



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA EN INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

Tema:

**Diseño de una torre para PTI (Pre Trip Inspection) con capacidad para  
50 contenedores refrigerados para la empresa Recontver S.A**

Autor:

**Zambrano Escala, Alexis Adrián**

Proyecto de Titulación Final previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico  
Mecánico

Tutor:

**Ing. Mgs. Philco Asqui, Luis Orlando**

Guayaquil, Ecuador

20 de septiembre del 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

### **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **ZAMBRANO ESCALA, ALEXIS ADRIAN**, como requerimiento para la obtención de Título de Ingeniería en Eléctrico- Mecánica

#### **TUTOR**

---

Ing. Mgs. Philco Asqui, Luis Orlando

#### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, MSc.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **ZAMBRANO ESCALA ALEXIS ADRIÁN**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño de una torre para PTI (Pre Trip Inspection) con capacidad para 50 contenedores refrigerados para la empresa Recontver S.A** previo a la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico–Mecánica, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecutivamente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2021

**EL AUTOR**

---

**ZAMBRANO ESCALA, ALEXIS ADRIAN**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

### AUTORIZACIÓN

Yo, **ZAMBRANO ESCALA, ALEXIS ADRIÁN**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación, **Diseño de una torre para PTI (Pre Trip Inspection) con capacidad para 50 contenedores refrigerados para la empresa Recontver S.A**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2021

**EL AUTOR**

---

**ZAMBRANO ESCALA, ALEXIS ADRIAN**

# REPORTE URKUND

**URKUND** Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

Documento: [Tesis Adrian Zambrano final 2.1.pdf](#) (D111782532)

Presentado: 2021-08-28 18:47 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco07@gmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: Fwd: alexis zambrano [Mostrar el mensaje completo](#)

3% de estas 42 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques
Categoría	Enlace/nombre de archivo
	<a href="#">TESIS LEMA 30 AGOSTO.pdf</a>
	<a href="https://docplayer.es/59851789-Cnel-ep-unidad-de-negocio-guayaquil.html">https://docplayer.es/59851789-Cnel-ep-unidad-de-negocio-guayaquil.html</a>
	<a href="https://www.cnel-ep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/MEMORIA-TECN...">https://www.cnel-ep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/MEMORIA-TECN...</a>
	<a href="#">TESIS LEMA 28- AGOSTO.docx</a>

1 Advertencias. Reiniciar. Exportar. Compartir.

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA EN INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

Tema:

Diseño de una torre para PTI (Pre Trip Inspection) con capacidad para 50 contenedores refrigerados para la empresa Repcontver S.A. Autor: Zambrano Escala, Alexis Adrián Proyecto de

Titulación Final previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico Mecánico Tutor: Ing. Mgs. Philco Asqui, Luis Orlando

Guayaquil, Ecuador 2021

86 FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO - MECÁNICA CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por ZAMBRANO FSCAI A. ALEXIS ADRIAN como requerimiento



## **AGRADECIMIENTO**

En este proyecto de tesis en primer lugar me gustaría agradecer a Dios por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis sueños más anhelados.

A mis padres, quienes con su amor, trabajo, sacrificio y apoyo incondicional en todos estos años he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mi novia Sharon Gudiño de la A, la ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más difíciles, siempre ayudándome y motivándome para que culmine con éxito este proyecto.

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional y a mi tutor de tesis, Ing. Mgs. Philco Asqui, Luis Orlando por su esfuerzo y dedicación, quien, con la ayuda de sus conocimientos, ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

A la empresa Recontver S.A. quien me brindó las herramientas y conocimientos necesarios para que este proyecto sea posible y al Ing, William Vera quien me dio la oportunidad de demostrar mis capacidades y conocimientos en su empresa, es un gran ser humano y ha sido un excelente tutor en mi vida profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres, ab. Mariuxi Escala e Ing. Alex Zambrano quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi novia, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el cariño brindado cada día.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS**

DECANO

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO**

DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. CARLOS BOLIVAR ROMERO ROSERO**

OPONENTE



## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VI</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>CÁPITULO I</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1 Justificación .....	3
1.2 Antecedentes .....	4
1.3 Planteamiento del Problema.....	5
1.4 Objetivo General .....	5
1.5 Objetivos específicos .....	5
1.6 Hipótesis .....	5
1.7 Metodología .....	6
1.8 Método Analítico .....	6
1.9 Método Documental.....	6
1.10 Método Descriptivo .....	7
1.11 Investigación de Campo.....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>8</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
2.1 Contenedores.....	8
2.1.1 Historia del contenedor .....	8
2.1.2 Tipos de contenedores.....	8
2.1.3 Dimensiones de contenedores.....	12
2.2 Contenedores reefer .....	12
2.2.1 Especificaciones técnicas de los contenedores reefer .....	13
2.3 Líneas eléctricas.....	14
2.3.1 Tipos de líneas eléctricas según su tensión en Ecuador.....	15
2.4 Acometidas eléctricas .....	16
2.4.1 Tipos de acometidas eléctricas.....	16
2.4.1.1 Normas de acometidas aéreas en baja tensión. ....	16
2.4.1.2 Normas de acometidas subterráneas en baja tensión. ....	16
2.4.1.3 Normas de cometidas aéreas en media tensión. ....	17
2.4.1.4 Normas de cometidas subterráneas en media tensión. ....	17
2.5 Características generales de una acometida de 13.8kV .....	17

2.5.1	Conductores .....	18
2.6	Conductores para acometidas subterráneas .....	19
2.6.1	Aislamiento .....	21
2.7	Conductores para acometidas aéreas .....	22
2.7.1	Metales conductores.....	23
2.8	Postes para acometida de 13.8kV .....	24
2.9	Aisladores .....	26
2.9.1	Aislador de Suspensión.....	26
2.9.2	Aislador tipo pin .....	26
2.9.3	Aislador de rodillo .....	27
2.10	Normas Aplicables.....	27
2.10.1	Características técnicas del núcleo de los aisladores .....	28
2.11	Herrajes .....	28
2.11.1	Bastidor.....	28
2.11.2	Perno de ojo cerrado .....	29
2.11.3	Perno espárrago.....	29
2.11.4	Pernos U.....	30
2.11.5	Perno Pin.....	30
2.11.6	Tuerca de tipo ojo .....	31
2.11.7	Varilla de anclaje y bloque cónico.....	31
2.11.8	Abrazadera Simple.....	32
2.11.9	Abrazadera doble .....	33
2.11.10	Tornapunta .....	33
2.11.11	Pie de amigo y perno maquina.....	34
2.11.12	Cruceta .....	34
2.11.13	Grapa terminal (pistola) .....	35
2.11.14	Seccionador porta fusible tipo abierto 125kV BIL.....	35
2.11.15	Pararrayo 10 kV .....	36
2.11.16	Conector de compresión tipo VCSE-44.....	36
2.11.17	Tubería PVC para uso eléctrico .....	36
2.11.18	Fleje y hebilla metálico ¾” .....	37
2.11.19	Conductor de cobre desnudo.....	37
2.11.20	Varilla copperweld y conector de bronce .....	38
2.11.21	Terminal encogible en frio para media tensión.....	38
2.11.22	Empalmes de compresión para líneas aéreas .....	39

2.12	Especificaciones técnicas de puesta a tierra.....	39
2.12.1	Consideraciones del estudio de suelo .....	40
2.12.2	Estudio Geotécnicos.....	40
2.12.3	Estudio Topográfico.....	41
2.12.4	Seguridad de personas y animales .....	42
2.12.5	Protección de las instalaciones.....	42
2.12.6	Protección de equipos sensibles.....	42
2.12.7	Conductores de conexión a tierra.....	42
2.13	Sistema de apantallamiento.....	42
2.13.1	Apantallamiento de líneas aéreas.....	43
2.14	Coordinación de aislamiento.....	44
2.14.1	Principios de la coordinación de aislamiento.....	44
2.15	Cuarto de transformadores .....	45
2.16	Celdas de media tensión.....	45
2.17	Torres PTI (Pre-Trip Inspection) .....	45
2.18	Racks de tomacorrientes 480V .....	46
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>48</b>
	<b>UBICACIÓN Y DIMENSIONES DEL PROYECTO .....</b>	<b>48</b>
3.1	Empresa REPCONTVER S.A. ....	48
3.2	Área del terreno para la torre PTI y cuarto de transformadores .....	48
3.3	Ruta de la línea de media tensión .....	49
3.4	Altura .....	50
3.5	Nivel de contaminación .....	50
3.6	Punto de interconexión .....	50
3.7	Diseño de torre PTI.....	50
3.8	Ubicación del cuarto de transformadores .....	51
3.9	Selección de voltaje .....	51
3.10	Conductor para línea aérea.....	51
3.11	Impedancias .....	52
3.12	Aisladores .....	52
3.13	Características del conductor .....	52
3.14	Cruces .....	53
3.15	Postes y estructuras .....	54
3.16	Vanos .....	55
3.17	Claros .....	55

3.18	Libramientos al suelo .....	55
3.18.1	Otros libramientos.....	55
3.19	Distancia entre conductores .....	56
3.19.1	Distancia de los conductores a la estructura. ....	56
3.20	Nivel de aislamiento .....	56
3.21	Distancia de fuga.....	56
3.22	Aisladores para acometida .....	56
3.22.1	Aislador tipo rollo .....	56
3.22.2	Aislador tipo pin .....	57
3.22.3	Aislador de suspensión .....	57
3.22.4	Aislador de retenida .....	58
3.22.5	Accesorios.....	58
3.23	Cálculo de flechas y tensiones .....	58
3.24	Sistema de apantallamiento.....	58
3.25	Puesta a tierra.....	59
3.26	Protecciones .....	60
3.26.1	Pararrayos .....	60
3.26.2	Caja porta fusible .....	60
3.26.3	Cuchillas .....	61
3.27	Cálculos para seleccionar el transformador .....	61
3.27.1	Levantamiento de cargas.....	61
3.27.2	Selección de transformador.....	62
3.28	Cuarto de transformador .....	63
3.29	Conexión del transformador a líneas de media tensión .....	64
3.30	Conexión de racks de tomacorrientes 460V .....	64
3.31	Celda de media tensión .....	65
	<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>66</b>
	<b>DISEÑO DE PROYECTO .....</b>	<b>66</b>
4.1	Planos del proyecto .....	66
4.2	Descripción del plano de acometida eléctrica.....	66
4.3	Descripción del plano de implantación general .....	67
4.4	Descripción del plano de cuarto de transformadores.....	84
4.5	Descripción del diseño de la torre PTI.....	84
4.6	Descripción del diseño de tablero de tomacorrientes .....	84
4.7	Descripción de plano eléctrico unifilar .....	84

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>77</b>
5.1 Presupuesto para el diseño de la acometida de media tensión y torre PTI .....	77
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>78</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>78</b>
6.1 Conclusiones .....	78
6.2 Recomendaciones .....	78
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>80</b>
<b>BLOGRAFÍA</b> .....	<b>82</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Contenedor Dry Van.....	9
Figura 2.2. Contenedor Open Top .....	9
Figura 2.3. Contenedor reefer .....	10
Figura 2.4. Contenedor Open Side.....	11
Figura 2.5. Contenedor tanque .....	11
Figura 2.6. Contenedor flat rack .....	12
Figura 2.7. Elementos de una acometida aérea .....	18
Figura 2.8. Aplicaciones de cables en acometidas.....	20
Figura 2.9. Conductor de siete hilos cableado clase b .....	21
Figura 2.10 Tipos de cables para acometidas.....	22
Figura 2.11 Conductor desnudo ASCR.....	23
Figura 2.12. Clasificación de estructuras para acometidas .....	25
Figura 2.13. Postes cónicos de hormigón.....	26
Figura 2.14. Aisladores de suspensión.....	27
Figura 2.15. Aislador tipo pin .....	27
Figura 2.16. Aislador de rodilo .....	27
Figura 2.17. Dimensiones de un bastidor .....	29
Figura 2.18. Perno de ojo cerrado .....	29
Figura 2.19. Perno espárrago .....	30
Figura 2.20. Perno U .....	30
Figura 2.21.Perno pin.....	31
Figura 2.22. Tuerca tipo Ojo.....	31
Figura 2.23. Varilla de anclaje y bloque cónico .....	32
Figura 2.24 .Abrazadera simple .....	32
Figura 2.25. Abrazadera doble.....	33

Figura 2.26 . Torna punta en un poste eléctrico .....	33
Figura 2.27. Pie de amigo para cruceta .....	34
Figura 2.28. Cruceta para poste eléctrico .....	34
Figura 2.29. Grapa terminal .....	3535
Figura 2.30. Seccionadora porta fusible.....	3535
Figura 2.31. Pararrayo 10 kV .....	36
Figura 2.32. Conector de compresión tipo VCSE-44 .....	36
Figura 2.33. Tubería PVC .....	37
Figura 2.34. Fleje y hebilla metálica.....	37
Figura 2.35. Conductor de cobre desnudo .....	37
Figura 2.36. Varilla copperweld y conector.....	38
Figura 2.37. Terminal encogible .....	38
Figura 2.38. Empalmes de compresión para líneas aéreas.....	39
Figura 2.39. Poste con puesta a tierra .....	42
Figura 2.40. Celda de media tensión.....	45
Figura 2.41. Torre PTI .....	46
Figura 2.42. Racks de tomacorrientes trifásicos .....	47
Figura 3.1. Área para nueva torre PTI y cuarto de transformadores.....	49
Figura 3.2. Ruta de acometida 13.8kV.....	50
Figura 3.3. Poste donde se realizará el punto de interconexión. ....	51
Figura 3.4. Sistema de puesta a tierra a utilizarse .....	60
Figura 3.5. Transformador de aceite convencional 1250kVA marca WEG .....	62
Figura 4.1. Plano de acometida eléctrica de 13.8 kV.....	69
Figura 4.2. Plano de implantación de la empresa REPCONTVER S.A. ....	70
Figura 4.3. Diseño de cuarto de transformadores .....	72
Figura 4.4. Diseño de la torre PTI.....	73

Figura 4.5. Diseño de tablero de tomacorrientes 480V .....	75
Figura 4.6. Diseño de diagrama eléctrico unifilar de la empresa Repcontver .....	76



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características del cobre y del aluminio .....	20
Tabla 2.2. Resistividad del suelo, según tipo de terreno .....	40
Tabla 3.1. Características del conductor .....	53
Tabla 3.2. Método 1 para calcular el distanciamiento vertical .....	54
Tabla 3.3. Método 2 para calcular el distanciamiento vertical .....	54
Tabla 3.4. Características técnicas de transformador WEG.....	63
Tabla 5.1. Características técnicas de transformador WEG.....	77

## **RESUMEN**

La finalidad de este proyecto es el diseño de una torre PTI con capacidad para 50 contenedores refrigerados para la empresa REPCONTVER S.A ubicado al norte de la ciudad de Guayaquil, este proyecto se basó en los principios fundamentales para el desarrollo de acometidas eléctricas de media tensión, cuarto de transformadores y protecciones eléctricas, existen varias recopilaciones de los diferentes conceptos de energía en potencia donde la teoría basada en libros sobre líneas de distribución y las normativas internacionales de la empresa eléctrica nacional a las cuales se siguió al momento de realizar este proyecto eléctrico. El presente proyecto se elaboró en tres partes, teoría, cálculo y diseño, En la primera parte se describió los conceptos básicos que fueron utilizados y más adelante se realizó el cálculo y el diseño especificando en cada elemento que conforman la realización de un diseño de torre PTI desde la acometida a ese nivel de voltaje hasta el tablero de tomacorrientes de 480v necesarios para conectar los contenedores refrigerados, utilizando las normativas correspondientes.

**PALABRAS CLAVES:** MEDIA TENSIÓN, ACOMETIDA ELÉCTRICA, ELEMENTOS ELÉCTRICOS, CÁLCULOS, TORRE PTI, REEFER.

## **ABSTRACT**

The purpose of this project is the design of a PTI tower with capacity for 50 refrigerated containers for the company REPCONTVER SA located north of the city of Guayaquil, this project was based on the fundamental principles for the development of medium voltage electrical connections, transformer room and electrical protections, there are several compilations of the different concepts of power in power where the theory based on books on distribution lines and the international regulations of the national electricity company which were followed at the time of carrying out this electrical project. This project was developed in three parts, theory, calculation and design. The first part describes the basic concepts that were used and later the calculation and design were carried out, specifying in each element that they make up the realization of a design. of PTI tower from the connection at that voltage level to the 480v outlet panel necessary to connect the refrigerated containers, using the corresponding regulations.

**KEY WORDS:** MEDIUM VOLTAGE, ELECTRICAL SUPPLY, ELECTRICAL ELEMENTS, CALCULATIONS, PTI TOWER, REEFER.

# CÁPITULO I

## INTRODUCCIÓN

El patio de contenedores Recontver S.A es una empresa dedicada a los servicios extra portuarios, dedicada al almacenamiento, reparación y despacho de contenedores secos y refrigerados que a través de los años se ha canalizado al crecimiento tanto en la parte productiva, social y económica, convirtiéndose así en unas de las más grandes e importantes empresas que se desempeñan en esta área gracias al aumento de exportaciones e importaciones, siendo encaminada a evolucionar y crecer constantemente debido a la demanda que representa los contenedores en la parte comercial del país y poder ofrecer un servicio de calidad al cliente.

El proyecto tiene como finalidad el estudio y diseño de una torre PTI (Pre Trip Inspection) en la empresa Recontver cuyo objetivo es cubrir la demanda existente en contenedores reefer, aumentar la productividad y mejorar la eficiencia productiva y energética de la empresa, y así lograr una mejor atención al cliente.

La función principal de la nueva torre PTI es la de realizar una completa inspección de los contenedores reefer (refrigerados) antes de ser embarcados por la naviera, estos contenedores son conectados a tomas de 460V donde se realizará la inspección por medio de la computadora a bordo de cada contenedor, el cual arroja valores de su sistema eléctrico, electrónico y mecánico cuyos datos obtenidos ofrece la información necesaria para saber si el contenedor si se encuentra o no se encuentra operativo, lo cual determina si el contenedor podrá ser despachado al cliente o será enviado a la zona de reparación.

El estudio inicia con la capacidad y demanda actual de contenedores reefer que tiene la empresa, esto con el fin de observar los requisitos y parámetros necesarios a tomar en cuenta para el cálculo y el diseño de la nueva torre PTI.

EL proyecto se realizará comenzando con el estudio de cálculos necesarios desde la acometida de 13.8kV y el cuarto de transformadores trifásicos, hasta el diseño e infraestructura de la torre PTI con los racks de tomacorrientes de 460v necesarios para la capacidad de inspeccionar 50 contenedores de forma simultánea, cuyo diseño y especificaciones se regirán mediante las normas INEN y los requisitos de ARCONEL.

## **1.1 Justificación**

La energía eléctrica es uno de los más grandes e indispensables descubrimientos, a su vez está relacionada con el impulso de los países, ya que la electricidad determina un pilar primordial en el desarrollo social, tecnológico e industrial de toda la población en el mundo, Esta energía eléctrica se considera como correspondiente progreso de la gran parte de todas las empresas sin distinguir el área comercial en que se desempeñe, debido a que existe una gran demanda, obligando a aumentar la productividad requiriendo utilizar más energía eléctrica.

Repcontver S.A. es una empresa que se ha abierto paso entre unas de las más importantes en el sector de servicios extra portuario, esto gracias al aumento de exportaciones e importaciones a lo largo de estos últimos años, lo cual permite el constante desarrollo tecnológico necesario para cubrir las necesidades de los clientes, es por esto por lo que, al existir un aumento en la demanda, es necesario realizar cambios para mejorar y aumentar la productividad de la empresa de una forma más eficiente.

En la actualidad se evidencia una problemática ante la demanda como el limitado servicio de inspección PTI, cuya capacidad máxima de 50 contenedores no es suficiente para cubrir la demanda diaria de contenedores operativos en stock en la empresa Repcontver S.A, influyendo negativamente tanto en la productividad de la empresa como el servicio al cliente.

Es por esto que se llegó a la decisión de diseñar una nueva torre PTI (Pre Trip Inspection) con capacidad para 50 contenedores reefer, para reducir el tiempo de los controles previos al transporte de contenedores refrigerados (Reefer), realizando una profunda inspección del sistema tanto eléctrico, electrónico y mecánico, preservando el control de las condiciones de temperatura y ventilación, además del cuidado del contenedor para la transportación de futuras cargas.

Al realizar una correcta infraestructura podemos realizar varias inspecciones de forma simultánea, y de esta forma complacer con las necesidades de todo tipo de clientes, sacando provecho a la exportación de productos nacionales que requieren ser transportados por estos contenedores.

