



**TECNOLÓGICO SUPERIOR**

**VIDA NUEVA**



**CARRERA:**

**TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:**

**CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CAMPO DE ENTRENAMIENTO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE REDES DE ALTO Y MEDIO VOLTAJE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA.**

**AUTOR:**

**QUIMBITA GUEVARA EDWIN PATRICIO**

**TUTOR:**

**ING. MACHAY TISALEMA BYRON ORLANDO**

**FECHA: AGOSTO 2018**

**QUITO – ECUADOR**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo, **QUIMBITA GUEVARA EDWIN PATRICIO** portador/a de la cedula de ciudadanía **171575402-2**, facultado/a de la carrera **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**, autor/a de esta obra certifico y proveo al Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, usar plenamente el contenido plasmado en este escrito con el tema “**CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CAMPO DE ENTRENAMIENTO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE REDES DE ALTO Y MEDIO VOLTAJE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA.**”, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi trabajo de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, al mes de Agosto de 2018.

---

**QUIMBITA GUEVARA EDWIN PATRICIO**

C.I.: 1715754022

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto: **CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CAMPO DE ENTRENAMIENTO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE REDES DE ALTO Y MEDIO VOLTAJE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA.**, presentado por el estudiante QUIMBITA GUEVARA EDWIN PATRICIO, para optar por el título de Tecnólogo en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal que se designe.

-----  
Tutor: Ing. Machay Tislema Byron Orlando

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe del Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema:

Construcción e implementación de un campo de entrenamiento de un sistema de distribución de redes de alto y medio voltaje en el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA.

Del Sr. estudiante: Quimbita Guevara Edwin Patricio

De la Carrera, Tecnología en Electromecánica.

Para constancia firman:

.....

.....

.....

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, QUIMBITA GUEVARA EDWIN PATRICIO, estudiante del INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA, declaro que he realizado este trabajo de titulación tomando en consideración citas bibliográficas que se nombran en este texto.

El Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva puede utilizar este trabajo de titulación como una ayuda bibliográfica.

Quimbita Guevara Edwin Patricio

C.I 1715754022

## **AGRADECIMIENTO**

Me complace sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva y a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesta de manifiesto en las aulas; enrumban a cada uno de los que acudimos a ellas, con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A mi Tutor el Ingeniero Byron Machay, quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar este proyecto; me ha brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminado.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado está dedicado a Dios, por dar la vida a través de mis queridos padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí, una persona con valores para poder desenvolverme profesionalmente.

A mis padres por forjarme como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluyen este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>3. OBJETIVOS</b> .....	xiii
3.1. Objetivo General .....	1
3.2. Objetivos específicos .....	1
<b>4. DESARROLLO O CUERPO PRINCIPAL</b> .....	<b>2</b>
<b>4.1. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL</b> .....	<b>2</b>
4.1.2. SISTEMA ELÉCTRICO .....	2
4.1.3. Voltajes de servicio en ecuador .....	3
4.1.4. Etapas de transformación de energía eléctrica. ....	5
4.1.5. Sistema de distribución .....	6
4.1.6. Sistemas Aéreos. ....	7
4.1.7. Sistemas subterráneos. ....	7
4.1.8. Sistemas Mixtos .....	7
4.1.9. Media Tensión y Alta Tensión .....	8
<b>4.2. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b> .....	<b>9</b>
4.2.1. Postes de hormigón .....	9
4.2.2. Aisladores .....	9
4.2.3. Efecto corona .....	10
4.2.4. Aislador de suspensión tipo disco de porcelana .....	10
4.2.5. Aislador sintético tipo pin para 13,2 KV y 44KV .....	11
4.2.6. Conductores.....	11
4.2.7. El aluminio.....	12
<b>4.3. PARTE MECÁNICA</b> .....	<b>14</b>
4.3.1. Los Postes de mediciones. ....	14
4.3.2. Los Conductores. ....	14
4.3.3. Crucetas.....	15
4.3.4. Herrajes.....	16
4.3.5. Equipos de seccionamiento. ....	16
4.3.6. Transformadores. ....	17
4.3.7. Armado de media Tensión.....	18
4.3.8. Armado de alineación.....	18
<b>4.4. PROCEDIMIENTO – METODOLOGÍA</b> .....	<b>19</b>
4.4.1. Diseño. ....	19
4.4.2. Elementos principales en una línea aérea de transmisión: .....	19

4.4.3.	Puesta en tierra. ....	19
4.4.4.	Armado de Estructuras. ....	20
4.4.5.	Erección de postes. ....	21
4.4.6.	Anclajes. ....	22
4.4.7.	Tendido de conductores. ....	24
4.4.8.	Tensado de conductores. ....	25
4.4.9.	Amarre de conductores. ....	26
<b>4.5.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN. ....</b>	<b>26</b>
4.5.1.	Implementación. ....	27
4.5.2.	Excavación para postes de hormigón 9 metros. ....	28
4.5.3.	Colocación postes de hormigón de 9 m. ....	30
4.5.4.	Alineación de postes. ....	30
4.5.5.	Compactación de postes de hormigón. ....	31
4.5.6.	Montajes de estructuras y aisladores. ....	31
4.5.7.	Montaje porta cargadores de transformador. ....	32
4.5.8.	Tendido de línea de media tensión. ....	33
4.5.9.	Montaje seccionadores fusibles. ....	34
4.5.10.	Montaje transformador. ....	35
4.5.11.	Colocación de capaceta. ....	35
4.5.12.	Tendido de conductor de baja tensión. ....	36
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>37</b>
	<b>Conclusiones. ....</b>	<b>37</b>
	<b>Recomendaciones: . ....</b>	<b>38</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Conductor ASCR .....	13
Tabla 2. Erección de postes .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Postes de Hormigón .....	9
Figura 2. Efecto Corona .....	10
Figura 3. Aislador de suspensión tipo disco de porcelana .....	11
Figura 4. Aislador sintético tipo pin para 13,2 kv y 44kv .....	11
Figura 5. Conductores .....	12
Figura 6. Crucetas .....	15
Figura 7. Herrajes .....	16
Figura 8. Equipos de seccionamiento .....	17
Figura 9. Transformadores.....	17
Figura 10. Armado de media tensión .....	18
Figura 11. Armado de alineamiento .....	18
Figura 12. Armado de estructuras .....	21
Figura 13. Ereccion de postes .....	22
Figura 14. Anclajes .....	23
Figura 15. Tendido de conductores.....	24
Figura 16. Implementación de materiales.....	25
Figura 17. Amarre de conductor .....	26
Figura 18. Implementación de materiales.....	28
Figura 19. Excavación para postes de hormigón .....	29
Figura 20. Diagrama poste de hormigon .....	29
Figura 21. Colocación de postes de hormigón .....	30
Figura 22. Alineamiento de postes .....	30
Figura 23. Compactación de postes de hormigón .....	31
Figura 24. Montajes de estructuras .....	31
Figura 25. Montaje de aisladores .....	32
Figura 26. Montaje porta cargadores de transformador .....	32
Figura 27. Tendido de línea de media tensión .....	33
Figura 28. Sujecion de linea de media tencion .....	33
Figura 29. Montaje porta fusibles .....	34
Figura 30. Conductor de aluminio seccionador fusible .....	34
Figura 31. Montaje Transformador .....	35
Figura 32. Colocación de capaceta .....	35
Figura 33. Tendido de conductor de baja tensión .....	36

## 1. INTRODUCCION

El Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva se ha esforzado por llevar y formar profesionales con sus mejores niveles de conocimientos tanto teórico como práctico por esto, en especial la carrera de Tecnología en Electromecánica, debe contar con un campo de entrenamiento de redes de alto y medio voltaje.

El presente diseño de implementación de un campo de entrenamiento de redes de alto y medio voltaje para el Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, intenta dar al instituto la correcta implementación de este campo de entrenamiento con lo que la carrera de Tecnología en Electromecánica se verá afianzada en el área de redes de distribución.

