

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
ADECUACIÓN DE RED ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN EL
MUNICIPIO DE PUERTO LIBERTADOR CÓRDOBA

JULIO CESAR MUÑOZ HERRERA

FRAYN STEEVENS MONSALVE PABÓN

Ingeniero Eléctrico

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA

FECHA

MARZO 2022

**ADECUACIÓN DE RED ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSION EN EL
MUNICIPIO DE PUERTO LIBERTADOR CÓRDOBA**

JULIO CESAR MUÑOZ HERRERA

Autor

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

ING. FRAYN STEEVENS MONSALVE PABÓN

Ingeniero Eléctrico

DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,

SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PAMPLONA N. DE S. – PAMPLONA

FECHA

MARZO 2022

Agradecimientos

A mis padres, hermanas y tía que estuvieron en cada momento que los necesite, brindándome apoyo incondicional para motivarme a ser mejor cada día y no rendirme ante las adversidades, también a mis compañeros y amigos con los cuales se pasaron momentos buenos y malos en donde quedaron muchas experiencias que en definitiva ayudaron al crecimiento personal y profesional.

De antemano agradezco a todo el cuerpo docente de la universidad de Pamplona por toda la dedicación dada, por compartir sus conocimientos para prepararse y ayudarme a crecer como ingeniero.

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Instalación de Redes Eléctricas de Media Tensión y Baja Tensión	15
1.1 Introducción	15
1.2 Planteamiento y Justificación	16
1.2.1 Planteamiento del Problema	16
1.2.2 Justificación	17
1.3 Antecedentes	17
1.3.1 Antecedentes Nacionales	18
1.3.2 Antecedentes Internacionales	18
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20
1.5 Acotaciones	20
1.6 Legislación	20
1.6.1 Marco Nacional e Institucional	21
1.6.2 Marco Internacional	23
Capítulo 2. Estado del Arte de Instalación de Redes Eléctricas de Media Tensión y Baja Tensión	24
2.1 Historia de la Distribución de la Energía Eléctrica	24
2.2 Sistema Eléctrico Colombiano	26

2.3	Sistema Interconectado Nacional.....	27
2.4	Sistema de Transmisión Nacional.....	28
2.5	Sistema de Distribución de Energía Eléctrica.....	29
2.6	Clasificación de los Niveles de Tensión de Energía Eléctrica.....	30
2.6.1	Redes Eléctricas de Alta Tensión	30
2.6.2	Redes Eléctricas de Media Tensión.....	30
2.7	Elemento de las Redes Eléctricas de Media Tensión.....	30
2.7.1	Postes	31
2.7.2	Conductores	31
2.7.3	Crucetas	32
2.7.4	Aisladores	33
2.7.5	Herrajes.....	33
2.7.6	Equipo de Seccionamiento	34
2.7.7	Protecciones Cortocircuito	34
2.7.8	Transformadores de Distribución	35
2.8	Configuración en Bandera Para Redes de Media Tensión.....	36
2.9	Redes de Distribución de Baja Tensión	37
2.10	Configuración Especial Para Redes de Baja Tensión	37
2.11	Clasificación de las Redes Eléctricas de Distribución Según su Ubicación Geográfica.....	38

2.11.1	Redes Eléctricas de Distribución en Zonas Urbana.....	38
2.11.2	Redes Eléctricas de Distribución en Zonas Rurales	39
2.11.3	Redes Eléctricas de Distribución en Zonas Turísticas.....	39
2.12	Clasificación de las Redes Eléctricas de Distribución Según su Tipo de Carga	40
2.12.1	Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Residenciales	40
2.12.2	Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Comerciales	40
2.12.3	Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Industriales.....	41
2.12.4	Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas de Alumbrado Público	41
2.12.5	Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Mixtas	41
2.13	Retenidas	41
2.14	Sistema de Puesta a Tierra (PAT)	42
2.14.1	Selección del Conductor a Tierra	42
2.15	Distancias Mínimas de Seguridad en Zonas con Construcciones	43
Capítulo 3. Implementación de las Líneas de Media y Baja Tensión.....		44
3.1	Cronograma de Ejecución.....	44
3.2	Inspección del Terreno.....	45
3.3	Replanteo del Proyecto	46
3.4	Presupuesto del Proyecto	48
3.4.1	Listado y Precio Unitario de Materiales	48
3.4.1.1	Proveedor 1.....	49

3.4.1.2	Proveedor 2.....	52
3.4.1.3	Análisis	56
3.5	Costos Directos de Mano de Obra	56
3.6	Presupuesto Total del Proyecto.....	59
3.7	Transporte de Poste.....	60
3.8	Excavaciones Para Hincado de Poste	62
3.8.1	Tipos de Postes	62
3.8.2	Hincado de Poste	63
3.8.3	Cimentación.....	64
3.9	Ensamble de Armado en Poste	64
3.9.1	Verificación de Parámetros Constructivos en Armado	65
3.10	Instalación de Retenidas Para Redes de Media Tensión y Baja Tensión.....	67
3.10.1	Retenida Para Estructura Tipo Bandera Fin de Línea 13.2 kV Configuración Especial	67
3.11	Estructura Tipo Bandera Para Conductores de Media Tensión	69
3.11.1	Instalación de Conductor Para Media Tensión.....	71
3.12	Armado Para Instalación de Red Trenzada de Baja Tensión	72
3.12.1	Instalación de Conductor Para Baja Tensión.....	74
3.13	Instalación de Transformadores	75

3.13.1	Centro de Transformación Conectado a Red Media Tensión Tipo	
	Configuración Especial, Transformador Convencional Monofásico 13.2 kV	75
3.13.2	Conexión del Transformador a la Red de Baja Tensión.....	78
3.13.3	Conexión a la Línea Aérea de Media Tensión	78
3.14	Acople de Red Nueva al Sistema Eléctrico.....	80
3.15	Verificación de Parámetros Constructivos en la Obra.....	81
3.16	Análisis de Objetivos	81
3.17	Impactos	83
3.17.1	Impactos Económicos.....	83
3.17.2	Impacto Ambiental	85
3.17.3	Impacto Social	86
3.18	Resultados	87
3.19	Conclusiones	88
3.20	Bibliografía.....	89
3.21	Anexos.....	91

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1. Sistema interconectado nacional.....	28
Ilustración 2. Sistema de transmisión nacional.....	29
Ilustración 3. Carga de postes.	31
Ilustración 4. Conductores instalados.	32
Ilustración 5. Crucetas utilizadas en el proyecto.	32
Ilustración 6. Aisladores de porcelana.	33
Ilustración 7. Herrajes utilizados en el proyecto.....	33
Ilustración 8. Seccionadores.	34
Ilustración 9. Transformador de distribución.....	36
Ilustración 10. Crucetas en configuración bandera.....	36
Ilustración 11. Configuración especial para redes en baja tensión.	38
Ilustración 12. Retenidas en configuración poste auxiliar.....	42
Ilustración 13. Esquema de distancias mínimas.	43
Ilustración 14. Operarios realizando inspección del terreno.....	46
Ilustración 15. Plano original entregado por el cliente.	47
Ilustración 16. Plano rediseñado.	48
Ilustración 17. Esquema de cargue de postes dados por Afinia.....	60
Ilustración 18. Transporte de postes.	61
Ilustración 19. Operario realizando excavaciones.	63
Ilustración 20. Hincado de postes en el terreno.	63
Ilustración 21. Cimentación de postes realizada por un operario.	64
Ilustración 22. Esquema de configuración bandera.	66

Ilustración 23. Operario instalando estructura en configuración bandera.	66
Ilustración 24. Retenida en configuración especial.	68
Ilustración 25. Instalación de la retenida en configuración especial.	68
Ilustración 26. Esquema de instalación de estructura en configuración bandera de media tensión.	70
Ilustración 27. Estructura instalada tipo bandera.	71
Ilustración 28. Operario instalando conductores de media tensión.	72
Ilustración 29. Armado para conductor de baja tensión.	73
Ilustración 30. Operario instalando armado para baja tensión.	74
Ilustración 31. Operarios realizando instalación de conductores en BT.	74
Ilustración 32. Esquema de instalación de transformador.	76
Ilustración 33. Transformador instalado.	77
Ilustración 34. Conector tipo cuña con estribo.	79
Ilustración 35. Pistola para instalación de conductores amovibles.	79
Ilustración 36. Punto de acople de la red nueva.	80
Ilustración 37. Placa de características de transformador.	86

Listado de Tablas

Tabla 1. Relación de transformadores de distribución.....	35
Tabla 2. Distancias mínimas.	43
Tabla 3. Cronograma.	44
Tabla 4. Precios dados por el proveedor 1.....	49
Tabla 5. Precios dados por el proveedor 2.....	52
Tabla 6. Comparación de precios.....	56
Tabla 7. Costos de mano de obra.	57
Tabla 8. Presupuesto.	59
Tabla 9. Elementos necesarios para la instalación de retenidas.....	69
Tabla 10. Elementos necesarios para estructura tipo bandera.	71
Tabla 11. Elementos necesarios en armado para baja tensión.	73
Tabla 12. Elementos necesarios para la instalación de transformadores.	77
Tabla 13. Impacto económico.....	81
Tabla 14. Costos por fallos.	84

Listado de Anexos

Anexo 1. Inspección en terreno.	91
Anexo 2. Transporte de postes.....	91
Anexo 3. Descargue de postes.	92
Anexo 4. Hincado de poste.	92
Anexo 5. Cimentación de poste.	93
Anexo 6. Transporte de material.....	93
Anexo 7. Instalación de armado.....	94
Anexo 8. Armado de retenida.	94
Anexo 9. Instalación de retenida.....	95
Anexo 10. Conductores en estructura sin tensionar.....	95
Anexo 11. fijación de línea de media tensión en cruceta.....	96
Anexo 12. Conductor de media tensión instalado en la estructura.	96
Anexo 13. Conductor de media tensión y baja tensión instalado en la estructura.....	97
Anexo 14. Fin de línea.....	97
Anexo 15. Instalación de transformador.....	98
Anexo 16. Conexión de transformador a red de media tensión.....	98
Anexo 17. Transformador instalado.	99
Anexo 18. Red de media tensión y baja tensión instalada.....	99

Resumen

En los últimos años se han reflejado una serie de problemas con las redes de distribución eléctrica de media tensión y baja tensión, que dejan pérdidas de energía e inconformidad en muchos de los usuarios en la zona Caribe colombiana que se encontraba a cargo del antiguo operador del servicio de energía eléctrica Electricaribe S.A.S, estas pérdidas se ven reflejadas en la redes convencionales que ya superan el tiempo y la capacidad para las que fueron construidas, en donde además son redes fáciles de manipular por terceros dándoles la posibilidad de cometer fraudes, por lo cual el nuevo operador del servicio de energía eléctrica Afinia S.A.S ha requerido actualizar muchas de las redes ya existentes, con la intención de buscar medidas que mejoren el servicio de distribución de energía eléctrica.

Con estas medidas tomadas por Afinia S.A.S se busca mejorar el servicio de energía eléctrica a los habitantes del barrio Guadalupe, en donde la demanda de la energía eléctrica es cada vez mayor debido al crecimiento de la población e industrias que se encuentran en el sector, por lo cual se presentan fluctuaciones y bajos niveles de tensión, haciendo necesario adecuar las redes de distribución, de igual forma implementar zonas de transformación a la medida para garantizar niveles nominales óptimos en el sistema eléctrico, evitando caídas de tensión que generan alteraciones en el fluido eléctrico que se le suministra a los habitantes.

Este trabajo está dividido en tres capítulos, en el primero se encontrará información relevante al marco legal del proyecto, especificando los entes de regulación, vigilancia y reglamentación de los servicios públicos. En el segundo capítulo se encontrará el marco teórico, en dicho capítulo se plasman conceptos básicos que pondrán en contextos y permitirán entender los procedimientos del desarrollo del trabajo. En el tercer capítulo se encontrará el análisis correspondiente de las instalaciones eléctricas de media tensión y baja tensión.

Palabras claves:

Redes de distribución, energía eléctrica, pérdida de energía, fluido eléctrico, caída de tensión, regulación e instalación.