## 1.2 Antecedentes

Ecuador durante las últimas décadas ha desarrollado un gran crecimiento como exportador, posicionándose como uno de los principales países de Suramérica con más exportaciones, brindando excelentes productos hacia el mundo, enfocándose principalmente en los productos perecibles como cacao, flores, banano, piña, entre otros. De esta forma se ha creado un reconocimiento mundial por la calidad de estos y convirtiéndose en un gran exportador por lo que ha despertado un interés de las navieras que ofrecen sus servicios para las exportaciones. El principal medio de transporte de los productos es el marítimo, debido a sus bajos costos en comparación con las exportaciones aéreas. (Jamart, 2010 )

EL contenedor es la forma más eficaz de transportar productos en la actualidad, por lo tanto, el mantenimiento y reparación de estos es un negocio rentable, Ecuador tiene el interés de exportar sus bienes y las navieras el de brindar su servicio por lo que necesitan tener contenedores listos para embarcar la carga y exportarla. Es en este proceso donde entran los patios de mantenimiento y reparación de contenedores, los cuales tienen como objetivo reparar y mantener operativos la cantidad de contenedores que son enviados a sus instalaciones siempre y cuando no superen la capacidad de almacenamiento. (CELEC, 2015)

Las navieras compran contenedores y algunas los fabrican, pero necesitan patios de reparación en países estratégicos para poder mantener un stock que satisfaga la demanda de exportaciones. Es vital para las navieras que se tenga contenedores operativos en los distintos países para que al momento del arribo del barco los contenedores estén listos para ser cargados y cumplir con los tiempos de tránsito definidos en cada puerto de su ruta.

Un contenedor reefer es aquel contenedor creado especialmente para el transporte de mercancías refrigeradas, congeladas o que necesiten un control y tratamiento especial de la atmósfera interior. Es lo que comúnmente conocemos como contenedor frigorífico. Aunque a simple vista, por sus dimensiones y su estructura exterior no difieren del resto de contenedores marítimos, los contenedores reefer tienen múltiples características que los convierten en auténticas cámaras frigoríficas móviles, especialmente adecuadas para el transporte de productos perecederos. El principio de funcionamiento de un contenedor reefer se trata de un contenedor aislado

térmicamente, que lleva incorporada una unidad refrigeradora que permite mantener la temperatura interior constante gracias a la circulación de aire frío. (RFL. Cargo , 2021)

### **1.3 Planteamiento del Problema**

En la actualidad se evidencia una problemática ante la demanda de contenedores reefer por el limitado servicio de inspección PTI, cuya capacidad máxima de 50 contenedores por día no es suficiente para cubrir la demanda diaria de contenedores operativos en stock en la empresa Recontver S.A, influyendo negativamente tanto en la productividad de la empresa como el servicio al cliente. Por lo cual se llegó a la conclusión de diseñar una segunda torre PTI con capacidad para 50 contenedores ofreciendo 100 contenedores inspeccionados por día. Ante la mencionada decisión, se necesita diseñar también una acometida de 13.8kV, cumpliendo con las normas INEN y requisitos que exige la ARCONEL.

### **1.4 Objetivo General**

Realizar el estudio y diseño correspondiente de una torre PTI con capacidad para 50 contenedores desde la acometida de media tensión de 13.8kV y cuarto de transformadores hasta los racks de tomacorrientes modulares con interbloqueo de seguridad de 460V para la empresa Recontver. S.A ubicada en el norte de la ciudad de Guayaquil.

### **1.5 Objetivos específicos**

- Efectuar el levantamiento de cargas y demanda de consumo eléctrico en la empresa Recontver S.A. que emplea contenedores refrigerados
- Aplicar las normas correspondientes que se emplean para la acometida de 13.8kV y el cuarto de transformadores
- Diseñar y calcular los datos necesarios para la acometida, transformadores y racks de tomacorrientes para la nueva torre PTI

### **1.6 Hipótesis**

La nueva torre PTI con rack de tomacorrientes de 460V y capacidad para 50 contenedores reefer, mejorará la productividad de la empresa ahorrando recursos, se reducirá tiempo de inspección brindando así una mejor atención al cliente.

## **1.7 Metodología**

El trabajo de investigación corresponde al “método analítico, documental, descriptivo y de campo”. Es “analítico documental” porque se realizará una indagación sistemática y de recolección de información de varias fuentes bibliográficas (libros, manuales, artículos indexados, paper, etc.), sobre el diseño de una torre PTI (Pre Trip Inspection), para posteriormente, organizar, seleccionar y analizar dichos datos para el trabajo mencionado.

Es “investigación descriptiva” porque pretende describir y caracterizar el objeto de estudio, el cual consiste en aplicar los conceptos teóricos que se emplean en la acometida de 13.8 kV y cuartos de transformadores trifásicos, para lograr de esa manera, cumplir con uno de los objetivos específicos planteados.

Es “investigación de campo” porque se realizará una investigación in situ en el sitio, observando y verificando el lugar (planta y avenida), para posteriormente realizar el diseño y montaje que permitirá al sistema eléctrico de la empresa Recontver S.A. satisfacer la demanda futura y de esa manera cumplir con los objetivos del estudio. Se describen con más detalles sobre los métodos escogidos en el estudio:

## **1.8 Método Analítico**

Este método permite conocer más sobre el objeto de estudio, con lo cual se puede explicar, interpretar, hacer analogías y comprender mejor sobre demanda actual con proyecciones a futura de la planta que producirán los contenedores refrigerados. Pues, se aplicará esta técnica para describir los datos y cálculos que se utilizaran para que el diseño de la acometida no presente errores en su dimensionamiento eléctrico a futuro y en la línea de transmisión.

## **1.9 Método Documental**

La investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos. (Energía gob , 2015)



Se utilizará todo tipo de fuentes bibliográficas o documentales como libros, enciclopedias, etc. y así se obtendrá más datos e información que se considere relevante de lo cual contribuirá con el análisis e interpretación del tema a realizar a través de las fuentes.

### **1.10 Método Descriptivo**

Este método tiene como finalidad, describir, definir y caracterizar el objeto de estudio, el cual consiste en aplicar los conceptos teóricos que se emplean en la acometida de 13.8 kV y cuarto de transformadores trifásicos. Además, se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

Mediante esta técnica se identifica el origen del problema, como así, los componentes que intervienen en el diseño de la torre PTI. Una vez obtenida la información se procederá a describir cada una de las circunstancias y a través de este estudio se permitirá el diseño y montaje que permitirá al sistema eléctrico de la Planta Recontver S.A satisfacer la demanda futura.

### **1.11 Investigación de Campo**

En este tipo de investigación se realiza una observación in situ, es decir, que el investigador va al lugar o sitio para verificar y/o corroborar (planta y avenida), para posteriormente realizar el estudio de diseño y montaje que permitirá al sistema eléctrico de la Planta Recontver S.A. satisfacer la demanda futura.

Además, se realizará levantamiento de información, en sitio (planta) para presentar el diseño de la torre PTI con los datos y cálculos que se utilizaran para que el diseño de la acometida de 460V no presente errores en su dimensionamiento eléctrico a futuro y en la línea de distribución.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Contenedores**

Son recipientes de cargas de grandes dimensiones que se utilizan para el transporte de mercancía a nivel mundial, ya sea mediante vías marítimas, fluviales, terrestres o aéreas, facilitando así el transporte intermodal.

##### **2.1.1 Historia del contenedor**

La historia del contenedor se remota desde la segunda guerra mundial ya que era utilizados para transportar material bélico. Su creador fue el estadounidense, empresario y camionero Malcolm Mclean, quien nació en el año 1913. En 1953 este empresario notó la saturación de los puertos, y para ahorrar tiempo decidió embarcar directamente los remolques de sus camiones a los barcos, esto hizo notar el ahorro eficaz de tiempo, pero también sacrificaba espacio, ya que los remolques embarcados se encontraban con el chasis, surgió la gran idea de solo embarcar la caja del remolque sin el chasis, este gran invento, permitió optimizar el espacio en la embarcación y ahorrar mucho tiempo en la operación, el uso de los contenedores de transporte se extendió por todo el mundo llegando a una estandarización internacional e ISO de 20", 30", y 40" pulgadas como dimensiones estándares. (Jamart, 2010 )

En la actualidad el material principal que es empleado en la fabricación de los contenedores es el acero, además tenemos una amplia variedad de contenedores para compensar la escasez y optimizar el transporte de cargas

##### **2.1.2 Tipos de contenedores**

El transporte de carga de los contenedores ha colaborado al crecimiento de nuevos servicios a nivel mundial, y ha permitido la edificación de diferentes tipos de contenedores que permitan satisfacer las necesidades en cualquier entorno.

Los contenedores estándar o de uso general son los más recurrentes para todo tipo de cargas en la industria de transporte. Los tamaños más comunes son de 20 y 40 pies, y aunque es más escaso, hay disponibilidad de 10, 30, 45 y hasta 53 pies.

### 2.1.2.1 Dry Van

El contenedor Dry Van o también conocido como “seco” es el contenedor más utilizado alrededor del mundo, ya que es el apropiado para transportar la mayoría de las cargas de productos secos, cuya reparación y mantenimiento de estos no es complejo, como se observa a continuación en la imagen 2.1.



Figura 2.1. Contenedor Dry Van  
Fuente: (Rivadeneira, 2012)

### 2.1.2.2 Open top

Este contenedor se caracteriza por su carencia de techo fijo, ya que puede estar al descubierto o cubierto por una lona, el objetivo principal de este contenedor es de transportar cargas que no fueron posibles ser desmanteladas o cargas voluminosas y pesadas, cuya movilización sea necesaria con una grúa, como se puede apreciar a continuación en la imagen 2.2.



Figura 2.2. Contenedor Open Top  
Fuente: (Starcool , 2012)

### 2.1.2.3 Reefer

El contenedor reefer o refrigerado, está diseñado para mantener la cadena de frío esta carga puede ser vulnerable a climas cálidos, son más utilizados para el transporte de productos alimenticios los cuales se encuentran congelados o para productos perecederos. Este contenedor cuenta con una computadora y un sistema de climatización que regula la temperatura de la atmosfera interior el cual debe estar conectada a una fuente de energía constante de 460v de corriente alterna, como se puede ver a continuación en la imagen 2.3.



Figura 2.3. Contenedor reefer  
Fuente: (Tasesa, 2009)

### 2.1.2.4 Open side

Este tipo de contenedores no son muy conocidos, y no son utilizados en muchos países ya que su reparación es más compleja comparada con los contenedores Dry van, ellos contenedores open side se caracterizan por carecer de una de las paredes laterales y su objetivo principal es la de transportar cargas cuyas dimensiones superen la carretilla elevadora.

El contenedor marítimo open side de acceso lateral puede ser también double door, proporcionando acceso por los laterales y/o ambos extremos. los contenedores open side son ideales para las cargas que requieren la carga y descarga lateral, y a menudo son empleados también como puntos de venta portátiles en festivales, acontecimientos y por supermercados.

Son construidos con las mismas medidas de los otros tipos de contenedores, estos pueden ser tanto de 20 pies como de 40 pies, se logra observar su funcionamiento en la imagen 2.4.



Figura 2.4 Contenedor Open Side  
Fuente: (Thermo King , 2012)

### 2.1.2.5 Contenedor tanque

Este tipo de contenedores son utilizados para el transporte de carga en estado líquido, gaseoso o productos en polvo, estos productos también pueden ser alimentos, y de alto riesgo como combustible, el tanque deberá respetar las normas ISO y estar debidamente colocado en un marco que permita su fácil movilización en el momento de la carga y descarga del mismo, se observa a continuación en la figura 2.5. (Valenzuela, 2011)



Figura 2.5 Contenedor tanque  
Fuente: (MasContainer, 2016)

### 2.1.2.6 Flat rack

Este tipo de contenedores se caracterizan por tener sus paredes extremas plegables, la base soporta el peso de la carga y sus paredes laterales la mantienen fija, son utilizados para transportar cargas cuyas dimensiones sobre pasan en altura o anchura del contenedor, el cual se aprecia en la figura 2.6.



Figura 2.6 Contenedor flat rack  
Fuente: (Puerto & Logística , 2017)

### 2.1.3 Dimensiones de contenedores

Las dimensiones de los contenedores son estandarizadas sin importar su tipo, estos pueden ser:

- **Dry 20 pies:** 6,058mm (longitud). 2,438mm (ancho) y 2,591 mm (altura).
- **High cube 20 pies:** 6,058mm (longitud). 2,438mm (ancho) y 2,896mm (altura)
- **Dry 40 pies:** 12,192mm (longitud). 2,438mm (ancho) y 2,591mm (altura)
- **High cube 40 pies:** 12,192mm (longitud). 2,438mm (ancho) y 2,698mm (altura)

## 2.2 Contenedores reefer

Los productos vulnerables a las temperaturas cálidas como farmacéuticos, alimentos perecederos y congelados, entre otros, requieren transportarse en contenedores reefer. Este tipo de contenedores refrigerados tienen como características principales un sistema de refrigeración que permite mantener y controlar la temperatura en el ambiente donde se transporta la carga. La movilización de productos en contenedores refrigerados requiere un riguroso control de la temperatura, humedad

y ventilación durante el trayecto de la carga el cual debe cumplir con normas y controles exigentes. (Jamart, 2010)

Como característica general este tipo de contenedores requieren de una fuente de energía constante para el funcionamiento del sistema de refrigeración que posibilita la actividad de controlar y mantener la temperatura dentro del contenedor, por lo cual requieren de plataformas o racks de tomacorrientes de 460v donde estos puedan ser conectados. Por lo general en los contenedores reefer los parámetros permiten controlar el rango entre  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $+25^{\circ}\text{C}$ . (Repcontver, 2010)

### **2.2.1 Especificaciones técnicas de los contenedores reefer**

El sistema de refrigeración del contenedor se encuentra acorde a las dimensiones que cumplen las normas ISO y por tal manera se adapta a las celdas de los buques portacontenedores. El de refrigeración involucra la pérdida de volumen interno y carga útil. En su trayectoria por barco, las unidades deben estar conectadas al sistema de suministro de energía a bordo, y el máximo de contenedores conectados a esta fuente depende directamente de la capacidad máxima que puede alimentar el suministro de energía del buque, en caso de exceder la capacidad máxima podrán utilizarse otras fuentes de energía alterna como lo son los generadores a diésel. (Repcontver, 2010)

Cuando los generadores se encuentran en la terminal portuaria estos son conectados al sistema de suministro de energía que llega a la terminal desde una subestación. Cuando estas unidades son transportadas por carreteras están se conectan a un generador de corriente alterna de 460v que se encuentra montado en el vehículo.

En el interior de la unidad refrigerada el aire fluye a través del contenedor de abajo hacia arriba, en resumen, el aire “caliente” se extrae del interior del contenedor el cual se enfría gracias a los equipos que involucra el sistema de refrigeración y después se devuelve al contenedor en forma de aire frío. Para permitir una circulación de aire adecuada en el interior del contenedor, que se encuentra constituido por rejillas, además las paredes laterales que se encuentran corrugadas, lo que garantiza un flujo de aire satisfactorio.

#### **2.2.1.1 Datos técnicos del sistema de climatización**

El fabricante ofrece los siguientes datos:

- Sistema de control de temperatura electrónico, marca Carrier

- Rango de temperatura desde (-30 grados C) a (+30 grados C.).
- Alimentación: 380/460 volts, trifásica industrial.
- 50/60 Hz.
- Potencia: 7,5 HP.
- BTU 40000/h
- Interior de acero inoxidable.
- Gas 134 a- Ecológico.
- Consumo 7 kw hora

#### **Contenedor de 40':**

- Compresor: 7,5 HP
- Motor del evaporador: 2 HP
- Motor del condensador: 2 HP

#### **Contenedor de 20':**

- Compresor: 5.5 HP
- Motor del evaporador: 2 HP
- Motor del condensador: 2 HP

Debe existir suministro de energía trifásica equivalente a 15 kw o superior para soportar la puesta en marcha inicial de los motores. Puede ser conectado en conjunto con otras máquinas, una vez que las instalaciones sean adecuadas y seguras. Conexiones inadecuadas pueden causar mal contacto y perjudicar el funcionamiento del container, causando la quema de las placas electrónicas del control de la temperatura, así como otros componentes.

En 380 o 460 volts se debe usar un disyuntor tripolar de 25 a 40 amperes, en 220 volts se puede usar un disyuntor tripolar de 40 a 60 amperes.

### **2.3 Líneas eléctricas**

Las líneas eléctricas son el transporte físico por el cual se realiza la transmisión y distribución de la energía eléctrica, está conformado por: estructuras de soporte, conductores, cable de guarda, etc. Es de suma importancia el estudio de las características eléctricas en los conductores de las líneas, estos abarcan los parámetros impedancia y admitancia.



### **2.3.1 Tipos de líneas eléctricas según su tensión en Ecuador**

En Ecuador existen tres categorías de tensiones, estas se definen por su rango de niveles de voltaje y su función.

#### **2.3.1.2 Alta tensión, transmisión**

En el estado ecuatoriano las instalaciones de alta tensión son quienes superan los niveles de voltajes mayores a 40kV según la ARCONEL. Normalmente este tipo de líneas eléctricas son usadas principalmente para la transmisión de energía desde su punto de generación como puede ser una planta hidroeléctrica hasta los diferentes puntos de subestaciones por medio del sistema interconectado, para que esto pueda ser posible se necesita elevar la tensión a grandes niveles para reducir la intensidad de corriente que circula por las líneas y de tal forma reducir las pérdidas de energía por el calentamiento de los conductores y por los diferentes fenómenos electromagnéticos. (CELEC, 2015)

#### **2.3.1.2. Media tensión, distribución**

En Ecuador se considera media tensión el rango de niveles de voltajes que comprenden desde los mayores de 0,6kV y menor o igual a 40kV, este tipo de tensión es creada a partir de subestaciones que transforman la energía eléctrica de alta tensión en media tensión, adecuándola de esta manera para ser distribuida en las zonas rurales y urbanas, generando un riesgo mucho menor de accidentes comparados si fuera distribuida en alta tensión.

Este tipo de tensión es aprovechada por grandes consumidores quienes cuentan con bancos de transformadores e incluso con subestaciones propias como lo son las universidades, hospitales, aeropuertos, etc. (CELEC, 2015)

#### **2.3.1.3 Baja tensión, comercialización**

En Ecuador según la ARCONEL ( agencia de regulación y control de electricidad) se denomina baja tensión a los voltajes menores o iguales a 0,6kV o 600V, esto quiere decir que es la que utilizan la mayoría de los aparatos eléctricos en los domicilios, se podría decir que la baja tensión es menos peligrosa que la media y alta tensión, pero con la finalidad de evitar riesgos de accidentes, las instalaciones eléctricas deben estar protegidas con breaker y/o fusibles, tanto como en la acometida como en el tablero

de distribución. Estas instalaciones deberán ser realizadas y manipuladas solo y únicamente por profesionales autorizados. (CELEC, 2015)

## **2.4 Acometidas eléctricas**

Las acometidas eléctricas es la conexión necesaria por la cual se suministra el servicio de energía eléctrica a los usuarios, estas pueden ser tanto aéreas como subterráneas estas conexiones son realizadas por parte de la empresa suministradora de energía eléctrica. En las acometidas de baja tensión finalizan en la caja general de protección, en donde se encuentra el medidor de energía eléctrica y los breacker principales, en cambio en las acometidas de media tensión esta finaliza en la conexión del centro de transformación de energía donde se define como el comienzo de la instalación eléctrica interna o del usuario. (CNEL-EP, 2016)

### **2.4.1 Tipos de acometidas eléctricas.**

Según las normas NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción) las acometidas eléctricas se encuentran clasificadas en dos tipos, las cuales pueden ser acometidas aéreas o acometidas subterráneas y estas a la vez pueden ser de baja o media tensión.

#### **2.4.1.1 Normas de acometidas aéreas en baja tensión.**

- Las acometidas de bajo voltaje provenientes de redes aéreas serán realizadas según las normas de la Empresa Eléctrica Distribuidora, desde el poste más próximo a la edificación, podrán ser aéreas o subterráneas.
- Si la acometida es aérea se deberá instalar un tubo de acero galvanizado en la parte superior del cajón o Tablero Armario, de acuerdo con la sección

#### **2.4.1.2 Normas de acometidas subterráneas en baja tensión.**

- Si la acometida es subterránea en el poste de derivación se montará un tubo de acero galvanizado de 6 m de longitud y el diámetro requerido para el cable utilizado, pero no menor a 51.9mm.
- Desde el poste existente hasta frente al ingreso de la acometida a la edificación se tendrá canalización de acuerdo con lo señalado para acometidas provenientes de redes subterráneas.
- Todas las demás características de montaje serán iguales a las referentes a redes subterráneas

### **2.4.1.3 Normas de cometidas aéreas en media tensión.**

- Las acometidas de medio voltaje provenientes de redes aéreas serán realizadas según las normas de la Empresa Eléctrica Suministradora local, desde el poste más próximo a la edificación. Para el efecto se montará un tubo de acero galvanizado de 6 m de longitud adosado al poste y el diámetro requerido no menor a 51.9 mm, para el cable utilizado.

