisión de todas las operaciones de venta, almacenamiento de combustibles líquidos y gas natural.

El CEM44 centraliza el control de otros sistemas como puntos de venta, tanques, sistemas de flotas. Como se puede apreciar en la figura 40.

Figura 40. **Esquema de funciones del CEM44**



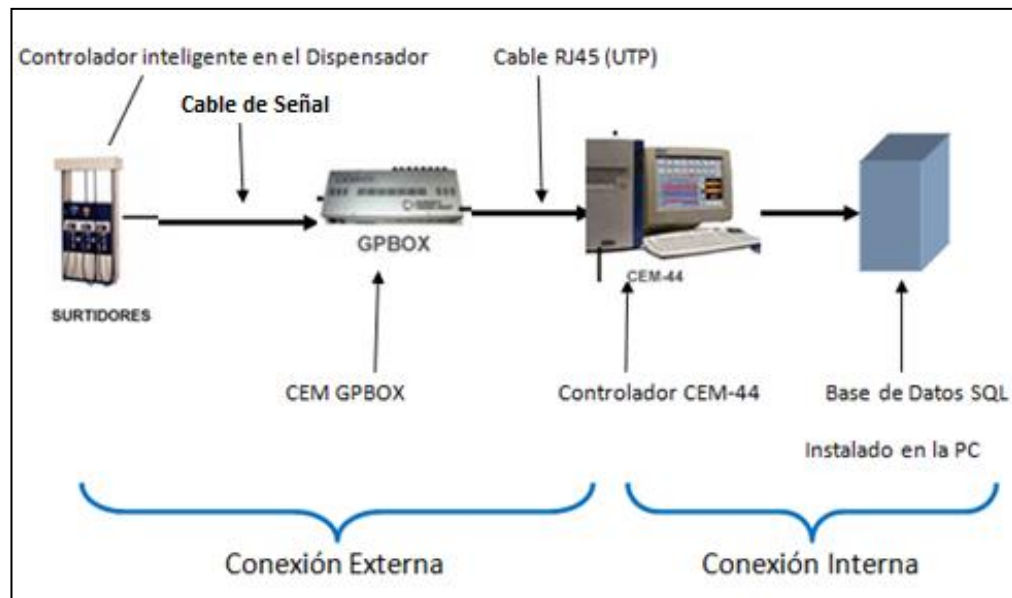
Fuente: GILBARCO, Manual CEM44. p. 2.

5.1.2. Principales características CEM44

- Controla diferentes marcas de surtidores de combustible líquido: Gilbarco, Wayne, CFT, Petromecánica, Krauss, Tokheim, Schlumberger, Cetil, Seetax, Droher, Aspro, Abeledo, Develco, Galileo (GNV).
- Control de los despachos a través de la consola: se puede conocer el estado y controlar todas las funciones de los surtidores, autorizando y deteniendo despachos, contribuyendo a la seguridad del cliente y a la prevención de robos y fraudes. Permite operar los surtidores en las dos modalidades habituales: *Full Service* (atención personalizada) y *Self Service* (autoservicio).
- Centralización de cambios de precio para todos los productos: los cambios de precio pueden realizarse en forma inmediata o preprogramada en el sistema, evitando demoras en las islas.

- Integración con sistemas de facturación mediante interfaces estándares: se pueden capturar los despachos, ordenar cierres de turno y cambios de precio desde sistemas de facturación o gestión.
- Generación de reportes del día o históricos de cierres de turno, día, mes y año; con una amplia apertura por equipo, operador, producto, monto y volumen, cuadros estadísticos, entre otros datos.

Figura 41. **Secuencia en la que está interconectado el controlador CEM44 hacia los dispensadores**



Fuente: elaboración propia.

Cada dispensador viene incorporado con un controlador inteligente que se comunica a través de la caja de distribución CEM Gp Box hacia el controlador CEM44, como se muestra en la figura 45.

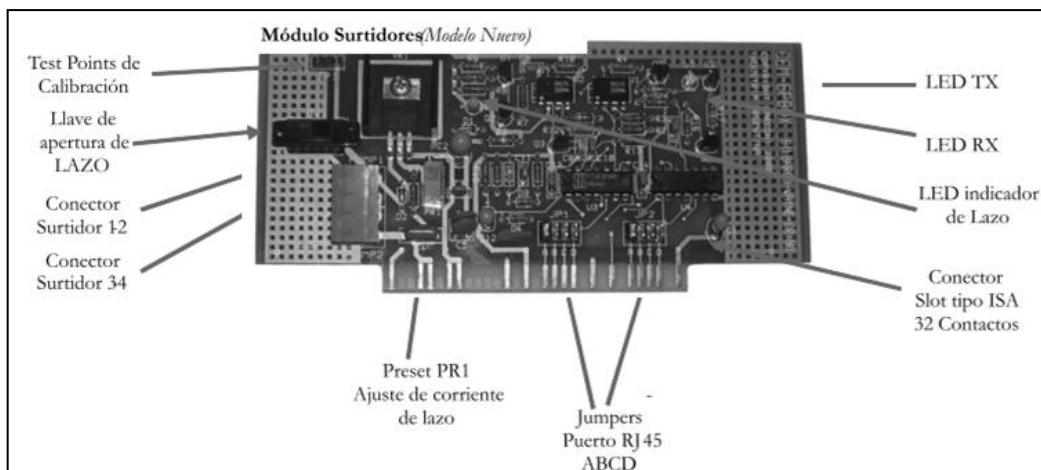
Desde los dispensadores hacia el Gp Box se instalará un cable AWG, calibre 14, es un cable por cada tipo de combustible que se estará suministrando.

5.1.3. Caja de distribución Gp Box

La caja de distribución Gp Box (General Purpose Box) diseñada por Gilbarco. Este equipo opera las conexiones físicas optimizando las comunicaciones de todos los dispositivos involucrados en la estación de servicio. El dispositivo Gp Box controla diferentes marcas de surtidores y otros dispositivos en una misma caja de distribución utilizando placas intercambiables.

Está diseñado para controlar simultáneamente 8 dispensadores de combustible, o también se pueden habilitar 6 dispensadores y dejar 2 puertos libres para el sistema de telemedición en tanques.

Figura 42. Tarjeta electrónica de Gp Box



Fuente: Manual Gp Box. p. 4.

La figura 42 muestra como está diseñada la tarjeta electrónica del Gp Box y cuáles son los puertos principales que contiene.