La necesidad de implementar este campo de entrenamiento en el Instituto, es necesario por lo que este proyecto cumplirá con todos los pasos para la implementación del mismo. Se plantea el estudio de una base teórica para el desarrollo de la propuesta, con el objetivo de construir e implementar un campo de entrenamiento de redes de distribución de alto y medio voltaje mediante el uso de una metodología bajo normativas reguladas por la empresa eléctrica de Quito, esto con el propósito del cumplimiento de estándares mínimos tanto del proyecto como del espacio en el cual se va a implementar que conforma los siguientes factores: elementos principales en una línea aérea de transmisión, puesta en tierra, armado de estructuras, erección de postes, anclajes, riendas, tendido de conductores, tensado de conductores, aspectos de seguridad, apertura, fin de líneas empalme, derivaciones y conectores, amarre de conductores, entre otros

Se ha optado por presentar este diseño de un campo de entrenamiento de redes de distribución de alto y medio voltaje, en la cual se pueda desarrollar las prácticas necesarias y de esta manera incrementar los conocimientos de los estudiantes, cumpliendo con todas las normas técnicas establecidas para este tipo de proyecto.

## 2. ANTECEDENTES

El primer Código Eléctrico de acuerdo al Colegio de Ingenieros Eléctricos de Pichincha ecuatoriano fue desarrollado en 1973, para normar la seguridad y protección del personal que labora en condiciones de riesgo por uso de la electricidad.

En este sentido, según la Empresa Eléctrica Quito, S.A., Ecuador cuenta con Normas para el desarrollo de sistema y diseño de redes de distribución, que contemplan técnicas de orden teórico y práctico con estándares en esta materia.

Bejarano y Moreno (2013) afirman que el personal a cargo de la instalación y mantenimiento de las redes de distribución, tomando en cuenta lo señalado, requieren una capacitación intensa, tomando en cuenta una gran cantidad de conceptos y elementos que deben manejar. Por tal motivo, surgen espacios de formación que adicionalmente instruyan sobre prevención de accidentes fatales, progresando en competencias laborales sobre conocimientos, actitudes y habilidades para lograr un mayor desempeño en el mundo laboral, resaltando la importancia del uso de herramientas didácticas durante esta capacitación y entrenamiento, en un ambiente, donde se puedan desarrollar tales destrezas a través de la implementación de espacios de práctica reales y seguros.

Un laboratorio eléctrico de media tensión, son aulas o dependencias construidas por el Instituto y acondicionadas para realizar prácticas con condiciones ambientales controladas y normalizadas para ensayos de media o alta tensión, que permiten una mejor formación de los alumnos en cursos de entrenamiento Pérez (2010).

Los espacios para prácticas de un sistema de redes de distribución eléctrica empezó a partir de un estudio planteado por la Universidad Politécnica Salesiana donde se demuestra la necesidad de la implementación de un laboratorio eléctrico de media tensión, acondicionado para realizar clases prácticas con condiciones ambientales controladas y normalizadas: en virtud de que los estudiantes posean buen respaldo teórico, estos laboratorios permiten obtener una alta confiabilidad en los datos obtenidos en los ensayos y se puede alcanzar un mantenimiento seguro de todas las instalaciones realizadas. Pérez( 2010).

## RESUMEN

El aprendizaje de sistema de distribución y circuitos de media y baja tensión no simplemente está enfocado a la parte teórica, sino más bien a la relación de la teoría y práctica, donde se puede desarrollar habilidades de tendido de líneas, montaje de aisladores, ubicación de postes, colocación de seccionadores, entre otros. Pero una de las falencias es la falta de un espacio de entrenamiento, donde el estudiante comprenda las normativas de montaje, instalación, riesgos eléctricos y la combine con la práctica.

El presente trabajo consiste en la implementación de un campo de entrenamiento en sistemas de distribución de redes de alto y medio voltaje, que se encuentra enfocada en su totalidad a la práctica de circuitos MB, donde este campo de entrenamiento tiene estándares de control e instalación de elementos eléctricos según normativas vigentes.

El diseño del campo de entrenamiento tiene parámetros de montaje, instalación y mantenimiento de líneas eléctricas, basadas en la normativa que plantea la Empresa Eléctrica Quito según sus artículos vigentes, esto permitirá la interacción teórica y práctica en el proceso de aprendizaje.

**Palabras claves:** MEDIO VOLTAJE, POSTES, LÍNEAS, AISLADORES.

## ABSTRACT

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Construir e implementar un campo de entrenamiento de redes de distribución de alto y medio voltaje, mediante parámetros y normas del sector eléctrico de la EEQ en el Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Investigar el diseño de la red de distribución de alto y medio voltaje bajo los parámetros y normas del sector eléctrico.
- Valorar el espacio físico y eléctrico actual del campo de entrenamiento de las redes de distribución eléctrica, para el bajo impacto del medio ambiente.
- Diseñar y elaborar un plano del campo de entrenamiento de un sistema de distribución de redes según estándares establecidos.

## **4. DESARROLLO O CUERPO PRINCIPAL**

### **4.1. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL**

#### **4.1.2. SISTEMA ELÉCTRICO**

Entre las diferentes formas de energía que según Vásquez (2013) se manejan actualmente, una de la más empleada para el mantenimiento de la economía y desarrollo de los países, es la energía eléctrica, en virtud de que se ha constituido como una base primordial para el crecimiento social e industrial de todos los países, y por ende se trata de un elemento esencial para alcanzar el desarrollo tecnológico.

Continua aseverando este autor que para su mejor provecho, se desarrollan líneas de distribución, las cuales se encargan de transmitir la energía eléctrica, desde los centros de generación hasta los centros de consumo, por medio de diferentes etapas de transformación de voltaje, se garantiza de esta manera en una determinada región los beneficios de disfrutar de este servicio. Estos sistemas de distribución del sistema eléctrico deben cumplir esencialmente con los siguientes objetivos:

1. Aumentar la disponibilidad y confiabilidad por medio de planes de mantenimiento desarrollados y cumplidos según los parámetros establecidos; programas de modernización de las instalaciones de manera continua; fortalecimiento constante de todos los sistemas de supervisión y control.
2. Incrementar la oferta del servicio, lo cual es posible lograr a través de desarrollar e implementar proyectos nuevos en cuanto a la transmisión de la energía según el plan maestro de electrificación, adicionalmente, se deben analizar y fortalecer las interconexiones entre las diversas zonas o regiones.
3. Incremento de la eficiencia institucional, para lo cual es indispensable un plan de fortalecimiento de un sistema integrado que incluya administración por medio de procesos, seguridad laboral y salud ocupacional, la gestión ambiental, con mejoras continuas en cuanto a la gestión administrativa e implementar planes estratégicos para mejorar la comunicación tanto interna como externa.

4. Mejorar e incrementar la sustentabilidad financiera, con la mejora de los flujos de caja del sistema operativo, implementando los planes de optimización de costos.

La electricidad se genera cuando es transformada de energía cinética en energía eléctrica, esta se transporta mediante una red de cables, utilizando turbinas y generadores. Las turbinas son impulsadas, por una energía externa que hace que roten sobre sí mismas permanentemente. Los generadores transforman la energía cinética de movimiento generada por las turbinas mecánicas. Quezada (2005)

Las centrales hidroeléctricas según Quezada (2005) utiliza fuerza y velocidad del agua para hacer girar las turbinas. Existen dos tipos de centrales, la de pasada que aprovecha la energía cinética natural del agua de los ríos, y de embalse en donde se almacena el agua, y al ser liberada se genera una mayor presión hacia la central hidroeléctrica moviendo las hélices de las turbinas, las que a su vez están conectadas a un generador. Finalmente transformarán la energía mecánica de movimiento en energía eléctrica.

El autor expone que existe la generación de electricidad a partir de las centrales termoeléctricas, estas usan el calor para producir la electricidad. El agua o gas se calientan, saliendo a altas presiones, moviendo una turbina, que está conectada a un generador, transformándose en energía eléctrica. Las centrales termoeléctricas pueden usar diferentes fuentes energéticas tales como carbón, petróleo, gas natural, energía solar, geotérmica, nuclear, biomasa.

#### **4.1.3. Voltajes de servicio en Ecuador**

El uso de los recursos hídricos según Ordoñez (2013) afirma que: Fue aprovechado para la generación de energía eléctrica en la década de los años 70s y 80s, para estos años fueron impulsados centrales hidroeléctricas como La de Paute en 1976 y la de Agoyán en 1982. También se construyeron centrales hidroeléctricas pequeñas. Sin embargo, la mayor dependencia en la producción de energía fue a través de la producción mediante centrales térmicas.