### **2.4.1.4 Normas de cometidas subterráneas en media tensión.**

- Las acometidas de medio voltaje provenientes de redes subterráneas serán realizadas según las normas de la Empresa Eléctrica Suministradora local.
- Partirán desde el centro de transformación más cercano, con derivación expresa
- El tendido de canalización estará de acuerdo con el numeral 15.2.4 NEC

## **2.5 Características generales de una acometida de 13.8kV**

Una acometida se puede definir como la derivación de cables eléctricos, desde la red de distribución urbana que proporciona la empresa suministradora del servicio eléctrico (CFE), hasta la protección principal o medidor de energía de la edificación o propiedad donde el usuario utilizará la energía eléctrica. Se considerará acometida aérea a los conductores que van en forma aérea desde las redes de distribución hasta un inmueble, en el cual se ha instalado una caja para medidor.

La acometida aérea refiere a la conexión del servicio eléctrico con la entrada de cables de la empresa suministradora de electricidad, que se hace por lo alto de la construcción, utilizando una mufa y tubo

Una acometida de media tensión se encuentra constituida y conformada por los siguientes elementos:

- Conductores
- Estructuras o postes
- Aisladores
- Herrajes

Se puede apreciar en la figura 2.7 los elementos más importantes que conforman la acometida de 13.8kV.

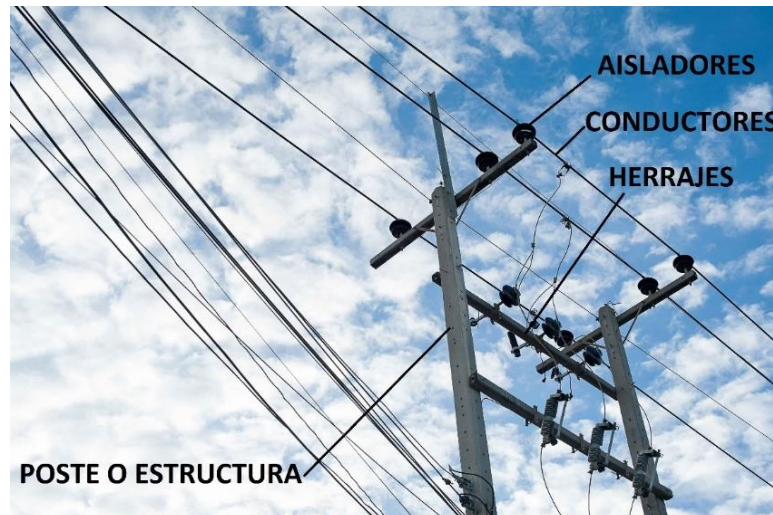


Figura 2.7. Elementos de una acometida aérea  
Fuente: Autor

### 2.5.1 Conductores

El actual crecimiento de la demanda de energía eléctrica y las distancias a las cuales se tiene que transmitir requieren el manejo de niveles de tensión elevados para lograr una calidad de energía óptima. Por esta razón, los cables de potencia para Media y Alta Tensión han tenido una evolución tecnológica, convirtiéndolos en productos de instalación práctica a nivel residencial, industrial y comercial, adquiriendo así gran importancia en la distribución de energía eléctrica. La tecnología de los cables de potencia se remonta al año de 1880 en la ciudad de New York con la introducción de las lámparas para iluminación (del tipo incandescente) tanto a nivel residencial como urbano, que hicieron necesario el uso de cables de potencia para la distribución de energía. Con el fuerte incremento del sistema de iluminación, se hizo necesario reemplazar la mayoría de las líneas aéreas por una alternativa de cable que brindara mayor seguridad a los usuarios y menor ocupación del espacio; como respuesta a estos requerimientos surgieron los cables de potencia subterráneos, convirtiéndose en práctica común y natural al principio del siglo XX. (COIDEA S.A , 2017)

Las primeras versiones del cable para Media Tensión surgieron con aislamiento en papel impregnado de aceite o caucho vulcanizado. Durante la Primera Guerra Mundial, se les dio un gran uso a los cables de potencia tripolares y aislados en papel impregnado, con tensión de operación hasta 25 kV. Debido a la no uniformidad del cable se generaba una distribución del campo eléctrico inapropiada, de modo que para contrarrestar este efecto se construían los cables con aislamiento bastante grueso. El Polietileno se utilizó por primera vez como material de aislamiento en cables de radio

frecuencia, luego de su descubrimiento en 1933. En 1950 se empleó como material de aislamiento en cables para sistemas de distribución de energía, perfilándose como uno de los materiales que se encargaría de sustituir los anteriores aislamientos, debido a sus reducidas pérdidas dieléctricas y su facilidad de procesamiento. Las décadas siguientes se vieron marcadas por el incremento en el nivel de tensión que se podría manejar con los cables aislados en Polietileno, después de un proceso de reticulación (XLPE). En la actualidad el nivel de tensión más alto que se ha logrado manejar exitosamente con este tipo de aislamiento corresponde a una aplicación de generación de energía en Japón, en la que se manejan 500 kV en un cable aislado en XLPE. (Martínez Velasco, 2008)

El Caucho de Etileno Propileno EPR (Ethylene Propylene Rubber) es un aislamiento de cables para Media Tensión desde 1960, con excelente adecuación cuando requieren una mayor flexibilidad que la obtenida en cables aislados con XLPE. La gran parte de sus características eléctricas presente en los materiales son similares, aunque el EPR presenta un factor de pérdidas un poco mayor que el XLPE.

## **2.6 Conductores para acometidas subterráneas**

Los cables de media tensión aislados son utilizados cuando se requiere llevar grandes cantidades de energía eléctrica a niveles de media tensión donde la utilización de las líneas aéreas no es factible ya sea por condiciones técnicas, de seguridad o ambientales. Este tipo de conductores se emplean en redes de distribución de energía, puentes para cruces viales, centros urbanos, acometida para centros comerciales e industrias, entre otras. La instalación de los cables para media tensión puede hacerse a través de canalizaciones, en bandejas porta cables o directamente enterrados de acuerdo con los requerimientos de la sección 326 de la NTC 2050. Como ejemplo se puede observar en la figura 2.8.

Al realizar una acometida de una instalación eléctrica tanto la empresa distribuidora de energía como el usuario que la demanda deben contar con los elementos necesarios para una correcta instalación de la acometida de luz.

Casi todos estos elementos corresponden a la empresa que genera y distribuye la energía, como Melfosur, ya que por parte del usuario solo es necesaria la puesta a tierra interna y un interruptor general, mientras que desde la empresa de energía eléctrica debemos proporcionar la puesta a tierra externa.

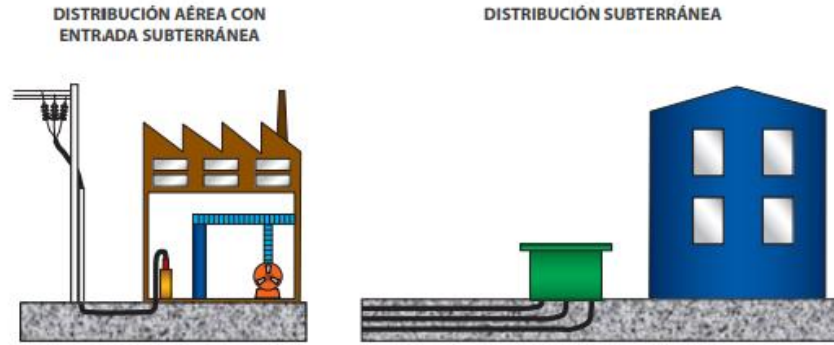


Figura 2.8. Aplicaciones de cables en acometidas  
Fuente: (Procables Company, 2015)

La función de todo conductor en un cable para Media o Alta Tensión o en un conjunto de cables, es la de transportar energía eléctrica. Los materiales usualmente utilizados son el cobre y bajo condiciones especiales de instalación se emplea el aluminio. La tabla 1 muestra algunas de las características más importantes del cobre y del aluminio que se emplean en los cables para media tensión. Estas características se aprecian en la tabla 2.1. (Romero Escobar, 2014)

Tabla 2.1. Características del cobre y del aluminio

		<b>Cobre Suave</b>	<b>Aluminio 1350</b>
<b>Densidad</b>	g/cm <sup>3</sup>	8,89	2,705
<b>Resistividad</b>	Ω - mm <sup>2</sup> /km	17,241	28,172
<b>Conductividad</b>	(%IACS)	100,0	61,2
<b>Tensión de Rotura</b>	MPa	220	155 - 200
<b>Elongación a Rotura</b>	%	25 - 30	1,4 - 2,3
<b>Norma ASTM (NTC)</b>		B3 (359)	B230 (360)
<b>Resistencia a la corrosión</b>		Excelente	Buena

Fuente. (Centelsa, 2008)

El cableado de un conductor consiste en el número de hilos que posee, dependiendo del calibre y los parámetros mecánicos de la flexibilidad. El tipo de cableado B se utiliza como estándar en los cables para media Tensión, representa

propiedades beneficiosas para estas aplicaciones. La figura XX muestra la sección transversal de un conductor calibre 2 AWG conformado por 7 hilos el cual se observa en la imagen 2.9.

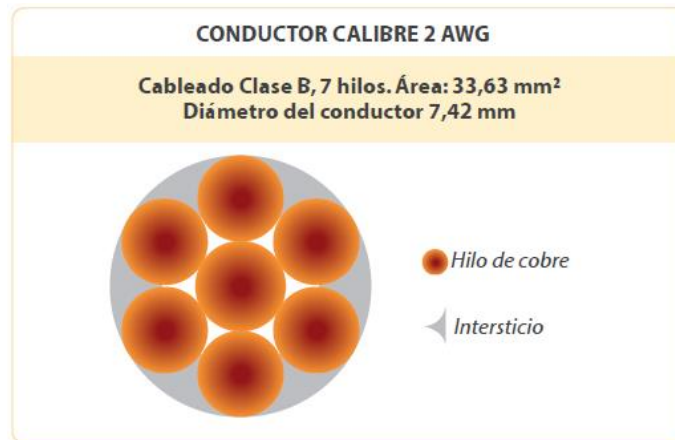


Figura 2.9 Conductor de siete hilos cableado clase b  
Fuente: (Centelsa, 2008)

### 2.6.1 Aislamiento

Las líneas para Media Tensión aéreas, el elemento aislante empleado es comúnmente el aire, sin embargo, para estos casos se requiere de una separación entre fases (e incluso el neutro) de acuerdo con las características del sistema. En los cables para Media Tensión los niveles de voltaje y los espacios reducidos que se manejan hacen necesaria la presencia de un medio aislante que sea capaz de brindar la rigidez necesaria contra las fugas de corriente, fallas entre fases (neutro) del sistema y que pueda confinar el campo eléctrico producido por el conductor al interior de él mismo.

En principio, las propiedades de los aislamientos usados en los cables para Media Tensión cumplen con todos los requisitos para su correcto desempeño. Sin embargo, existen características tanto eléctricas como mecánicas que destacan uno u otro tipo de material. (IEC 60815, 2001)

El polietileno de cadena cruzada o XLPE (Cross-Linked Polyethylene) presenta material de aislamiento, es uno del más indispensable en los cables para la media tensión. El caucho de etileno o EPR (Ethylene Propylene Rubber) es utilizado en menor proporción; estos dos materiales a los cuales se les aplican el proceso de reticulación (vulcanización), los cuales se logra que los materiales adquieran características termoestables, los diferentes aislamientos se observa en la figura 2.10.



Figura 2.10 Tipos de cables para acometidas  
Fuente: (Centelsa, 2008)

## 2.7 Conductores para acometidas aéreas

Se llama línea aérea la instalación cuya finalidad es la transmisión aérea de energía eléctrica, esto se realiza con elementos de conducción y elementos de soporte. Todos los elementos constructivos de una línea aérea deben ser elegidos, conformados, y contruidos de manera que tengan un comportamiento seguro en condiciones de servicio, bajo las condiciones climáticas que normalmente es dado esperar, bajo tensiones de régimen, bajo corriente de régimen, y bajo las solicitaciones de cortocircuito esperables.

El calibre del conductor de las líneas de media tensión para cada fase por lo general es de 1/0 ASCR, el cual está conformado por siete hilos de alambres de aluminio con diámetro de 3.11mm con un diámetro exterior de 9.36mm, el cual se encuentra cableado de forma concéntrica, y el calibre del conductor para el neutro por lo general es de calibre 2, está conformado por siete hilos de alambre de aluminio de diámetro 2.5mm, con un diámetro exterior de 7.4mm cableado concéntricamente, como se observa en la figura 2.11. (Suarez, 2017)





Figura 2.11 Conductor desnudo ASCR  
Fuente: (Suarez, 2017)

### 2.7.1 Metales conductores

En la construcción de las líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica, se utilizan únicamente conductores metálicos desnudos, que se obtienen mediante cableado de hilos metálicos (alambres) alrededor de un hilo central. Los metales que son más utilizados en la construcción de líneas aéreas deben presentar tres características principales:

- Baja resistencia eléctrica, y baja pérdidas de Joule en consecuencia.
- Presentar elevada resistencia mecánica, y así ofrecer una elevada resistencia a los esfuerzos permanentes o accidentales.
- Costo limitado.

Los metales que compensan estas condiciones son relativamente pocos:

- Cobre
- Aluminio
- Aleación de aluminio
- Combinación de metales (aluminio acero)

Corresponder en cada caso particular, es indispensable investigar el metal más rentable, teniendo en cuenta las observaciones generales que prosiguen. El conductor cableado puede realizarse con hilos del mismo metal, o de distintos metales, dependiendo de cuáles son las características mecánicas y eléctricas deseadas. Si los hilos son del mismo diámetro, la formación obedece a la siguiente ley:

$$N_h = 3 c^2 + 3 c + 1$$

Siendo:

- $N_h$  = número de hilos.
- $c$  = número de capas

Por lo tanto, es común encontrar formaciones de 7, 19, 37, 61, 91 hilos, respectivamente de 1 a 5 capas. En transmisión de energía eléctrica los materiales utilizados son cobre, aluminio y aleación de aluminio, pudiendo afirmarse que prácticamente no se utilizan otros materiales. Pese a la menor resistencia eléctrica y superiores aptitudes mecánicas el cobre ha dejado de ser utilizado en la construcción de líneas aéreas, esto es especialmente notado en alta y muy alta tensión. El aluminio es el material que se ha impuesto como conductor de líneas aéreas habiendo sido superadas por la técnica las desventajas que se le notaban respecto del cobre, además ayudado por un precio sensiblemente menor, y por las ventajas del menor peso para igual capacidad de transporte. Los conductores en base a aluminio utilizados en la construcción de líneas aéreas se presentan en las siguientes formas:

- Cables homogéneos de aluminio puro (AAC)
- Cables homogéneos de aleación de aluminio (AAAC)
- Cables mixtos aluminio acero (ACSR)
- Cables mixtos aleación de aluminio acero
- Cables aislados con neutro portante (cables preensamblados) (Centelsa, 2008)

## **2.8 Postes para acometida de 13.8kV**

Los postes o estructuras son los encargados de sostener y mantener los elementos que conforman una acometida de media tensión aérea, cuya función principal es la de mantener una distancia segura entre los conductores y el suelo, los postes deberán estar planteados para soportar las diferentes fuerzas ejercidas sobre estos como lo es el viento y a su vez las fuerzas de compresión y flexión que es el efecto longitudinal, transversal y vertical ejercida por los conductores y cables a los que estarán sometidos en el trayecto, como se logra apreciar en la figura 2.12.

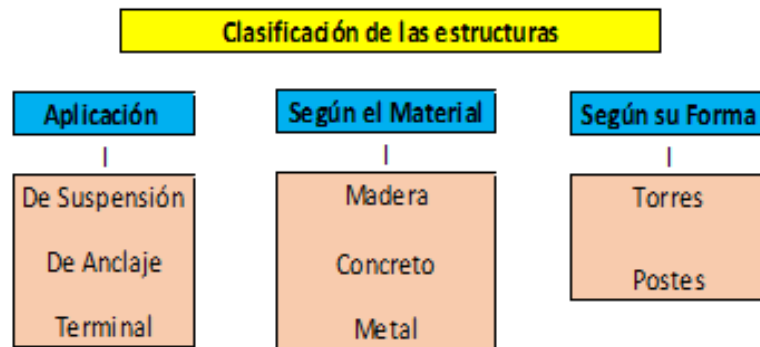


Figura 2.12 Clasificación de estructuras para acometidas  
Fuente: (Arévalo, 2017)

El poste más utilizado para acometidas de 13.9kV es el poste de hormigón este se caracteriza por tener mayor resistencia mecánica para sostener estructuras de alumbrado, líneas áreas de distribución de media y baja tensión, además de soportar fuertes condiciones meteorológicas y corrosivas, en el mercado también hay los postes de metal estos no son muy comunes, ni recomendados ya que su precio es más elevado y para la instalación de este poste es necesario realizar una base de concreto, no se recomienda en zonas donde el ambiente sea muy corrosivo, la ventaja de este poste es su resistencia mecánica ya que es mucho mayor a la de un poste de hormigón.

El poste más utilizado es el de hormigón armado de sección circular cónica de 11m de longitud con un diámetro de 270mm en la parte inferior, y de 145mm en la parte superior, con un peso aproximado de 350kg, el cual se observa en la figura 2.13.



Figura 2.13. Postes cónicos de hormigón.  
Fuente: (Corporacion nacional de electricidad, 2019)

## 2.9 Aisladores

Los elementos más importantes para la realización de una acometida son los aisladores, estos se encuentran clasificados dependiendo de su función, entre los más importantes tenemos:

### 2.9.1 Aislador de Suspensión

El aislador de suspensión ANSI 52-1 es un aislador fabricado en porcelana, este es un material dieléctrico, la superficie se encuentra cubierta con un vidrio templado de alta resistencia, cuyo material es impermeable, la superficie es esmaltada de color café. El aislador de suspensión también es conocido como aislador tipo cadena, ya que este se acopla de manera en que se forma una cadena, el número de aisladores dependerá de la tensión de servicio en la línea conductora de energía. Son utilizados para aislar los conductores de redes aéreas, en la parte superior del aislador es sujetado a la cruceta y la parte inferior del aislador soporta el cable conductor, cuyo aislador se muestra en la figura 2.14. (Corporacion nacional de electricidad, 2019)



Figura 2.14. Aisladores de suspensión  
Fuente: (Corporacion nacional de electricidad, 2019)

### 2.9.2 Aislador tipo pin

El aislador tipo pin ANSI 56-1 se encuentra fabricado con el mismo material del aislador antes mencionado, estos poseen unas campanas que permiten que el agua de la lluvia se deslice fácilmente.

La parte superior del aislador está diseñado para la colocación del cable conductor sin que este se deslice, las dimensiones del cuello deben estar diseñadas para atar el cable de aluminio, en la figura 2.15 se puede apreciar este aislador.



Figura 2.15. Aislador tipo pin  
Fuente: (Enersis S.A, 2015)

### 2.9.3 Aislador de rodillo

El aislador de tipo rodillo ANSI 53-2 se encuentra fabricado de porcelana y recubierto con vidrio templado de alta resistencia lo cual lo hace impermeable contra la humedad, y permite un lavado natural con el agua de la lluvia, la superficie es esmaltada de color café, como se observa en la figura 2.16.



Figura 2.16. Aislador de rodillo  
Fuente: (Enersis S.A, 2015)

## 2.10 Normas Aplicables

Todos los aisladores deberán cumplir con los requisitos de las normas, cumpliendo además con las características particulares indicadas en esta especificación. Los aisladores se efectúan con las disposiciones de las siguientes normas vigentes a la fecha:

- ANSI C29.11 American National Standard for composite Suspension insulators for overhead transmission lines tests
- IEC 1109 Composite insulators for a. c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 v –definitions, test methods and acceptance criteria.
- IEC 815 Guide for selection of insulators in respect of Polluted conditions

- ASTM A153 Specification for zinc coating (hot dip) on iron and steel hardware.

### **2.10.1 Características técnicas del núcleo de los aisladores**

El núcleo compuesto con fibra de vidrio de los aisladores poseerá revestimiento hidrófugo de silicón, la cual será de una sola pieza ejecutado por sistema de inyección o por molde. El recubrimiento deberá ser uniforme, libre de imperfecciones y de juntas y estará unido al núcleo de forma maciza; el espesor no podrá ser mínimo de 3mm en todos sus lados. La resistencia de la interfaz entre el cilindro de fibra y la goma de silicón deberá de ser mayor a la resistencia de desgarramiento del silicón.