5.1.4. Sistema de telemedición de los combustibles

Unidades que permiten el monitoreo remoto de tanques de combustible (gasolina y diésel), para la realización de controles de inventario, ayudar a detectar fugas en los tanques y tuberías. Se ajusta a cada necesidad y requerimiento de información que es obtenida a través de sensores medioambientales, como también, genera alarmas correspondientes.

Todo este sistema ya viene incorporado en el controlador CEM 44, facilitando el control de las descargas y *stock* de los combustibles a través de una pantalla gráfica al tacto, inventarios, reportes, comunicación serial y paralela.

5.2. Dispensadores de combustible

Los dispensadores utilizados en la estación de servicio son de la marca Gilbarco serie Encore 300 para el suministro de combustible súper, regular y diésel, y Encore 500 para suministrar súper, regular, diésel y diésel USL (con bajo contenido de azufre). Los dispensarios Encore tienen un diseño familiar, similar al de los cajeros automáticos: todas las opciones de pago y las transacciones se centralizan en un solo lugar y resultan sencillas para los clientes.

En la figura 43 se muestra el dispensador de combustible Encore 300.

Figura 43. **Dispensador de combustible Encore 300**



Fuente: Manual Encore 300. p. 1.

5.2.1. Funcionamiento del dispensador

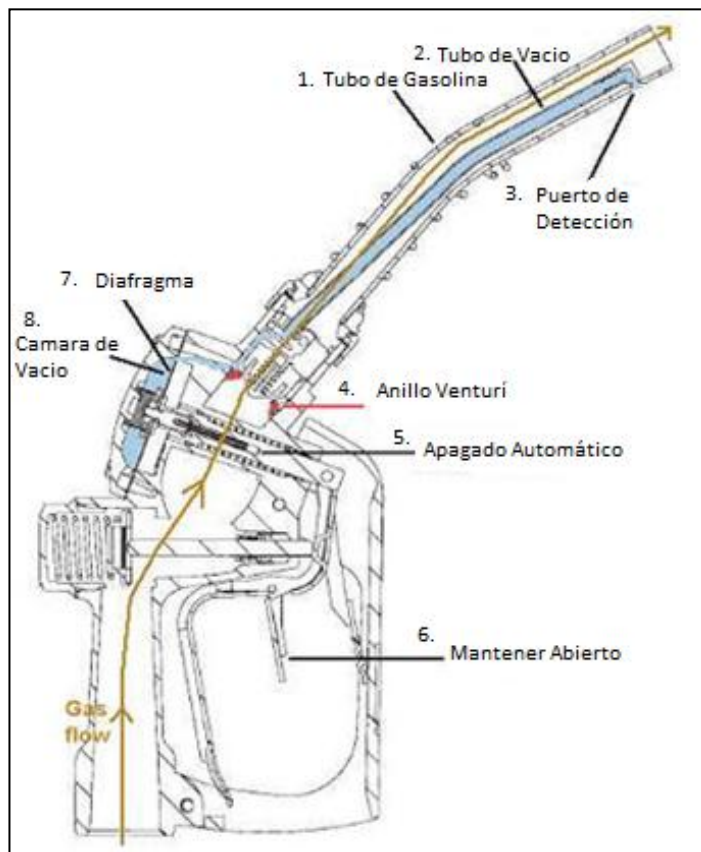
Para poder entender mejor el funcionamiento del dispensador de combustible se presenta la figura 44.

En la figura 44, la gasolina sigue la ruta marcada por la línea dorada (tubo de gasolina). En el circuito dibujado en azul hay aire (tubo de vacío).

El boquerel tiene en su salida dos tubos dispuestos en forma de Y, por un orificio sale la gasolina (numeral 1, en figura 44) y la otra (numeral 2, figura 44) está vacía, es decir, lleva aire. La gasolina al moverse por la tubería correspondiente, provoca una leve bajada de presión por efecto Venturi en el anillo de Venturi (numeral 4, figura 44), en el interior del boquerel. Esta bajada de presión hace que ingrese aire por la otra tubería.

Pero cuando el depósito de gasolina está lleno, a la entrada de la tubería de diámetro menor no llega aire, sino combustible. El combustible no puede ascender por el tubo porque la bajada de presión no es tan grande, con lo que provoca que se forme un pequeño vacío (bajada de presión, sin llegar a hacer vacío), que es detectado por el sensor de presión (válvula diferencial) en el interior del boquerel, que a su vez detiene la bomba con ese característico clac que se escucha cuando se está surtiendo la gasolina.

Figura 44. **Funcionamiento del dispensador de combustible**



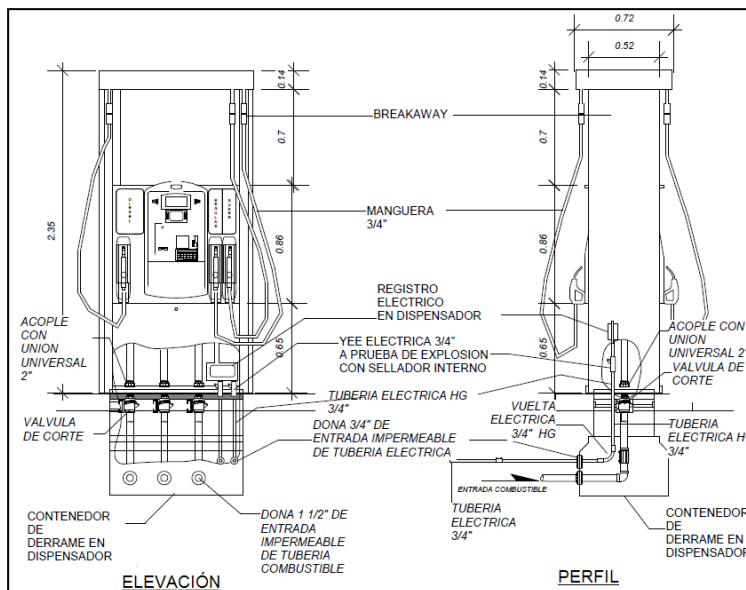
Fuente: <http://bzgz.blogspot.com/2008/03/funcionamiento-del-dispensador-de.html>.

Consulta: 15 de agosto de 2013.

5.2.2. Detalle técnico de los dispensadores utilizados en la estación de servicio

Los detalles de accesorios, dimensiones y material para el dispensador Encore 300 se muestran en la figura 45; el cual va incluido en el plano de detalles técnicos presentado al MEM.

Figura 45. Detalle técnico del dispensador a utilizar



Fuente: Grupo Artec Guatemala.