Según Ordoñez (2013) reseña que este comportamiento se mantuvo en los noventa debido a la reducción de la inversión hacia proyectos hidroeléctricos, derivado de la limitación al acceso financiero. A partir del año 2000 y hasta el presente se ha incorporado generación eléctrica a partir de fuentes renovables como biomasa, eólica y solar, existiendo mayor dependencia con las fuentes de energía no renovable.

Por otro lado, continua con el análisis exponiendo que la producción total de energía eléctrica para el año 1971 fue de 1050,00 GW/h, mientras que durante ese año la producción de energía termoeléctrica aportó en un 58% equivalente a 610.00 GW/h, mientras que el 440,00 GW/h pertenecía a las centrales hidroeléctricas Ordoñez(2013)

Ordoñez (2013) señala además que, para el año 2004 se incorporó en la generación de energía, la energía turbo-vapor, proveniente de la biomasa, siendo la primera energía renovable, es importante mencionar que la generación de este tipo de energía es mínima, equivalente a 3,24 GW/h, aportando el 0,03% del total de energía que se produjo ese año, que fue el equivalente a 12585 GW/h.

En el 2005, la generación de energía estuvo por el orden de 13404,02 GW/h y según Ordoñez (2013) se incorpora en este año la producción de energía solar mediante la instalación de paneles fotovoltaicos, siendo la producción de 0,01 GW/h lo que equivale a un aporte poco significativo de 0,0001% con respecto a la cifra total de producción. Durante el año 2007 se incrementa la producción de energía en 17336,65 GW/h, para este año se establecen proyectos de producción de energía eólica, siendo su aporte de 0,01% con respecto al total producido.

Continuando con el análisis de la autora Ordoñez, reporta que datos del año 2011 muestran que: la producción total de energía fue de 21.838,73 GW/h, la energía termoeléctrica aporta 41,8% significando 9129,45, la hidroeléctrica aporta 50,9%(11133,09 GW/h), mientras que el 1,29% (21,6 GW/h) es aportada por la energía renovable proveniente de la biomasa, solar y eólica. También se importa energía desde Colombia y Perú, este valor de importación de energía es de 5,93% (1294,59).

Con respecto a la demanda de energía la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2017) en el año 2011 se registró el siguiente comportamiento: el sector residencial demandó 5.350,95 GWh equivalente al 35%, el sector comercial 2.955,82 GWh equivalente a 19% y el sector industrial demandó 4.797,85 GWh equivalente a 32%. En cuanto a servicios de alumbrado público se consumió 882,97 GWh y 1261,22 GWh se usó en otros consumos. Ordoñez (2013)

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad indica que para el año 2016 la energía bruta generada según fuentes oficiales correspondió a: de origen renovables 16.445,95 GWh equivalente a 60,21% y no renovable equivalente a 10.867,91 GWh correspondiente a 39,79% respectivamente. El 96,28% proviene de centrales hidráulicas equivalente a 15.833,84 GWh. Con respecto a la energía que proviene de fuentes no renovables el 57,98% corresponde a centrales con motores de combustión interna equivalente a 57,98% Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2016).

#### **4.1.4. Etapas de transformación de energía eléctrica.**

La transformación de energía eléctrica atraviesa cuatro etapas: transformación de energía latente del combustible en calor; calor en energía potencial de vapor; y transformación de energía potencial de vapor en energía mecánica; por último la energía mecánica es transformada en energía eléctrica Ordoñez (2013).

La autora expone que la energía eléctrica no puede ser almacenada, por consiguiente, debe ser transmitida al mismo tiempo que se genera; por otra lado, la transmisión debe hacerse en tensiones muy altas. Es necesario que en las mismas plantas se instale una estación transformadora a fin de elevar la tensión a lo requerido, ya que la tensión de generación por lo general alcanza unos 13.8 kV. Las estaciones cuentan con un transformador de poder para elevar el voltaje y entregarlo a la línea de transmisión.

Estas subestaciones transformadoras cuentan con todo el equipamiento necesario, tanto de monitoreo como de protección de las instalaciones, y lo más importante un

transformador de poder para elevar el voltaje y entregarlo a la línea de transmisión Ordoñez (2013).

Continúa describiendo la autora que, posteriormente la energía que se produce se lleva a un patio de alta tensión, donde el voltaje original es elevado a valores por sobre los 66 kV. Una vez transformada la potencia original a los voltajes antes mencionados, esta energía es transportada por medio de líneas de transmisión configuradas por torres y redes de conductores de grueso calibre. A través de estas torres se transportan elevados flujos de corrientes fuertes.

Finalmente, las líneas de transmisión eléctrica van desde la generación hasta llegar a una línea de transmisión troncal, esta última trasmite la energía que ha sido generada en las estaciones centrales a los centros distintos de consumos.

#### **4.1.5. Sistema de distribución**

Se define como Sistema de Distribución al conjunto de instalaciones que van desde los 120 V hasta tensiones de 34.5 kV. Este sistema entrega la energía eléctrica a los usuarios a los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos.

Este sistema de distribución debe proyectarse de modo que puedan ser ampliados progresivamente, considerando principios económicos, de forma tal de asegurar un servicio adecuado y continuo con respecto a la carga presente y futura con un mínimo costo de operación Ordoñez (2013). La distribución corresponde a la última etapa del recorrido de la energía eléctrica antes de llegar a los centros de consumo. Esta energía posee tensiones de 110 kV., 220 kV. y 500 kV, y llevada a patios o subestaciones de transformación.

La característica de la carga expresa Vásquez (2013) influye en los sistemas de potencia y distribución, más no en viceversa. Las características de las cargas expresan el comportamiento de los usuarios frente al sistema de distribución y por lo tanto, imponen las condiciones (donde está y como establece la demanda durante el período de carga). Las empresas de energía pueden realizar control sobre algunas cargas para evitar que el sistema colapse.

Este autor refiere que los sistemas de distribución se clasifican en:

#### **4.1.6. Sistemas Aéreos.**

Es un sistema de construcción sencilla y económica. Esta es una de las razones por la cuál es el más utilizado. En zonas urbanas se emplea para carga residencial, comercial y carga industrial. En el caso de las zonas rurales se utiliza de igual forma para carga doméstica, para carga de pequeñas industrias. Ordoñez (2013).

Este sistema utiliza transformadores, seccionadores tipo cuchillas, pararrayos, fusibles, cables que son instalados en postes o estructuras normalizadas.

La configuración radial es la más sencilla para la instalación, esta consiste en conductores desnudos de calibre grueso en el principio de la línea y de menor calibre en las derivaciones a servicios o al final de la línea. Si se requiere continuidad o una mayor flexibilidad se utilizan configuraciones más elaboradas

#### **4.1.7. Sistemas subterráneos.**

Se construye en zonas urbanas las cuales tienen alta densidad de carga y tendencia en el crecimiento de la población. Este tipo de instalación ofrece una mejora estética en el entorno. Involucra un incremento en el costo de las instalaciones y requiere de una mayor especialización del personal que construye y luego el que operará el sistema. En general en este sistema los transformadores son sumergibles los componentes del sistema están hechos para ser subterráneos. Se instalan en el interior de edificios o en bóvedas, registros y pozos construidos en banquetas. Ordoñez (2013)

#### **4.1.8. Sistemas Mixtos**

En este sistema los cables desnudos sufren una transición a cables aislados. Esto se realiza en la parte alta del poste. Este sistema es muy parecido al sistema aéreo, siendo diferente únicamente en que los cables desnudos sufren una transición a cables aislados. Dicha transición se realiza en la parte alta del poste y el cable aislado se aloja internamente en ductos para bajar del poste hacia un registro o

pozo y conectarse con el servicio requerido. Con este sistema se elimina gran cantidad de conductores, favoreciendo la estética del conjunto. Por otro lado, se disminuyen las fallas en el sistema de distribución y aumenta la confiabilidad del mismo Ordoñez ( 2013).