Este núcleo transmite los esfuerzos mecánicos producidos por los conductores y proporciona el necesario aislamiento eléctrico. El núcleo terminado deberá ser resistente al ataque ácido e hidrólisis, para evitar el ingreso de humedad y provocar su rotura por corrosión. En sus extremos dispondrá de los herrajes de sujeción que se indican más adelante. El núcleo deberá estar constituido por fibras de vidrio dispuestas dentro de una resina epóxica y resistente a la hidrólisis, de tal forma que se obtenga máxima resistencia a la tensión mecánica y eléctrica. La distribución de las fibras de vidrio, en la sección transversal del núcleo, deberá ser uniforme, libre de vacíos y de sustancias extrañas. (Enersis S.A, 2015)

## **2.11 Herrajes**

Los herrajes son elementos que permiten la instalación de una acometida área, ya que son imprescindibles para sujetar otros elementos como la estructura, poste o cruceta.

### **2.11.1 Bastidor**

El bastidor o también conocido como rack está constituido por dos platinas con diferentes secciones, las cuales se acoplan en sus puntos extremos con soldadura MIG. La primera platina rectangular presenta un dobladura en forma de U.

Tiene una longitud vertical de 100mm y horizontal de 104mm, el bastidor presenta dos perforaciones donde se inserta la varilla la cual sujetará los aisladores tipo rodillo, para evitar que la varilla salga por el extremo superior, el bastidor posee un elemento en forma de cabeza la cual es forjada hasta en cuatro dobleces cuyo diámetro deberá ser mayor de 20mm, y en la parte inferior de la varilla esta posee una perforación donde

se introducirá el pasado, este elemento se observa en la figura 2.17 con sus dimensiones.

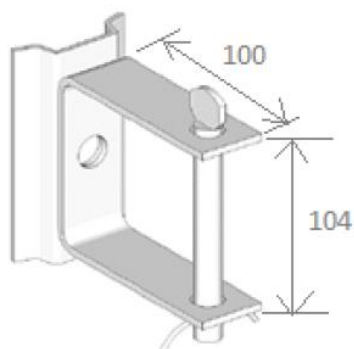


Figura 2.17. Dimensiones de un bastidor  
Fuente: (Enersis S.A, 2015)

### 2.11.2 Perno de ojo cerrado

El perno de ojo cerrado se lo instala en la cruceta, su función principal es la de sostener el aislador de suspensión. El perno tiene una longitud en total de 12" de largo y con un pequeño dobléz en forma de ojo, Tiene un diámetro interno de 40mm, en el inferior del ojo tendrá un roscado con un diámetro de 5/8", se aprecia en la figura 2.18.



Figura 2.18. Perno de ojo cerrado  
Fuente: (Enersis S.A, 2015)

### 2.11.3 Perno espárrago

El perno espárrago o también conocido como perno de rosca corrida, es fabricado en acero galvanizado, este perno tiene una longitud total de 12" con un diámetro exterior de 5/8" y el paso de rosca de 11 hilos por pulgadas, la función principal de este perno es la de tensar, sujetar y sostener los aisladores a la cruceta. Como se observa en la figura 2.19.



Figura 2.19. Perno espárrago  
Fuente: (Comisión federal de electricidad, 2014)

#### 2.11.4 Pernos U

Este perno en forma de “U”, posee un diámetro de 5/8”, la longitud de la sección recta es de 245mm, con un ancho total de 4214mm, la parte roscada tiene una longitud de 110mm, este tipo de perno posee dos tuercas hexagonales una en cada extremo y dos arandelas planas. La función principal de este tipo de perno es la de sujetar la cruceta al poste, se aprecia en la figura 2.20.



Figura 2.20. Perno U  
Fuente: (Comisión federal de electricidad, 2014)

#### 2.11.5 Perno Pin

Este tipo de perno tiene una longitud total de 200mm, la longitud en la parte inferior donde será insertada la cruceta es de 50mm, posee un diámetro de 3/4”, este tipo de perno posee una tuerca hexagonal y una arandela plana. El diámetro superior del perno es de 35mm, y una longitud de 30mm donde será insertado el aislador tipo pin para que quede sujetado a la cruceta. Este elemento se observa en la figura 2.21.





Figura 2.21. Perno Pin  
Fuente: (Comisión federal de electricidad, 2014)

### 2.11.6 Tuerca de tipo ojo

La tuerca de tipo ojo es una pieza que se fija en el perno tipo ojo, es el mismo que se encuentra en la cruceta, tiene como objetivo principal el de sujetar los aisladores de suspensión, la longitud total de la tuerca es de 90mm y el diámetro donde se insertará la rosca es de 5/8", se logra observar en la figura 2.22.



Figura 2.22. Tuerca tipo Ojo  
Fuente: (Romero Escobar, 2014)

### 2.11.7 Varilla de anclaje y bloque cónico

La varilla longitudinal que mide 1.80m de largos, tiene un pequeño ojal que tiene un diámetro interno de 50mm, su parte inferior se encuentra roscado con una tuerca hexagonal de 5/8", esta varilla se encuentra proporcionada con una platina de 100x50 mm y su espesor de 5mm, tiene una perforación de 3/4" que está ubicada en el centro de la platina.

El bloque cónico presente en el hormigón tiene dimensiones de 200mm de longitud y un diámetro superior de 102mm, diámetro inferior de 400mm, La función principal de este bloque es de sujetar la varilla de anclaje al suelo, como se aprecia en la figura 2.23.



Figura 2.23. Varilla de anclaje y bloque cónico  
Fuente: (Romero Escobar, 2014)

### 2.11.8 Abrazadera Simple

Estas abrazaderas son instaladas en el poste de hormigón, su función es la de fijar las estructuras a través de dos pies de amigo. Está fabricada por dos platinas de sección rectangular 38x4mm, cada platina tiene en su doblez un cuerpo a la abrazadera, sus dimensiones son de 36mm la longitud interna horizontal de la base del doblez, 10mm la longitud del ángulo horizontal del doblez, 15mm la longitud del ángulo vertical del doblez.

En la figura 2.24, se observa que las platinas tienen perforaciones que alojan los pernos de rosca corrida de diámetro 13 mm y de longitud 150mm, el perno maquina tiene un diámetro de 16mm y una longitud de 38mm.

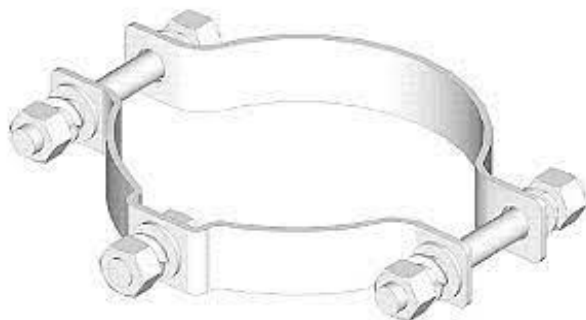


Figura 2.24. Abrazadera simple  
Fuente: (Centelsa, 2008)

### 2.11.9 Abrazadera doble

Esta abrazadera está fabricada para la fijación de cuatro pies de amigos, está compuesta por dos platinas de acero de sección rectangular 38x 4mm teniendo el mismo dobléz en ambas platinas y formando así un solo cuerpo con la abrazadera, las dimensiones de las longitudes interna horizontal es de 36mm, longitud del ángulo horizontal del dobléz 10mm, longitud del ángulo vertical del dobléz 15mm.

Se aprecia en la figura 2.25 que las platinas presentan perforaciones que alojan pernos de rosca corrida con un diámetro de 13mm y de longitud de 150mm, el perno de maquina tiene un diámetro de 16mm y el de longitud de 38mm.

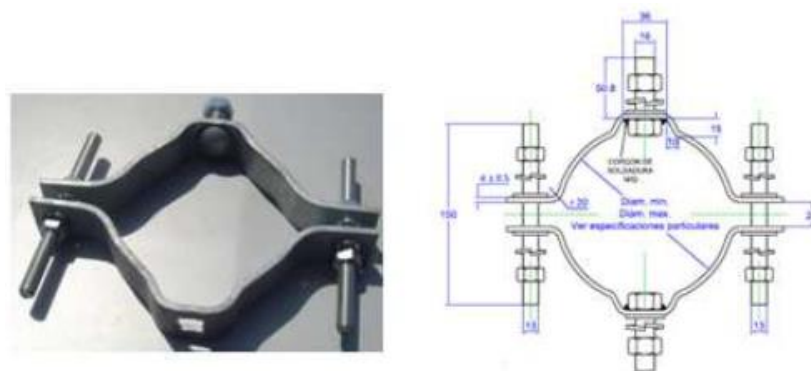


Figura 2.25. Abrazadera doble  
Fuente: (COIDEA S.A , 2017)

### 2.11.10 Tornapunta

En la figura 2.26 se observa que es una tubería, la cual está compuesta de acero galvanizado tiene una longitud de 10m, y un diámetro de 4" y 2 mm de espesor, está diseñada para adaptarse al poste mediante una abrazadera, en la parte inferior dos varillas soldadas fijamente a la tubería en la que se asentará el bloque cónico.

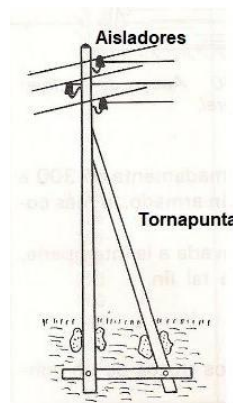


Figura 2.26. Torna punta en un poste eléctrico  
Fuente: (Enersis S.A, 2015)

### 2.11.11 Pie de amigo y perno maquina

Está elaborada con acero galvanizado se sección rectangular sus medidas son 710mmx38mm con un espesor 5mm, presenta dos perforaciones en sus extremos y su diámetro es de 20.5mm, sirve para darle apertura a los pernos de la maquinas 5/8" x 2" las mismas soportaran el peso de la estructura y todos sus elementos que conforman el mismo, como se aprecia en la figura 2.27.



Figura 2.27. Pie de amigo para cruceta  
Fuente: (Enersis S.A, 2015)

### 2.11.12 Cruceta

Este sirve para soportar y fijar los aisladores y accesorios que son utilizados en instalaciones aéreas, está elaborada con acero galvanizado con una longitud de 2.4m, un perfil angular con una medida de 2 1/2" y un espesor de 1/4".

En la parte superior de la cruceta presenta un diámetro de 20.5mm, sirven para la instalación de los pernos pin, platinas y soportes, además que en la parte superior de la cruceta posee diez perforaciones, seis agujeros tipo ojo chino, para la adaptación de los pernos U, espárragos y pernos tipo ojo, cuatro de sus agujeros presenta un diámetro de 20.5 sirve para sujetar el pie de amigo por medio de los pernos de la máquina, como se observa en la figura 2.28.

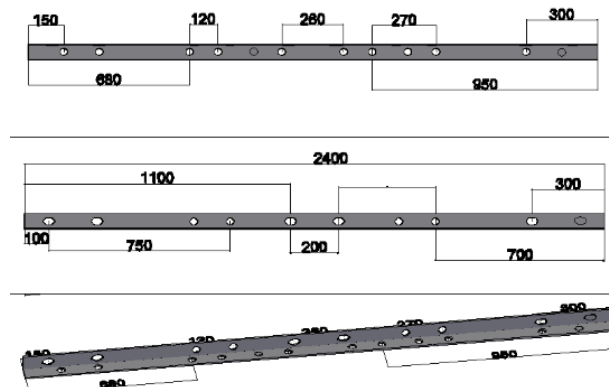


Figura 2.28. Cruceta para poste eléctrico  
Fuente: (Romero Escobar, 2014)

### 2.11.13 Grapa terminal (pistola)

La apariencia de esta grapa es de tipo pistola, presenta un kit que tiene provisto con dos pernos U en su respectiva tuerca y arandela de presión, ya que su función es de inmovilizar el cable conductor ASCR con un calibre (1/0- 2/0), presenta un perno con tuerca y un pasador de seguridad donde se aloja el aislador tipo suspensión, este presenta una grieta que a su vez engancha al tecele en el instante de tensar el cable conductor, como se aprecia en la figura 2.29.



Figura 2.29. Grapa terminal  
Fuente: (Romero Escobar, 2014)

### 2.11.14 Seccionador porta fusible tipo abierto 125kV BIL

Es utilizado para abrir o cerrar de forma visible, diferentes elementos que son utilizados en una instalación, quedando temporalmente sin tensión de servicio eléctrico donde se estén realizando dicho mantenimiento o reparación, también proporciona seguridad de sobre corrientes para equipos que pueden ser alterados funcionalmente con las sobrecargas o en condiciones de falla del sistema.

Esta pieza que se observa en la figura 2.29, está compuesta por un contacto fijo y un tubo móvil de conexión y desconexión, este contacto móvil es un tubo porta fusible de fibra de vidrio, se conecta al contacto fijo a presión como si fuera una cuña, contiene un ojal de cobre para la apertura y cierre de este mediante el uso de una pértiga.



Figura 2.30. Seccionadora porta fusible  
Fuente: (COIDEA S.A , 2017)

### 2.11.15 Pararrayo 10 kV

Este dispositivo de seguridad se encuentra adherido en las estructuras de líneas aéreas, esta empleada para limitar las sobretensiones que suelen aparecer después del impacto de un rayo, toda esta sobrecarga eléctrica es disipada a través de un cable que está conectada a tierra, para resguardar los equipos. Se observa en la figura 2.30.



Figura 2.31. Pararrayo 10 kV  
Fuente: (COIDEA S.A , 2017)

### 2.11.16 Conector de compresión tipo VCSE-44

Este conector como se aprecia en la figura 2.31, está compuesto en su interior de químicos que impide que se oxide o corroe el conductor y así tenga una larga vida.



Figura 2.32. Conector de compresión tipo VCSE-44  
Fuente: (HUBBELL, 2019)

### 2.11.17 Tubería PVC para uso eléctrico

Es utilizada en la canalización subterránea de 4" de diámetro y 6m de longitud, esta tubería es utilizada en instalaciones eléctricas de media tensión ya que están fabricados en cloruro de polivinilo, siendo auto extingible, lo cual significa que no se propagara el fuego por la tubería, la cual se logra apreciar en la figura 2.32.



Figura 2.33. Tubería PVC  
Fuente: (HUBBELL, 2019)

### 2.11.18 Fleje y hebilla metálico ¾”

Están elaboradas en acero inoxidable, sus medidas son de ancho ¾” con un espesor de 0.8mm y una longitud total de 30.5m, La función principal de este fleje con hebilla es sujetar la tubería PVC al poste para que no tienda a caerse. Estos flejes los cuales se observan en a figura 2.33, no deben tener filos cortantes o cualquier defecto para evitar el daño al operador, para manipular es necesario utilizar la maquina flejadora.

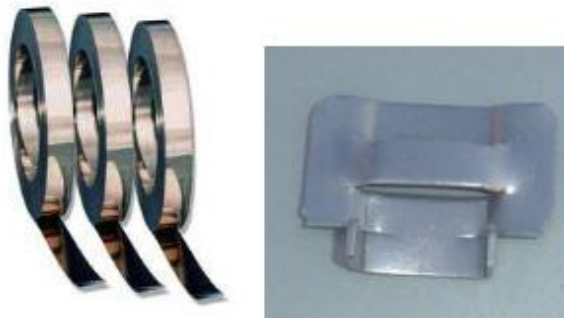


Figura 2.34. Fleje y hebilla metálica  
Fuente: (HUBBELL, 2019)

### 2.11.19 Conductor de cobre desnudo

Este cobre tiene un calibre de 2/0 AWG, debido a su alto grado de conductividad y blandes que son utilizados en el mallado que van en la tierra, el cual se aprecia en la figura 2.34.



Figura 2.35. Conductor de cobre desnudo  
Fuente: (Martinez Velasco, 2008)

### 2.11.20 Varilla copperweld y conector de bronce

La dimensión de esta varilla es de un diámetro de 5/8” y una longitud de 1.80m, presenta una punta cónica para agilizar su adhesión al suelo, esta varilla permite una adecuada descarga a tierra, está elaborada en un elemento bimetálico compuesto por un núcleo de acero y un revestimiento externo de cobre unida metalúrgicamente.

Esta varilla como se muestra en la figura 2.35, empieza su funcionamiento una vez enterrada, esta varilla es una alternativa para la soldadura exotérmica ya que está fabricado para proporcionar una mayor conductividad eléctrica, y es más rápida su instalación porque posee un tornillo de ajuste.



Figura 2.36. Varilla copperweld y conector  
Fuente: (Martinez Velasco, 2008)

### 2.11.21 Terminal encogible en frio para media tensión

Esta terminal es instalada en los cables de cobre apantallados, la marca de esta terminal es de 3M modelo 7692-s-4 y un calibre de 2- 4/0 AWG presenta las siguientes características técnicas impidiendo la acumulación de humedad, resistencia superior a descargas eléctricas, posee un mayor control de altas constantes dieléctricas, terminales cortos, y una mayor estabilidad ante los rayos ultravioletas, como ejemplo se observa la figura 2.36.



Figura 2.37. Terminal encogible  
Fuente: (Procables Company, 2015)



### 2.11.22 Empalmes de compresión para líneas aéreas

Estos tipos de empalmes para conductores ACSR se encuentran compuestos de aluminio y dos bujes los cuales sujetan el núcleo del conductor. Los empalmes se encuentran rellenos de compuestos inhibidores y tapones en las puntas de cada cañón con su borde protegido por plástico. Estos elementos como se muestra en la figura 2.37, por lo general cuentan con una identificación en la bolsa o caja donde son entregados al cliente, estos datos pueden ser:

- Material: Aleación de aluminio
- Bujes de sujeción: Aleación de aluminio
- Fabricados con aluminio de alta conductividad
- Centro solido que asegura inserción correcta del cable
- Conector relleno con compuesto inhibidor
- Marcado con numero de catálogos, tamaños de conductor y datos de referencia.

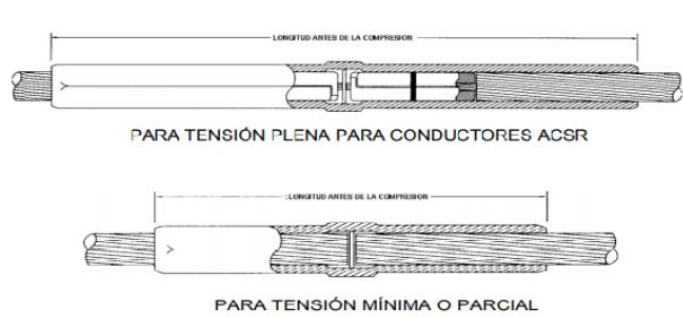


Figura 2.38. Empalmes de compresión para líneas aéreas  
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

### 2.12 Especificaciones técnicas de puesta a tierra

Para calcular la resistencia de pie de estructura se tiene en cuenta el nivel isoceraúnico medio de la zona debe de ser de 15 días de tormenta al año y de acuerdo a las recomendaciones de las normas del CNEL, se permite hasta 2 fallas de aislamiento por descargas atmosféricas por cien kilómetros de línea y por año. Por eso es importante realizar un adecuado estudio de suelos para proyectos como acometidas y subestaciones eléctricas.

### 2.12.1 Consideraciones del estudio de suelo

Es importante conocer cuáles son las características físicas y mecánicas del suelo en ellas se incluye, la humedad, la profundidad, el tipo de cimentación adecuado para la obra en donde se construya los asentamientos de la estructura en la relación al peso que va a soportar.

El estudio geotécnico se encargó de investigar todos los componentes del suelo consiste en recopilar información del determinado terreno, este estudio informa la medición de resistividades de terreno en el sitio donde el sistema de la red de tierra debe ser localizado, por es importante determina las condiciones naturales del terreno, lo cual se aprecia en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Resistividad del suelo, según tipo de terreno.

Resistividad del terreno	
Tipo de tierra	Resistividad del terreno $\Omega - m$
Terreno orgánico mojado	10
Terreno húmedo	$10^2$
Terreno seco	$10^3$
cama de piedra	$10^4$

Fuente: (Sanz, 2010)

### 2.12.2 Estudio Geotécnicos

El objetivo principal es conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo en donde se pretenda construir la subestación eléctrica, por eso es importante conocer el terreno en donde se realizarán los proyectos de obra civil, el objetivo es poder conocer el tipo de resistencia mecánica que ofrecerá el subsuelo a los cimientos de las estructuras desplantadas, garantizado su estabilidad para así tener una construcción confiable. En que consiste el estudio del suelo en realizar trabajos de campo y de laboratorios que permitan conocer y evaluar las características que presentan los estratos del componen el subsuelo, además de los estudios que presente el estudio geotécnico derivado del estudio, el laboratorio encargado del estudio es importante que se incluya la recopilación de información de terracerías y pavimentos, incluyendo:

- Clasificación del material que será utilizado en los terraplenes, y adicionalmente agregar las especificaciones técnicas que sean necesarias para la excelente compactación del material.
- Espesor del grado y capa adecuado de la compactación.
- Localización del banco de préstamo de terraplenes que sugirieron.
- Valor relativo de soporte que fue elegido para el diseño de pavimentos

En base a los resultados que fueron descritos por el informe geotécnico realizados en su encuesta exploratorias, identificamos cual sería el cimiento que sea más factible para las estructuras a utilizar para la elaboración de subestaciones eléctricas. Los datos más fundamentales en el estudio geotécnico son:

- Que tan profundo es el desplante, medido en metros
- Que tan grande es y cuál es el tipo de zapata, medido en metros
- Que tan grande es la capacidad de la carga del terreno, medido en ton/m<sup>2</sup>

### **2.12.3 Estudio Topográfico**

El objetivo principal de este estudio es identificar cuáles son los desniveles de terreno a trabajar, reconocer su geometría y localización, en esta incluye la información planimetría del terreno.