5.3. Bombas sumergibles para suministro de combustible.

Las bombas sumergibles que se utilizan para extraer el combustible desde los tanques hasta los dispensadores, en este caso son bombas Red Jacket de $\frac{3}{4}$ de caballos de fuerza (Hp).

Estas bombas están diseñadas para operar en una atmósfera Clase 1, Grupo D y de acuerdo con la Norma NEC 500.

Tabla XIX. **Compatibilidades con el combustible**

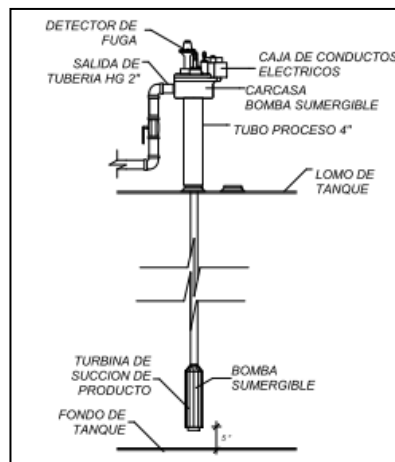
Todos los modelos de Red Jacket tienen la certificación de UL para la siguiente compatibilidad del combustible						
Diesel	Gasolina	Gasolina y hasta				
		15 % Etanol	15 % Metanol	20 % MTBE	20 % ETBE	20 % TAME

Fuente: Manual, Bomba de turbina sumergible Red Jacket. p. 11.

Red Jacket está diseñada para ser compatible con el 100 por ciento de la gasolina, o diesel y el 80 por ciento de la gasolina con un 20 por ciento de metanol, etanol. Certificadas con la UL (Underwriters Laboratories).

El suministro de energía nominal requerido para las bombas de 1 fase de 60 Hz es de 208 – 240V CA.

Figura 46. **Bomba sumergible 3/4" HP, Red Jacket**



Fuente: Manual, Bomba de turbina sumergible Red Jacket. p. 12.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo contiene la información necesaria para poder realizar instalaciones eléctricas en áreas con riesgo de explosión, cumpliendo los parámetros establecidos por Normas Internacionales como la IEC 60079-10 y NEC, artículo 500.
2. El Código Eléctrico Nacional (NEC) clasifica las áreas peligrosas en ambientes Clase I, Clase II y Clase III, con divisiones I y II. La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) los clasifica en zonas 0, 1 y 2.
3. El diseño de la instalación eléctrica de la estación de servicio y la planta distribuidora de gas, fue realizado utilizando la normativa IEC y NEC, y todo el material utilizado es a prueba de explosión, siguiendo las consideraciones del artículo 500 del NEC y la Norma IEEC 60079-10.
4. El sistema de tierras que se utiliza en la estación de servicio, cumple con dos funciones principales, primero: establecer la permanencia de un potencial de referencia al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación; y segundo: disipar las cargas electrostáticas generadas en el ambiente.
5. Para realizar el control de despacho de combustible, inventario de combustible en tanques, y toda transacción correspondiente al suministro de combustible, en la estación de servicio se utiliza el controlador CEM 44.

RECOMENDACIONES

1. El factor de potencia normal de los motores comerciales en Guatemala es de 0,8, por lo que se debe instalar un banco de capacitores en la instalación, para mejorar el factor de potencia y no sufrir penalizaciones de parte de la empresa eléctrica.
2. Es necesario instalar un supresor para picos de voltaje en la entrada de la protección principal, para la protección de los equipos instalados.
3. Para que el diseño eléctrico quede más estético deberá instalarse un tablero para el circuito de fuerza y otra para el circuito de iluminación, como protección secundaria.
4. Antes de la colocación de los artefactos de alumbrado y equipos en general, deberá efectuarse una prueba de aislamiento a tierra en toda la instalación, verificando aislamiento entre conductores debiéndose probar cada circuito por separado, así como los alimentadores generales.
5. Para garantizar la seguridad de las personas y del equipo en general, todo el material eléctrico a utilizar en áreas con atmósferas explosivas, debe estar debidamente certificado por normas internacionales correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

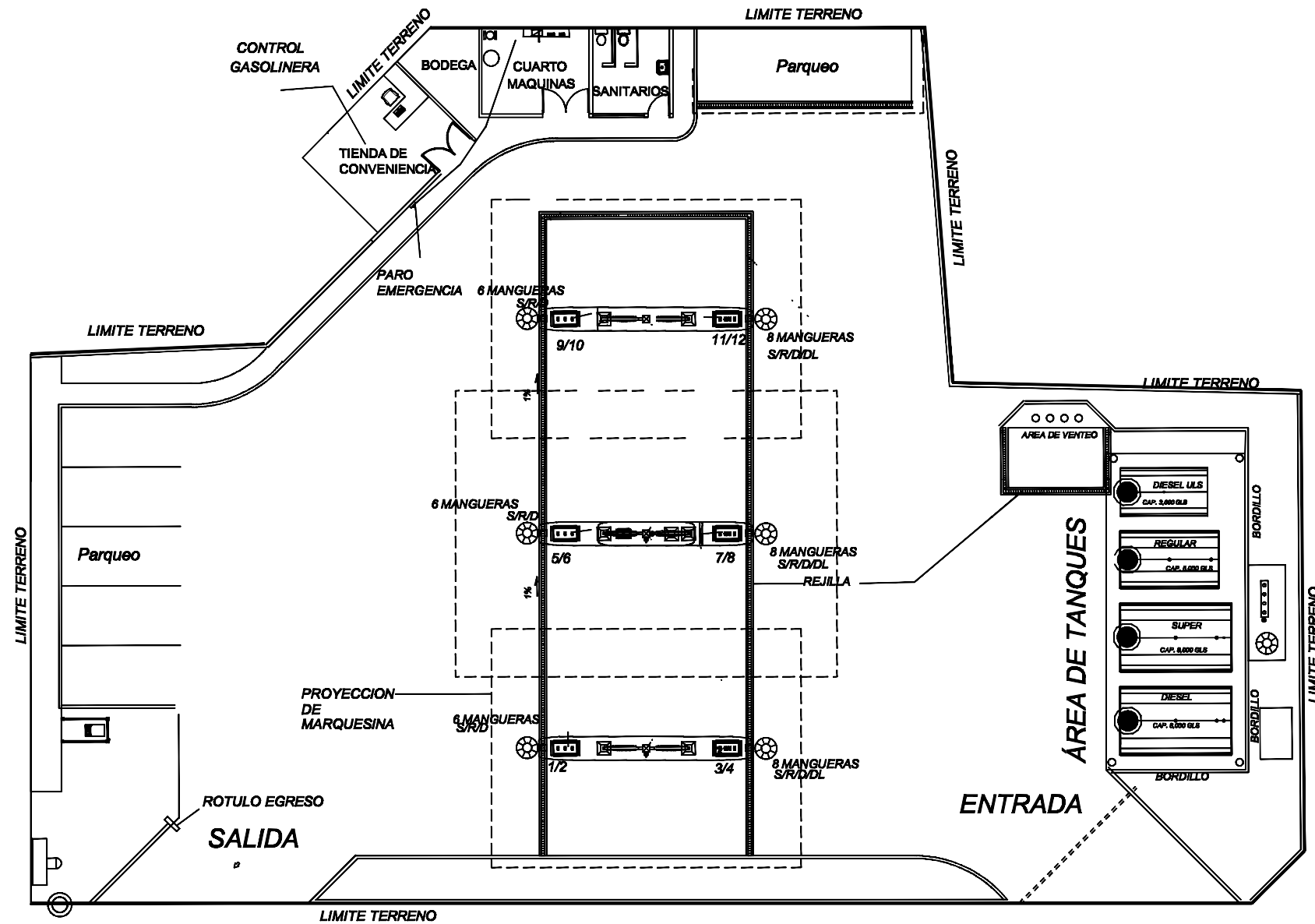
1. COMMAQ Comercializadora. *Catálogo general, Iluminación LED*. Monterrey, 2012. 161 p.
2. COOPER. *Luminarias LED a prueba de explosión serie EVLL Hazard Gard*. Houston, 2012. 8 p.
3. Comisión Internacional de Electrotecnia. *Clasificación de áreas peligrosas*. 60079-10. 4a ed. Ginebra: HIS: IEC, 2002. 124 p.
4. HARPER, Enríquez. *Guía para el diseño de instalaciones eléctricas, residenciales, industriales y comerciales*. 2a ed. México: Limusa, 2005. 455 p.
5. HONEYWELL. *Libro del Gas*. EE.UU: Sawgrass Corporate Pkwy, 2006. 80 p.
6. Código Eléctrico Nacional. 11a ed. Quincy, Massachusetts: NEC, 2011. 1512 p.
7. PLAST AB. Kungsörs. *Los riesgos de ignición electrostáticas en las gasolineras*. Suecia: KPS Petrol Pipe System, 2006. 17 p.