#### **4.1.9. Media Tensión y Alta Tensión**

En los circuitos profesionales se emplea el término “Media Tensión Eléctrica” para referirse a instalaciones con tensiones entre 1 y 36 KV (Kilovoltios) aproximadamente dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución que finalizan en Centros de Transformación, en donde, normalmente, se reduce la tensión hasta los niveles de Baja Tensión (bajo los 0,6 KV).

La definición de Media Tensión es usada por las compañías eléctricas para referirse a sus tensiones de distribución. En el reglamento sustitutivo de suministro de servicio de electricidad en el Ecuador expedido el 22 de noviembre del 2005, indica que los niveles de Medio Voltaje estarán entre los 0.6KV y los 40 KV (Ordoñez, 2013,p.84).

Básicamente el valor de la Tensión es lo que diferencia a la Media de la Alta Tensión. En la reglamentación la única diferenciación recogida es la delimitación de estas en el valor de los voltios como antes se ha dicho.

Se considera instalación de Alta Tensión Eléctrica aquella que genere, transporte, transforme, distribuye o utilice energía eléctrica con tensiones superiores a los 40KV, mientras que la Media Tensión Eléctrica es aquella energía eléctrica con tensiones entre los 0,6 KV y los 40 KV.

## 4.2. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

### 4.2.1. Postes de hormigón

Los postes de hormigón armado para líneas eléctricas y telecomunicaciones se fabrican según las normas UNE-EN 12843 y UNE 207016. Crusher (2017)

**Figura 1. Postes de Hormigón**



*Fuente. Postes de Hormigón: Crusher (2017)*

1. Líneas eléctricas de transmisión a 230 y 138 KV
2. Líneas eléctricas de sub transmisión a 69KV
3. Líneas de distribución a 13,2 KV
4. Subestaciones eléctricas
5. Alumbrados

### 4.2.2. Aisladores

Según Machuca (2016) los aisladores son los elementos encargados de sostener los conductores en las estructuras bajo condiciones de viento y contaminación ambiental, a la vez como su nombre lo indica aísla el conductor de las estructuras y evitan el efecto corona los aisladores son fabricados en:

- Porcelana
- Vidrio
- Polímero

### 4.2.3. Efecto corona

El efecto corona es un fenómeno eléctrico que se produce en los conductores de las líneas de alta tensión. Harper (2015)

**Figura 2. Efecto Corona**



*Fuente. Efecto Corona: Harper (2015)*

### 4.2.4. Aislador de suspensión tipo disco de porcelana

Este tipo de aisladores son más utilizados en transmisión de energía eléctrica, se utilizan cadenas de aisladores que suspenden los conductores.

Así en las líneas de 110 KV las cadenas suelen tener 6 o 7 elementos aisladores

Y en las líneas de 220 KV de 10 a 12 estos aisladores de suspensión de 6 a 10 los cuales soportan un esfuerzo mecánico de 10.000 a 15.000 libra. Harper (2006).

**Figura 3. Aislador de suspensión tipo disco de porcelana**



**Fuente:** (Harper, 2006)

#### **4.2.5. Aislador sintético tipo pin para 13,2 KV y 44KV**

Según el Grupo EPM (2015) Las campanas o faldas tendrán un pendiente y superficie tal, que permita que las gotas de lluvia rueden fácilmente y remueven la contaminación acumulada.

**Figura 4. Aislador sintético tipo pin para 13,2 kv y 44kv**



**Fuente:** (Grupo EPM, 2015)

#### **4.2.6. Conductores**

Oropeza (2017) refiere que en la construcción, de líneas áreas de distribución de energía eléctrica, se utilizan casi exclusivamente conductores metálicos desnudos, que se obtiene mediante cableados de hilos metálicos alrededor de un hilo central. Los metales utilizados en la construcción de líneas aéreas deben poseer tres características principales:

1. Presentar una baja resistencia eléctrica.
2. Presentar elevada resistencia mecánica, a manera de ofrecer una elevada resistencia a los esfuerzos permanentes o accidentales.
3. Costo limitado.

Los metales que satisfacen estas condiciones son los siguientes:

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

**Figura 5. Conductores**



**Fuente: EPM (2015)**

#### **4.2.7. El aluminio**

Es el material que se ha impuesto como conductor de líneas aéreas habiendo sido superado en el uso con referencia a los conductores de cobre, además ayudando con un precio menor y ventajas de menor peso en la capacidad de carga. Romero (2010).

Continúa asegurando este autor que los conductores en base de aluminio utilizados en la construcción de líneas aéreas se presentan de la siguiente forma:

- Cables homogéneo de aluminio puro (AAC)
- Cables homogéneos de aleación de aluminio (AAAC)

- Cables mixtos aluminio acero (ACSR)
- Cables mixtos aleación de aluminio acero
- Cables aislados de neutro portante (cables pre ensamblados)

Los conductores de aluminio son muy usados para exteriores en líneas de transmisión y distribución para servicios pesados en subestaciones debido a:

- Es muy ligero tiene la mitad del peso del cobre para la misma capacidad de corriente.
- Es altamente resistente a la corrosión atmosférica.
- Puede ser soldado con un equipo especial de suelda cadwel.

Principales desventajas del aluminio son:

- Posee una menor conductividad eléctrica, con respecto al cobre.
- Se forma en su superficie una película de óxido que es altamente resistente al paso de la corriente por lo que causa problemas en juntas de los contactos.

**Tabla 1. Conductor ACSR**

<b>CONDUCTOR ACSR</b>	
<b>Descripción</b>	Conductores de aluminio 1350 H16, reforzado con un alma de acero colocada en la parte central del conductor.
<b>Usos</b>	En líneas aéreas de transmisión de energía de media y alta tensión.
<b>Normas de fabricación</b>	A) NTP 370-258 B) ASTM B232
<b>Calibre</b>	16mm <sup>2</sup> -500mm <sup>2</sup> 6AWG-1131MCM

**Fuente: García Rodríguez (2017)**

### **4.3. Parte mecánica.**

En esta fase se procede a conceptualizar los equipos que está utilizando para construir e implementar un campo de entrenamiento de redes de distribución de alto y medio voltaje mediante parámetros y normas del sector eléctrico de la EEQ en el Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva.

#### **4.3.1. Los Postes de mediciones.**

Son considerados la columna vertebral de las redes de distribución eléctrica, se utilizan como apoyo de los armados de media y baja tensión. Además sirven para dar la altura adecuada a los conductores de la red de distribución. Se pueden clasificar según su resistencia, longitud o material de construcción. Los postes se seleccionan dependiendo de la resultante de fuerzas que va a soportar, es así como un poste con varios armados, con un transformador o con un armado en anclaje necesita tener mayor resistencia. La velocidad del viento también se tiene en cuenta en el momento de calcular las fuerzas a las que estará expuesta el apoyo.

#### **4.3.2. Los Conductores.**

García y Rodríguez (2017) exponen “que son los encargados del transporte de energía desde las subestaciones de distribución hasta las subestaciones tipo poste. Son el elemento más delicado de todo el conjunto en las redes de distribución ya que dependiendo del buen estado de estos así será la calidad en el servicio de energía. Los cables usados como conductores en redes aéreas deben cumplir con todas las especificaciones establecidas. Todos los cables usados actualmente son de aluminio o aleaciones de aluminio. El uso de conductores en cobre se ha reducido debido al incremento en los costos de este elemento y a la cantidad de robos que se presentaban. Se usan conductores desnudos para circuitos primarios o de media tensión, son cables de aluminio ACSR y aleación de aluminio. Para circuitos secundarios se pueden usar cables desnudos pero principalmente se están implementando los conductores forrados trenzados compuestos por cables en fases y en neutro, con el fin de evitar la manipulación de las líneas por parte de terceros. Para conductores desnudos ACSR usados en distribución de media tensión el calibre mínimo será el #2 AWG aunque el calibre más usado actualmente

es el 1/0 AWG. Para red trenzada en distribución secundaria el calibre mínimo usado es el 1/0 AWG.