- Localización de coordenadas
- Superficie del terreno
- Cuadro de construcción
- Indicación de los puntos cardinales
- Localización

La localización que no alcanzo a ser medida debe adjuntarse a un levantamiento topográfico:

- Un banco del catastro
- Corriente pluvial natural
- Tipos de terreno

En el estudio del suelo también es importante destacar que las instalaciones al estar en puesta tierra son expuestas a factores externos y hay que considerar lo siguiente:

#### 2.12.4 Seguridad de personas y animales

Hay que identificar si las instalaciones están expuestas al acercamiento de animales ya que los valores de paso son peligrosos para el ser humano y animales, es importante el uso de letreros informativos para que el humano lo lea y el enceramiento para alejar a los animales.

#### 2.12.5 Protección de las instalaciones

Ya que siempre hay un desequilibrio de corriente es importante que la instalación conste de un pararrayos para que así puedan proteger los equipos de las sobretensiones.

#### 2.12.6 Protección de equipos sensibles

Todos los equipos son sometidos a los acoplamientos electromagnéticos propios de los circuitos de tierra.

#### 2.12.7 Conductores de conexión a tierra

Estos conductores de conexión a tierra deben ser de cobre y las varillas de puesta a tierra deben tener las medidas de  $\frac{3}{4}$ " x 10. El cable que va a la tierra debe ser elaborado en acero galvanizado el diámetro de este es de  $\frac{1}{4}$ ", y presenta 7 hilos. Este elemento como se aprecia en la figura 2.38, tiene un doble recubrimiento galvanizado, presente en la clase B, del High Strength tiene una carga de 0.300 kg/m y 3,630 de carga.

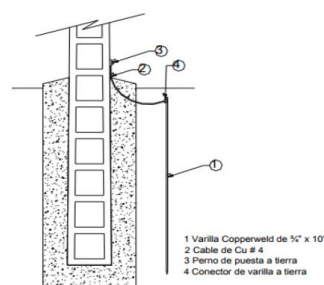


Figura 2.39. Poste con puesta a tierra  
Fuente: (CNEL , 2016)

### 2.13 Sistema de apantallamiento

Teniendo en cuenta las zonas de protección o ángulos se empieza a realizar un diseño de apantallamiento de las líneas de transmisión aéreas este diseño consiste en que hay que colocar correctamente los hilos de guarda para que ninguno de los

elementos de línea quede fuera del aérea protegida contra las descargas eléctricas, obligatoriamente todas deben estar dentro de esta zona ya que los eventos naturales son impredecibles, y estas harán que si llega haber un impacto cercano dentro de toda esta trayectoria cubrirá hasta el lugar más alejado. Las descargas eléctricas que caen sobre estas subestaciones lineales sufrirán una falla muy grande ya que estas descargas no amortiguan la línea de longitud. La finalidad de este apantallamiento es evitar esta descomposición instalando de uno a dos cables de guarda, que van a proteger las líneas ante algún evento suscitado.

La instalación requiere de:

- Hilo Guarda
- Puntas de franklin
- Instalación de todos estos métodos

Es importante el uso de hilo guarda ya que este aparte de ser útil para el apantallamiento, tiene múltiples funciones que van a ser descritas a continuación:

- Protege en el caso de un aumento de tensión que ocurra en el caso de que exista una descarga lo cual genera un incremento de la capacitancia en el terreno y los conductores, el uso de este hilo guarda va a ser que los niveles de tensión reduzcan.
- Dispersa la corriente ocasionada por una descarga en dos o hasta tres caminos evitando de tal manera la caída de tensión.
- Es muy bueno para la vía de comunicación y transportación de datos.

### **2.13.1 Apantallamiento de líneas aéreas**

Estas líneas están expuestas a la caída de rayos al igual que las líneas de distribución eléctrica, estas descargas atmosféricas son las con más frecuencia ocasionan un fallo del aislamiento, por lo tanto, en el caso de que se produzca este impacto eléctrico si el cebado del aislador supera este impacto, la corriente se va descargando a la tierra generando una falla eléctrica por debajo de la tierra.

## 2.14 Coordinación de aislamiento

La coordinación de aislamiento consiste en optar por la rigidez eléctrica de un equipo que tenga relación con las tensiones que suelen generarse por los sistemas que están operados por equipos, es indispensable tomar en cuenta las condiciones del servicio y la característica que presenten los equipos de protecciones expuesto a las sobretensiones.

Por eso es importante identificar varios factores como;

- La distancia que hay de fuga
- Niveles de contaminación existente
- Factores externos que entorpezcan el desgaste de los componentes de estos equipos de sistema.
- Zona en donde se vaya a llevar esta operación

Hoy en día hay múltiples medios técnicos con mayor tecnología y agiliza el empleo de una mejor determinación de las sobretensiones, que se presentan en las instalaciones, así como los tipos de sobretensiones que aparecen en las valoraciones estadísticas.

### 2.14.1 Principios de la coordinación de aislamiento

Son varias las características que debe cumplir los equipos de estos aislamientos hay la presencia de solicitudes dieléctricas a las cuales son puestas a pruebas para brindar así un mejor servicio en el comportamiento de los diferentes tipos de aislamientos, lo cual debe cumplir con varios factores:

- **Polaridad de sobretensión:** El aislamiento presente al aire, consiste en que, si el electrodo tiene un mayor esfuerzo positivo, la tensión que se haya descargado en el electrodo será menor, si el electrodo presenta un mayor esfuerzo que este cargado negativamente.
- **Forma de onda de sobretensión:** Los impulsos que estén presente en la rigidez del aislamiento externo va depender únicamente de del impulso presente en la cola.

- **Naturaleza de aislamiento:** El aislamiento externo es autoregenerable y el interno es no autoregenerable

## 2.15 Cuarto de transformadores

El cuarto de transformadores es una edificación destinada a almacenar, proteger a los transformadores. Las dimensiones de la edificación varían según las capacidades de los transformadores, estos cuartos deben ser construidos en una zona apartada del inmueble, donde no exista algún tipo de riesgo, la cual debe constar con iluminación, ventilación, señaléticas y equipos de protección. Por esta razón hay que tener cuidado con los cuartos de transformadores y debido a esto el acceso es únicamente para personal calificado.

## 2.16 Celdas de media tensión

La función principal de una celda de media tensión es la recibir, distribuir y proteger el sistema eléctrico de sobrecargas, la celda de media tensión está constituida por un conjunto de secciones verticales, en donde podemos encontrar interruptores, seccionadores, transformadores entre otros elementos montados en un cuerpo metálico. Son ideales para su uso en subestaciones de distribución, para controlar y proteger líneas de alimentación y transformadores de potencia. La celda de media tensión como se observa en la figura 2.39, es ideal para su uso en subestaciones de distribución, para controlar y proteger líneas de alimentación y transformadores de potencia.



Figura 2.40. Celda de media tensión  
Fuente: (Siosac, 2020)

## 2.17 Torres PTI (Pre-Trip Inspection)

No existen normas específicas para la construcción de una torre PTI, ya que estas torres generalmente se construyen con contenedores sin las paredes externas y

laterales, dejando solo las vigas del esqueleto que sirven como soporte, estos son apilados uno sobre uno, en los cuales se realiza la adaptación de una escalera la cual permite el acceso del personal a todos los contenedores apilados, estos pueden contar con barandas como medidas de seguridad y con sistemas eléctricos monofásicos para alimentar la iluminación y tomacorrientes para equipos 120V o 220V, un ejemplo de esta torre se puede apreciar en la figura 2.40.



Figura 2.41. Torre PTI  
Fuente: (Opacif, 2020)

## 2.18 Racks de tomacorrientes 480V

En la torre PTI se realiza la instalación de los racks de tomacorrientes de 460v, la cantidad de tomacorrientes depende directamente de la capacidad máxima de carga en la que fue diseñada la torre, no existe una norma ni un método específico para la fabricación de estos racks, pero por lo general estos son fabricados con un cuerpo metálico, cuentan con un gabinete donde se encuentran las barras de distribución, las cuales son encargadas en distribuir la corriente eléctrica a los tomacorrientes. En cada toma deberá tener instalado un interruptor magneto térmico o más conocido como breaker como medida de protección para las cargas

Los tomacorrientes que se usan en estas torres son conocidos como tomacorrientes de interbloqueo para contenedores reefer, estos tomacorrientes están diseñados para asegurar que la alimentación al tomacorriente se encuentre desactivada durante la conexión y desconexión de la clavija, evitando de esta manera conectar y desconectar bajo carga.





Figura 2.42. Racks de tomacorrientes trifásicos  
Fuente: (AMAXX, 2017)

## CAPÍTULO 3

### UBICACIÓN Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

#### 3.1 Empresa REPCONTVER S.A.

El presente proyecto será diseñado para la empresa de servicio extraportuarios Recontver S.A. ubicada en Guayaquil, Km 23.5 vía perimetral, cuyas dimensiones son de 7000 m<sup>2</sup>, la empresa se encuentra clasificada por diferentes áreas:

- Administrativa: Área encargada de la administración, contabilidad y gerencia de la empresa.
- Operaciones: Área encargada de las operaciones logísticas, recepción y despacho de los contenedores.
- Lavado: Área encargada de inspeccionar y limpiar los contenedores despachados antes de que este salga de la empresa.
- Mecánica: Área encargada de las reparaciones, mantenimientos e inspección de las maquinarias pesadas como los portacontenedores y montacargas.
- Bodega: Se encarga del inventario, stock, almacenamiento de repuestos, insumos, y materiales necesarios en la operación.
- Reefer: Esta área se encarga de las reparaciones técnicas de los equipos de refrigeración de los contenedores reefer, también se encuentran las torres PTI donde se realiza el chequeo del funcionamiento del sistema de refrigeración de los contenedores refrigerados.
- Taller: Esta área se encarga de las reparaciones físicas de los contenedores en general según normas internacionales.
- Patio: En esta área es donde se reciben, despachan y almacenan los contenedores clasificándolos por tipo de carga

#### 3.2 Área del terreno para la torre PTI y cuarto de transformadores

La torre PTI será diseñado sobre un área de 60m<sup>2</sup> para la torre PTI y 16 m<sup>2</sup> para el cuarto de transformadores según la norma de construcción NATSIM-2012, el área deberá tener acceso desde el exterior y deberá permitir el ingreso de la línea de 13,2 kV de la empresa distribuidora, lo cual se observa en la figura 3.1.



Figura 3.2. Área para nueva torre PTI y cuarto de transformadores  
Fuente: Google Earth

La longitud de la acometida será de aproximadamente 1000 m, y para que la ruta de la acometida sea viable minimizando impactos al medio ambiente en la construcción, operación, mantenimientos o cambios a futuro, se considerarán los siguientes aspectos:

- El diseño de la ruta de la acometida será lo más cercano posible a las vías, lo que ayudará en el acceso al sitio donde se instalaran los postes.
- Evitar que las líneas de media tensión pasen sobre viviendas.
- Con el fin de minimizar el impacto ambiental se evitará que la línea pase sobre áreas con árboles nativos o plantados, aplicando el derecho de servidumbre para la construcción y mantenimiento de la acometida.
- Los postes serán instalados en sitios de geología estable, evitando cruzar por zonas de posibles deslizamientos.

### 3.3 Ruta de la línea de media tensión

La línea de media tensión estará ubicada en la vereda sentido sur del km 23.5 av. Perimetral y seguirá a la derecha en 12do callejón 24 NO, cubriendo en su recorrido una longitud de 1000 m, la cual estará protegida por medio de una celda de media tensión, esta ruta se puede apreciar en la figura 3.2.



Figura 3.2. Ruta de acometida 13.8kV  
Fuente: Google Earth

### 3.4 Altura

No existen consideraciones especiales respecto a diferentes alturas en el recorrido de la línea. Estando ubicado en la zona urbana del cantón de Guayaquil, la línea se construirá a 4 metros de altura sobre el nivel del mar, en todo su recorrido.

### 3.5 Nivel de contaminación

Tomando como base las prácticas de administración de electrificación rural (REA) de Estado Unidos de América, la ruta de la línea se puede considerar como de contaminación moderada, entendiéndose como tales áreas con alta densidad de población, emisión de polvo y cercanas a un estero de agua salada pero lejos del mar.

### 3.6 Punto de interconexión

El punto de interconexión el cual se aprecia en la figura 3.3, estará ubicado en el poste diagonal al hospital universitario de línea de media tensión 13.2 kV, Av. Perimetral, se realizará la solicitud a la EEE para iniciar con la acometida para la empresa Repontver cumpliendo respectivamente con las normas de la ARCONEL.

### 3.7 Diseño de torre PTI

El diseño de la torre PTI será realizada con contenedores High Cube de 40 pies sin las paredes tanto como las laterales como las anteriores y posteriores, se tomará como base dos contenedores secos para la planta baja, dos contenedores para la 2da planta y dos contenedores para la 3era planta, tendrán 3 de alto es decir tendrá

dimensiones de aproximadamente 8,10 m de altura, 25m de longitud y 2.5m de ancho, se implementará barandas para la seguridad del personal y escaleras fijas que permitan el acceso a todos los niveles, además contarán con iluminación y tomacorrientes 120v-240V AC para que puedan conectar equipos y herramientas.

La torre estará ubicada en el área de Reefer, aproximadamente a unos 300m de la entrada principal, a lado del cerramiento por el callejón 12do 24 NO.

### 3.8 Ubicación del cuarto de transformadores

El cuarto de transformadores estará ubicado a 10 metros de la torre PTI, tendrá dimensiones de 16 m<sup>2</sup> y 2 m de alto según las normas de construcción NATSIM-2012, tendrá ventilación, puntos de tomacorrientes 120-240V, iluminación, los cuales serán necesarios en los mantenimientos.

### 3.9 Selección de voltaje

Según la estandarización de ARCONEL y tratándose de la interconexión entre dos líneas existentes, se establecen los siguientes parámetros de diseño para el voltaje:

- Voltaje nominal línea a línea 13.8 kV.
- Voltaje máximo línea a línea 14.7 kV.



Figura 3.3. Poste donde se realizará el punto de interconexión.  
Fuente: Google Earth

### 3.10 Conductor para línea aérea

El conductor seleccionado para el diseño de esta línea en su recorrido aéreo es 336.4 MCM, aluminio reforzado con acero ACSR, 18/1, código Merlín. Tomando

como referencia el catálogo de General Cable Company, las características físicas del conductor MERLIN son las siguientes:

- 18 hilos de aluminio, 3.47 mm de diámetro.
- 1 hilo de acero, 3.47mm de diámetro
- Sección total del conductor: 179.58mm<sup>2</sup>
- Sección total de aluminio: 170.50mm<sup>2</sup>
- Diámetro exterior: 17.35mm
- Peso nominal por cada 1000m: 462.12kg de aluminio, 74.42kg de acero y 533.55kg en total.
- Tensión de ruptura: 3946.1kg.
- Resistencia óhmica por cada 1000m: 0.1680 OHMS a 20°DC
- Capacidad nominal: 435 Amperios. (Procables Company, 2015)

### 3.11 Impedancias

Las impedancias de la línea bajo diseño se han calculado sobre la base de lo indicado en “Transmission and Distribution Electrical Reference Book” de Westinghouse y tomando en cuenta una longitud aproximada de 1000m. Como se trata de una línea área con conductor desnudo y de una longitud considerablemente menos a 80km, el efecto de la capacitancia se considera despreciable.

### 3.12 Aisladores

Por requerimiento de CNEL EP, los aisladores a utilizarse en esta línea a 13.8kv serán de cerámica tanto para los de suspensión o retención (disco o cadena), los aisladores tipo espiga (pin), aisladores rollo (de garrucha) para el neutro y los aisladores de retenida para tensores.

### 3.13 Características del conductor

Las características del conductor necesario se obtienen por medio de fórmulas establecidas, como se aprecia en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Características del conductor

<b>Longitud a construir</b>	
Longitud de la línea 13,8kV (metros)	<b>1000</b>
Factor de conversión a millas	<b>0.0006214</b>
Longitud de la línea 13,8kV (millas)	<b>0.6214</b>

<b>Configuración de la línea</b>	
Espaciamiento entre conductores (metros)	<b>0.65</b>
Factor de conversión a pies	<b>3.28084</b>
Espaciamiento entre conductores (pies)	<b>2.1325</b>
<b>Características típicas del conductor</b>	
Calibre KCMIL	<b>336.4</b>
Código de fabricación	<b>MERLIN</b>
Número de alambres (aluminio – acero)	<b>18-1</b>
Ra Resistencia (ohmios/milla)	<b>0.306</b>
Xa reactancia inductiva a 1 pie de espaciamento (ohmios/milla)	<b>0.451</b>
Xd reactancia inductiva factor de espaciamento (ohmios/milla)	<b>0.0919</b>
Capacidad operativa del conductor a emplearse %	<b>75</b>
<b>Factores</b>	
Resistividad del suelo (ohmios – metro) asumido	<b>100</b>
Re factor de resistencia de secuencia cero	<b>0.286</b>
Xe factor de reactancia inductiva de secuencia cero	<b>2.888</b>
<b>Impedancias</b>	
Z1 impedancia de secuencia positiva $R_a + j(X_a + X_d)$ (ohms)	<b>0.190+j0.175</b>
Z2 impedancia de secuencia negativa=Z1 (ohms)	<b>0.190+j0.175</b>
Z0 impedancia de secuencia positiva $(R_a+R_e) + j(X_a+X_e-2X_d)$	<b>0.368+j1.1059</b>

Fuente: (Westinghouse Electric Engineers, 2016)

### 3.14 Cruces

Las disposiciones del código Nacional Eléctrico de Seguridad (NESC) de Estados Unidos establece en el Artículo 233 la forma de calcular la separación vertical mínima de este tipo de cruce, la que no debe ser menor a 1,07 metros entre una línea de 13.8kV y otra de 69kV, según el cálculo mostrado en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Método 1 para calcular el distanciamiento vertical

<b>Distanciamiento Vertical</b>	
	Distancia (metros)
Tabla 233.1 (hasta 22kV)	0.6
Adicional 69kV (10mm/kV)	0.47
<b>TOTAL</b>	1.07

Fuente: (NESC, 2012)

Por otro lado, el NESC establece un método para calcular la distancia mínima al suelo en caminos, calles y otras áreas sujetas a tráfico de camiones. Según el cálculo mostrado en la tabla 3.3, el cruce de la vía debe ser mayor o igual a 5.60 metros:

Tabla 3.3. Método 2 para calcular el distanciamiento vertical

<b>Distanciamiento Vertical (NESC 2007)</b>	
	Distancia (metros)
Tabla 232.1 (Hasta 22 kV)	5.6

Fuente: (NESC, 2007)

### 3.15 Postes y estructuras

Los postes se clasifican según la función de las estructuras que desempeñan, estos pueden ser: Suspensión, Retención y Angular. Los postes de hormigón armado tendrán una geometría exterior tronco-cónica de sección circular hueca en toda su longitud, lo que permitirá el paso de alambres por su interior. El terminado del poste será liso, no deben encontrarse fisuras o desprendimiento de hormigón, presentarán una conicidad constante desde la cima hasta la base con una relación R20 rnm/rn

Las cantidades, altura y carga nominal de los postes se encuentran indicadas en los planos de planta, así como en el presupuesto referencial. Los postes de hormigón a usar tienen una longitud de 10m y 12m.

Entre los certificados que deben poseer los postes tenemos: características granulométricas de agregado fino y de agregado grueso, con sus respectivas curvas; análisis de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón realizado, conforme a la Norma ASTM-39; certificado actualizado de calibración del dinamómetro a utilizar



en las pruebas de flexión, emitido por Instituto de Educación Superior que emitan el certificado con el aval del INEN

### **3.16 Vanos**

De acuerdo con el levantamiento realizado y a la ubicación de estructuras acordadas, resultan vanos para las rutas de la línea con un promedio de 45 metros por vano.

Este vano promedio está en correspondencia con la práctica utilizada por CNEL EP de ubicar los postes cada 30 a 60 metros. En todo caso se prevé el empleo de tensores para absorber las cargas resultantes.

### **3.17 Claros**

La base de diseño para la conservación de distancias mínimas o claros son las normas para Distribución (Estructuras Tipo) de la EX-INECEL, en donde se detallan los diferentes libramientos que se consideran en un diseño. La información contenida está basada en los requerimientos del Código de Seguridad Nacional Eléctrico (NESC).