APÉNDICES

A continuación se encuentra una serie de planos utilizados y generados a partir del diseño eléctrico de la estación de servicio, ordenadas de la siguiente forma:

- Apéndice 1: Plano General de la estación de servicio, el cual servirá de base para todos los cálculos necesarios para el diseño de la instalación eléctrica de la misma.
- Apéndice 2: Diagrama eléctrico unifilar de la instalación eléctrica general de la estación de servicio.
- Apéndice 3: Detalle de la instalación y montaje de tableros eléctricos utilizados en el presente diseño.
- Apéndice 4: Plano de seguridad de la estación de servicio.

APÉNDICE 1 PLANO GENERAL DE LA GASOLINERA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

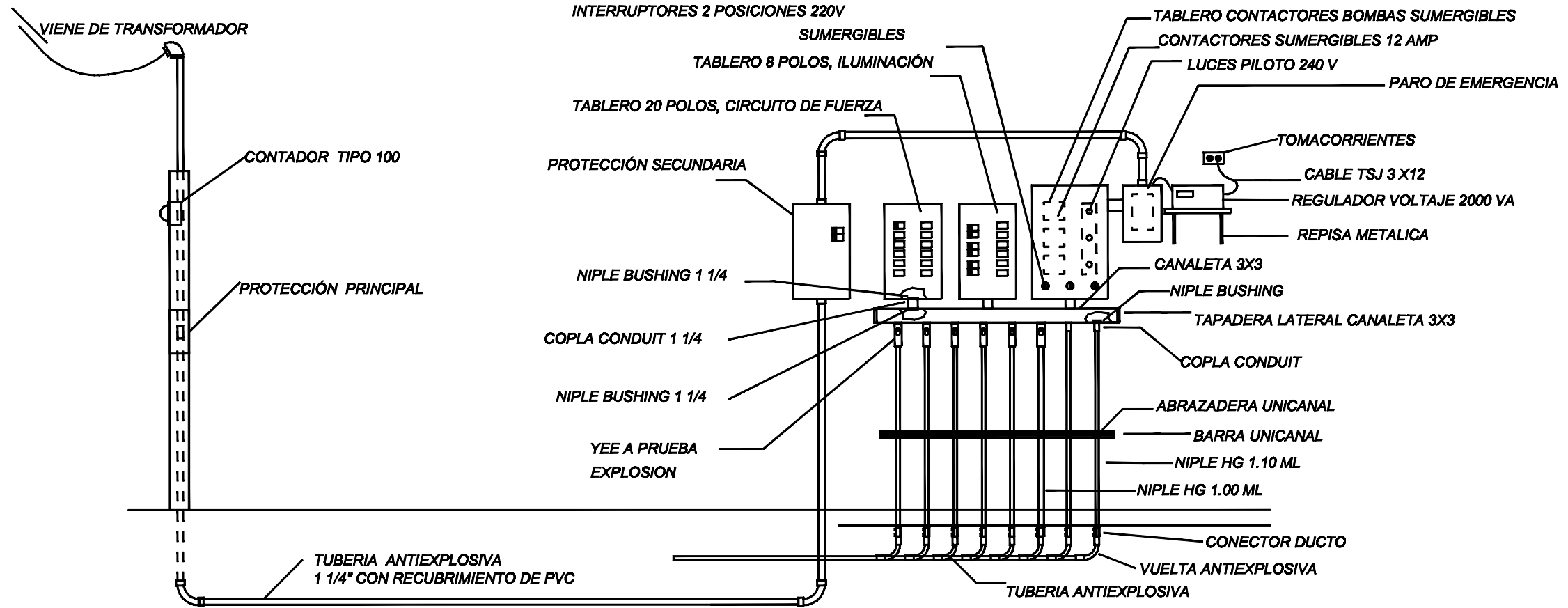
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
 TEMA: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS
 PLANO: GENERAL DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO

SIN ESCALA
 FECHA: OCTUBRE 2013
 DISEÑO: JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ
 ELABORADO EN: AUTOCAD 2007
 ASESOR: JORGE GILBERTO GONZÁLEZ PADILLA

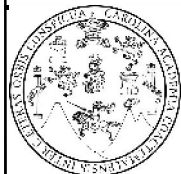
(f) AUTOR

Página:

APÉNDICE 3 DETALLE DE TABLEROS

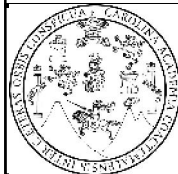
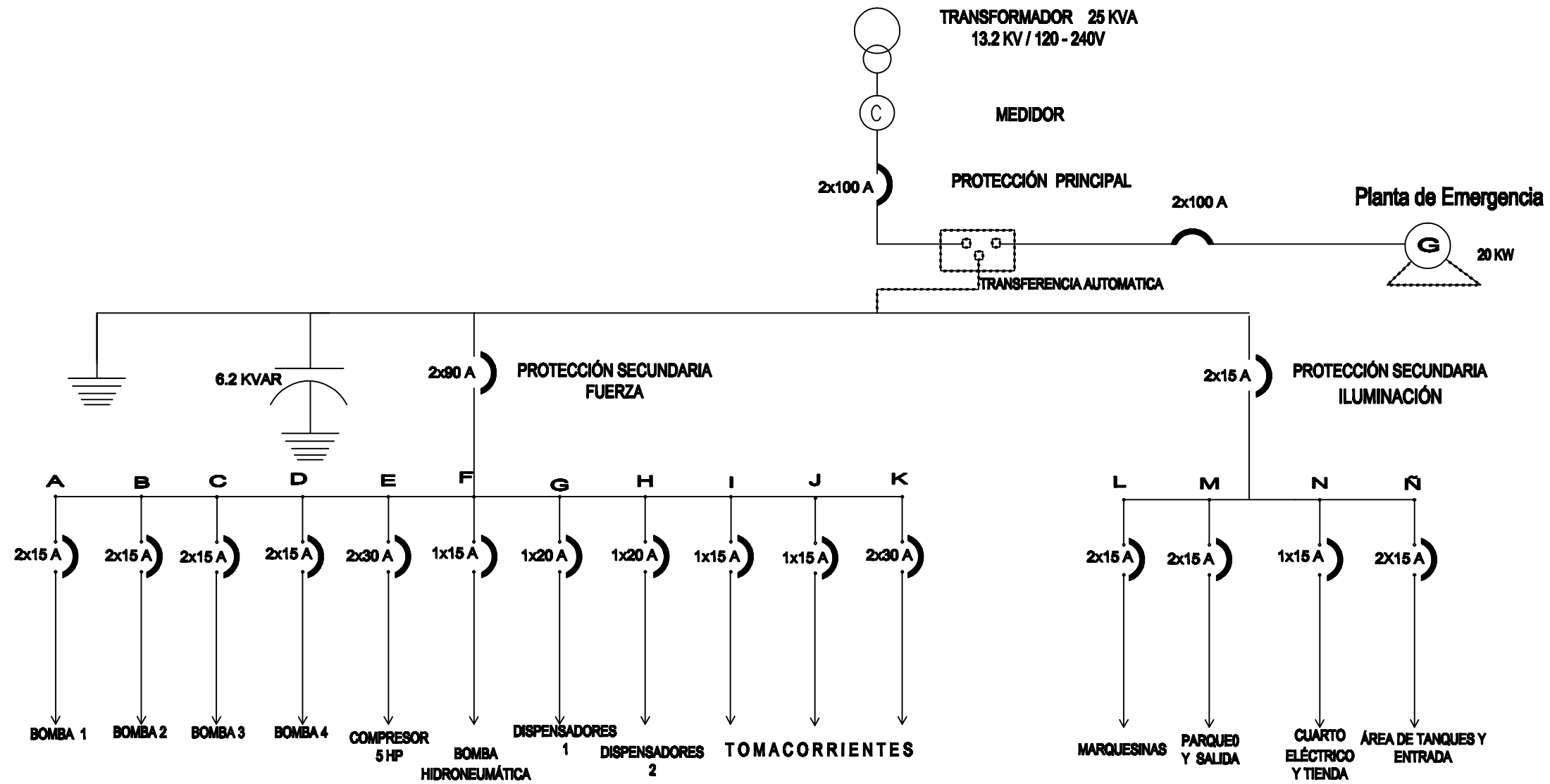


VISTA FRONTAL DE TABLEROS, EN CUATRO ELÉCTRICO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	SIN ESCALA	Página:
FACULTAD DE INGENIERÍA	TEMA: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS	FECHA: OCTUBRE 2013	107
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	PLANO: PLANO DETALLES DE TABLERO	DISEÑO: JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ	
		ELABORADO EN: AUTOCAD 2007	
		ASESOR: JORGE GILBERTO GONZÁLEZ PADILLA	(1) AUTOR