#### **4.3.3. Crucetas.**

Son la estructura que va anclada a los postes por medio de herrajes, sobre estas se colocan los aisladores, dependiendo del tipo de estructura así será la cantidad de crucetas necesarias y el tipo de aisladores que se instalaran en estas. Su función es sostener horizontalmente las líneas y cuentan con el tamaño adecuado para dar la separación mínima adecuada a cada nivel de tensión. El tipo de crucetas usado en los sistemas de distribución depende del tipo de armado, en algunos casos se hará necesaria la presencia de un herraje adicional sobre el cual vaya una de las líneas de la red para poder cumplir con las distancias mínimas de seguridad exigidas en el RETIE. En general existen dos grupos o tipos de crucetas y se diferencian debido al material con el que están hechas: crucetas de madera y crucetas metálicas. García y Rodríguez (2017 )

***Figura 6. Crucetas***



***Fuente propia: Quimbita (2017)***

#### **4.3.4. Herrajes.**

Son todas las partes metálicas presentes en cada tipo de estructura cuya función es fijar o asegurar todos los materiales usados en el poste y entre estos mismos. Se refiere a los herrajes en su apartado: “Se consideran bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores a la estructura, los de fijación del conductor al aislador, los de fijación de cable de guarda a la estructura, los de fijación de las retenidas (templetes), los elementos de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor, como conectores, empalmes, separadores y amortiguadores. García y Rodríguez .(2017)

***Figura 7. Herrajes***



***Fuente propia: Quimbíta (2017)***

#### **4.3.5. Equipos de seccionamiento.**

Son redes de distribución eléctrica sirven para establecer y/o delimitar zonas de trabajo y para proteger el sistema en caso de una falla. En distribución se usan como equipos de seccionamiento cortacircuitos, switches, interruptores y reconectores, principalmente.

**Figura 8. Equipos de seccionamiento**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### **4.3.6. Transformadores.**

En los sistemas de distribución todos los transformadores son usados para reducir los niveles de tensión de la energía eléctrica en ese punto. Las relaciones de transformación de tensión más comunes en distribución son las presentadas. Para las transformaciones de media tensión a baja tensión se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 25 - 37.5 - 50 - 75 kVA y transformadores trifásicos.

**Figura 9. Transformadores.**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### **4.3.7. Armado de media Tensión.**

Se le llama armados al conjunto de crucetas, aisladores y herrajes que se instalan en un poste. Las principales características que diferencian a los armados son la cantidad de crucetas y el tipo de aisladores. La cantidad y tipo de armados que se instalen en un apoyo define el tipo de estructura y la función que va a tener ese punto dentro del sistema.

***Figura 10. Armado de media tensión***



*Fuente propia: Quimbita (2017)*

#### **4.3.8. Armado de alineación.**

Este armado se utiliza cuando el conductor de la red forma un ángulo de  $0^\circ$  a  $5^\circ$  al pasar por el punto o apoyo donde se va a instalar el armado. Los armados en alineación cuentan, básicamente, con una cruceta, herrajes y 3 aisladores line post

***Figura 11. Armado de alineamiento***



*Fuente propia: Quimbita (2017)*

#### **4.4. PROCEDIMIENTO – METODOLOGÍA**

##### **4.4.1. Diseño.**

El presente proyecto se encuentra bajo normativas reguladas por la empresa eléctrica Quito, esto con el propósito del cumplimiento de estándares mínimos tanto del proyecto como del espacio en el cual se va a implementar; algunas normativas se exponen a continuación.

##### **4.4.2. Elementos principales en una línea aérea de transmisión:**

- Aisladores Vidrio-porcelana.
- Hule sintético.
- Postes de cemento, madera, acero.
- Seccionadores fusibles, cuchillas, interruptores.
- Conductores.
- Banco de capacitores.
- Apartarrayos.

##### **4.4.3. Puesta en tierra.**

Se instalarán varillas para tierra en aquellos postes que indiquen en las hojas de estacado, como también en la instalación de equipos. La varilla para tierra deberá instalarse en tierra inalterada a una distancia de 60cms de la superficie del poste y su extremo superior deberá quedar a 30cms debajo del nivel del terreno.

El cable de tierra deberá ser sujeto al poste con grampas cada 60cms, excepto por los primeros 2.5m arriba de la tierra y los 2.5m debajo de la punta del poste donde debe haber una distancia de 15 cm entre grampas. Para postes de concreto se utilizará el tubo PVC instalado en la pared del poste.

La conexión entre la varilla de tierra y el neutro será hecha con un tramo continuo de conductor e instalada en la manera más corta y directa posible, de acuerdo con los dibujos técnicos.

Todo equipo tendrá por lo menos dos (2) conexiones desde el armazón, caja o tanque, hasta el conductor neutro multiaterrado.

El equipo de tierra, cables neutros, y equipo protector de sobrevoltaje serán interconectados y adheridos a un cable común a tierra

#### **4.4.4. Armado de Estructuras.**

El diseño de los diferentes tipos de estructuras se muestra en los anexos del pliego de especificaciones. Todas las estructuras quedarán bien acabadas y se armarán de acuerdo con los detalles mostrados en los diseño.

Se deberá cuidar de armar las estructuras usando los agujeros correctos del poste para cada montaje en particular. Deberá, el contratista, en todos los casos armar las estructuras antes de la erección del poste.

Las tuercas, contratuercas y arandelas de presión deben ser apretadas adecuadamente. Las estructuras que vayan en ángulo deben quedar alineadas con la bisectriz del mismo.

Se deberá instalar una contratuerca con cada, tuerca de ojo, u otro tipo de asegurador en todos los pernos o ferretería de rosca tales como espiga de aisladores, pernos aislador rodillo, pernos toda rosca, etc. Los pernos que por sobresalir más de 5 centímetros, dificulten la instalación apropiada de tuercas de ojo, aisladores, etc., y no se disponga de pernos que puedan ser suministrados en un plazo relativamente corto, deberán ser cortados a la longitud necesaria (bajo aprobación del Supervisor), y los cortes deberán ser pintados con anticorrosivo.

A los postes se les deberá perforar en el campo únicamente los agujeros necesarios para instalar los pernos que correspondan a cada montaje. No se aceptaran postes que cuenten con agujeros más de los necesarios, con la excepción de los agujeros hechos en la fábrica antes del tratamiento. Los aisladores al instalarse, deben limpiarse completamente de polvo, basura, etc., con el fin de evitar al máximo las probabilidades de arcos eléctricos por contaminación

**Figura 12. Armado de estructuras**



*Fuente propia: Quimbita (2017)*

#### **4.4.5. Erección de postes.**

Los agujeros en el suelo que alojaran a los postes, deben ser suficientemente amplios como para permitir el uso de apisonadoras para compactar el terreno alrededor del poste en toda su profundidad. En terrenos inclinados (laderas) la profundidad del agujero siempre será medida desde el lado más bajo del borde del mismo. La longitud mínima de empotramiento de los postes de distribución será como sigue:

**Tabla 2. Erección de postes**

Altura Postes Mtrs	Empotramiento en tierra Mtrs	Empotramiento en concreto Mtrs
8,50	1,45	1,25
9,00	1,50	1,30
10,00	1,60	1,40
10,50	1,65	1,45
11,00	1,70	1,50
12,00	1,80	1,60
12,50	1,85	1,65
13,50	1,95	1,75

*Fuente: García Rodríguez (2017)*

Para la instalación de equipos y transformadores se deberán utilizar postes de concreto. Los cuáles serán instalados en línea recta de tal manera de que las crucetas se alternen con las caras en direcciones opuestas, excepto en los fines de línea donde los dos últimos tendrán la cruceta en dirección del fin de línea. En curvas los últimos tres postes tendrán la estructura en dirección de la curva. En esquinas y ángulos los últimos postes tendrán las crucetas en dirección de la esquina o el ángulo. En terreno inclinado se deben colocar las crucetas en dirección cuesta arriba: cada poste debe quedar y mantenerse en forma vertical con un ángulo de 90 grados. Después de colocados y alineados debidamente, los agujeros se rellenarán con material adecuado y serán bien compactados en capas sucesivas de no más de 15 cm de espesor.