Abstract

In recent years, a series of problems have been reflected with the medium-voltage and low-voltage electrical distribution networks, which leave energy losses and dissatisfaction in many of the users in the Colombian Caribbean zone who found a load from the old operator of the electricity service Electricaribe S.A.S, these losses are reflected in the conventional networks that already exceed the time and capacity for which they were built, where they are also networks that are easy to manipulate by third parties, improving the possibility of committing fraud, for which the new operator of the electric power service Afinia S.A.S has required to update many of the existing networks, with the intention of looking for measures that improve the electric power distribution service.

With these measures taken by Afinia S.A.S, it is sought to improve the electrical energy service to the inhabitants of the Guadalupe neighborhood, where the demand for electrical energy is increasing due to the growth of the population and industries that are in the sector, for which fluctuations and low voltage levels occur, making it necessary to adapt the distribution networks, in the same way to implement transformation zones tailored to guarantee optimal nominal levels in the electrical system, avoiding potential drops that generate alterations in the electrical fluid supplied to the inhabitants.

This work is divided into three chapters, in the first you will find information relevant to the legal framework of the project, specifying the entities of regulation, surveillance and

regulation of public services. In the second chapter the theoretical framework will be found, in this chapter basic concepts that will be put into context and will allow understanding the procedures of the development of the work are reflected. In the third chapter you will find the corresponding analysis of medium voltage and low voltage electrical installations.

Keywords:

Distribution networks, electrical energy, loss of energy, electrical fluid, voltage drop, regulation and installation.

Marco Legal

Capítulo 1. Instalación de Redes Eléctricas de Media Tensión y Baja Tensión

1.1 Introducción

Las compañías eléctricas en la actualidad enfrentan una serie de retos para mantener constante y sin problemas el suministro de energía, para esto Afinia S.A.S hace necesario la implementación y adecuación de las redes eléctricas de distribución en muchas zonas para evitar problemas mayores e inconformidad en los usuarios que se benefician del servicio.

En el barrio Guadalupe ubicado en puerto libertador Córdoba se han presentado problemas con el servicio de energía eléctrica como lo son: interrupciones frecuentes, bajos niveles de tensión de igual forma se derivan pérdidas de energía, para esto se hace necesario implementar métodos que dan soluciones definitivas, como lo son las adecuaciones de las redes eléctricas de media tensión y baja tensión, en donde se busca adecuar las redes existentes, desarrollar nuevos tramos de líneas y disponer también de nuevos centros de transformación que suministre la energía eléctrica a los usuarios.

En el curso de este proyecto se llevará a cabo la supervisión de cada uno de los aspectos que conllevan las construcciones de redes eléctricas en media tensión y baja tensión, verificando los costos, materiales, de igual forma realizando seguimientos a los tiempos de ejecución, y finalmente llevar a cabo la verificación de las normativas vigentes que rigen y califican cada una de las partes o ítems que conforman las estructuras de las redes eléctricas, para afianzar y cumplir con lo proyectado, teniendo en cuenta que en la zona Caribe – departamento de Córdoba, todas las especificaciones se encuentran establecidas por Afinia S.A.S.

1.2 Planteamiento y Justificación

1.2.1 Planteamiento del Problema

Durante los últimos años la demanda de la energía eléctrica ha sido cada vez mayor, debido al crecimiento de las poblaciones e igualmente de las industrias, por el cual muchos sistemas eléctricos se han visto afectados con problemas como caídas de tensión, fluctuaciones de voltajes y pérdidas de energías significantes, y debido a la transición del operador de servicio de energía por Afinia S.A.S se ha visto el interés de mejorar aquello por lo que el antiguo operador de red estaba presentando problemas.

Es de mucha importancia darle solución a esta serie de problemas ya que en la actualidad gran parte de los procesos industriales al igual que las personas del común han hecho de la energía un pilar fundamental para vivir cada día, por lo tanto se hace necesario garantizar un servicio estable y de buena calidad constantemente, pero con el fin de garantizar un servicio óptimo las compañías eléctricas, en este caso Afinia S.A.S se han esforzado buscando estrategias y mejoras para mantener el correcto suministro de energía eléctrica, con bajas interrupciones y niveles de tensiones adecuados evitando alteraciones que puedan perjudicar directamente a los usuarios que se benefician del servicio y generar una mayor confiabilidad entre los mismos,

como lo es el caso de los habitantes del barrio Guadalupe de puerto Libertador Córdoba, en donde se presentan dificultades en la prestación del servicio eléctrico, por lo cual se quieren buscar alternativas para garantizar la calidad de la energía eléctrica a los habitantes del sector mencionado. ¿Es la única alternativa de mejorar la calidad del servicio a los usuarios?

1.2.2 Justificación

Con este proyecto se busca mejorar la calidad y confiabilidad del servicio eléctrico de los usuarios del barrio Guadalupe quienes presentan problemas de calidad de energía, realizando adecuación de las redes eléctricas que suministran el servicio al igual que construyendo nuevas redes que se requieran para lograr el objetivo principal y lograr la confiabilidad en los usuarios del servicio, esta serie de fallas que se presentan en el sistema se han vuelto bastante frecuentes al pasar de los tiempos debido al crecimiento de la demanda energética y a la complejidad de adecuar cada uno de los circuitos en tiempos límites, con este fin se dará inicio a la adecuación de las redes eléctricas, a fin de garantizar el suministro de manera continua acabando de esta forma con las fallas en el sector en donde se desarrollara el proyecto.

La adecuación de estas redes eléctricas son una parte fundamental en la recuperación de energía y mejoramiento continuo que se debe basados en diseños ya estipulados de redes de distribución eléctrica que cumplen con los parámetros exigidos y así garantizando los objetivos dispuestos a cabalidad, para beneficiar y lograr la confiabilidad de todos los usuarios que habitan la zona de influencia del proyecto.

1.3 Antecedentes

A lo largo de la historia las redes eléctricas de distribución han tenido un papel fundamental para el desarrollo de la humanidad, por ello este tema ha sido de gran interés por la sociedad en el transcurrir de los años.

1.3.1 Antecedentes Nacionales

(López Urrego, 2021) diseño de redes eléctricas de media y baja tensión en los departamentos de la guajira y magdalena

Resumen: En el presente informe se describen las metas propuestas al empezar y los resultados al finalizar el semestre de industria en la empresa Energizando Ingeniería y Construcción S.A.S. En esta práctica empresarial se realizó el diseño de redes eléctricas de media y baja tensión, con el fin de actualizar la infraestructura de las redes que ya se encontraban construidas en la ciudad de santa marta y algunos barrios del departamento de la guajira. Para realizar estos objetivos propuestos se siguió una metodología de diseño que tomaba en cuenta la evaluación del estado de las redes de media y baja tensión y el estado de los usuarios a intervenir por medio de planos suministrados por un equipo de levantamiento que visitó cada barrio que se planeaba diseñar, luego a partir del estado de las redes existentes se realizó el diseño de las redes de media y baja tensión con configuración especial y otro equipo operativo ejecutó la obra con los diseños realizados.

1.3.2 Antecedentes Internacionales

(Somarriba Maradiaga, 2012) Retranqueo y adecuación de líneas aéreas de media y baja tensión Nejapa - Diriamba

Resumen: La presente práctica profesional es una referencia al lector que indaga acerca del retranqueo de redes eléctricas el cual consiste en la reubicación y la reinstalación de dicha red, como también la elaboración de su diseño y ejecución de este proyecto.

El presente documento está estructurado de tal forma explicar los alcances previos para de este proyecto y sus objetivos específicos lo que permitirá dar una idea general de su contenido. En los diferentes puntos de este proyecto específicamente alcances técnicos se verá

todo lo que son las normativas de construcción y sus puntos destacados en la obra como también los objetivos planteados y ejecutados. En la descripción del proyecto se presentan metodologías que deben ser implementadas como en su levantamiento y diseño eléctrico. Como también en el aspecto tecnológico como es presentar los principales pasos para la ejecución de la obra eléctrica, además se expone el proceso cálculos mecánicos. Elaboración de planos requeridos en el diseño de líneas aéreas monofásica en 7.6kV y trifásica según manual de construcción proyecto tipo 13.2/24.9 kV. EL cual utiliza la distribuidora de electricidad DISNORTE - DISSUR para construcción de nuevas redes este trabajo está un ejemplo de diseño en el que se trata de llevar de la mano al lector durante todo el desarrollo de los cálculos, explicándoles de manera muy sencilla; con el fin de que luego pueda aplicar este proceso en sus propios diseños, sin embargo, es importante aclarar que todas las redes construidas por el gobierno de Nicaragua a través del Ministerio de Energía y Minas aplican como referencia la norma ENEL 1998, ejemplo; Proyectos PER o PENSER Componente 1 y 2; para el resto de construcción la distribuidora exige que sea bajo la normativa tipo.

En las conclusiones se deja entre ver las ventajas de realizar un diseño que cumpla con los requisitos, para los trabajos de diseño y construcción de circuitos aéreos primarios y sus respectivos secundarios. En anexos el lector encontrará tabla y gran variedad de información que le ayudarán a seguir ampliando sobre el tema de diseño de redes de distribución. Es de mucha importancia, y hace énfasis en esto, que el lector conozca y domine las distintas normas de diseño de redes de distribución que actualmente se utilizan en nuestro país.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Adecuar la red eléctrica de media y baja tensión en el municipio de Puerto Libertador, Córdoba.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar análisis de precio unitario y costo económico en la implementación del proyecto.
- Efectuar supervisión de las actividades para garantizar el cumplimiento de los tiempos en la ejecución de la adecuación.
- realizar seguimiento en el cumplimiento de criterios de diseño conforme a normatividad vigente en la construcción de la red eléctrica de media tensión y baja tensión.

1.5 Acotaciones

para este trabajo se emplearán software que ayudarán en el análisis y desarrollo del proyecto:

- AutoCAD.
- Excel.

Además, todo el análisis del trabajo será plasmado en Word o PDF.

1.6 Legislación

Todos los contenidos educativos son gestionados y regulados por el Ministerio de Educación Superior, que establece una serie de criterios y parámetros cualitativos para lograr una educación superior de calidad.

Cualquier trabajo o desarrollo se encuentra regido por un conjunto de normas que ayudan a garantizar el buen uso de un servicio y su óptima eficiencia en su funcionamiento para también garantizar la seguridad e integridad de todo aquel que se beneficie del servicio.

Con este trabajo se busca mejorar y ampliar el ámbito de las instalaciones de redes eléctricas de media y baja tensión, en donde se tendrán en cuenta todos los parámetros técnicos y constructivos que ayudarán a mejorar la formación a los estudiantes y personas del común que accedan a este contenido, ya que será de libre acceso para todas las personas que lo requieran.