APÉNDICE 2 DIAGRAMA ELÉCTRICO UNIFILAR GENERAL DE LA GASOLINERA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

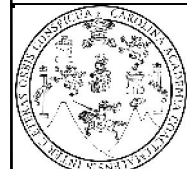
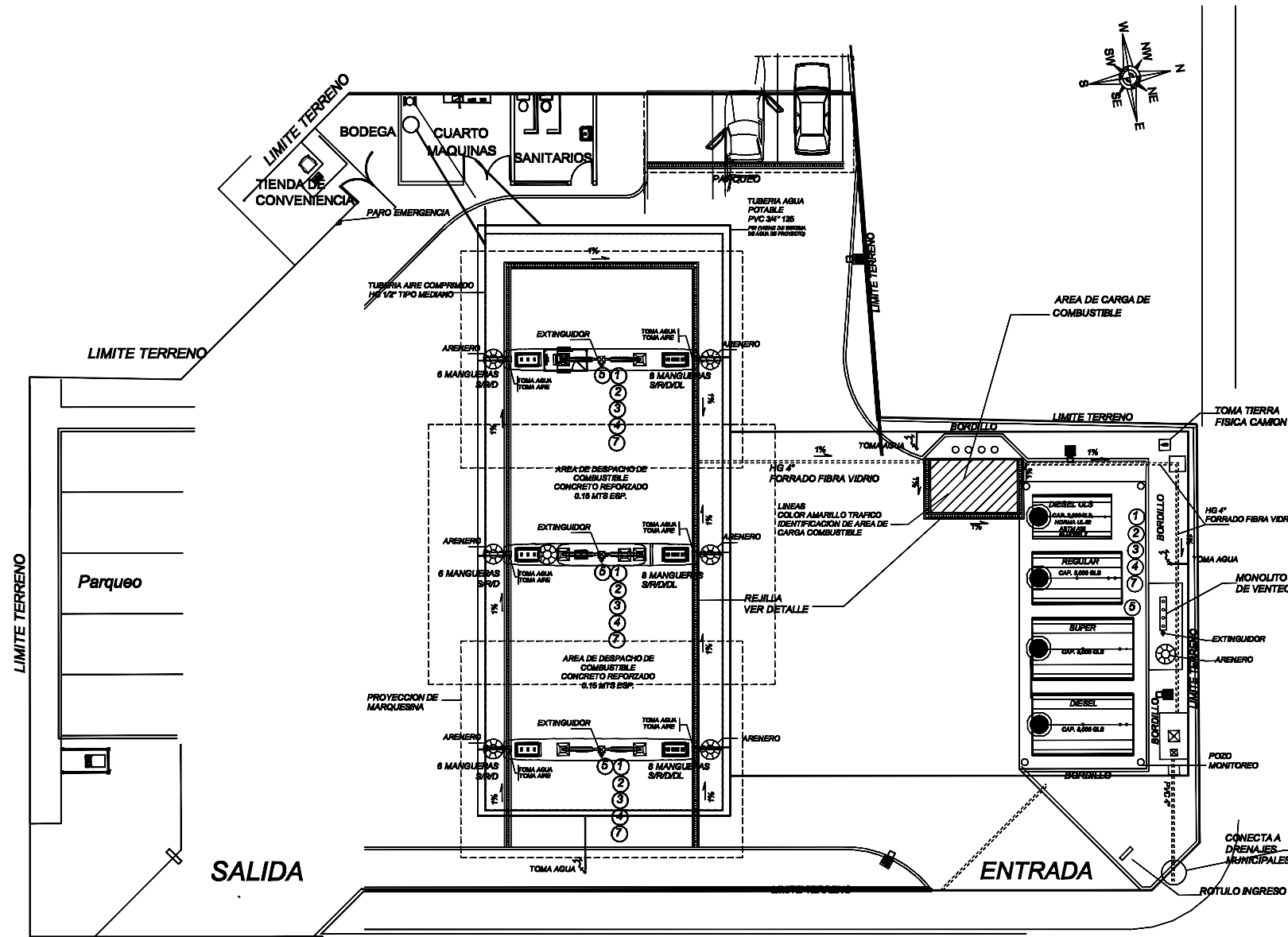
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
 TEMA: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS
 PLANO: DIAGRAMA ELÉCTRICO UNIFILAR GENERAL DE LA GASOLINERA

SIN ESCALA
 FECHA: OCTUBRE 2013
 DISEÑO: JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ
 ELABORADO EN: AUTOCAD 2009
 ASESOR: JORGE GILBERTO GONZÁLEZ PADILLA

(1) AUTOR

Página:

APÉNDICE 4 PLANO DE SEGURIDAD



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
 TEMA: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS PELIGROSAS**
 PLANO: **PLANO DE SEGURIDAD**

SIN ESCALA
 FECHA: OCTUBRE 2013
 DISEÑO: JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ
 ELABORADO EN: AUTOCAD 2009
 ASESOR: JORGE GILBERTO GONZALEZ PADILLA

(f) AUTOR

Página:

ANEXOS

A continuación se detallan las tablas que se utilizaron para los cálculos correspondientes a los circuitos derivados de fuerza, iluminación y acometida.

Anexo 1. Información técnica de los conductores

Calibre	Área de la Sección Transversal Nominal		Número de Hilos	Espesor de Aislamiento Nominal		Diámetro Externo Total Aproximado		Peso Total Aprox.	Resistencia Eléctrica c.d. Máx. @30°C	Capacidad de Corriente Máxima
	AWG/MCM	C.M.		mm ²	#	pulg.	mm.			
14	4110	2.08	1	0.030	0.76	0.124	3.15	24	8.81	25
12	6530	3.31	1	0.030	0.76	0.141	3.58	36	5.57	30
10	10380	5.26	1	0.030	0.76	0.162	4.11	55	3.49	40
8	16510	8.37	1	0.045	1.14	0.218	5.55	91	2.19	55
6	26240	13.30	1	0.045	1.14	0.252	6.40	138	1.37	75
14	4110	2.08	7	0.030	0.76	0.133	3.37	26	8.98	25
12	6530	3.31	7	0.030	0.76	0.152	3.85	39	5.68	30
10	10380	5.26	7	0.030	0.76	0.176	4.46	58	3.56	40
8	16510	8.37	7	0.045	1.14	0.236	5.99	96	2.23	55
6	26240	13.30	7	0.045	1.14	0.274	6.95	146	1.40	75
4	41740	21.15	19	0.045	1.14	0.316	8.04	220	0.881	95
3	52620	26.66	19	0.045	1.14	0.344	8.75	274	0.700	110
2	66360	33.63	19	0.045	1.14	0.376	9.54	341	0.554	130
1	83690	42.41	19	0.045	1.14	0.431	10.94	434	0.443	150
1/0	105600	53.51	19	0.055	1.40	0.470	11.94	541	0.348	170
2/0	133100	67.44	19	0.055	1.40	0.514	13.07	674	0.277	195
3/0	167800	85.03	19	0.055	1.40	0.564	14.33	842	0.220	225
4/0	211600	107.22	19	0.055	1.40	0.620	15.75	1053	0.174	260
250	250000	126.68	37	0.065	1.65	0.706	17.93	1247	0.148	290
300	300000	152.01	37	0.065	1.65	0.761	19.33	1486	0.123	320
350	350000	177.35	37	0.065	1.65	0.812	20.62	1725	0.105	350
400	400000	202.68	37	0.065	1.65	0.859	21.82	1963	0.0919	380
500	500000	253.36	37	0.065	1.65	0.945	24.00	2439	0.0738	430
600	600000	304.03	61	0.080	2.03	1.053	26.75	2946	0.0617	475
750	750000	380.03	61	0.080	2.03	1.159	29.44	3660	0.0491	535
1000	1000000	506.71	61	0.080	2.03	1.313	33.35	4845	0.0369	615

Fuente: Manual de conductores Phelps Dodge, 1999. p. 22.