**Figura 13. Erección de postes**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### **4.4.6. Anclajes.**

Todas las anclas y varillas deberán estar en línea con la tensión y deberán estar instaladas de tal manera que aproximadamente 6 pulgadas (152mm) de la varilla permanezcan fuera del suelo. En campos de cultivos y otros lugares, cuando se considere necesario, la proyección de la varilla del ancla por sobre la superficie de la tierra podrá ser incrementada hasta un máximo de 12 pulgadas (305mm) a fin de evitar el aterrado del ojo de la varilla. El relleno de todos los agujeros del ancla tiene que ser cuidadosamente apisonado en su total profundidad. Después de colocar en su lugar un ancla de cono, el agujero deberá ser rellenado con grava gruesa dos pies (610mm) por encima del ancla, apisonando durante el relleno. El resto del



#### **4.4.7. Tendido de conductores.**

Cada carrete de conductor deberá ser examinado y el cable inspeccionado en busca de cortaduras, dobleces u otros daños. Las porciones dañadas deberán ser cortadas y eliminadas empalmado luego el conductor. Los conductores deberán ser manejados con cuidado. El contratista evitará en todo momento que el conductor sea arrastrado por el suelo o sobre otros objetos (cercas, portones, etc.) y que sea aplastado por vehículo o pisoteado por personas o ganado. Los espaciadores triangulares serán instalados a una distancia entre ellos de 9 – 12 m en los fines de línea y de tensión y a 7- 9 metros en las líneas de paso.

A su vez, los conductores se tenderán utilizando poleas o carrocinas (roldanas) previamente colocadas, por las cuales se deslizará el conductor, y se tendrá especial cuidado de que a éste no se le ocasionen raspaduras ni se le retuerza. Si los conductores se dañan por mal manejo o utilización de mordazas inadecuadas, el contratista tendrá que repararlos o reemplazarlos, por su cuenta, de manera satisfactoria para el supervisor. Todas las reparaciones deberán ser efectuadas antes del tensado de los conductores. El conductor neutro en las redes compactas ecológicas, se instalara como línea portante y como neutro de acuerdo a los diseños establecidos en este manual de estructuras. El conductor neutro deberá ser mantenido a un lado del poste (al lado del camino, con preferencia) para construcción tangente y para ángulos que no excedan de 30°. Con los espaciadores triangulares, los conductores deberán ser atados en la ranura superior del espaciador con ayuda del anillo elastómero.

***Figura 15. Tendido de conductores***



***Fuente propia: Quimbita (2017)***

#### **4.4.8. Tensado de conductores.**

Una vez tendido el conductor se utilizará la tabla de flechado inicial para darle la tensión definitiva dentro de las cuatro horas. Los conductores se tensarán siguiendo el procedimiento y las gráficas o tablas que suministre el supervisor. Los conductores serán flechados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del conductor. En caso de que el supervisor dude de la tensión que se le haya dado a algún tramo de la línea o si considera que las flechas no son las adecuadas, podrá ordenar al contratista la comprobación por el método del tiempo de desplazamiento de onda que se produce en el conductor por un tirón. En todo momento del proceso de tensado, el contratista deberá consultar los datos proporcionados por el supervisor. Después de dársele la tensión definitiva, los conductores colgarán de los carrocinés o roldanas como mínimo dos horas antes de ser amarrados a los aisladores, para permitir que se igualen las tensiones en los diferentes vanos del tramo a tensar. En la operación de halado y tensado, el contratista deberá tener personal suficiente en la obra para vigilar este trabajo.

***Figura 16. Implementación de materiales***



***Fuente propia: Patricio (2017)***

#### **4.4.9. Amarre de conductores**

Los conductores serán amarrados a los espaciadores angulares y a los aisladores mediante el anillo de goma. También se instalará las mallas preformadas diseñadas para cada caso que corresponda. Para la red de Baja Tensión se utilizarán los kits de suspensión y kits de retención.

***Figura 17. Amarre de conductor***



***Fuente propia: Quimbita (2017)***

#### **4.5. Construcción.**

Los campos de entrenamiento están enfocados en brindar la preparación necesaria para garantizar que el personal técnico adquiera conocimientos técnicos en la ejecución de procedimientos especializados bajo normativas de alta calidad, es esta línea, los requerimientos técnicos son importantes, entre ellos podemos mencionar los siguientes:

El mantenimiento eléctrico está enfocado en labores rutinarias, esto con énfasis en la labor interactiva que debe realizar el equipo de ejecución y grupo de inspección, todo esto basado en la valoración de las condiciones de los equipos. Además, el diagnóstico del equipo eléctrico ofrece herramientas básicas para la toma de decisiones en cuestiones de mantenimiento y operación a partir de resultados experimentados realizados de manera sistemática. El análisis de sistema de

potencia proporciona información con la finalidad de definir criterios en el desarrollo de estudios para comprender el análisis de un sistema de potencia, esto con fines cualitativos para la mejora en los diseños de sistemas eléctricos en lo referente a operación y mantenimiento. El entrenamiento sobre equipos especializados tiene como objetivo proveer conocimientos sobre áreas de operación y mantenimiento en los equipos eléctricos en maniobras de protección.

Además, algunos aspectos de orden técnico que se deben tomar en cuenta están en el orden de las siguientes variables: Análisis y cuadros de cargas iniciales, futuros análisis de cortocircuito, fallas a tierra. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos, análisis de coordinación de aislamiento eléctrico, análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos, nivel de tensión requerido, cálculo de campo electromagnéticos, cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga, cálculo de sistema de puesta a tierra, cálculo económico de conductores, verificación de los conductores, cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos, cálculos de pérdidas de energía, elaboración de planos y esquemas eléctricos para la construcción, distancias de seguridad requeridas y, cálculo mecánico de estructuras.

#### **4.5.1. Implementación**

El presente proyecto se ha implementado en las instalaciones del Instituto Tecnológico Vida Nueva para estudiantes de la carrera en el área de electromecánica. El campo de entrenamiento que se implementa está enfocado en la realización de la práctica en el área de sistemas de distribución, además de poner en práctica conocimientos de orden teórico, metodológico en la carrera de electromecánica, como tal, los mismos, que será un complemento para la formación profesional de los estudiantes de esta área, en la misma, el proyecto permitirá poner en práctica pequeños proyectos de electricidad enmarcados en la formación académica. La implementación de este tipo de innovaciones prácticas en el campo de la formación académica de los estudiantes permite elevar la calidad en la formación de profesionales en el área de la electromecánica. La formación práctica

de los estudiantes en la rama de la eléctrica eleva los estándares de formación profesional para el desenvolvimiento profesional que demanda la academia técnica.

La obra del campo de entrenamiento está ubicada en un lugar estratégico que no afecte en el área ambiental, como se observa en el( anexo 1)

**Figura 18. Implementación de materiales**



**Fuente propia: Quimbita (2017)**

#### **4.5.2. Excavación para postes de hormigón 9 metros**

Las medidas aplicadas en la excavación y colocación de postes se pueden observar en el (Anexo 3).

Profundidad de enterramiento.

$$t= D +0.1m$$

$$D=H/10+0,6m$$

Donde

T profundidad de cimentación.

D profundidad de enterramiento de poste.

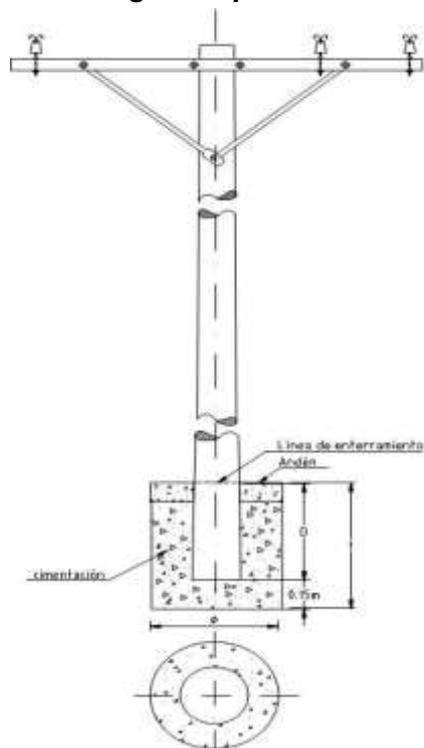
H altura de poste.

**Figura 19. Excavación para postes de hormigón**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

**Figura 20. Diagrama poste de hormigón.**



*Fuente: Barroso (2015)*

#### 4.5.3. Colocación postes de hormigón de 9 m

En el Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva bajo normas y reglamentos de EEQ, utilizar una grúa mecánica de 2 toneladas para la colocación de postes.