1.6.1 Marco Nacional e Institucional

en la constitución política de 1991 se definieron los servicios públicos como servicios esencial para la sociedad, por lo cual el estado está en la obligación de garantizar la eficiencia y calidad de los servicios públicos, luego se expidieron las leyes 142 y 143 de 1994 que establecieron reglas para evitar la integración vertical e incentivar competencias en el mercado de los servicios públicos domiciliarios del país, de igual forma se determinaron los criterios para su regulación, control y vigilancia. Es principalmente la ley 143 de 1994 quien establece un conjunto de normas en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización del servicio eléctrico, esta ley se encargó de establecer las funciones de cada institución como: la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) quien se encarga de establecer las fórmulas tarifarias que se aplican para el transporte de energía eléctrica. La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) la cual cumple funciones de elaborar planes de expansión de generación cada año para acordar las obras que se deben integrar al sistema de transmisión nacional (STN), de igual tiene el papel de seleccionar al inversionista para la ejecución de las obras por medio de procesos de convocatorias. Finalmente se encuentra la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), quien está encargada de ejercer el

control y vigilancia a las empresas que prestan el servicio público, verificando el cumplimiento del conjunto de normas y regulación vigente que deben cumplir las empresas de servicios a los usuarios. (UPME, 2013)

La resolución 025 de 1995, aplica a todos los usuarios que generan, distribuyen y consumen energía eléctrica, y que hagan parte de forma directa o indirectamente del sistema nacional de transmisión, se encargada de especificar los estándares y procedimientos requeridos por la unidad de planeamiento minero energético y en el planeamiento y desarrollo del sistema de transmisión nacional. (Londoño, 1995)

La resolución 070 de 1998, aplica para todos los operadores de red del sistema de transmisión regional y sistema de distribución local, de igual forma también se imputa a comercializadores, generadores, autogeneradores, entre otros que estén conectados directamente al sistema de transmisión regional o sistema de distribución local. Se encarga de garantizar la expansión y niveles de coberturas de transmisión y distribución de igual forma establece las obligaciones a las cuales los operadores de red deben cumplir en materia de eficiencia y confiabilidad, dar las garantías para que las concesiones puedan celebrar contratos para ejecutar obras de expansión y ampliación de red y cobertura. (CREG, 1998)

El decreto 1123 de 2008, aplica en la normalización de redes eléctricas, administración de recursos y presentación de proyectos al comité administrativo para legalizar usuarios de barrios subnormales que se encuentran conectados al sistema interconectado nacional, en donde se definen los recursos y financiación para garantizar que se favorezcan las poblaciones más necesitadas, también definiendo todos los parámetros que se requieren para la ejecución de los proyectos junto con las mitigaciones ambientales. (CREG, 2008)

La Resolución 097 de 2008, establece los principios y las metodologías para determinar los cargos a los cuales los usuarios serán sujetos, por beneficiarse de los sistemas de distribución local y transmisión regional. (CREG, 2008)

La resolución 110 de 2009, mediante la cual se establecen las fórmulas tarifarias que aplica a todos los que transmiten energía eléctrica y a los usuarios que hacen uso del servicio para garantizar y controlar los precios, ayudando que estos sean justos entre los usuarios de los diferentes estratos socioeconómicos o el nivel característico del servicio. (CREG, 2009)

La resolución 024 de 2013, establece procedimientos normativos a todos los operadores de red del sistema de transmisión regional para la expansión mediante procesos de selección, junto con aspectos generales de garantías de cumplimientos y del usuario del proyecto. (CREG, 2013)

1.6.2 Marco Internacional

Normas ANSI, impulsan el desarrollo de estándares nacionales estadounidenses para que las características de los productos sean óptimas y garanticen la seguridad de los mismos y puedan dar un buen rendimiento que cumpla las expectativas para generar más interés al público, además estandariza que se empleen en lo posible las misma definiciones y términos en el desarrollo de cualquier proceso. (ANSI, s.f.)

National Electrical Safety Code, también conocido como estándar nacional estadounidense C2, preparado por el comité del código nacional de seguridad eléctrica y aprobado por las normas ANSI, en donde se establecen todas las normas y reglas básicas para que se garantice la integridad y seguridad del personal que ejecute actividades relacionadas con instalación, operación o mantenimiento de equipos de suministros eléctricos. (IEEE, 2018)

Norma IEEE 80 – 2000, establece los parámetros que se deben tener en cuenta al momento de diseñar una puesta a tierra en subestaciones y sistemas eléctricos, ayuda con los procedimientos para diseñar de manera práctica, facilita métodos analíticos para resolver problemas atípicos de gradiente, todo esto garantiza criterios para el diseño seguro y ayudar a garantizar los límites de seguridad nominales al momento de ocurrir fallas que puedan comprometer la integridad de la vida humana. (Florez, 2015)

Marco Teórico

Capítulo 2. Estado del Arte de Instalación de Redes Eléctricas de Media Tensión y Baja Tensión.

2.1 Historia de la Distribución de la Energía Eléctrica

Las redes eléctricas han evolucionado a la medida de las revoluciones industriales, en donde cada vez se hace más necesario la expansión de las redes para lograr llevar energía a las zonas más apartadas, hace muchos años solo pocas personas se podían beneficiar del servicio de energía eléctrica por lo que aún no había expansión de las redes que distribuían el servicio, ya que la energía solo se producía cerca a los lugares en donde se requería por la complejidad de la distribución al no contar con un sistema de redes eléctricas extenso.

Luego de Edison haber presentado su bombilla incandescente en 1879 y de la exposición mundial dada en París, el sistema de iluminación eléctrico fue uno de los logros más importantes del mundo, trayendo esto consigo la segunda revolución industrial, en 1880 Edison presentó una patente, un sistema de corriente continua (DC) para generar y distribuir energía eléctrica, luego diseñó la central eléctrica Pearl Street en 1882 en New York, se conoció como la primera planta de generación eléctrica del mundo, aunque solo generaba energía para distribuir a un número de aproximadamente 330 habitantes, aunque fue un sistema con gran acogida por parte de la

ciudadanía, luego se empezaron a notar los problemas que se derivan como el calentamiento de los conductores, baja eficiencia para la transmisión en una distancia de máximo dos kilómetros, la necesidad de usar líneas separadas para industrias y hogares de forma eficaz, generando esto grandes problemas de inseguridad y contaminación visual por la cantidad de conductores que se encontraban en los cielos de New York, además de esto resultaba costoso y con muchas pérdidas la transmisión interurbana de la energía eléctrica. Poco después Nikola Tesla diseñó un sistema de generación, transmisión y distribución de corriente alterna (AC) en donde se podían elevar las tensiones luego de la generación, para proceder con la transmisión a largas distancias y de igual forma reducir la tensión para el suministrar energía a las personas de forma segura. Uno de los primeros éxitos de Nikola Tesla con la corriente alterna fue en 1833, cuando se llevó a cabo la exposición mundial de Chicago, en el cual Tesla se encargó de todo el sistema de generación y distribución evitando instalaciones anti estéticas y peligrosas con el sistema de corriente alterna (AC). (Acevedo Díaz, 2016)

Finalmente, en 1893 el sistema de energía eléctrica de corriente alterna (AC) ideado por Nikola Tesla, fue seleccionado para implementarse en la primera central hidroeléctrica implementadas en las cataratas del Niágara, con la capacidad de transmitir energía eléctrica a distancias de 32 kilómetros, dando esto lugar al primer suministro de energía eléctrica de corriente alterna (AC) en la ciudad de Buffalo Estados Unidos, desde luego todos los sistemas de generación, distribución y transmisión están dados en AC. (Acevedo Díaz, 2016)

En los inicios de la distribución eléctrica, los generadores eléctricos solo se conectaban a cargas con mismos niveles de tensión, no era común encontrar centros de transformación en todos los lugares, era uno de los motivos por el cual la energía eléctrica se generaba y transmitía en iguales valores de tensión, en sus inicios, los valores de tensión se encontraban en el orden de los

100 V, ya que era la tensión óptima para las lámparas incandescentes que generalmente eran las cargas eléctricas principales que se encontraban. (Acevedo Díaz, 2016)

2.2 Sistema Eléctrico Colombiano

se efectuó luego de una serie de procesos estatales que se iniciaron principalmente en 1928 cuando se determinó la ley 113 en donde se definió como beneficio público el aprovechamiento de fuerzas hidráulicas, desde ese momento todos los procesos dependían solo de una entidad o de forma centralizada generando esto un monopolio en el área de los sistemas eléctricos de generación, transmisión y distribución, hasta que se declararon una serie de reformas en 1994 que permitieron el desligue de todos los procesos. Luego se dio inicio con el sistema eléctrico colombiano interconectado, fue ahí cuando se originó ISA – interconexión eléctrica S.A E.S.P. logrando permitir un mejor aprovechamiento de toda la capacidad del sistema eléctrico gracia al intercambio de energía que se logró entre los sistemas regionales, ISA era la encargada principal de todos los procesos del sistema eléctrico colombiano, desde la coordinación hasta los procesos de optimización. En los años ochenta se presentaron una serie de acontecimientos que generaron crisis en el sector eléctrico en muchos países de América latina entre esos Colombia, lo cual causaron detrimento en el sector energético debido a los subsidios de tarifa dados por el estado a los usuarios y las grandes obras que se adelantaron con sobrecostos y atrasos que no equiparaba los presupuestos, causando que todo el sistema se convirtiera en un problema para el estado. Desde entonces se puso en duda la eficiencia del monopolio del sistema energético y en general de todos los servicios públicos, por lo cual se vieron obligados a decretar reformas en países como el reino unido, chile y noruega para permitir inversión privada, generar competencia para evitar el monopolio permitiendo separar el negocio

de generación, transmisión y distribución, dejando que el estado solo quedara con el papel de supervisar y regular. (ISA, 2019)

2.3 Sistema Interconectado Nacional

Sistema Interconectado Nacional Este sistema se creó a finales de los años sesenta, por decisión del gobierno nacional en donde se ideó conectar los sistemas eléctricos regionales del país por lo cual se dio inicio al sistema interconectado nacional (SIN), conformado por centrales de generación y subestaciones que permiten el transporte de la energía a pueblos y ciudades con el fin de ser consumida y garantizar que todas las regiones cuenten con un servicio de 24 horas todo el año, la empresa filial de XM de ISES, es la encargada de operar y administrar el sistema interconectado nacional (SIN). Está compuesto por más de 30 compañías de energías, conformada por empresas que se encargan de la generación, distribución y transmisión de energía en Colombia, todo este sistema se encuentra compuesto por más de 209 plantas generadoras clasificadas en hidráulicas, térmicas, solares, eólicas, cogeneradores y autogeneradores, este sistema interconectado está conformado por aproximadamente 26333 kilómetros de redes de energía eléctrica que operan a tensiones por encima de los 220 kilovatios en el sistema de transmisión nacional, y entre 110 y 220 kilovatios para el sistema de transmisión regional, cabe aclarar que en el sistema interconectado nacional (SIN) también se encuentran algunas interconexiones internacionales como las de Ecuador y Venezuela. (CELSIA, s.f.)



Ilustración 1. Sistema interconectado nacional.

Fuente: CELSIA, s.f.

2.4 Sistema de Transmisión Nacional

Este sistema opera a niveles altos de tensión iguales o superiores a los 220 kV lo que permite que se puedan transmitir cantidades considerables de energía a largas distancias, está conformado por un conjunto de líneas y subestaciones que se acoplan a las plantas de generación eléctrica del país, encargadas de transmitir la energía por todo el territorio nacional constituyéndose como la red troncal, el sistema de transmisión nacional STN contribuye en gran parte al crecimiento de la economía del país y por ende de la generación de empleo gracias cumplimiento que ha tenido en el plan de expansión energético, ya que se ha adaptado a todos

los requerimientos del plan de expansión y demanda de energía eléctrica del territorio nacional.
(UPME, 2013)



Ilustración 2. Sistema de transmisión nacional.

Fuente: UPME, 2013.

2.5 Sistema de Distribución de Energía Eléctrica

la distribución de energía eléctrica parte principalmente de las subestaciones de alta tensión, en donde se regulan los niveles de potencia que entregan las líneas de transmisión generalmente tensiones que se encuentran entre 57,5 kV y 230 kV, y continuamente es regulada a niveles de 34,5 kV para ser distribuida a subestaciones de menor capacidad, y disminuir los niveles de tensión a 13,2 kV, hasta llegar a cada centro de transformación que suministra el servicio a los sectores comerciales, industriales y residenciales.

2.6 Clasificación de los Niveles de Tensión de Energía Eléctrica

Las redes eléctricas se clasifican según los niveles de tensión nominales y su ubicación geográfica.

2.6.1 Redes Eléctricas de Alta Tensión

Estas redes se caracterizan por transportar niveles de tensión que oscilan entre 57,5 kV y 230 kV, generalmente, las redes eléctricas que operan estos niveles de tensión cuentan con diseños rigurosos, con alto grado de confiabilidad y están configuradas por un conjunto de elementos especiales estructurados, estos niveles de tensión son usado para el transporte de la energía eléctrica desde las generadoras hasta las subestaciones transformadoras.

2.6.2 Redes Eléctricas de Media Tensión

Principalmente son las encargadas de distribuir el suministro eléctrico en donde generalmente operan a tensiones de 7,67 kV, 13.2 KV y 34.5 kV para llevar energía a los transformadores y seguidamente ser distribuida a los hogares e industrias. este sistema de redes eléctricas cuenta con ventajas muy favorables como los bajos costos para la implementación, facilidad al conseguir los materiales, fácil acceso para identificar y solucionar fallas, de igual forma se encuentran desventajas en el tema de la seguridad, en temas de aspectos estéticos ya que los conductores siempre estarán a la vista, al igual que son de fácil acceso para todo aquel que quiera hacer maniobras fraudulentas. A continuación, se definen algunos de los componentes principales que conforman a las redes eléctricas de media tensión. (Castaño, 2004)

2.7 Elemento de las Redes Eléctricas de Media Tensión

A continuación, veremos los equipos utilizados para el desarrollo de este proyecto, junto con sus especificaciones y utilidad. Las imágenes han sido tomadas directamente en el terreno por parte del autor.