### **3.18 Libramientos al suelo**

La distancia mínima vertical al suelo recomendada para líneas con tensión nominal entre fases desde 0,750 hasta 22 kV es 5,6 metros. En el caso de esta línea, con postes de 12 metros hincados a una profundidad de 1.70m, con una estructura tipo retenida y asumiendo, en el peor de los casos, una flecha de 1,50 metros, se obtiene un claro mínimo sobre el suelo de 8,3 metros en la mitad del vano.

#### **3.18.1 Otros libramientos**

Para el caso de techos de edificios o balcones accesibles a personas, el distanciamiento vertical mínimo del conductor más bajo de la línea deberá ser 5,5 metros. Específicamente, en los diseños no existen condiciones de este tipo que se deban tener en cuenta.

### **3.19 Distancia entre conductores**

La distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próxima de la estructura de la superior no será menor:

#### **3.19.1 Distancia de los conductores a la estructura.**

Bajo condiciones sin viento, la distancia mínima requerida desde el conductor hasta la estructura o templador debe ser 0,94 metros.

### **3.20 Nivel de aislamiento**

Según la información suministrada por la CNEL EP, su estándar en el sistema 13,8 kV tiene un nivel básico de aislamiento de 110 kV BIL, parámetro que será considerado como fundamental para el diseño.

### **3.21 Distancia de fuga**

Para el tipo de contaminación que se ha considerado para la ruta de la línea, se sugiere una distancia de fuga de 40 mm / kV línea a tierra, lo que resulta en 0,305 metros. Cabe indicar que los aisladores a usar cumplen con este requerimiento porque son aquellos que están siendo utilizados por la CNEL EP para la construcción de sus redes de distribución.

### **3.22 Aisladores para acometida**

Los parámetros establecidos aquí cumplen con las normas ANSI de fabricación y aislamiento, pudiendo utilizarse estos, similares o mejores, sujeto siempre a la aprobación por la ARCONEL.

#### **3.22.1 Aislador tipo rollo**

Características Técnicas:

- CLASE ANSI (C29.3 - 1986) 53-2
- **Valores Mecánicos:** Resistencia transversal: 13.3 kN
- **Valores Eléctricos:** Flameo de baja frecuencia en seco: 25kV; Flameo de baja frecuencia en húmedo, vertical: 12kV; Flameo de baja frecuencia en húmedo, horizontal: 15kV.
- **Nota:** Esmalte café, ANSI 70

### 3.22.2 Aislador tipo pin

Características Técnicas:

- CLASE ANSI (C29.5 - 1984) 55-5
- **Distancia de arco:** 159mm
- **Distancia de fuga:** 305mm
- **Altura mínima del espigo:** 152 mm.
- **Valores Mecánicos:** Resistencia al cantilever 13 KN
- **Valores Eléctricos:** Tensión típica de aplicación 13.8 kV, flameo de baja frecuencia en seco: 80kV, flameo de baja frecuencia en húmedo: 45kV, flameo crítico al impulso positivo: 130 kV, flameo crítico al impulso negativo: 150kV; tensión de perforación a baja frecuencia: 115kV.
- **Voltaje de prueba RMS a tierra:** 15kV
- **R/V máximo a 1000 KHz:** 100  $\mu$ V
- Rosca tipo estándar 025mm. según ANSI C29.5-1984
- **Nota:** Esmalte café, ANSI 70

### 3.22.3 Aislador de suspensión

Características Técnicas:

- CLASE ANSI (C29.2 - 1992) 52-1
- **Distancias Críticas:** Distancia de arco: 100mm; distancia de fuga: 178mm.
- **Valores Mecánicos:** Resistencia electromecánica: 44KN; resistencia al impacto: 5Nm; prueba de carga de rutina: 22 KN; prueba de carga sostenida: 27KN.
- **Valores Eléctricos:** Flameo de baja frecuencia en seco: 60kV; flameo de baja frecuencia en húmedo: 30kV; flameo crítico al impulso positivo: 100kV; flameo crítico al impulso negativo: 100kV; tensión de perforación a baja frecuencia: 80kV.
- **Radio de Influencia:** Voltaje de prueba RMS a tierra: 7.5 kV; R/V máximo a 1000 KHz: 50 $\mu$ V
- Nota 1: Esmalte café ANSI 70
- Nota 2: Los aisladores pueden solicitarse con doble capa de galvanizado en campana y perno para zonas contaminadas.

### 3.22.4 Aislador de retenida

Características Técnicas:

- CLASE ANSI (C29.2" 1992)
- **Distancias Críticas:** Distancia de fuga: 47,63mm.
- **Valores Mecánicos:** Resistencia electromecánica: 53kN;
- **Valores Eléctricos:** Flameo de baja frecuencia en seco: 30kV; flameo de baja frecuencia en húmedo: 15kV.
- **Nota 1:** Esmalte café ANSI 70

### 3.22.5 Accesorios

Los accesorios de montaje como varillas de armar y conectores de compresión, así como el equipo necesario deberán ser de marcas y calidades garantizadas.

### 3.23 Cálculo de flechas y tensiones

Los cálculos de flechas y tensiones han sido realizados para las siguientes condiciones de carga en el conductor, aplicables comúnmente en la zona de la costa:

- Temperatura Mínima: 5° C, sin viento, 25% inicial de tensión de rotura y 33.33% final de tensión de rotura.
- Carga Máxima: 18° C, viento 90 kph, 40% inicial de tensión de rotura y 33.33% final de tensión de rotura.
- Promedio de todos los días: 25° e, sin viento, 25% inicial de tensión de rotura y 20% final de tensión de rotura.
- Temperatura Máxima: 60° C, sin viento, 40% inicial de tensión de rotura y 33.33% final de tensión de rotura. (CNEL. EP , 2017)

### 3.24 Sistema de apantallamiento

Al calcular la resistencia de las estructuras debemos tener en cuenta los niveles de isoceraúnico medido en la zona durante 15 días de tormenta al año y siguiendo las pautas de las normas de ARCONEL, es permitido hasta 2 fallas de aislamiento por descargas eléctricas de cien kilómetros de línea y por año.

El nivel isoceráunico de la zona donde se piensa construir la línea es de 30/km<sup>2</sup>, utilizando la fórmula encontramos que por lo que el número de descargas eléctricas por año hacia tierra es:

$$N^{\circ} = C * NI$$

Donde:

$N^{\circ}$  ∴ Densidad de descargas a tierra

$C$  ∴ Constante para región determinada ( $0.1 < C < 0.2$ ). Para nuestro caso

Será de 0.15

$NI$  ∴ Descargas por km<sup>2</sup> por año

$$N^{\circ} = 0.15 (30) = 4.5 \text{ Descargas/km}^2/\text{año}$$

En base a estas consideraciones se ha dispuesto un cable de guarda de acero de 5/16" tipo OPGW de 24 fibras a lo largo de toda la línea, dicho cable es el especificado por CNEC para este tipo de instalaciones. Se considerará un ángulo fijo de protección dado por este hilo de guarda, ante descargas atmosféricas. De acuerdo al estándar IEEE Standard 998:1996 este sería de 30°. (Romero Escobar, 2014)

### 3.25 Puesta a tierra

La norma establece que la resistencia a tierra en la base del poste debe ser como mínimo 20 ohmios. Dependiendo de la resistividad encontrada en el suelo se tienen que efectuar una serie de trabajos para alcanzarla, lo cual se relaciona con la utilización de varillas de puesta a tierra. Al utilizarse 1 varilla de toma de tierra, se calcula la resistencia de puesta a tierra de la siguiente forma:

$$R = \frac{rLn^2\left(\frac{l}{a-1}\right)}{r\pi l}$$

Donde,

$r$  ∴ Resistividad del terreno ( $\Omega$ -m) [2.33  $\Omega$ -m]

$l$  ∴ Longitud de la varilla (m) [2.44m]

$a$  ∴ Radio de la varilla (m) [0.007937]

$$R = \frac{2.33 \ln\left(\frac{2.44}{0.007937-1}\right)^2}{2 * \pi * 2.44} = 0.27 \Omega$$

La puesta a tierra del sistema de potencia estará formada por una malla compuesta por 12 varillas Copperweld 5/8" (1.5 mt) y conductor de cobre cableado desnudo calibre # 2/0 AWG, enterrado 60 cm, en forma de rectángulo reticulado, unidos con soldadura exotérmica, según indican los planos

La máxima resistividad del terreno no debe superar los 70 ( $\Omega$ -m). Si no se logra alcanzar los valores deseados con este método se debe emplear contrapesos o tratamiento químico del terreno. La medición de la toma de tierra se debe hacer desconectando la conexión del cable de guardia, ya que este tiene por objeto apantallar la línea contra descargas atmosféricas. (Checa, 1998)

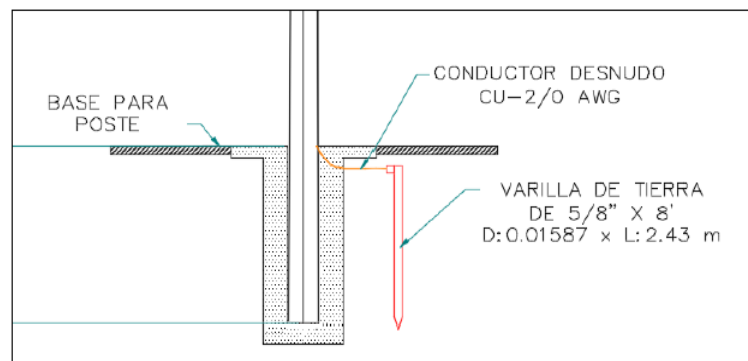


Figura 3.4 Sistema de puesta a tierra a utilizarse

Fuente: (Arévalo, 2017)

### 3.26 Protecciones

Entre los elementos de protección a utilizarse se tienen:

#### 3.26.1 Pararrayos

Pararrayo 10 kV; tipo AZS: de válvula; tensión línea - tierra: 10 kV.

#### 3.26.2 Caja porta fusible

Seccionador fusible (cut-out) 100A 15 kV; Tipo abierto; tensión nominal: 15 kV; nivel de aislamiento: 110 kV BIL (Basic Impulse Insulation Level); corriente nominal: 100 A; capacidad de interrupción mínima: 10.000 A RMS Asym. FUSIBLE: tirafusible de la capacidad requerida; tipo: K; voltaje: 15kV.

### 3.26.3 Cuchillas

Serán monofásicas de aleación de cobre para operar con pértiga, 13800 V - 600A, sus características eléctricas principales son:

- Voltaje máximo de diseño: 17kV
- Voltaje Nominal: 15kV
- Corriente nominal continua: 600 Amp,
- Corriente admisible de corta duración: 40 kV
- BIL 110 kV
- Montaje horizontal
- Apertura horizontal
- Aisladores tipo poste de 110 kV, 3" TR-205
- Terminales y conectores de bronce para cable No. 4/0 - 500 MCM (CNEL. EP , 2017)

### 3.27 Cálculos para seleccionar el transformador

Para obtener los valores necesarios para elegir la capacidad del transformador necesario para el presente proyecto, debemos realizar un levantamiento de cargas, la cuales estarán conectadas al transformador.

#### 3.27.1 Levantamiento de cargas

Según los datos técnicos de los fabricantes de los sistemas de climatización de los contenedores reefer podemos obtener lo siguiente:

- Alimentación: 380/460 volts, trifásica industrial.
- 50/60 Hz.
- Potencia: 7.5 HP.
- BTU 40000/h
- Consumo: 7 kW hora
- Puesta en marcha: 15kW

Con estos datos del fabricante de sistemas de climatización “Carrier” se procede a realizar el siguiente levantamiento de cargas total.

- **Potencia de compresor:**  $7.5 \text{ HP} = \frac{7.5}{1.341} \sim 5.60 \text{ kW}$
- **Potencia Nominal:** 7kW

- **Corriente Nominal:**  $I_n = \frac{7kW}{460V} = 15.21 \text{ Amp}$
- **Potencia de arranque:** 15kW
- **Corriente de arranque:**  $I_{MAX} = \frac{15kW}{460V} \sim 33 \text{ Amp}$
- **Potencia Activa de 50 contenedores:**  $15kW * 50 = 750kW$
- **Factor potencia:** 0.93
- **Potencia Aparente de 50 contenedores:**  $kVA = \frac{750kW}{0.93} = 806.45kVA$
- **Margen de seguridad:** 20%  
 $806.45kVA * 0.20 = 161.29kVA + 806.45kVA = 967.74kVA$
- **Margen de flexibilidad:** 20%  
 $967.74kVA * 0.25 = 241.93kVA + 967.74kVA = \mathbf{1209,67kVA}$

### 3.27.2 Selección de transformador

Con los datos obtenidos anteriormente procedemos a elegir el transformador que cumpla con la capacidad deseada. Para el diseño de este proyecto se ha seleccionado un transformador de aceite trifásico con capacidad para 1250kVA (13.8kV/0.46kV) marca WEG, se parecía en la figura 3.4.



Figura 3.5. Transformador de aceite convencional 1250kVA marca WEG  
 Fuente: (WEG, 2020)

Las características técnicas de este transformador son otorgadas por el fabricante y se pueden apreciar en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Características técnicas de transformador WEG

Características técnicas	
Potencia	1250 kVA
Tensión nominal AT	13.8 kV
Tensión nominal BT	0.44 kV



Forma constructiva	Tanque corrugado
NBI (AT)	95.0 kV
Norma	NBR 5356
Frecuencia	60.0 Hz
GRUPO CONEXION	Dyn1
Factor Potencia	0.93
Fase	Trifásico
Instalación	A la intemperie
Atmosfera	No agresiva
Temperatura ambiente máxima	40.0 °C
Factor K	K1
Tipo conmutación	CST
Taps	-4x0.6 kV
Clase temperatura material aislante	E (120 °C)
Refrigeración	ONAN
Material de los conductores	AT/BT Al/Al
Elevación temperatura de los devanados	65.0 °C
Elevación de temperatura devanados punto más caliente	80.0 °C
Impedancia	6.0 %
Corriente de excitación	1.2 %
Nivel de ruido	60.0 dB
Descargas parciales	300.0 pC

Fuente: (WEG, 2020)

### 3.28 Cuarto de transformador

El cuarto de transformadores es el lugar donde quedará resguardado el transformador, protegiéndolo y evitando que personal no autorizado tenga acceso a este. Para el diseño de este cuarto de transformador se tomará las normas de construcción NATSIM-2012, cuyas indicaciones para cuarto de transformadores con capacidades mayores a 1000kVA son:

- Área mínima será: 4m de ancho x 4m de fondo x 2.5m de alto
- Estará ubicado en la planta baja del inmueble
- Solo se podrá alojar el transformador de distribución, su equipo de protección y conductores de salida.
- Contará con tomacorrientes de 120-240v y puntos de iluminación.

- Se deberá construir sobre el piso una base de hormigón mínimo de 10cm de espesor.
- El cuarto deberá tener ventilación adecuada para mantener en su interior una temperatura que no exceda de 40°C
- Puerta de ingreso: 2m de alto por 1m de ancho, con abatimiento hacia el exterior, construida en plancha metálica.

### 3.29 Conexión del transformador a líneas de media tensión

El transformador se conectará a la línea de media tensión por medio de 3 conductores aislados de cobre 15kV, #500 MCM XLPE shield PVC Jacket con las siguientes características:

- Calibre del conductor: 500 AWG / Kcmil
- Diámetro del conductor: 19.3 mm
- Espesor del aislamiento: 5.46mm
- Diámetro aislado: 32.0mm
- Espesor de cubierta: 2.03mm
- Diámetro total: 3.439 kg/ Icm
- Capacidad al aire libre a temperatura ambiente de 40°C: 685Amp

Los conductores y el transformador estarán protegidos por medio de tres fusibles de 100A ubicado en la caja porta fusible, cuyo valor lo obtenemos de esta manera.

- $S = 1250\text{kVA}$
- $P_a = 1250\text{kVA} \times 0.93 = 1162.5\text{kW}$
- $I = \frac{1162.5\text{kW}}{13.8\text{kV}} = 84.23\text{Amp}$

Por lo tanto, se tomará un fusible de 100Amp para cada conductor, los cuales contarán con el kit de instalación que incluyen aisladores, grapas, etc.

### 3.30 Conexión de racks de tomacorrientes 460V

La torre PTI estará ubicada a una distancia aproximada de 10m, la cual contará con cuatro racks de tomacorrientes, dos en la planta baja, ubicados a una distancia de 25 m del cuarto de transformadores, y dos en la planta superior ubicados a una distancia aproximada de 28 m del cuarto de transformadores. Cada rack contará con 15 tomacorrientes, lo cual da un total de 60 tomacorrientes, pero la torre tendrá una

capacidad máxima de 50 contenedores por lo tanto solo podrán operar 50 tomacorrientes de manera simultánea, por normas de seguridad el resto de los tomacorrientes serán de emergencia en caso de avería de algún tomacorriente.

Los tomacorrientes que usara el diseño de esta torre serán de interbloqueo, los cuales no permiten la conexión ni desconexión de la clavija mientras se encuentre energizado, cada tomacorriente contará con la protección de un interruptor magneto térmico de tres polos de 40Amp, ya que el pico máximo de corriente de arranque de cada compresor del sistema de climatización de los contenedores puede llegar hasta 33amp de consumo.

Los racks de tomacorrientes contarán con un compartimiento donde estarán ubicadas las barras de distribución la cual distribuirá la corriente a los tomacorrientes, las dimensiones de los racks serán las siguientes:

- 1m de ancho
- 1.5m de alto
- 0.5m de fondo

Cada rack es alimentado por cinco conductores, tres para las fases, uno para el neutro y uno para la tierra, los conductores tendrán las siguientes características

- 3 conductores 1000 MCM aislado, 545Amp, Cobre para fases
- 2 conductores 2/0 AWG, 150Amp, Cobre, para neutro y tierra

Los conductores se instalarán por medio de tuberías metálicas THW de 4" de diámetro, y estarán protegidos por un interruptor magneto térmico de 3 polos de capacidad para 500Amp para cada rack.

### **3.31 Celda de media tensión**

La celda de media tensión estará ubicada en un cuarto independiente con dimensiones de 2,5 m de ancho, 2,5 m de fondo y 2,5 metros de alto, contará con iluminación y tomacorrientes de 120v necesarios al momento de realizar mantenimientos o reparaciones.

La celda de media tensión contará con 3 fusibles, uno para cada línea de 100 Amp, y estará aterrizada a tierra por medio de una barra Cooperweld.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DE PROYECTO**

#### **4.1 Planos del proyecto**

El objetivo del presente capítulo es de exponer el diseño de las estructuras y elementos necesarios para la realización de este proyecto.

Los siguientes planos expondrán la ruta de la línea de 13.8kV, la ubicación de los vanos, el cuarto de transformador y la torre PTI para la empresa REPCONTVER S.A ubicada al norte de la ciudad de Guayaquil, cuyos vanos tienen una distancia aproximada de 40m por vano.

Además, se mostrará la ubicación georreferenciada del proyecto, las vistas de estructuras de los elementos que sostienen la línea de media tensión, la disposición de tableros, estructuras metálicas y el diagrama unifilar, todos estos planos son parte del aporte al presente trabajo de titulación del diseño de una torre PTI con capacidad para 50 contenedores para la empresa REPCONTVER S.A, ubicada al norte de la ciudad de Guayaquil

Los planos se encuentran sistematizados de la siguiente manera:

- Plano de acometida de 13,8kV para la empresa REPCONTVER S.A.
- Plano de implantación general
- Plano del diseño del cuarto de transformadores
- Plano del diseño de la torre PTI
- Diseño de racks de tomacorrientes de 480V
- Plano de diagrama unifilar

#### **4.2 Descripción del plano de acometida eléctrica**

En la figura 4.1 se puede apreciar el plano de la acometida eléctrica de la empresa REPCONTVER S.A, el cual indica la distancia y el recorrido que realiza la línea de media tensión, desde el punto de interconexión ubicado en la vereda sentido sur del km 23.5 av. Perimetral, siguiendo por la calle, doblando hacia la derecha por la en 12do callejón 24 NO a una distancia de 1000 metros hasta llegar a la altura donde estará ubicado el cuarto del transformador.

Esta acometida se encontrara protegida con una celda de media tensión la cual estará en un cuarto ubicado dentro de la empresa, a un costado de la avenida perimetral, en el plano también se puede apreciar los vanos y las distancias que existen entre sí, el diseño de la acometida se realizó con el programa de AutoCAD, tomando como referencias planos impresos proporcionados por la empresa, el conductor seleccionado para el diseño de esta línea en su recorrido aéreo es 336.4 MCM, aluminio reforzado con acero ACSR 18/1, el cual se encontrará instalado en postes de hormigón de 11 metros de altura por medio de aisladores y herrajes. Se puede observar a continuación la figura 4.1.