**Figura 21. Colocación de postes de hormigón**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### 4.5.4. Alineación de postes

Alinear postes de hormigón bajo los parámetros y normas de la Empresa Eléctrica Quito, la colocación está basado en medidas específicas como se observa en el anexo 2

**Figura 22. Alineamiento de postes**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### **4.5.5. Compactación de postes de hormigón.**

Compactar los postes con material tierra, piedra etc. Los postes deben estar muy bien fijados y compactados para evitar caídas en procesos de ascenso y descenso de la colocación de redes de medio y bajo voltaje.

***Figura 23. Compactación de postes de hormigón***



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### **4.5.6. Montajes de estructuras y aisladores**

Montar estructuras en cada uno de los postes respetando los procedimientos de seguridad, además empleando los reglamentos de la Empresa Eléctrica Quito para el montaje de estructuras.

***Figura 24. Montajes de estructuras***



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

**Figura 25. Montaje de aisladores.**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### **4.5.7. Montaje porta cargadores de transformador**

Colocar la porta cargadores en hierro U para los transformadores trifásicos según las normas de la EEQ. Considerarla la distancia de seguridad entre las líneas de media tensión para simular la prevención de cortocircuitos. Las distancias son consideradas con las medidas que se observan en el (Anexo 2).

**Figura 26. Montaje porta cargadores de transformador**



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### 4.5.8. Tendido de línea de media tensión

Colocar línea de media tensión en los aisladores, utilizando un tecele y una mordaza de agarre, además que las líneas se encuentren sujetos a los aisladores por medio de alambres de amarre.

***Figura 27. Tendido de línea de media tensión***



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

***Figura 28. Sujeción de línea***



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### **4.5.9. Montaje seccionadores fusibles.**

Montar los seccionadores y porta fusibles en la parte superior de los postes y sujetar con pernos M12, considerando su altura permitida como se observa en el (Anexo 3).

***Figura 29. Seccionadores fusibles***



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

***Figura 30. Conductor de aluminio seccionador fusibles***



*Fuente propia: Quimbíta (2017)*

#### 4.5.10. Montaje transformador.

Colocar el elemento con mucho cuidado en el centro de la torre de transformación, sujetando con alambre de amarre galvanizado para evitar la inclinación sobre los ángulos de soporte.

**Figura 31. Montaje Transformador**



*Fuente propia: Quimbita (2017)*

#### 4.5.11. Colocación de capaceta.

- Colocar la capaceta de baja tensión sujetando con pernos de  $\frac{1}{2}$  de 5".
- Colocar las bases porta fusibles sujetado con pernos 9/16 de 2".
- Colocar fusibles NH en las bases porta fusibles como se observa en la (figura32)

**Figura 32. Colocación de capaceta**



*Fuente. Propia: Quimbita (2017)*

#### 4.5.12. Tendido de conductor de baja tensión

Armar Rack de 4 vías, con abrazaderas simples y colocar los aisladores de rodillos. Estos rodillos permiten la sujeción y la tensión de los conductores de las redes de baja tensión como se observa en la (figura 33).

***Figura 33. Tendido de conductor de baja tensión***



***Fuente propia: Quimbita (2017)***

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La construcción y diseño del campo de entrenamiento del sistema eléctrico permitirá a los estudiantes de la carrera de Electromecánica del Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, aplicar sus conocimientos en áreas específicas de la carrera como: circuitos de distribución de líneas de media y baja tensión en el sistema eléctrico.
- El conocimiento teórico durante la implementación del campo de entrenamiento permite poner en práctica conocimientos y complementar la teoría-práctica en la carrera de electromecánica.
- El campo de entrenamiento está enfocado en estudiar y valorar el espacio físico y eléctrico actual del sistema de distribución de redes eléctricas para el bajo impacto ambiental.
- Se implementó correctamente el diseño propuesto en el campo para que los estudiantes puedan desarrollar la práctica de ascenso, descenso, mantenimiento de redes y postes, de esa forma comprobar que todos sus elementos se encuentran en condiciones favorables.

## **Recomendaciones:**

- Aplicar un plan de mantenimiento para las redes de medio voltaje y un cambio de fusibles en la revisión técnica basado en las normas de la Empresa Eléctrica Quito.
- Aplicar el equipo de protección personal (EPP), en especial las trepadoras y el casco de barboquejo cuando los estudiantes realicen práctica en el campo de entrenamiento de líneas de media y baja tensión.
- El desarrollo de pequeños proyectos en la carrera de electromecánica se deben desarrollar en el campo de entrenamiento con el fin de innovar para el surgimiento de la carrera.
- Para genera una actividad o practica en el sistema de redes de medio voltajes en jornadas nocturnas se debe aplicar un sistema de iluminación extra para evitar accidentes al instante de generar tendidos nuevos.

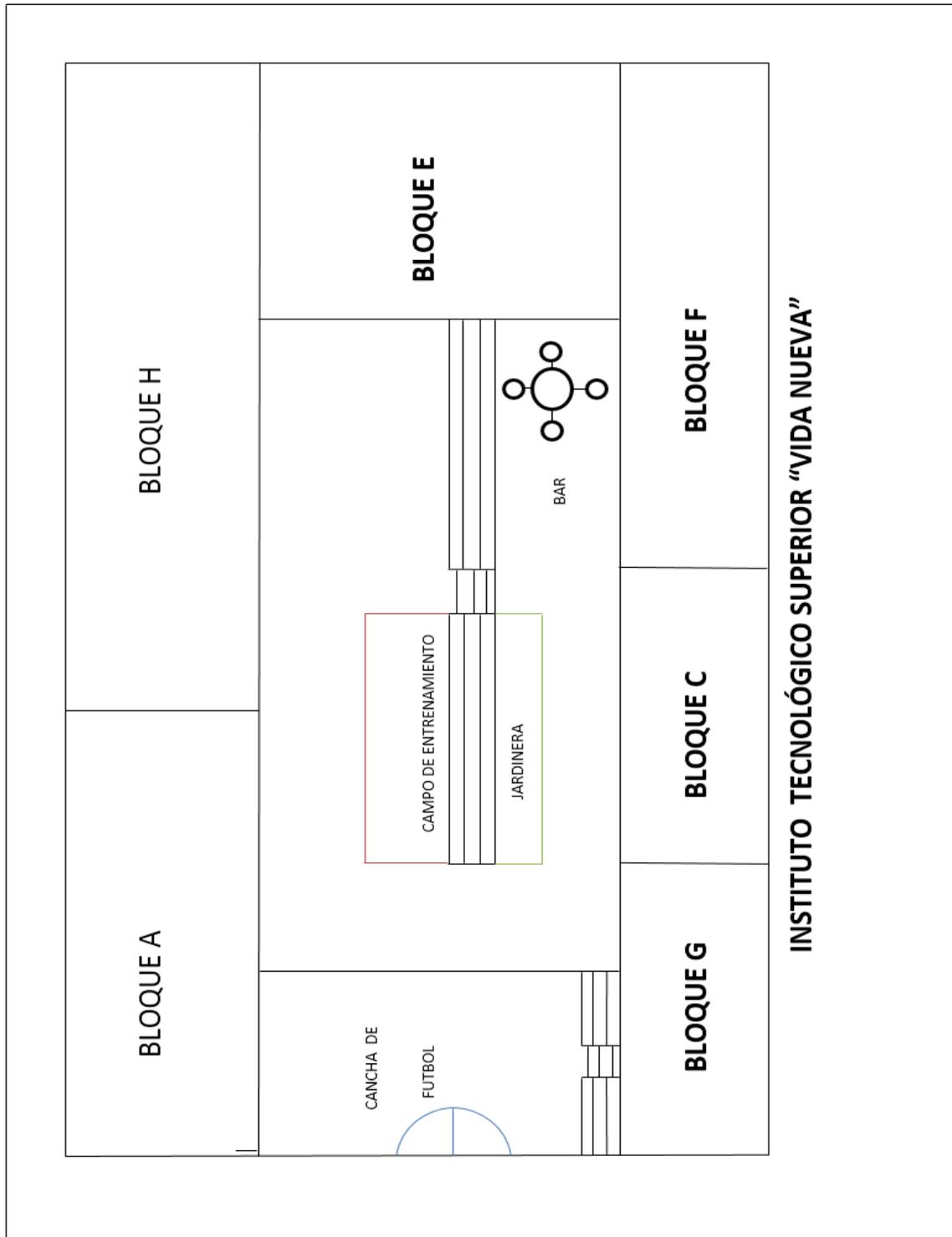
## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2017). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Agencia de Regulación y Control de Electricidad.
- Asamblea Nacional, & LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA. (16 de enero de 2015). *LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA*. Obtenido de <http://www.iner.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/05/LOSPEE.pdf>
- Basantes, M. (2008). *Diseño de la Red de Distribución Eléctrica del barrio "La Garzota", Parroquia Chillotallo*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6549/1/UPS-KT00314.pdf>
- Bejarano R & Moreno, L. (septiembre de 2013). Avances en la formación de linieros y propuesta de un Sistema Emulador para prácticas de entrenamiento en Línea Viva. *Redes de Ingeniería*, 4(Edición Especial), 74-85.
- Burbano, P. (13 de Mayo de 2013). *Didactica.com* . Recuperado el 11 de Marzo de 2014, de <http://www.didactica.com/recursos/reciclaje>
- Burbano, P. (2014). *Proyectos*. Quito: Vida Nueva .
- CEAC. (2017). *Efecto corona*. Obtenido de <https://www.ceac.es/blog/efecto-corona-en-lineas-de-transmision>
- Crusher,A. (2017). *Postes de Hormigón*. Obtenido de <http://alutec.eu/crusher/7376/postes-concreto-concepto.html#>
- García A & Rodríguez J. (2017). *Cálculo de la tensión mecánica y parámetros del cable conductor y cable de guardia, para el diseño de líneas de transmisión por medio de la ecuación de cambio de estado utilizando hoja de cálculo*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/7762/CALCTENSION.pdf?sequence=1>
- Grupo EPM. (2015). *Especificación técnica aisladores eléctricos tipo pin porcelana, suspensión porcelana, line post, poliméricos de suspensión y pin carretes y tensores*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/Especificaciones Tecnicas/Aisladores/ET%20Aisladores%20V2%20mayo%2026%20de%202015.pdf>
- Harper, G. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. Limusa.