2.7.1 Postes

Para este tipo de redes se pueden encontrar postes de 14 m, 12 m y 9 m con una resistencia de rotura simultánea de 1050 kg, 750 kg y 510 kg, para soportar los armados y redes de distribución, usualmente se encuentran postes de madera, hormigón y metálicos, esto dependiendo de las características del tipo de construcción, para este proyecto se usarán poste de 9m x 510 kg, 9m x 750 kg, 12m x 1050 kg y 12m x 750 kg.



Ilustración 3. Carga de postes.

Fuente: Autor, 2022.

2.7.2 Conductores

Principalmente son los encargados de transmitir el flujo eléctrico en los circuitos primarios y secundarios, se pueden encontrar conductores desnudos o recubiertos de material aislante, principalmente encontramos conductores aluminio y ACSR en calibres 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG en redes aéreas de media tensión.



Ilustración 4. Conductores instalados.

Fuente: Autor, 2022.

2.7.3 Crucetas

Generalmente se pueden encontrar de madera inmunizada y de ángulo de hierro galvanizado, en algunos casos apoyadas con diagonales o pie de amigo para soportar las fuerzas a las cuales son sometidas con los implementos y conductores que se apoyan sobre ella.



Ilustración 5. Crucetas utilizadas en el proyecto.

Fuente: Autor, 2022.

2.7.4 Aisladores

Son los encargados de aislar eléctricamente los conductores de los apoyos y se encuentran clasificados según la tensión y el tipo de configuración que se implemente en el armado, entre los más comunes y usados actualmente se encuentran los de porcelana y poliméricos.



Ilustración 6. Aisladores de porcelana.

Fuente: Autor, 2022.

2.7.5 Herrajes

Están conformados por una serie de elementos que conforman todo lo que es la parte de los armados de las redes eléctricas, ahí encontramos tornillos, pasadores, collarines, arandelas, entre muchos otros y su material principal es el hierro galvanizado.



Ilustración 7. Herrajes utilizados en el proyecto.

Fuente: Autor, 2022.

2.7.6 Equipo de Seccionamiento

Permiten interrumpir el flujo de energía eléctrica de forma segura para desconectar las redes y realizar trabajos o evitar daños en las redes. El circuito en el cual se van a activar estos equipos de seccionamiento para su desconexión, debe estar libre de corriente o bien trabajar en vacío, sin embargo, estos elementos deben soportar corrientes nominales, sobre corrientes y corrientes de cortocircuito por un tiempo establecido.

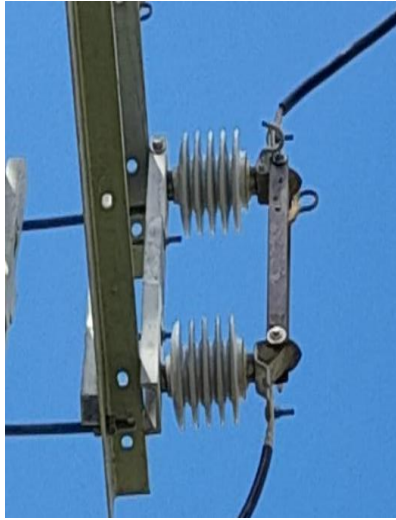


Ilustración 8. Seccionadores.

Fuente: Autor, 2022.

2.7.7 Protecciones Cortocircuito

Permiten proteger los equipos de sobrecargas, actuando de forma automática según los parámetros y valores nominales de funcionamiento que especifica el fabricante. Estos dispositivos entran en funcionamiento cuando se presentan corrientes inaceptablemente altas, estas corrientes sólo se ven limitadas por la resistencia del conductor, la cual es muy baja. Su función principal es proteger las líneas y garantizar que el suministro de energía no colapse.

2.7.8 Transformadores de Distribución

En redes de media tensión son empleados para disminuir la potencia y poder distribuir energía a los hogares de forma segura. Recordemos que estos dispositivos funcionan bajo el principio de inducción electromagnética, utilizando unos devanados para generar un campo magnético que se verá reflejado en otro devanado generando así una corriente eléctrica, dependiendo de la configuración establecida estos pueden ser transformadores reductores o elevadores. Los devanados funcionan montados sobre un material ferromagnético para evitar pérdidas y a su vez se encuentran sumergidos en un fluido que cumple la función de aislante o refrigerante, entre estos fluidos podemos encontrar aire, aceites minerales o vegetales, o gases como el SF6. En el caso de este proyecto se utilizaron transformadores con aislante de aceite mineral y vegetal, libres de aditivos tóxicos como el PCB.

Tabla 1. Relación de transformadores de distribución.

Tensión de entrada (kV)	Tensión de salida
7,6	240/120 V
13,2	240/120 V
13,2	440 V
34,5	440 V
34,5	13,2 kV
110	34,5/13,2 kV

Fuente: Autor, 2022.



Ilustración 9. Transformador de distribución.

Fuente: Autor, 2022.

2.8 Configuración en Bandera Para Redes de Media Tensión

Esta configuración principalmente es usada en zonas urbanas con el fin de garantizar distancias de seguridad y evitar restricciones de espacio, este tipo de configuración permite que los conductores se instalen a un solo lado del poste, permitiendo que todos estén a un mismo nivel con respecto al suelo y con distancias iguales entre conductores, particularmente en este tipo de configuración se usan crucetas angulares metálicas soportadas con diagonal, con una medida de 2.4 m como se muestra en la figura. (AFINIA, 2020)

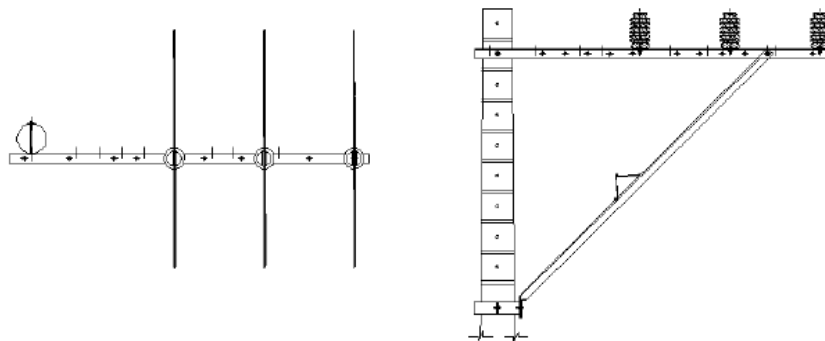


Ilustración 10. Crucetas en configuración bandera.

Fuente: AFINIA, 2020.

2.9 Redes de Distribución de Baja Tensión

son las redes que finalmente distribuyen el servicio de energía eléctrica a los usuarios y pueden ser monofásicas trifilar con tensiones de 120 V y 240 V, compuestas por dos fases y un neutro y trifásico tetrafilar con tensiones de 265 V y 460 V, conformado por cuatro conductores clasificados en 3 fases y un neutro. estas líneas se pueden encontrar en red trenzada o desnuda, esto depende de la configuración que se disponga el operador de red al momento de ejecutar un proyecto de redes de distribución, los usuarios acceden a este tipo de redes por medio de acometidas acompañadas continuamente de un medidor que se encarga de cuantificar el consumo. (Urrego, 2021)

2.10 Configuración Especial Para Redes de Baja Tensión

comúnmente las redes eléctricas de baja tensión son redes abiertas con conductores desnudos, soportadas por aisladores tipo carrete o grapas y pinzas, era una técnica muy común en el ámbito de la distribución eléctrica, con el paso del tiempo se han presentado muchas estrategias fraudulentas por parte de los usuarios, por lo cual se ha hecho necesario implementar medidas para evitar que personas ajenas al operador de res manipule las líneas de distribución con fines fraudulentos, para solventar esta problemática, se están actualizando las redes soportadas por redes en configuración especial, en la cual se implementa red trenzada sujeta al extremo de la cruceta metálica muy cerca a la red de media tensión por medio de un soporte en U y un aislador tipo carrete, que garantiza la distancia vertical entre las redes de media tensión y baja tensión. (AFINIA, 2020)

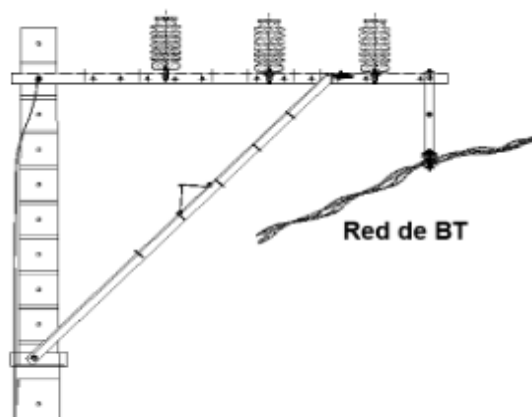


Ilustración 11. Configuración especial para redes en baja tensión.

Fuente: AFINIA, 2020.

2.11 Clasificación de las Redes Eléctricas de Distribución Según su Ubicación Geográfica

En todo lo que comprende la expansión de la distribución eléctrica, se pueden encontrar redes en distintas ubicaciones geográficas como ciudades, pueblos y zonas alejadas de la urbanización, por tal motivo se encuentran clasificadas según su localización.

2.11.1 Redes Eléctricas de Distribución en Zonas Urbana

Son las redes eléctricas que se encuentran ubicadas dentro de una ciudad o en sus inmediaciones, generalmente están conformadas por postes de concreto, crucetas metálicas y conductores ACSR, estas redes distribuyen energía a un alto número de clientes residenciales, comerciales e industriales y se requieren de diseños y arquitecturas óptimas para cumplir con la demanda de la energía eléctrica que se generan en las zonas urbanas y evitar el menor número posible de interrupciones, ya que el comercio depende íntegramente del servicio y al este faltar se generan grandes pérdidas económicas, es por eso que se hace necesario coordinar con el

operador de red cualquier tipo de interrupción que se requiera, sea para mantenimientos preventivos o correctivos. (Castaño, 2004)

2.11.2 Redes Eléctricas de Distribución en Zonas Rurales

Estas redes son las que se encuentran ubicadas en zonas dispersas de los municipios o los también llamados corregimientos, en donde la actividad económicas se encuentra relacionadas principalmente con la agricultura, en estas zonas los consumos suelen ser muy bajos ya que el número de usuarios es muy reducido y las industrias son prácticamente nulas, lo que lleva a determinar la baja rentabilidad de las redes eléctricas en estas zonas por lo cual son construidas para satisfacer necesidades primarias y contribuir con la mejoría de la calidad de vida de las personas. en las zonas rurales se encuentran desventajas como la alta vegetación que puede interferir en la calidad y continuidad del fluido eléctrico por lo cual se hace necesario hacer desmontes y constante mantenimiento preventivo, dificultad para resolver los daños en tiempos cortos, en algunos sectores es necesario usar postes de fibra ya que se hace imposible ingresar un medio de transporte, los usuarios se encuentran en su mayoría dispersos. Estas redes también se encuentran conformadas por conductores ACSR, postes de concreto, postes de fibra, crucetas metálicas y crucetas de madera inmunizadas. (Castaño, 2004)

2.11.3 Redes Eléctricas de Distribución en Zonas Turísticas

principalmente se encuentran ubicadas en zonas de alta afluencia de personas en las temporadas de vacaciones, por lo tanto, estas redes deben contar con parámetros para soportar la alta demanda de energía cuando se le requiera, por lo general estas redes se encuentran construidas de forma subterránea para evitar la contaminación visual al igual que garantizar la seguridad de las personas.

2.12 Clasificación de las Redes Eléctricas de Distribución Según su Tipo de Carga

Las cargas de energía eléctrica se clasifican según la finalidad y el uso que los usuarios disponen.