### **4.3 Descripción del plano de implantación general**

En la figura 4.2 se puede apreciar la implantación general del patio de contenedores REPCONTVER la cual muestra las áreas más importantes con su respectiva descripción, entre estas áreas tenemos las oficinas de operaciones, la zona reefer, área de mecánica y área de reparaciones, la empresa tiene un área total de 8000m<sup>2</sup>, la cual se encuentra localizada en la av. Perimetral km xx, diagonal al hospital universitario. El área del proyecto se encontrará ubicado dentro de la zona reefer, estos comprenden la torre PTI, tableros eléctricos, cuarto del transformador, etc.

En el plano también se puede apreciar el relieve del suelo donde está ubicada la empresa y se puede observar que esta se encuentra junto a un cerro. Lo cual se logra apreciar en la figura 4.2.

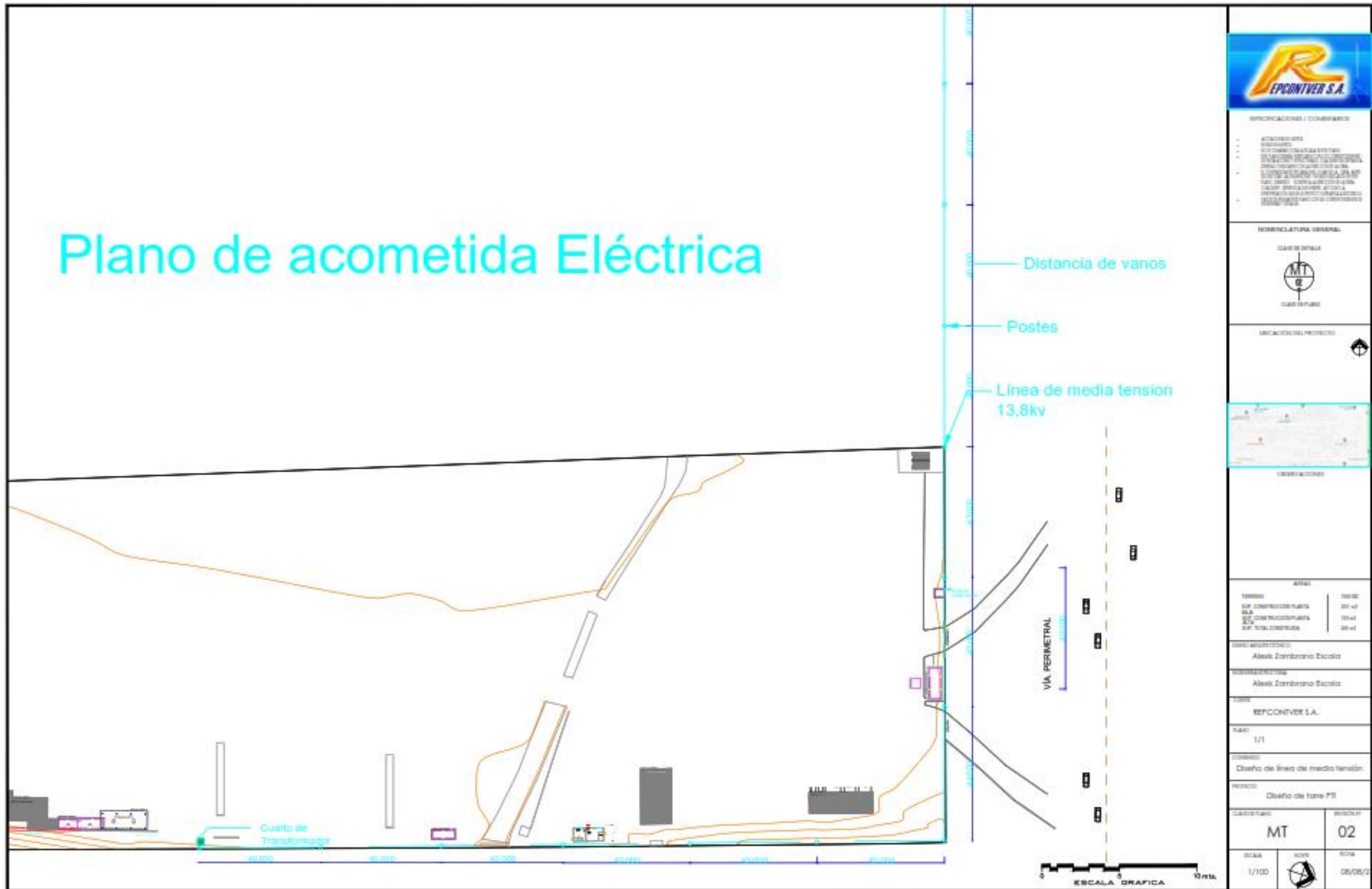


Figura 4.1. Plano de acometida eléctrica de 13.8 kV  
Fuente: Autor

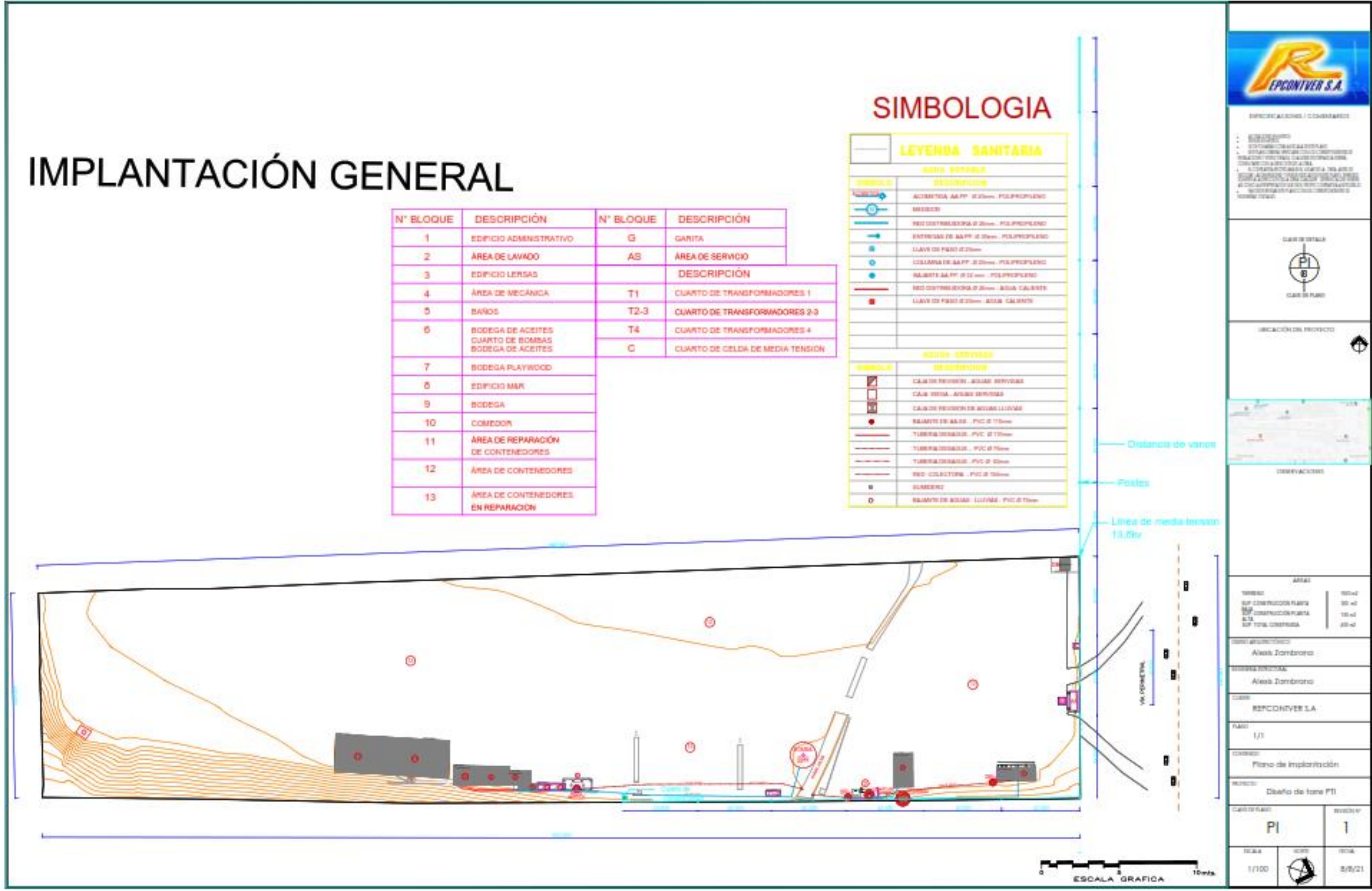


Figura 4.2 Plano de implantación de la empresa REPCONTVER S.A  
Fuente: Autor

#### **4.4 Descripción del plano de cuarto de transformadores**

En la figura 4.3, se puede observar el diseño del cuarto de transformadores, este fue elaborado bajo las normas de construcción NATSIM-2012, las cuales nos indican lo siguiente:

- Área será: 4m de ancho x 4m de fondo x 2.8m de alto
- Estará ubicado en la planta baja del inmueble
- Solo se podrá alojar el transformador de distribución, su equipo de protección y conductores de salida.
- Contará con tomacorrientes de 120-240v y puntos de iluminación.
- Paredes de hormigón y columnas de hormigón armado.
- Deberá tener una losa superior de hormigón
- Se deberá construir sobre el piso una base de hormigón
- El cuarto deberá tener ventilación adecuada para mantener en su interior una temperatura que no exceda de 40°C

#### **4.5 Descripción del diseño de la torre PTI**

En la figura 4.4, se logra apreciar el diseño de la torre PTI, la cual se utilizó como base solo el armazón de los contenedores High cube 40', en total se utilizaron 6 contenedores, apilados en forma que construyan dos torres de 3 contenedores cada una, se realizó el diseño con escaleras para que permita el fácil acceso de los pisos superiores a los técnicos reefer, y barandas para precautelar la seguridad de ellos. La torre se encontrará equipada con cuatros racks de tomacorrientes, con 15 tomas para clavijas cada una, dos se encontrarán en la planta baja y dos en la parte superior, los cables conductores de los racks se conducirán hasta el breacker principal por medio de tubos THW de 4", independientes para cada rack. La torre también tendrá tomacorrientes de 120V y 240V para que los técnicos puedan conectar sus herramientas, también contará con sistemas de iluminación las cuales serán necesarias en el momento de trabajar por las noches, la torre tendrá una capacidad máxima de abastecimiento de energía para 50 contenedores reefer o climatizados.



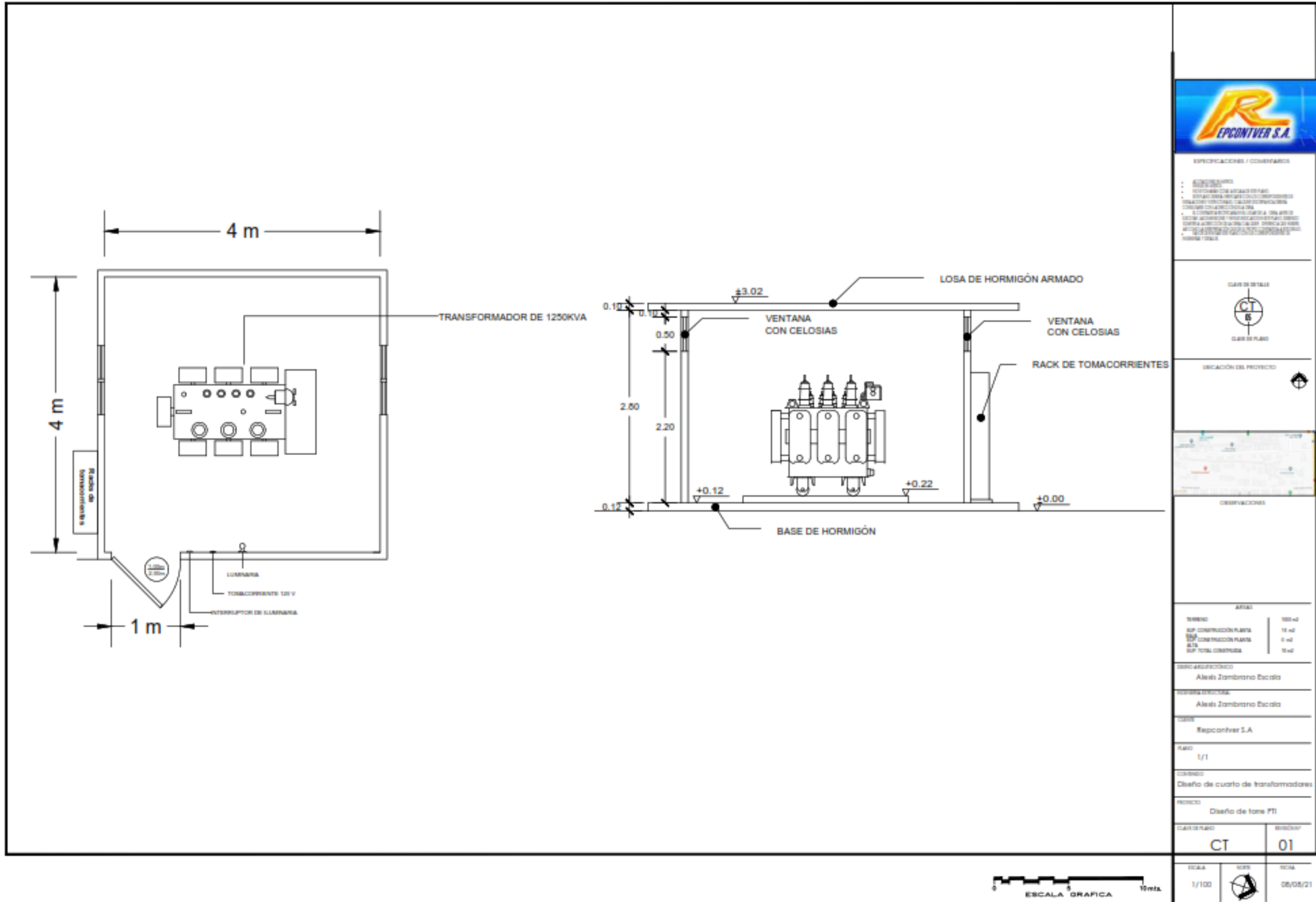


Figura 4.3. Diseño de cuarto de transformadores  
Fuente: Autor

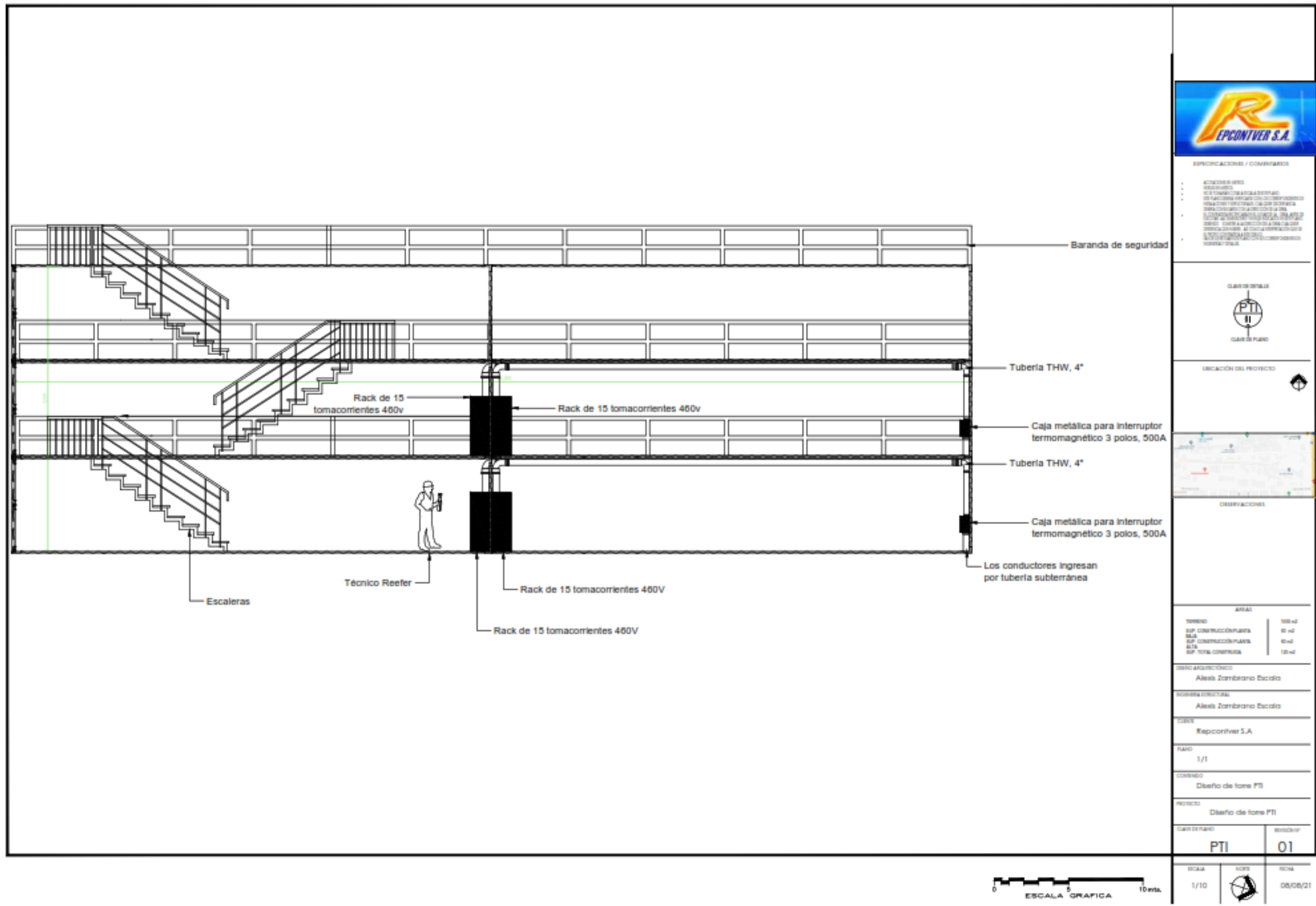


Figura 4.4. Diseño de la torre PTI  
Fuente: Autor

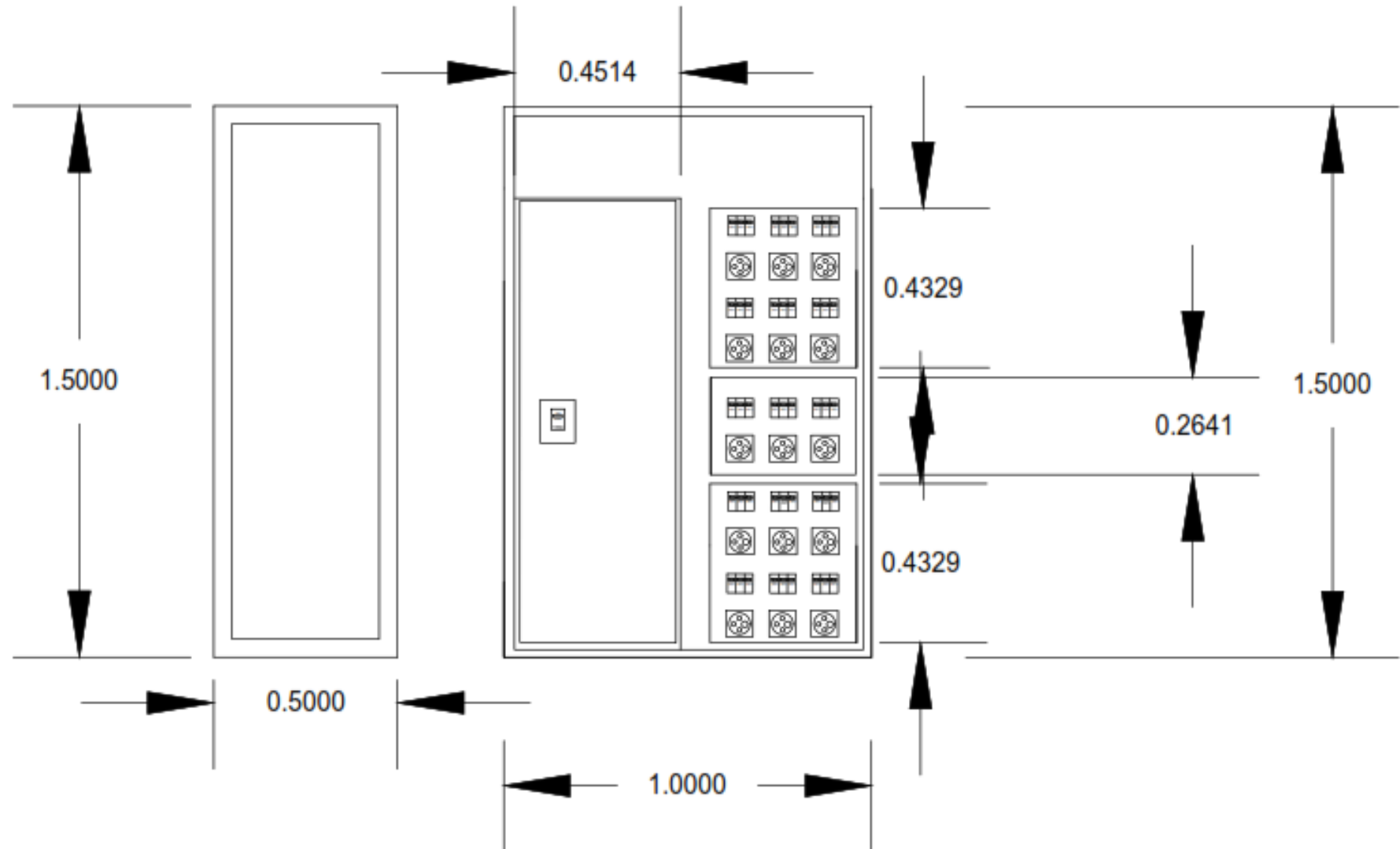
#### **4.6 Descripción del diseño de tablero de tomacorrientes**

Se puede apreciar en la figura 4.5, el diseño del tablero de tomacorrientes, el cual se lo diseñó para resolver los problemas habituales de los técnicos reefer, como en algunos casos el difícil acceso a los tomacorrientes y a los breaker de protección, los tableros fueron ubicados en la torre PTI estratégicamente, lo cual permita el fácil acceso, así como la conexión y desconexión de las clavijas, el tablero contará con tomas con interbloqueo, lo cual permitirá una mayor seguridad al personal técnico, ya que para la conexión y desconexión el contenedor reefer tendrá que estar apagado. Cada tablero contará con cinco barras de distribución, las cuales serán destinadas de la siguiente manera: 3 barras para las fases, 1 barra para el neutro y 1 barra para la tierra, estas barras se encontrarán dentro de un gabinete con candado, y la única persona la que tendrá acceso a estas será el ingeniero eléctrico. El tablero será fabricado en acero inoxidable y contará con la norma IP66, lo que permitirá que el tablero se encuentre seguro contra la humedad y el polvo. Como se observa en la figura 4.5.