Anexo 2. Tubería rígida PVC Conduit

Artículo 352 — Tubería Rígida de PVC, Cédula 80												
Tamaño comercial	Diámetro interno nominal		Área Total 100%		60%		1 Conductor 53%		2 Conductores 31%		Más de 2 Conductores 40%	
	mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
3/8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1/2	13.4	0.526	141	0.217	85	0.130	75	0.115	44	0.067	56	0.087
3/4	18.3	0.722	263	0.409	158	0.246	139	0.217	82	0.127	105	0.164
1	23.8	0.936	445	0.688	267	0.413	236	0.365	138	0.213	178	0.275
1 1/4	31.9	1.255	799	1.237	480	0.742	424	0.656	248	0.383	320	0.495
1 1/2	37.5	1.476	1104	1.711	663	1.027	585	0.907	342	0.530	442	0.684
2	48.6	1.913	1855	2.874	1113	1.725	983	1.523	575	0.891	742	1.150
2 1/2	58.2	2.290	2660	4.119	1596	2.471	1410	2.183	825	1.277	1064	1.647
3	72.7	2.864	4151	6.442	2491	3.865	2200	3.414	1287	1.997	1660	2.577
3 1/2	84.5	3.326	5608	8.688	3365	5.213	2972	4.605	1738	2.693	2243	3.475
4	96.2	3.786	7268	11.258	4361	6.755	3852	5.967	2253	3.490	2907	4.503
5	121.1	4.768	11518	17.855	6911	10.713	6105	9.463	3571	5.535	4607	7.142
6	145.0	5.709	16513	25.598	9908	15.359	8752	13.567	5119	7.935	6605	10.239
Artículo 352 y 353 — Tubería Rígida de PVC, Cédula 40												
Tamaño comercial	Diámetro interno nominal		Área Total 100%		60%		1 Conductor 53%		2 Conductores 31%		Más de 2 Conductores 40%	
	mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
3/8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1/2	15.3	0.602	184	0.285	110	0.171	97	0.151	57	0.088	74	0.114
3/4	20.4	0.804	327	0.508	196	0.305	173	0.269	101	0.157	131	0.203
1	26.1	1.029	535	0.832	321	0.499	284	0.441	166	0.258	214	0.333
1 1/4	34.5	1.360	935	1.453	561	0.872	495	0.770	290	0.450	374	0.581
1 1/2	40.4	1.590	1282	1.986	769	1.191	679	1.052	397	0.616	513	0.794
2	52.0	2.047	2124	3.291	1274	1.975	1126	1.744	658	1.020	849	1.316
2 1/2	62.1	2.445	3029	4.695	1817	2.817	1605	2.488	939	1.455	1212	1.878
3	77.3	3.042	4693	7.268	2816	4.361	2487	3.852	1455	2.253	1877	2.907
3 1/2	89.4	3.521	6277	9.737	3766	5.842	3327	5.161	1946	3.018	2511	3.895
4	101.5	3.998	8091	12.554	4855	7.532	4288	6.654	2508	3.892	3237	5.022
5	127.4	5.016	12748	19.761	7649	11.856	6756	10.473	3952	6.126	5099	7.904
6	153.2	6.031	18433	28.567	11060	17.140	9770	15.141	5714	8.856	7373	11.427

Fuente: NEC 2011, tabla 4. p. 1313.

Anexo 3. Intensidad máxima permisible de conductores aislados

De 0 a 2000 Voltios nominales y 60° a 90° (140° F a 194 °F), esto para una temperatura ambiente de 30 °C

AWG o kcmil	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	AWG o kcmil
	TIPOS TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW- 2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
			COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

Fuente: NEC 2011, tabla 310.15 (B) 16. p. 336.

- Equipos utilizados para los cálculos de circuitos de fuerza

A continuación se adjunta las tablas de las especificaciones técnicas de maquinaria y equipo utilizado para el diseño de la gasolinera.

Anexo 4. **Características técnicas de las bombas de turbina sumergibles**

N.º de modelo de la UMP	HP	Hz	PH	Rango de fluctuación de tensión		Amperios de carga máxima
				Min.	Máx.	
AGUMP75S1, UMP75U1	3/4	60	1	200	250	6.5

Fuente: Manual Bomba de turbina sumergible Red Jacket, tabla 3. p. 16

En nuestro caso el modelo a utilizar es la bomba de $\frac{3}{4}$ Hp, monofásica 240V.

Anexo 5. **Compresor vertical, para suministro de aire en islas**

Modelo	HP	Voltaje/ Fases	Entrega de Aire CFM @ 40/90 PSI	Presión Máx	RPM @ Especificados	Tamaño de Tanque(Gal)
VT5595*	5	240V, 1 Ph	11.0/9.4	135 PSI	1000	30
VT6242*	5	200-240/480 V, 3 Ph	11.0/9.4	135 PSI	1100	60
VT5587*	5	220/240V, 1 Ph	11.0/9.4	135 PSI	1020	60
VT6195	6	220/240V, 1 Ph	11.8/10.3	135 PSI	1020	60

Fuente: Manual compresores Campbell Hausfeld, Tabla 2. p. 2

El compresor utilizado es el modelo VT5587, de 5 Hp, 240 V monofásico.

Anexo 6. **Carga en VA de tomacorrientes**

Device	Calculated Load
Duplex receptacle	180 VA
Triplex receptacle	180 VA
Double duplex receptacle	360 VA (180 × 2)
Quad or four-plex-type receptacle	360 VA (90 × 4)

Fuente: NEC, artículo 220.16, p. 122

En el anexo 6 se muestra la carga que corresponde a los tomacorrientes a instalar, en base la Norma NEC.

- A continuación se presentan las tablas y demás información, utilizadas para el cálculo de los circuitos de iluminación.

Anexo 7. Niveles de iluminancia dependiendo del tipo de recinto y actividad

Tipo de interior, tarea o actividad	\bar{E}_m lux
1. AREAS GENERALES DE EDIFICACIONES	
Vestibulos de entrada	100
Salas de estar, de fumar	200
Areas de circulación y pasillos	100
Escaleras, escaleras mecánicas y transportadores (de personas)	150
Rampas/andenes/patios de carga	150

Fuente: Norma ISO 8995, edición 2003, p. 16

Anexo 8. Parámetros Eléctricos de las lámparas EVLL LED

Modelo	Tensión	Corriente de Entrada (Max.)	Factor de Potencia	Potencia de Entrada	Salida de Lúmenes
EVLL5L	120-277VAC 50/60 Hz 108-250VDC	0.46-1.82 0.38-1.89	0.99% 1	80W	5625
EVLL7L	120-277VAC 50/60 Hz 108-250VDC	0.51-1.11 0.42-1.15	0.99% 1	100W	6750
EVLL9L	120-277VAC 50/60 Hz 108-250VDC	0.61-1.19 0.56-1.30	0.99% 1	130W	9000
EVLL11L	120-277VAC 50/60 Hz 108-250VDC	0.76-1.56 0.73-1.71	0.99% 1	151W	10500

Fuente: Manual Luminarias LED serie EVLL, Cooper Crouse-Hinds. p. 5

Anexo 9. Valores de coeficientes de utilización

Porcentaje de reflectancia efectiva en la cavidad de piso o techo para diferentes combinaciones de reflectancia

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50				30			10		
% Reflectancia de pared	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10
RSR																					
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05

Fuente: Holophane, principios de iluminación. p.12

Anexo 10. Cálculo del índice del local (k)

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>, Consulta: 01 de julio de 2013.