2.12.1 Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Residenciales

Alimentan básicamente a condominios, urbanizaciones y edificios que están conformados por apartamentos, entre otros. Estas cargas se caracterizan por ser notablemente resistivas ya que son usadas principalmente para alimentar alumbrado, calefacción y aparatos electrodomésticos que en su mayoría no suponen cargas reactivas. Dentro de estas cargas también se pueden encontrar subcategorías determinadas por los niveles socioeconómicos de las personas en la siguiente forma:

- **Zonas de clase alta:** generalmente constituidas por usuarios de estrato 5 y 6 en donde se reflejan altos consumos de energía eléctrica.
- **Zonas de clase media:** determinadas por encontrarse generalmente en estrato 4, en donde los consumos acostumbran a ser moderados.
- **Zonas de clase baja:** se ubica en estratos 3, 2 y 1, que representa a los usuarios que viven en barrios populares en donde el consumo es significativamente moderado.

2.12.2 Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Comerciales

Se caracterizan por estar localizadas en las partes céntricas de las ciudades, son cargas significativamente resistivas, generalmente alimentan centros comerciales y edificios de oficina, son cargas propensas a introducir armónicos al sistema eléctrico, debido a los componentes que conforman los dispositivos que se pueden encontrar en este sistema de carga. (Pineda, 2017)

2.12.3 Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Industriales

Se caracterizan por demandar un gran consumo de energía eléctrica, estas cargas por lo regular se encuentran asociadas a motores de uso industrial, por lo cual se generan grandes reactivos y se hace necesario regular el factor de potencia para garantizar su valor nominal, comúnmente estas cargas tienen tarifas altas y bajas, evitando que el pico máximo coincida con la carga residencial. (Pineda, 2017)

2.12.4 Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas de Alumbrado Público

Estas cargas se presentan en horas nocturnas normalmente son lámparas que ayudan a la seguridad de las personas, y comúnmente son resistivas. (Pineda, 2017)

2.12.5 Redes de Distribución Eléctrica Para Cargas Mixtas

Representan la unión de diferentes tipos de cargas en una red de distribución eléctrica, de tal forma que en este tipo de cargas se dificulta llevar un control de pérdidas. (Pineda, 2017)

2.13 Retenidas

Las retenidas son un conjunto de estructuras que tienen como fin soportar los esfuerzos mecánicos que pueden superar la resistencia del poste y transmitirlos directamente al suelo.

Cuando existen armados con cables de guarda deben instalarse retenidas sobre las bayonetas, esto cuando el esfuerzo mecánico supera la resistencia propia de la estructura.

Existen dos tipos de retenidas:

- Bisectora
- Conjunto a 90 grados

Teniendo estas dos configuraciones distintas

- Retenida poste auxiliar
- Retenida directa a tierra

En el caso de este proyecto se ha utilizado retenidas de poste auxiliar. (AFINIA, 2020)

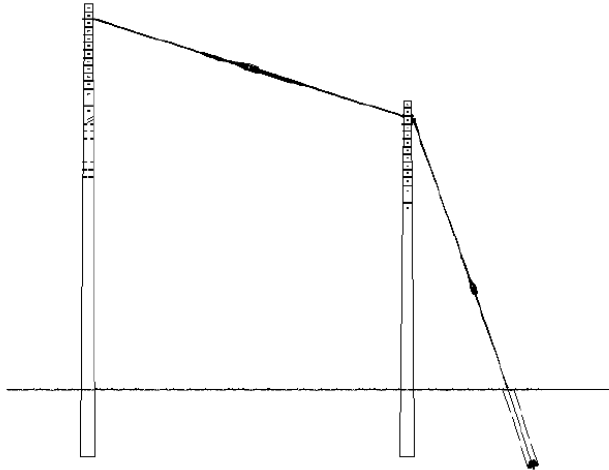


Ilustración 12. Retenidas en configuración poste auxiliar.

Fuente: AFINIA, 2020.

2.14 Sistema de Puesta a Tierra (PAT)

2.14.1 Selección del Conductor a Tierra

El sistema de puesta a tierra es un elemento de protección ante sobre corrientes causadas por fallas en el sistema, consiste en un conductor instalado en contacto con la tierra mediante un electrodo, se debe tener en cuenta que para el enterramiento de dicho electrodo el terreno debe cumplir con ciertas condiciones, la más importante de ellas es que debe tener una resistencia inferior a 10Ω según la norma RETIE.

La selección del conductor de puesta a tierra siempre va a depender del valor de la corriente de cortocircuito en el régimen de 150 ms, en el punto donde se procederá a instalar el sistema de puesta a tierra. Este valor siempre será dado por caribemar S.A.S E.S.P.

2.15 Distancias Mínimas de Seguridad en Zonas con Construcciones

En el RETIE se establecen distancias de seguridad mínimas como parte de diseño de las redes eléctricas entre conductores y las construcciones, para garantizar la seguridad de las personas con dicha medida de prevención de riesgos.

Estas distancias de seguridad especifican los valores mínimos de separación que debe haber entre las edificaciones y los conductores o las partes energizadas de las instalaciones eléctricas, para evitar el contacto con las personas, impedir que las redes interfieran con propiedades públicas y privadas entre otros. El no cumplimiento de esta normatividad puede conllevar a multas o sanciones por parte de los entes encargados de auditorías que se realizan en los proyectos de instalaciones eléctricas. (RETIE, 2013)

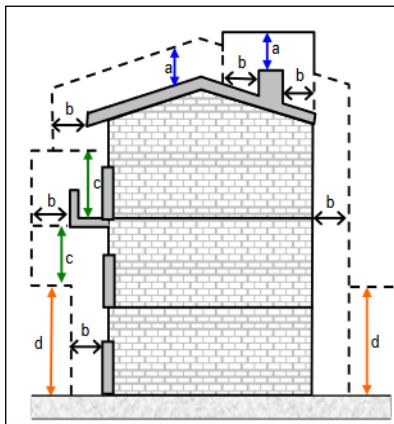


Ilustración 13. Esquema de distancias mínimas.

Fuente: RETIE, 2013.

Tabla 2. Distancias mínimas.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal (kV)	Distancia (m)
Distancias verticales “a” sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8

y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación	<1	0,45
Distancia horizontal “b” a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientes de la facilidad de accesibilidad de personas.	115/110	2,8
	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical “c” sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura.	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical “D” a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	500	8,6
	230/220	6,8
	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

Fuente: RETIE, 2013.

Capítulo 3. Implementación de las Líneas de Media y Baja Tensión

3.1 Cronograma de Ejecución

Este cronograma es el pilar de la ejecución del proyecto, se ha buscado cumplir con cada uno de los tiempos ahí plasmados, se ha dividido en tres etapas organizadas de forma que facilite dicha ejecución. Primero se ha trabajado en el terreno y la viabilidad de los planos entregados por el cliente, una vez comprobada la factibilidad, se lleva a cabo la instalación de postes y estructuras constructivas, posteriormente se hace el montaje de las líneas y transformadores.

Tabla 3. Cronograma.

Etapa 1	
Actividad	Tiempo
Inspección del terreno	Semana 1

Replanteo del proyecto	Semana 1
Presupuesto del proyecto	Semana 1
Transporte de poste a terreno	Semana 1
Etapas 2	
Excavaciones e hincado de postes	Semana 2
Cimentación de postes	Semana 2
Ensamble de armado en poste	Semana 2
Verificar parámetros constructivos en armado	Semana 2
Etapas 3	
Instalación de conductor para media tensión	semana 3
Instalación de conductor para baja tensión	Semana 3
Instalación de transformadores	Semana 3
Acople de red nueva al sistema eléctrico	Semana 3
Verificación de parámetros constructivos en la obra.	Semana 3

Fuente: Autor, 2022.

3.2 Inspección del Terreno

El equipo de trabajo efectuó la respectiva visita con el fin de verificar la factibilidad del proyecto para su ejecución, en donde se lograron identificar las condiciones del terreno para respectivamente establecer las estrategias a tomar en el desarrollo del proyecto propuesto para cumplir con las metas y objetivos que el cliente dispone.



Ilustración 14. Operarios realizando inspección del terreno.

Fuente: Autor, 2022.

3.3 Replanteo del Proyecto

Basado en el plano entregado por el cliente, se procedió a realizar el replanteo, haciendo el recorrido completo que comprende el proyecto para identificar los factores que impedían la construcción de acuerdo al plano principal, ya que en estos planos no se tienen en cuenta las arquitecturas de las viviendas, presencia forestal y presencia de otros servicios públicos como alcantarillados, acueductos, gas, telefonía, servidumbres, vanos reales, entre otros, por lo cual en muchas ocasiones los apoyos y estructuras de las redes eléctricas se deben desplazar de localización ya que coinciden con zonas obstaculizadas o prohibidas, como las entradas principales y los garajes de las viviendas, en donde nos obliga diseñar otro plano (figura) teniendo en cuenta las novedades encontradas en terreno.



Ilustración 15. Plano original entregado por el cliente.

Fuente: Afinia, 2022.

El plano fue hecho nuevamente por parte del autor del libro utilizando Auto, en el nuevo diseño se corrigieron las distancias entre postes con el fin de no ocupar espacios importantes para los usuarios.

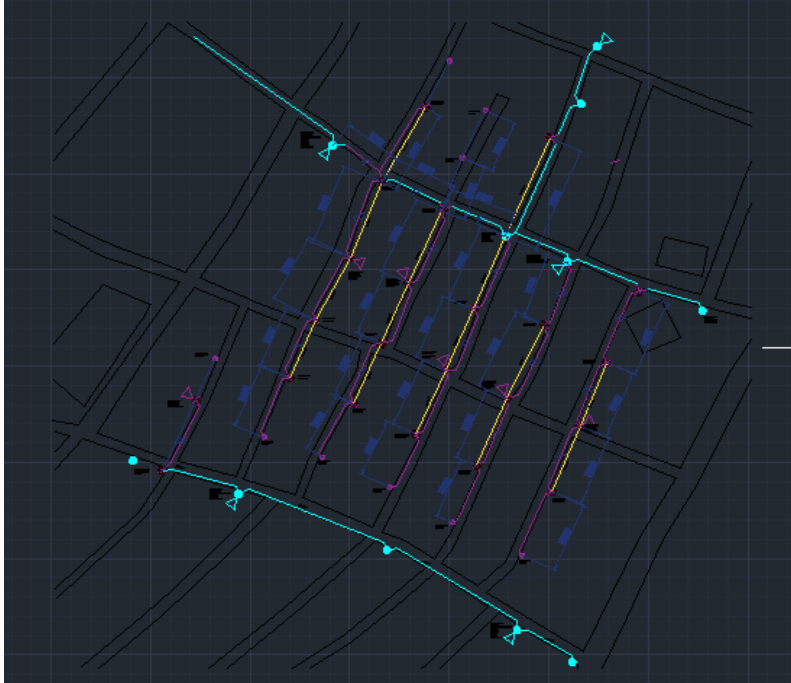


Ilustración 16. Plano rediseñado.

Fuente: Autor, 2022.

3.4 Presupuesto del Proyecto

De acuerdo a lo proyectado en el plano y teniendo en cuenta el replanteo determinado se hizo el respectivo listado de cada componente a usar en la construcción de la red eléctrica, en donde luego se procedió con la contabilidad del precio unitario de cada componente requerido.

3.4.1 Listado y Precio Unitario de Materiales

En la siguiente tabla se encuentra el listado de materiales junto con su precio unitario y el valor total de todos los materiales, este listado se hizo de acuerdo al plano determinado luego del replanteo, en donde se estipulan los tipos de armados y configuraciones a tener en cuenta en el desarrollo de la obra, respectivamente este listado de materiales junto con sus precios unitarios, fue revisado y corroborado por el ingeniero a cargo del proyecto.

3.4.1.1 Proveedor 1

Tabla 4. Precios dados por el proveedor 1.