- Machuca, C. (2016). *Aisladores*. Obtenido de [http://distribuciondeenergiaelectricacris.blogspot.com/2016\\_08\\_29\\_archive.html](http://distribuciondeenergiaelectricacris.blogspot.com/2016_08_29_archive.html)
- Ordoñez, G. (2013). *Generación de energía eléctrica y las emisiones de CO2: una aplicación para Ecuador periodo 1971-2011*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Pérez, A. (2010). *Diseño de laboratorio para prácticas en Media Tensión para la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de : [de:https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/310/16/UPS-CT001697.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/310/16/UPS-CT001697.pdf)
- Quezada, J. (2005). *Metodología de Construcción de Líneas de Transmisión Eléctrica*. Chile.
- Romero, J. (2010). *Guía práctica para el diseño y proyecto de líneas de transmisión de alta tensión en Chile*. Obtenido de: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-romero\\_jh/pdfAmont/cf-romero\\_jh.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-romero_jh/pdfAmont/cf-romero_jh.pdf)
- varios. (2012). *Libro básico de electrico: electromecanica* . quito: tienda de elementos electricos.
- Vasquez, P. (2013). Universidad de Cuenca Ecuador sistemas de distribución manual eléctrico media y baja tensión. Obtenido de : [sihttps://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/EspecificacionesTécnicas/Aisladores/ET%20Aisladores%20V2%20mayo%2026%20de%202015.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/EspecificacionesTécnicas/Aisladores/ET%20Aisladores%20V2%20mayo%2026%20de%202015.pdf)
- Vásquez, P. (2013). *Parametrización, control, determinación y reducción de pérdida de energía en base a la optimización en el montaje de estaciones de transformación en la Provincia de Morona santiago* . Obtenido de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/423/1/Tesis.pdf>

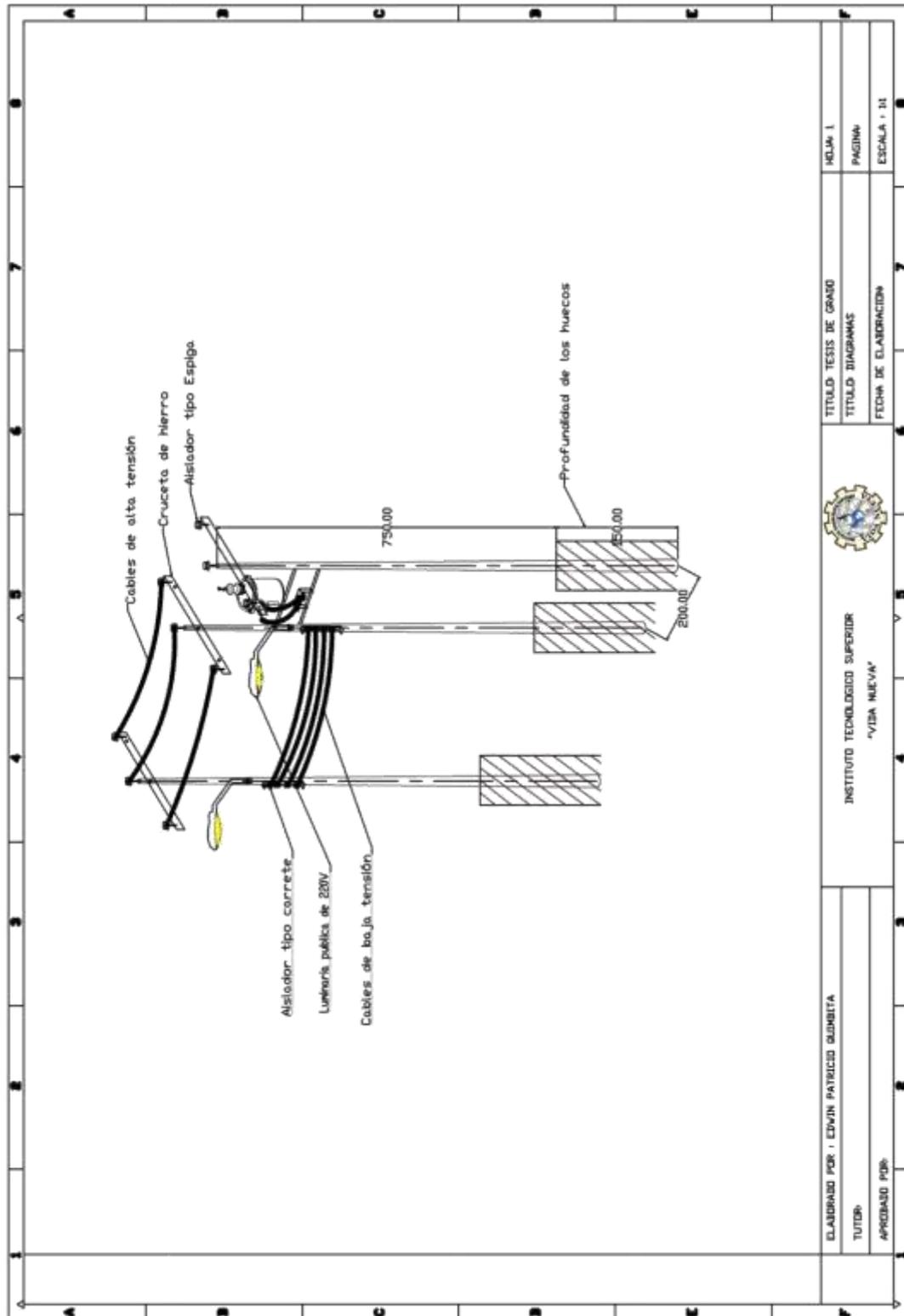
## ANEXOS 1

- Diseño del plano arquitectónico donde se implantara el campo de entrenamiento de líneas de media y baja tensión.



## ANEXO 2

- Montaje de estructuras aisladores, tendido de línea de media tensión



### ANEXO 3

- Implantar postes de hormigón armado.