Anexo 11. Niveles de iluminancia para áreas de estacionamiento

Niveles recomendados de iluminancia horizontal mantenida en zonas de estacionamiento. (Fuente: IES, 1993)				
Nivel de actividad	Áreas peatonales y de estacionamiento		Áreas de uso vehicular solamente	
	E (lx) (1)	U (2)	E (lx) (1)	U (2)
Alto	10	4:1	22	3:1
Medio	6	4:1	11	3:1
Bajo	2	4:1	5	4:1

Notas:

(1) Valor de ILUMINANCIA mínimo sobre el pavimento

(2) Valor de UNIFORMIDAD DE ILUMINANCIA (medio/mínimo)

Fuente: SANDOVAL, José. Iluminación de espacios exteriores privados. p. 13.

Anexo 12. Características técnicas de la lámpara punta de poste

Tiempo de vida led promedio 50,000 hrs.
 Fuente de alimentación Interconstruida (30,000) reemplazable
 Flujo luminoso 5000 lm@360°
 Consumo de energía 36 Watts
 Eficiencia energética 138 lumen/watt
 Voltaje de operación /
 Tensión nominal 85–240 VAC
 Factor potencia > .9
 Protección humedad relativa > 80% / IP 40
 Temperatura de operación -30° C @ 50° C
 Temperatura de almacenamiento -50° C a 95° C
 Acabados Aluminio anodizado y cubierta transparente
 Dimensiones Altura 470mm, D=360 mm
 Peso -
 montaje En socket E40 / Tipo Mogul
 Temperatura de color 5000° Neutro (Opcional 4000°)
 Detalles Disipador integrado para mejor enfriamiento
 Variación de luminosidad Fijo

Fuente: Catálogo General Comercializadora COMMAQ. 2012. p. 12.

Anexo 13. Características lámpara plafón, 40 watts

Tiempo de vida promedio: 100,000 hrs.
 Fuente de alimentación: Interconstruida (no necesita balastro)
 Flujo luminoso: 7,000 lumens@180°
 Consumo de energía: 40 watts
 Eficiencia energética: 175 lumen/watt
 Voltaje de operación: 120 volts CA
 Factor potencia: > .96
 Protección humedad relativa: 90%
 Temperatura de operación: -20° C a 80° C
 Temperatura de almacenamiento: -50° C a 95° C
 Acabados: En gabinete blanco con rejilla en terminado metálico
 Dimensiones: 1200mm L X 605mm W x 70 mm H
 Peso: -
 Montaje: Techo, plafón y Suspendido
 Temperatura de color: 4,000° , 5,000° y 6,000°
 Detalles: - Encapsulado de Led individual en resina de alta transparencia.
 Resistencia a rayos UV y vibraciones
 Variación de luminosidad: Opcional

Fuente: Catálogo General Comercializadora COMMAQ. 2012. p. 33.

Anexo 14. Nivel de iluminancia en Oficinas

Tipo de interior, tarea o actividad	\bar{E}_m lux
22. OFICINAS	
Archivo, copia, circulación, etc.	300
Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500
Dibujo técnico	750
Estación de trabajo CAD	500
Salas de conferencias y reuniones	500
Buró (carpeta) de recepción	300
Archivos	200

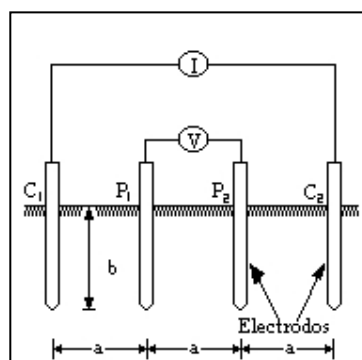
Fuente: Norma ISO 8995, edición 2003. p. 16.

Anexo 15. **Medición de resistividad de la tierra por el método de Wenner.**

Con el objetivo de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

Método de Wenner



Fuente: Normas oficiales mexicanas, Teoría y diseño de sistemas de tierras, capítulo 7. p. 2.

En el anexo 15 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4\pi AR}{\left(1 + \left(\frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}}\right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}}\right)}$$

Donde:

ρ = resistividad aparente del suelo en Ω -m

A=separación entre electrodos adyacentes en m o en cm

B= profundidad de los electrodos en m o en cm

R= resistencia medida en Ω

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho = 2\pi AR$$

Con estas fórmulas se obtiene la resistividad promedio del terreno, también conocida como resistividad aparente. Las lecturas obtenidas en campo pueden graficarse en función de su espaciamiento indicándonos en donde existen capas de diferente tipo de suelo con sus resistividades y profundidades respectivas.

Es importante asegurarse que los electrodos de prueba no son insertados en línea con cables o tuberías metálicas enterradas, ya que estos introducen erros en las mediciones.

La sección del conductor, la superficie de contacto y la resistividad del suelo, son los tres factores más importantes en la construcción de un buen sistema de tierra.

Es importante tener presente en la construcción de un buen sistema de tierra, los valores de resistividad que tengan los diferentes terrenos y las capas que la componen para determinar si el sistema será horizontal o vertical.

El término resistividad aparente se usa, ya que la fórmula supone que el terreno es uniforme hasta una profundidad a metros bajo el punto central del esquema de medida. Se puede hacer una serie de lecturas, incrementando en pasos de 1 metro hasta una separación de 6 metros, luego en pasos de 6 metros hasta una separación de 30 metros. El instrumento empleado debe ser suficientemente preciso para medir valores de resistencia muy pequeños con estos grandes espaciamientos (del orden de $0,01\Omega$ a $0,002\Omega$). Las medidas deben realizarse preferiblemente en un área de terreno razonablemente no perturbado. A medida que la distancia aumenta, la resistividad aparente normalmente se reducirá, a menos que exista roca subyacente.

Durante la realización de la medida se debe dibujar una curva de resistividad versus separación. Esta curva proporcionará información respecto de la estructura general del terreno en la localidad, identificando lecturas extrañas y ayudando a decidir cuántas medidas se requieren.