DESCRIPCIÓN	EMBA LE	CA NT ID AD	PRECIO	% IV A	IMPORTE SIN IVA	IMPORTE CON IVA
ABRAZADERA DOBLE DE 180 mm (6 A 7)	Unidad	28	\$ 13.729,00	19	\$ 384.412,00	\$ 457.450,28
ABRAZADERA DOBLE DE 180 mm (6 A 7)	Unidad	5	\$ 13.729,00	19	\$ 68.645,00	\$ 81.687,55
AISLADOR POLIMERICO SUSP 13.2KV	Unidad	20	\$ 21.541,00	19	\$ 430.820,00	\$ 512.675,80
AISLADOR PORCELANA POST 13.2 KV ANSI 57-1	Unidad	46	\$ 29.318,00	19	\$ 1.348.628,00	\$ 1.604.867,32
AISLADOR PORCELANA TENSOR 3/8 ANSI 54-2	Unidad	30	\$ 5.462,00	19	\$ 163.860,00	\$ 194.993,40
ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16	Unidad	199	\$ 724,00	19	\$ 144.076,00	\$ 171.450,44
ARANDELA DE PRESIÓN AC. INOX. 1/2	Unidad	21	\$ 217,55	19	\$ 4.568,62	\$ 5.436,65
ARANDELA PLANA REDONDA 5/8	Unidad	866	\$ 111,00	19	\$ 96.126,00	\$ 114.389,94
ARANDELA PLANA REDONDA AC. INOX. 1/2	Unidad	30	\$ 1,00	19	\$ 30,00	\$ 35,70
BASE CORTACIRCUITO FUSIBLE 27 KV 200A	Unidad	10	\$ 52.277,00	19	\$ 522.770,00	\$ 622.096,30
BRAZO ANGULAR DE 7 PIES X 2 X 3/16	Unidad	43	\$ 49,99	19	\$ 2.149,70	\$ 2.558,14
BRIDA DE SUJECCIÓN HASTA 100 mm	Unidad	137	\$ 734,00	19	\$ 100.558,00	\$ 119.664,02
CABLE ACSR DESNUDO 1/0 AWG	Unidad	2000	\$ 1.416,00	19	\$ 2.832.000,00	\$ 3.370.080,00

CABLE CU CONCENTRICO 3x4	Unidad	72	\$ 11.379,00	19	\$ 819.288,00	\$ 974.952,72
CAJA POLIESTER DERIVACIÓN 9 SAL-1F 1000V	Unidad	28	\$ 182.377,00	19	\$ 5.106.556,00	\$ 6.076.801,64
CONECTOR AMOVIBLE PARA ESTRIBO	Unidad	10	\$ 33.612,00	19	\$ 336.120,00	\$ 399.982,80
CONECTOR CUÑA PRESIÓN C/ESTRIBO 1/0	Unidad	10	\$ 16.947,00	19	\$ 169.470,00	\$ 201.669,30
CONECTOR CUÑA PRESIÓN 1/0-1/0	Unidad	20	\$ 34.472,00	19	\$ 689.440,00	\$ 820.433,60
CONECTOR PERFORACION 4/0- 1/0 4/0-1/0	Unidad	11 4	\$ 10.495,73	19	\$ 1.196.513,22	\$ 1.423.850,73
CRUCETA METÁLICA ANGULAR 1400 mm	Unidad	10	\$ 75.563,00	19	\$ 755.630,00	\$ 899.199,70
CRUCETA METÁLICA ANGULAR 2400 mm	Unidad	5	\$ 115.448,00	19	\$ 577.240,00	\$ 686.915,60
CRUCETA METÁLICA BANDERA 2400 mm	Unidad	43	\$ 60.669,00	19	\$ 2.608.767,00	\$ 3.104.432,73
FUSIBLE EXPULSION 5A TD D	Unidad	10	\$ 2.537,00	19	\$ 25.370,00	\$ 30.190,30
GRAPA AMARRE AL P/COND 1/0 AWG	Unidad	20	\$ 13.794,00	19	\$ 275.880,00	\$ 328.297,20
GRILLETE LARGO RECTO 5/8 11 300 KG	Unidad	40	\$ 6.417,00	19	\$ 256.680,00	\$ 305.449,20
GUARDACABOS PRETENSIÓN CABLE ACERO 3/8	Unidad	60	\$ 1.715,00	19	\$ 102.900,00	\$ 122.451,00
PERNO CORTO AC. GALVANIZ.3/4-3/4X3	Unidad	19	\$ 3.798,00	19	\$ 72.162,00	\$ 85.872,78
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV. 5/8X12	Unidad	30	\$ 4.208,00	19	\$ 126.240,00	\$ 150.225,60
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV. .5/ 8 X 20	Unidad	45	\$ 6.403,00	19	\$ 288.135,00	\$ 342.880,65
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV. 5/8X12	Unidad	45	\$ 4.208,00	19	\$ 189.360,00	\$ 225.338,40

POSTE CONCRETO 12M 750KG	Unidad	23	\$ 555.596,00	19	\$ 12.778.708,00	\$ 15.206.662,52
POSTE CONCRETO 9 M 510 KG	Unidad	9	\$ 302.443,00	19	\$ 2.721.987,00	\$ 3.239.164,53
POSTE DE CONCRETO DE 12m x 1050 kg	Unidad	5	\$ 1.249.854,00	19	\$ 6.249.270,00	\$ 7.436.631,30
POSTE HPC/HPV 9M 750KG	Unidad	16	\$ 623.502,70	19	\$ 9.976.043,20	\$ 11.871.491,41
RETENC PREF TERMINAL CABLE AC-3/8	Unidad	120	\$ 5.043,00	19	\$ 605.160,00	\$ 720.140,40
RETENC PREF Z 57/1-3 ACSR. 1/0	Unidad	46	\$ 9.637,00	19	\$ 443.302,00	\$ 527.529,38
SOPORTE EN U RED BT TRENZADA EN CRUCETA	Unidad	43	\$ 23.514,00	19	\$ 1.011.102,00	\$ 1.203.211,38
SOPORTE HORQUILLA P / AISLADOR TIPO CARRETE	Unidad	20	\$ 6.712,00	19	\$ 134.240,00	\$ 159.745,60
SOPORTE P/SECC FUSIBLE. EN CRUCETA ANGULAR	Unidad	10	\$ 6.853,00	19	\$ 68.530,00	\$ 81.550,70
SPT ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO	Unidad	5	\$ 161.437,00	19	\$ 807.185,00	\$ 960.550,15
TORNILLO AC. GALVANIZ .C. T 5/8X12	Unidad	84	\$ 3.521,00	19	\$ 295.764,00	\$ 351.959,16
TORNILLO AC. GALVANIZ .C. T 5/8X6	Unidad	23	\$ 2.063,00	19	\$ 47.449,00	\$ 56.464,31
TORNILLO AC. INOXIDABLE/EXAG.CT. 1/2X2	Unidad	15	\$ 3.034,67	19	\$ 45.520,11	\$ 54.168,93
TORNILLOS 5/8 X3	Unidad	50	\$ 1.993,48	19	\$ 99.674,05	\$ 118.612,12
TRAFO (ACEITE VEGETAL) 1 F 25 KVA 13.2KV	Unidad	1	\$ 3.319.509,30	19	\$ 3.319.509,30	\$ 3.950.216,07
TRAFO (ACEITE VEGETAL) 1F 37.5KVA 13.2KV	Unidad	1	\$ 4.015.589,00	19	\$ 4.015.589,00	\$ 4.778.550,91

TRAFO CONV 1F 37.5KVA 13.2KV	Unidad	2	\$ 2.388.937,00	19	\$ 4.777.874,00	\$ 5.685.670,06
TRAFO CONV. 1F 25 KVA 13.2KV	Unidad	1	\$ 2.171.389,00	19	\$ 2.171.389,00	\$ 2.583.952,91
TUBO PORTAFUSIBLE EXP. 27KV 100 A	Unidad	10	\$ 49.883,00	19	\$ 498.830,00	\$ 593.607,70
TUERCA DE OJO ACERO GALVANIZADO 5/8	Unidad	40	\$ 3.510,00	19	\$ 140.400,00	\$ 167.076,00
TUERCA HEXAGONAL ACERO GALV. 5/8	Unidad	5	\$ 265,00	19	\$ 1.325,00	\$ 1.576,75
					subtotal:	\$ 69.903.245,2 0
					descuento:	0
					IVA:	\$ 13.281.616,5 9
					TOTAL:	\$ 83.184.861,7 8

Fuente: Autor, 2022.

3.4.1.2 Proveedor 2

Tabla 5. Precios dados por el proveedor 2.

DESCRIPCIÓN	EMBA LE	CA NT ID AD	PRECIO	% IV A	IMPORTE SIN IVA	IMPORTE CON IVA
ABRAZADERA DOBLE DE 180 mm (6 A 7)	Unidad	28	\$ 13.930,00	19	\$ 390.040,00	\$ 464.147,60
ABRAZADERA DOBLE DE 180 mm (6 A 7)	Unidad	5	\$ 13.930,00	19	\$ 69.650,00	\$ 82.883,50
AISLADOR POLIMERICO SUSP 13.2KV	Unidad	20	\$ 2.340,00	19	\$ 46.800,00	\$ 55.692,00

AISLADOR PORCELANA POST 13.2 KV ANSI 57-1	Unidad	46	\$ 31.140,00	19	\$ 1.432.440,00	\$ 1.704.603,60
AISLADOR PORCELANA TENSOR 3/8 ANSI 54-2	Unidad	30	\$ 8.140,00	19	\$ 244.200,00	\$ 290.598,00
ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2- 1/4X3/16	Unidad	19 9	\$ 7.100,00	19	\$ 1.412.900,00	\$ 1.681.351,00
ARANDELA DE PRESIÓN AC. INOX. 1/2	Unidad	21	\$ 260,00	19	\$ 5.460,00	\$ 6.497,40
ARANDELA PLANA REDONDA 5/8	Unidad	86 6	\$ 111,00	19	\$ 96.126,00	\$ 114.389,94
ARANDELA PLANA REDONDA AC. INOX. 1/2	Unidad	30	\$ 80,00	19	\$ 2.400,00	\$ 2.856,00
BASE CORTACIRCUITO FUSIBLE 27 KV 200A	Unidad	10	\$ 60.750,00	19	\$ 607.500,00	\$ 722.925,00
BRAZO ANGULAR DE 7 PIES X 2 X 3/16	Unidad	43	\$ 49,99	19	\$ 2.149,70	\$ 2.558,14
BRIDA DE SUJECCIÓN HASTA 100 mm	Unidad	13 7	\$ 1.000,00	19	\$ 137.000,00	\$ 163.030,00
CABLE ACSR DESNUDO 1/0 AWG	Unidad	20 00	\$ 1.416,00	19	\$ 2.832.000,00	\$ 3.370.080,00
CABLE CU CONCENTRICO 3x#4	Unidad	72	\$ 14.300,00	19	\$ 1.029.600,00	\$ 1.225.224,00
CAJA POLIESTER DERIVACIÓN 9 SAL-1F 1000V	Unidad	28	\$ 252.377,00	19	\$ 7.066.556,00	\$ 8.409.201,64
CONECTOR AMOVIBLE PARA ESTRIBO	Unidad	10	\$ 33.612,00	19	\$ 336.120,00	\$ 399.982,80
CONECTOR CUÑA PRESIÓN C/ESTRIBO 1/0	Unidad	10	\$ 20.670,00	19	\$ 206.700,00	\$ 245.973,00
CONECTOR CUÑA PRESIÓN 1/0-1/0	Unidad	20	\$ 38.711,00	19	\$ 774.220,00	\$ 921.321,80
CONECTOR PERFORACION 4/0- 1/0 4/0-1/0	Unidad	11 4	\$ 11.350,00	19	\$ 1.293.900,00	\$ 1.539.741,00
CRUCETA METÁLICA ANGULAR 1400 mm	Unidad	10	\$ 78.674,00	19	\$ 786.740,00	\$ 936.220,60