#### **4.7 Descripción de plano eléctrico unifilar**

En la figura 4.6, se encuentra el plano unifilar. En toda empresa, fábrica, organización, etc. Es muy importante el diagrama unifilar, ya que en este se puede apreciar cómo se encuentra constituido el sistema eléctrico, los primeros elementos de este diagrama son los fusibles y la celda de media tensión, estos son los encargados de proteger todo el sistema de media tensión, ya que en algún corto o sobretensión estos accionarán los fusibles impidiendo el paso de la corriente, también se observan los transformadores con sus debidas protecciones y las cargas que alimentan cada uno de estos, los conductores eléctricos son debidamente mencionados incluyendo sus características y cantidad, desde el sistema de media tensión hasta el sistema de baja tensión. Se aprecia en el diseño del diagrama la finalidad de cada elemento instalado, el transformador A de 25kVA es el encargado de alimentar las cargas de las oficinas de operaciones, el transformador B de 15kVA alimenta las cargas del área de lavado y el transformador C de 1250kVA será el encargado de alimentar los tableros de tomacorrientes de 480V de la torre PTI. Se aprecia en la figura 4.6.

# TABLERO DE TOMACORRIENTES 480V



**EPCONVER S.A.**

**ESPECIFICACIONES / COMENTARIOS**

- 1. ELABORADO POR: [ ]
- 2. REVISADO POR: [ ]
- 3. APROBADO POR: [ ]
- 4. [ ]
- 5. [ ]
- 6. [ ]
- 7. [ ]
- 8. [ ]
- 9. [ ]
- 10. [ ]

**CARD DE DETALLE**

PTI  
0

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**

**OBSERVACIONES**

ÁREAS	
TIPO	ÁREA
SFP CONTROLACIÓN PLANTA	1 m <sup>2</sup>
SFP CONTROLACIÓN PLANTA	0 m <sup>2</sup>
ALTA	0 m <sup>2</sup>
SFP TOTAL CONTROLADA	1 m <sup>2</sup>

**REVISIÓN**

Alexis Zambrano Escala

**REVISIÓN**

Alexis Zambrano Escala

**EMPRESA**

Reconver S.A.

**PLANO**

1/1

**CONTENIDO**

Diseño racks de tomacorrientes

**PROYECTO**

Diseño de torre PE

<b>CARD DE PLANO</b>	<b>REVISIÓN</b>
RT	01

<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
1/100	08/08/21



Figura 4.5 Diseño racks de tomacorrientes 480V  
Fuente: Autor

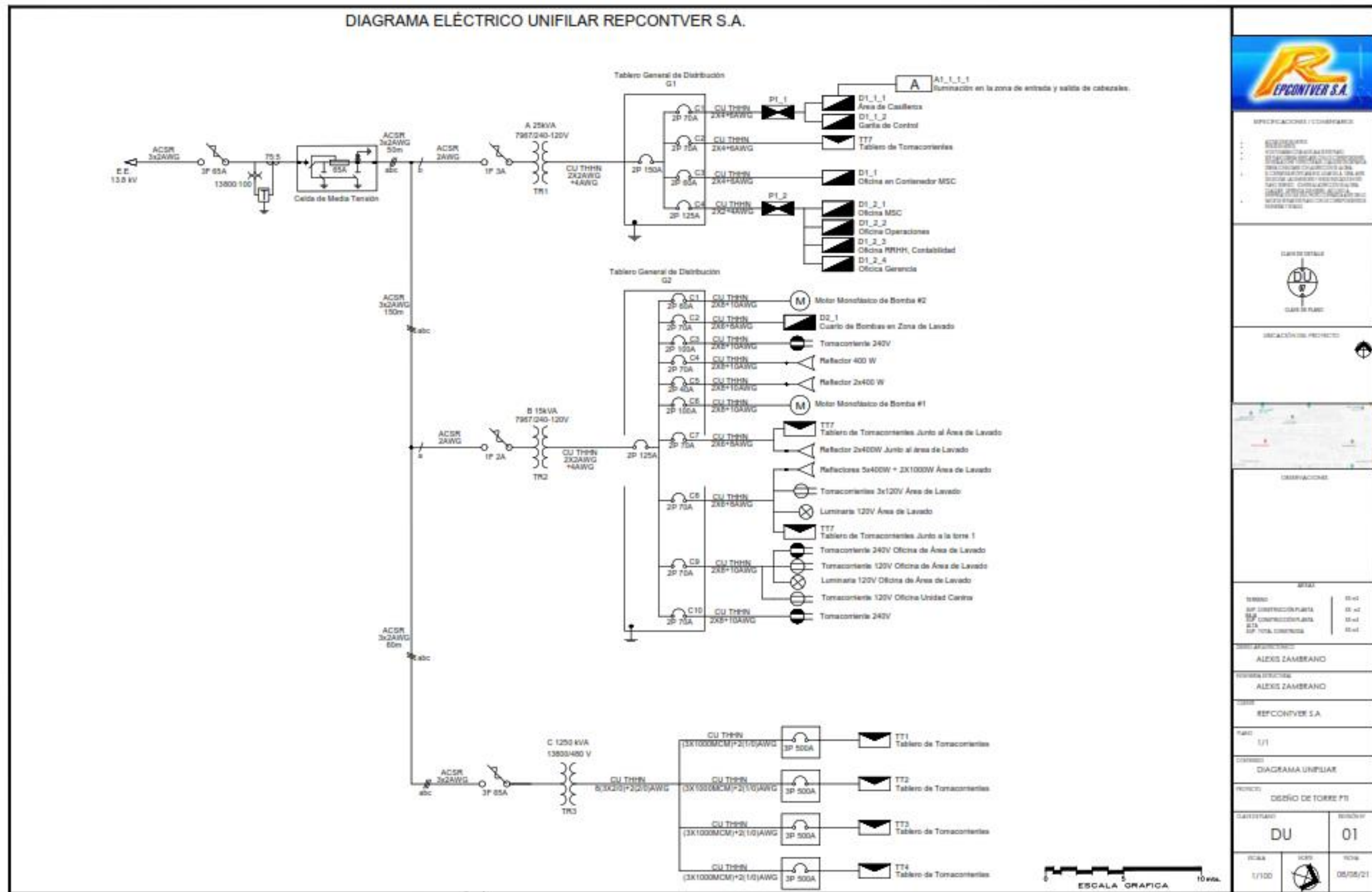


Figura 4.6 Diagrama Unifilar empresa REPCONTVER S.A  
Fuente Autor

## CAPÍTULO 5

### PRESUPUESTO DEL DISEÑO

#### 5.1 Presupuesto para el diseño de la acometida de media tensión y torre PTI

En la siguiente tabla 5.1 se detalla el presupuesto total que se necesita para ejecutar las instalaciones eléctricas del sistema de media tensión y baja tensión necesarias para el funcionamiento de la torre PTI.

Tabla 5.1 Presupuesto para diseño de acometida y torre PTI

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Acometida 15kV #336.4 MCM	m	1000	100	10000
Poste de hormigón armado vibrado, de 11 m de altura y 800 daN de esfuerzo nominal.		13	716,43	9.313,59
Hormigón simple $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ (24 MPa),	m <sup>3</sup>	2,86	89,57	256,17
Instalación ducto rígido 4"	m	130	34	4420
Puesta a tierra		1	53,88	53,88
<b>Equipo y maquinaria</b>				
Mini retroexcavadora sobre neumáticos, de 37,5 kW.		24	44,73	1.073,52
Camión con grúa de hasta 6 t.		24	48,4	1.161,60
Mano de obra				
Albañil		24	7,18	172,32
Ayudante de albañil		24	4,6	110,40
<b>Cuarto de transformador y celda</b>				
Transformador de aceite 3F 1250kVA		1	32500	32500
Montaje y conexión transformador		1	2300	2300
Accesorios de montaje transformador		1	320	320
Malla de puesta a tierra de sistema de potencia		1	2100	2100
Suministro y montaje de celda MT y Medición		1	15.849,31	15.849,31
Módulo de medición 70x40x25 con base socket 13t		1	339,69	339,69
Tablero de medidores		1	17.250,43	17.250,43
Puesta a tierra		2	53,88	107,76
Corrida alimentador racks torre PTI- 3 conductores	m	22	839,3	18.464,54
Construcción de la estructura de torre PTI		4	2000	8000
Racks de tomacorrientes		4	900	3600
			<b>Subtotal</b>	<b>127393,21</b>
			<b>IVA 12%</b>	<b>15287,1852</b>
			<b>Total</b>	<b>142680,395</b>

Fuente: Autor

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

El adecuado levantamiento de carga con índice de flexibilidad y protección para la empresa Repcontver S.A fue de suma importancia para realizar los cálculos necesarios y adecuados para un correcto diseño de un sistema eléctrico y sus elementos.

Es importante recalcar que al momento de realizar una instalación se debe cumplir normas que fueron descritas. Estos parámetros garantizan el buen funcionamiento y la continuidad de la línea, basándose en la normativa local e internacional siguiendo la base de la energía eléctrica al momento de realizar este tipo de proyecto.

Este trabajo implica una gran complejidad que a su vez conlleva un seguro de transporte eléctrico, ya que este tiene relación con la gestión de la energía, el diseño de construcción y el montaje de las cometidas ya que se trabaja con media tensión, por eso es importante tener un buen conocimiento de ingeniería al momento de elegir una buena configuración, para que tenga un buen funcionamiento y evitar notables pérdidas, ni cortes no deseados.

El cálculo con los datos correctos y necesarios para realizar la acometida de media tensión permite realizar un diseño óptimo del sistema eléctrico desde el rack de tomacorrientes donde se encontrarán conectados los contenedores reefer hasta la celda de media tensión la cual protegerá los conductores y los elementos necesarios para la acometida.

#### 6.2 Recomendaciones

Obligatoriamente los cálculos se realizarán bajo las normativas NEC2011, al momento de ejecutar los proyectos de diseños y construcción de las acometidas eléctricas deben ser bajo la aprobación y supervisión del jefe de ingeniería eléctrica que esté capacitado en el tema y pueda tener un buen liderazgo con el personal técnico que esté ejecutando el trabajo físico, de esta manera hay una correcta garantía del proyecto.

A su vez los materiales que se vayan a montar e implementar durante el trabajo, deben ser previamente revisados por los estándares de seguridad de operación.

El personal encargado del sistema eléctrico de la empresa debe ser capacitado con respecto a la nueva red de alimentación de media tensión, conocer su funcionamiento y reportar cualquier novedad anormal del sistema para evitar daños graves en el sistema y/o equipos.

Como todo equipo eléctrico tiene una vida útil, por lo que se recomienda elaborar un programa de control de mantenimiento tanto para el transformador, así como también para los elementos de la acometida lo cual permitirá alargar la vida útil de los equipos y garantizar un óptimo funcionamiento de los mismos.



## GLOSARIO

**Acometida:** Conjunto de conductores y equipo necesario para llevar la energía eléctrica desde el sistema de suministro a la subestación eléctrica (aérea o subterránea).

**ARCONEL:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

**BIL:** Basic Impulse Level, corresponde a un nivel de aislamiento eléctrico que permite soportar sobretensiones impulsivas similares a las descargas atmosféricas.

**Carga:** Valor dado en Amperes del consumo de energía eléctrica de un conjunto de elementos (inductivos, resistivos o capacitivos) conectados a un circuito.

**Catenaria:** Denominación de la curva que asume una cadena, de densidad lineal de masa (masa por unidad de longitud) constante, suspendida entre dos apoyos bajo a acción de la fuerza gravitatoria.

**CNEL:** Corporación Nacional de Electricidad.

**Flecha:** Distancia vertical máxima, medida en un vano, entre el conductor y la línea recta trazada entre los puntos de apoyo.

**IEC:** Siglas de International Electrotechnical Commission. Entidad internacional de normalización en el campo de la electricidad, con sede en Suiza.

**Línea Aérea:** Conjunto de conductores y demás elementos (cables generalmente desnudos, aisladores, torres, columnas, herrajes, etc.) diseñados y construidos para el transporte de energía eléctrica.

**Potencia eléctrica:** Es la capacidad de producir, transmitir o consumir electricidad para alimentar las instalaciones del usuario en forma instantánea. Se mide y se expresa en vatios (W) o en sus múltiplos: kilovatios (kW), megavatios (MW).

**Rack.** Se le llama rack a la estructura metálica que sostiene al arreglo. El rack puede estar fijo o colocado en un mecanismo.

**Registro de Medición:** Almacenamiento de datos de mediciones de diferentes parámetros, en un período determinado de tiempo.

**Subestación eléctrica:** Instalación destinada a transformar los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica para facilitar el transporte y distribución de la energía.

**Seccionadores:** Es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación según una norma. Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario

**Tracción:** Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a alargarlo.

**Transformador de potencia:** Máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.

**Vano:** Distancia entre dos puntos contiguos separados.

**Vatio-Hora (Wh):** Unidad de medida de la Energía Eléctrica.

## BLOGRAFÍA

- CELEC. (2015). *Corporacion Electrica del Ecuador* . Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/noticias/312-ecuadoreportara-energia-a-colombia>
- Centelsa. (2008). *Cables para media tension* . Colombia: Icontec .
- CNEL . (2016). *Construccion de Tramo de Linea subtransmision* . Obtenido de Electroquil y Salitral: <https://www.cnelep.gob.ec/wp.pdf>
- COIDEA S.A . (2017). *Catalogos de equipos* . Obtenido de Lineas de transporte de energia : [http://www.coideasa.com/preformados\\_para\\_lineas\\_de\\_transmision.html](http://www.coideasa.com/preformados_para_lineas_de_transmision.html)
- Comisión federal de electricidad. (2014). *Alambre y cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado* . Obtenido de <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/u/A0000-01.pdf>
- Corporacion nacional de electricidad. (2019). *Construccion de la alimentadora a 13.8 kV parque california* . Guayaquil.
- Energia gob . (2015). *Ministerio de Energia renovable* . Obtenido de <http://www.energia.gob.ec>
- Enersis S.A. (2015). *ESPECIFICACIONES TÉCNICA*. Obtenido de [https://www.eneldistribuaico.com.br/rj/documentos/E-MT-011\\_R-02.pdf](https://www.eneldistribuaico.com.br/rj/documentos/E-MT-011_R-02.pdf)
- HUBBELL. (2019). *CONECTORES PARA DISTRIBUCIÓN*. Obtenido de <https://hubbellcdn.com/catalogfull/DB-Splices-ES.pdf>
- IEC 60815. (2001). *Guide for the selection and dimensioning of high voltage* . Tercera edicion.
- Jamart, S. (2010 ). *Historia del Contenedor* . Obtenido de Blogistica : <http://blogistica.es/2010/01/12/historia-del-contenedor/>
- Martinez Velasco, J. A. (2008). *Instalaciones de Sitemas de puesta a tierra* . Obtenido de Coordinacion de aislamiento en redes electricas de alta tension (Primera edición) : [http://www.upv.es/electrica/material\\_tecno/Transparencias\\_PDF/T3/tema3.p](http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias_PDF/T3/tema3.p)
- MasContainer. (2016). *Logistics & trade news*. Obtenido de <https://www.mascontainer.com/>
- NESC. (2012). *IEEE*. Obtenido de <https://standards.ieee.org/products-services/nesc/index.html>
- Procables Company. (2015). *Catalogos de productos* . Bogoya .
- Puerto & Logistica . (2017). *Integrando el Futuro* . Obtenido de <http://puertosylogistica.com/>
- Repcontver. (2012). *Repcontver "Nosotros"* . Obtenido de <http://repcontver.com/pages/nosotros.html>
- Rivadeneira, F. (2012). *Ecuador Busca acelerar acuerdos comerciales* . Obtenido de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/ecuador-busca->
- Romero Escobar, J. (2014). *Diseño de subestaciones electricas* . Primera edicion .

- S, J. (2010). *Historia del Contenedor* . Obtenido de Blogistica : <http://blogistica.es/2010/01/12/historia-del-contenedor/>
- Sanz, J. . (2010). La resistividad del suelo en funcion de la frecuencia. *Universidad Tecnologica de Pereira*, 1-6.
- Starcool . (2012). *Productos* . Obtenido de <http://www.starcool.dk/products.aspx>
- Suarez, M. (2017). *Expediente final pequeñas ampliaciones electricas*. Obtenido de <http://myslide.es/documents/expediente-final-pequenas-ampliacioneselectricas-2012.html>
- Tasesa. (2009). *Container Terminal* . Obtenido de <http://www.tasesa.com/tasesa.php>
- Thermo King . (2012). *Thermo King Difference* . Obtenido de <http://www.thermoking.com/about-thermo-king.aspx>
- Westinghouse Electric Engineers. (2016). *Electrical transmission and distribution reference*. California.



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación


## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ALEXIS ADRIÁN ZAMBRANO ESCALA** con **C.C: # 0931935035** autor/a del trabajo de titulación: **Diseño de una torre para PTI (Pre Trip Inspection) con capacidad para 50 contenedores refrigerados para la empresa Recontver S.A.** Previo a la obtención del título de **(INGENIERA EN ELÉCTRICO MECÁNICA)** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 20 de septiembre del 2021

f. 

**ALEXIS ADRIÁN ZAMBRANO ESCALA**

**C.C: 0931935035**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de una torre para PTI (Pre Trip Inspection) con capacidad para 50 contenedores refrigerados para la empresa Recontver S.A		
AUTOR(ES)	Zambrano Escala, Alexis Adrián		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Pilcó Esquí, Luis Orlando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de septiembre del 2021	No. DE PÁGINAS:	83
ÁREAS TEMÁTICAS:	Distribución Eléctrica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Media tensión, acometida eléctrica, elementos eléctricos, cálculos, torre pti, reefer.		

#### RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

La finalidad de este proyecto es el diseño de una torre PTI con capacidad para 50 contenedores refrigerados para la empresa REPCONTVER S.A ubicado al norte de la ciudad de Guayaquil, este proyecto se basó en los principios fundamentales para el desarrollo de acometidas eléctricas de media tensión, cuarto de transformadores y protecciones eléctricas, existen varias recopilaciones de los diferentes conceptos de energía en potencia donde la teoría basada en libros sobre líneas de distribución y las normativas internacionales de la empresa eléctrica nacional a las cuales se siguió al momento de realizar este proyecto eléctrico. El presente proyecto se elaboró en tres partes, teoría, cálculo y diseño, En la primera parte se describió los conceptos básicos que fueron utilizados y más adelante se realizó el cálculo y el diseño especificando en cada elemento que conforman la realización de un diseño de torre PTI desde la acometida a ese nivel de voltaje hasta el tablero de tomacorrientes de 480v necesarios para conectar los contenedores refrigerados, utilizando las normativas correspondientes.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 593-996171208	E-mail: <a href="mailto:alexisadrian.zambrano@gmail.com">alexisadrian.zambrano@gmail.com</a>
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando	
	Teléfono: 593-967608298	
	E-mail: <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>	

#### SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	