CRUCETA METÁLICA ANGULAR 2400 mm	Unidad	5	\$ 118.448,00	19	\$ 592.240,00	\$ 704.765,60
CRUCETA METÁLICA BANDERA 2400 mm	Unidad	43	\$ 67.669,00	19	\$ 2.909.767,00	\$ 3.462.622,73
FUSIBLE EXPULSION 5A TD D	Unidad	10	\$ 3.539,00	19	\$ 35.390,00	\$ 42.114,10
GRAPA AMARRE AL P/COND 1/0 AWG	Unidad	20	\$ 16.784,00	19	\$ 335.680,00	\$ 399.459,20
GRILLETE LARGO RECTO 5/8 11 300 KG	Unidad	40	\$ 8.477,00	19	\$ 339.080,00	\$ 403.505,20
GUARDACABOS PRETENSION CABLE ACERO 3/8	Unidad	60	\$ 2.716,00	19	\$ 162.960,00	\$ 193.922,40
PERNO CORTO AC. GALVANIZ.3/4-3/4X3	Unidad	19	\$ 3.495,00	19	\$ 66.405,00	\$ 79.021,95
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV. 5/8X12	Unidad	30	\$ 5.208,00	19	\$ 156.240,00	\$ 185.925,60
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV .5/8 X 20	Unidad	45	\$ 8.453,00	19	\$ 380.385,00	\$ 452.658,15
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV. 5/8X12	Unidad	45	\$ 4.707,00	19	\$ 211.815,00	\$ 252.059,85
POSTE CONCRETO 12M 750KG	Unidad	23	\$ 580.596,00	19	\$ 13.353.708,00	\$ 15.890.912,52
POSTE CONCRETO 9 M 510 KG	Unidad	9	\$ 360.443,00	19	\$ 3.243.987,00	\$ 3.860.344,53
POSTE DE CONCRETO DE 12m x 1050 kg	Unidad	5	\$ 1.349.654,00	19	\$ 6.748.270,00	\$ 8.030.441,30
POSTE HPC/HPV 9M 750KG	Unidad	16	\$ 673.502,70	19	\$ 10.776.043,20	\$ 12.823.491,41
RETENC PREF TERMINAL TERMINAL CABLE AC-3/8	Unidad	120	\$ 4.043,00	19	\$ 485.160,00	\$ 577.340,40
RETENC PREF Z 57/1-3 ACSR. 1/0	Unidad	46	\$ 9.935,00	19	\$ 457.010,00	\$ 543.841,90
SOPORTE EN U RED BT TRENZADA EN CRUCETA	Unidad	43	\$ 33.513,00	19	\$ 1.441.059,00	\$ 1.714.860,21

SOPORTE HORQUILLA P/AISLADOR TIPO CARRETE	Unidad	20	\$ 8.715,00	19	\$ 174.300,00	\$ 207.417,00
SOPORTE P/SECC FUSIBLE. EN CRUCETA ANGULAR	Unidad	10	\$ 8.883,00	19	\$ 88.830,00	\$ 105.707,70
SPT ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO	Unidad	5	\$ 163.438,00	19	\$ 817.190,00	\$ 972.456,10
TORNILLO AC. GALVANIZ.C. T 5/8X12	Unidad	84	\$ 3.923,00	19	\$ 329.532,00	\$ 392.143,08
TORNILLO AC. GALVANIZ.C. T 5/8X6	Unidad	23	\$ 2.303,00	19	\$ 52.969,00	\$ 63.033,11
TORNILLO AC. INOXIDABLE/EXAG.CT. 1/2X2	Unidad	15	\$ 3.534,67	19	\$ 53.020,11	\$ 63.093,93
TORNILLOS 5/8 X3	Unidad	50	\$ 2.994,48	19	\$ 149.724,10	\$ 178.171,68
TRAFO (ACEITE VEGETAL) 1 F 25 KVA 13.2KV	Unidad	1	\$ 3.219.509,30	19	\$ 3.219.509,30	\$ 3.831.216,07
TRAFO (ACEITE VEGETAL) 1F 37.5KVA 13.2KV	Unidad	1	\$ 4.115.589,00	19	\$ 4.115.589,00	\$ 4.897.550,91
TRAFO CONV 1F 37.5KVA 13.2KV	Unidad	2	\$ 2.488.937,00	19	\$ 4.977.874,00	\$ 5.923.670,06
TRAFO CONV. 1F 25 KVA 13.2KV	Unidad	1	\$ 2.271.388,00	19	\$ 2.271.388,00	\$ 2.702.951,72
TUBO PORTAFUSIBLE EXP. 27KV 100 A	Unidad	10	\$ 55.883,00	19	\$ 558.830,00	\$ 665.007,70
TUERCA DE OJO ACERO GALVANIZADO 5/8	Unidad	40	\$ 3.510,00	19	\$ 140.400,00	\$ 167.076,00
TUERCA HEXAGONAL ACERO GALV. 5/8	Unidad	5	\$ 367,00	19	\$ 1.835,00	\$ 2.183,65
					subtotal:	\$ 77.418.691,41
					descuento:	0
					IVA:	\$ 14.709.551,37

					TOTAL:	\$ 92.128.242,7 8
--	--	--	--	--	--------	-------------------------

Fuente: Autor, 2022.

3.4.1.3 Análisis

Tabla 6. Comparación de precios.

PROVEEDORES	VALOR COTIZACIÓN POR PROVEEDOR
Proveedor 1	\$ 83.184.861,78
Proveedor 2	\$ 92.128.242,78
Diferencia de precio entre proveedores	\$ 8.943.381
% de diferencia	9.71%

Fuente: Autor, 2022.

De acuerdo a los costos obtenidos por los proveedores y al previo análisis de los valores unitarios que entregan cada uno de ellos, se procedieron a estudiar las ofertas con el fin de determinar el mejor proveedor junto con los mejores precios dados de todas las unidades necesarias para la obra, teniendo como resultado una diferencia de \$ 8.943.381 pesos equivalente a un porcentaje del 9.71 % entre cada uno de los proveedores, por el cual se procedió a seleccionar el mejor presupuesto dado en \$ 83.184.861,78 para garantizar mayor rentabilidad en la empresa.

3.5 Costos Directos de Mano de Obra

En este paso se tuvo en cuenta el listado general de los materiales que se requerían en la construcción del proyecto, los costos están divididos por unidades constructivas, estos se definen de acuerdo a cada uno de los elementos instalados en el proyecto.

Tabla 7. Costos de mano de obra.

DESCRIPCIÓN UCC	COSTO UNITARIO UCC	CANTIDAD TOTAL	TOTAL
ABRAZADERA DE 200 mm DOS SALIDAS	\$ 2.804,79	\$ 78.534,25	28
ABRAZADERA DE 200 mm UNA SALIDA TRAF	\$ 2.660,54	\$ 26.605,40	10
ISL PORCELANA TIPO POSTE 13,2 KV	\$ 6.563,30	\$ 301.911,80	46
AMARRA PREFOR "Z" ACSR(AL)1/0 (123) AWG	\$ 2.227,03	\$ 102.443,38	46
APERTURA Y CIERRE DE SECC FUSIBLE PARA CAMBIO DE FUSIBLE	\$ 10.575,27	\$ 274.957,02	26
APRIETE DE CONEX EN TRAF MONOFÁSICO	\$ 8.391,77	\$ 293.711,95	35
ARM BT (RT) ALINEACION MONTADO EN EXTREMO DE CRUCETA MET	\$ 33.018,79	\$ 429.244,27	13
ARM BT (RT) ANCLAJE MONTADO EN EXTREMO DE CRUCETA MET	\$ 65.983,39	\$ 329.916,95	5
ARM BT (RT) FIN DE LÍNEA MONTADO EN EXTREMO DE CRUCETA MET	\$ 65.983,39	\$ 659.833,90	10
ARM SIMP CTO BIF ANG 20-30 a 60 DISP BANDERA 13,2 kV CRUC MET 2.4 M	\$ 54.060,91	\$ 270.304,53	5
ARM SIMP CTO BIF ALIN DISP BANDERA 13,2 kV CRUCE MET 2.4 M	\$ 31.387,59	\$ 408.038,67	13
ARM SIMP CTO BIF FIN DE LÍNEA DISP BANDERA 13,2 kV CRUC MET 2.4 M	\$ 49.239,58	\$ 492.395,80	10
CADENA AMARRE COMP 13,2 KV ACSR(AL)1/0 (123)	\$ 6.070,90	\$ 121.418,00	20
CONEXIÓN AMOVIBLE COMPLETA P/ ACSR 1/0 AWG (AAAC 123)	\$ 8.700,99	\$ 87.009,90	10
CONEXIÓN COND ACSR(AL)1/0 (123)-ACSR 1/0	\$ 4.851,16	\$ 97.023,20	20
DERIV BT CONECTOR PERFORACIÓN 4/0 - 1/0 / 4/0 - 1/0	\$ 7.458,76	\$ 850.298,64	114

FUSIBLE EXPULSION 5 A TIPO D	\$ 1.404,39	\$ 14.043,90	10
HORA CAMIÓN GRUA (HIDRAULICA) C/OP.	\$ 83.033,99	\$ 3.653.495,56	44
HORA VEHICULO CAMION 5 TON C/OP.	\$ 48.939,87	\$ 2.153.354,28	44
INSTALACIÓN BAJANTE MT DE 2 M	\$ 2.696,95	\$ 94.393,25	35
INSTALACIÓN DE PLACA PARA IDENTIFICACIÓN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	\$ 4.250,23	\$ 21.251,15	5
KM DE INSPECCIÓN LÍNEA AÉREA	\$ 41.553,00	\$ 207.765,00	5
M3 HORMIGÓN BRIGADA TIPO C	\$ 210.125,07	\$ 2.395.425,80	11,4
METRO LÍNEA TENSADA 3 X #4 CONCÉNTRICO	\$ 786,26	\$ 66.045,84	84
METRO LÍNEA TENSADA TRIPLEX 1/0	\$ 2.299,85	\$ 2.318.248,80	1008
ML TENDIDO LÍNEA BIF AAAC 123 S/N	\$ 3.201,59	\$ 3.227.202,72	1008
ML TRANSPORTE COND DESNUDO AÉREO Y DE RETENIDA	\$ 61,15	\$ 156.299,40	2556
ML. CABLE ACERO GALVANIZADO 3/8"	\$ 1.183,35	\$ 639.009,00	540
MONTAJE CAJA DERIVACION MONOF FIJACIÓN C/TORN	\$ 13.985,65	\$ 391.598,20	28
MONTAJE CRUCETA METÁLICA AUX DE PROTECCIONES	\$ 20.753,44	\$ 103.767,20	5
MONTAJE RETENIDA AÉREA (3/8")	\$ 24.619,80	\$ 738.594,00	30
MONTAJE SECC. FUSIBLE FIJAC. EN CRUC MET 13,2 KV 200A	\$ 12.074,95	\$ 120.749,50	10
NUMERACIÓN DE APOYO DE MT	\$ 5.799,55	\$ 220.382,90	38
POSTE CONCRETO 12M 1030 daN	\$ 72.690,67	\$ 363.453,35	5
POSTE CONCRETO 12M 735 daN	\$ 75.623,82	\$ 1.739.347,86	23
POSTE CONCRETO 9 M 1030 daN	\$ 68.802,01	\$ 688.020,06	10
PUENTE DOBLE P/CONEX BT A 2 TRAFOS MONOF 2 BORNAS 37,5 y/s 50 kVA	\$ 40.824,47	\$ 204.122,33	5

PUESTA A TIERRA EN POSTE DE HORMIGÓN HASTA 12 MT EN ACERO AUSTENÍTICO	\$ 14.453,83	\$ 72.269,15	5
SUPL POR EXCAV EN SEMI ROCA P/POSTE HPV 11,12 Y 14 M 735 daN.	\$ 116.547,39	\$ 3.263.326,92	28
SUPL POR EXCAV EN SEMI ROCA P/POSTE HPV 8 Y 9 M 500 daN.	\$ 63.622,50	\$ 636.225,00	10
TORNILLO AC. INOXIDABLE /EXAG.C.T.1/2"X2"		\$ -	60
TRAFO MONOF CONVENCIONAL EN POSTE 13,2 kV/120-240 V - 75 kVA	\$ 86.985,89	\$ 434.929,43	5
TRANSP POSTES 12m (300-800 daN), 12m (750 y 1050 kG) SEDE/CONTR A OBRA	\$ 33.668,36	\$ 942.714,08	28
TRANSP POSTES 6 A 10,5 M SEDE CONTRATISTA A OBRA	\$ 25.941,19	\$ 259.411,90	10
TRANSPORTE DE TRAFOS MONOF TIPO POSTE DE 5 a 75 kVA	\$ 33.550,31	\$ 167.751,55	5
TUERCA DE OJO DE ACERO GALVANIZADO DE 5/8"	\$ 2.660,54	\$ 106.421,60	40
U-BRIDA DE SUJECCIÓN HASTA 100 MM	\$ -	\$ -	137
	TOTAL	\$ 30.223.267,40	
	TOTAL + K	\$ 40.801.410,99	

Fuente: Autor, 2022.

3.6 Presupuesto Total del Proyecto

Tabla 8. Presupuesto.

CONCEPTO		VALOR
COSTOS DIRECTOS		
Mano de obra		\$ 30.223.267,40
Materiales		\$ 69.903.245,20
Iva sobre materiales	19%	\$ 13.281.616,59

Valor total de costos directos	\$ 113.408.129,19
--------------------------------	-------------------

Fuente: Autor, 2022.

3.7 Transporte de Poste

Según las normas técnicas dadas por el grupo EPM los postes deben ser almacenados en pilas diferenciadas por la referencia del poste. En el proceso de carga debe utilizarse una grúa, los postes deben ser levantados teniendo en cuenta su centro de gravedad, el cual está dado por una línea roja. Luego de esto, los postes pueden ser transportados en grúas, camiones o tractocamiones según sea la cantidad de postes, estos deben ser ubicados en pilas y amarrados mediante cadenas o bandas de alta carga con diferencial de mano.

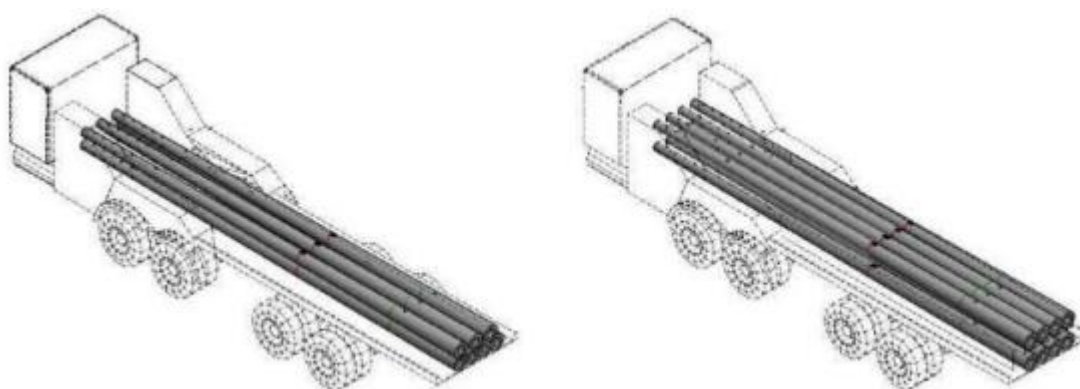


Ilustración 17. Esquema de cargue de postes dados por Afinia.

Fuente: AFINIA, 2020.

Se debe tener en cuenta que debe evitarse el contacto entre los postes y el planchón del camión, entre postes y cadenas o bandas y entre postes, para ello se utilizan bandas de goma o soportes de madera.

El transporte de los postes fue llevado a cabo en tracto camiones desde la bodega de la empresa hasta el sitio de la obra, garantizando todas las medidas de seguridad establecidas, con el fin de cuidar la integridad de las personas, el personal de trabajo y el material transportado.

Cuando se efectúa el transporte del material se debe garantizar que los postes se encuentren de la forma más rígida posible. Cuando el transporte se hace en transporte en grúas, camiones o tractocamiones, se pueden utilizar soportes trapezoidales, sin infringir la normatividad dada por el ministerio de transporte. Dichas normas están dadas por la Resolución 004959 de 2006 del Ministerio del Transporte de Colombia.



Ilustración 18. Transporte de postes.

Fuente: Autor, 2022.

En el proceso de descargue se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Los postes deben estar sujetados por su centro de gravedad.
- Se deben utilizar eslingas en las cuales quepa el poste en su totalidad. Además, los postes deben estar en buenas condiciones, sin daños visibles ni fisuras.
- No se deben arrojar los postes desde el planchón del camión.

- Los postes deben ser descargados suavemente en los soportes ubicados sobre una superficie plana, para su direccionamiento se deben utilizar poleas o sogas que garanticen una distancia entre el operador y el poste en caso de caída del mismo.
- Todos los trabajadores encargados del descargue deben utilizar los elementos de protección adecuada en caso de accidente, además deben estar afiliado a una ARL para ser atendidos en caso de accidente, esto incluye al conductor del camión.

3.8 Excavaciones Para Hincado de Poste

3.8.1 Tipos de Postes

Los postes pueden ser de hormigón pretensado, fibra de vidrio o metálicos, el material va de acuerdo al esfuerzo que estos van a soportar.

En esta obra se utilizaron postes de hormigón con las siguientes referencias, 12X750, 12X1050 y 9X750. Estos han sido ubicados de acuerdo a la necesidad del proyecto y las condiciones del terreno.

Una vez seleccionado el tipo de poste deben realizarse los procedimientos de excavación, para el posterior cimiento e hincado del poste. Esto ha sido realizado por operadores con sus respectivos elementos de protección personal como se puede ver en la imagen. El diámetro de la excavación debe ser el ancho de la base del poste más 20 cm y la profundidad está dada por la altura del poste.

$$P = 0,10H + 0,30m \quad (1)$$

Donde: H = altura del poste.



Ilustración 19. Operario realizando excavaciones.

Fuente: Autor, 2022.

3.8.2 Hincado de Poste

Una vez realizado el proceso de excavación se procede a instalar el poste mediante una grúa y operarios previamente capacitados para esta labor, deben tener sus elementos de protección personal completos en caso de accidentes. Según la norma técnica utilizada los postes deben estar debidamente sujetos por la grúa mediante sogas y soportes, una vez puesto el poste en su lugar se debe proceder al proceso de cimentación.



Ilustración 20. Hincado de postes en el terreno.

Fuente: Autor, 2022.

3.8.3 Cimentación

Una vez ubicado el poste en su lugar se procede a utilizar una mezcla de tierra con gravilla debidamente prensada, luego se debe sellar mediante un refuerzo de concreto. Vale la pena mencionar que este proceso puede variar de acuerdo al terreno, además, se deben tener ciertas consideraciones a la hora de elegir los materiales, por ejemplo, el cemento, agua y agregados deben cumplir con la norma sismo resistente NSR-10. También, se prohíbe el uso de componentes con sulfuros oxidables y agua de mar.



Ilustración 21. Cimentación de postes realizada por un operario.

Fuente: Autor, 2022.

3.9 Ensamble de Armado en Poste

En este proceso se realiza el ensamblado de las estructuras, estas están conformadas por herrajes, accesorios (crucetas, soportes, etc.) y los elementos aisladores con sus accesorios (aisladores, grapas, retenidas, cadenas de amarre, etc.). La función de estas estructuras es transmitir los esfuerzos de los conductores a los postes. Luego de seleccionados los elementos que componen la estructura deben definirse la ubicación y distancias entre conductores además de la configuración en la cual serán colocados.

En el caso de este proyecto se ha utilizado la configuración especial, en esta configuración los conductores se instalan a la misma altura con respecto al suelo y se ubican sobre uno de los lados del poste. Esta configuración es especialmente útil cuando existen restricciones de espacio, ya que pueden garantizar el cumplimiento de las distancias de seguridad establecidas en la norma.

3.9.1 Verificación de Parámetros Constructivos en Armado

Con el fin de garantizar el cumplimiento de los parámetros técnicos de construcción para proyectos tipo líneas aéreas eléctricas media tensión sin neutro y proyecto tipo redes trenzadas baja tensión, se hace una inspección técnica rigurosa en terreno por cada armado implementado en el proyecto para identificar cualquier tipo de anomalía o desvió que pueda afectar en correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas construidas, asegurando la calidad del proyecto y evitando hallazgos de desvíos por parte de auditoría externa, quien es la encargada de verificar el cumplimiento de los parámetros constructivos y de igual forma imponer costosas multas que afectan la rentabilidad de la empresa también generando malos indicativos ante la competencia.

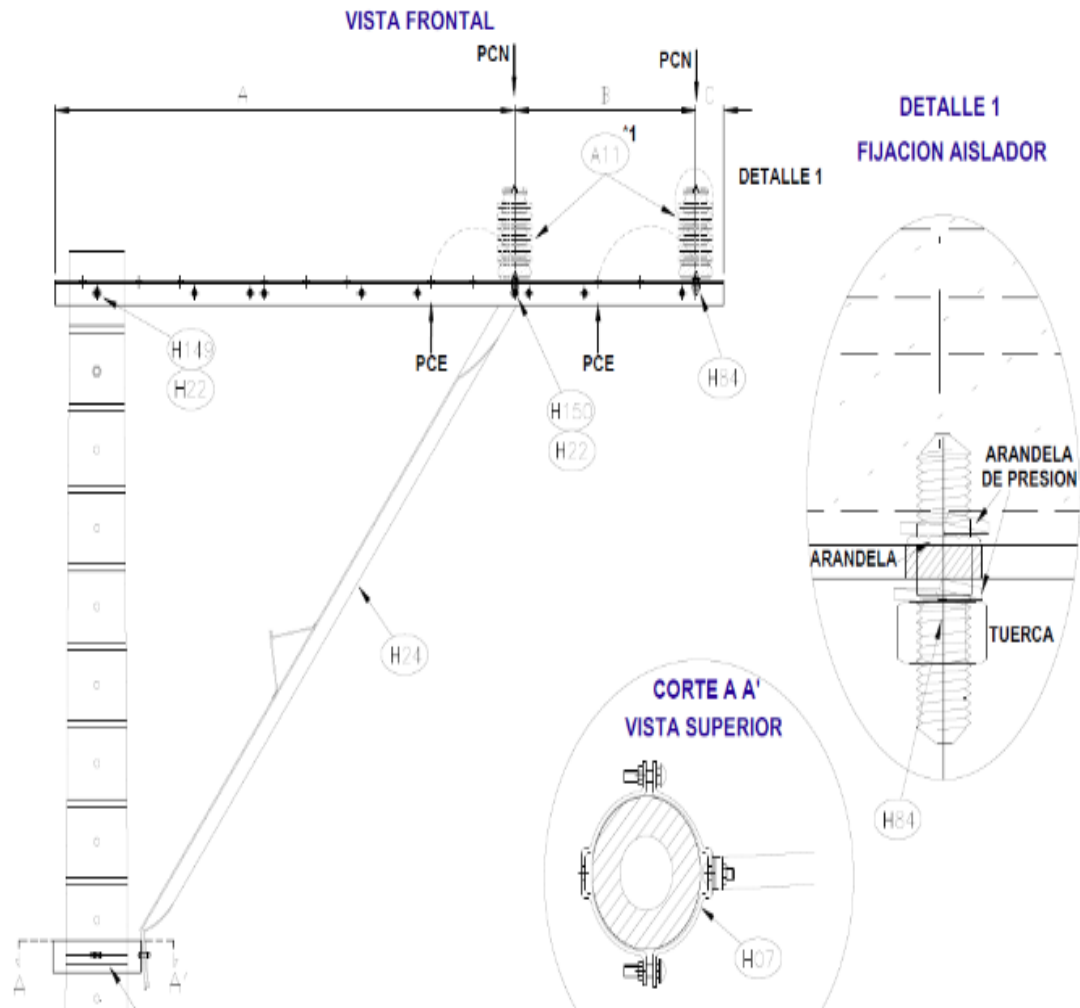


Ilustración 22. Esquema de configuración bandera.

Fuente: AFINIA, 2020.



Ilustración 23. Operario instalando estructura en configuración bandera.

Fuente: Autor, 2022.

3.10 Instalación de Retenidas Para Redes de Media Tensión y Baja Tensión

3.10.1 Retenida Para Estructura Tipo Bandera Fin de Línea 13.2 kV Configuración Especial

Se debe tener en cuenta que las características de las retenidas van a depender del tipo de poste y conductores utilizados. Los cables deben instalarse de tal manera que formen un ángulo de 30 grados con respecto al poste, también se deben instalar elementos de protección en la retenida, en la dirección del poste hacia abajo, de tal forma que se garantice la instalación de protecciones preformadas, éstas van a dar garantías de la protección de la parte inferior de la retenida.

Normalmente cuando se instala una retenida esta debe tener un ángulo de 30 grados con respecto al eje vertical del poste, en caso de usar más de una retenida, la retenida que esté en la posición más alta será la que tenga la inclinación de 30 grados.

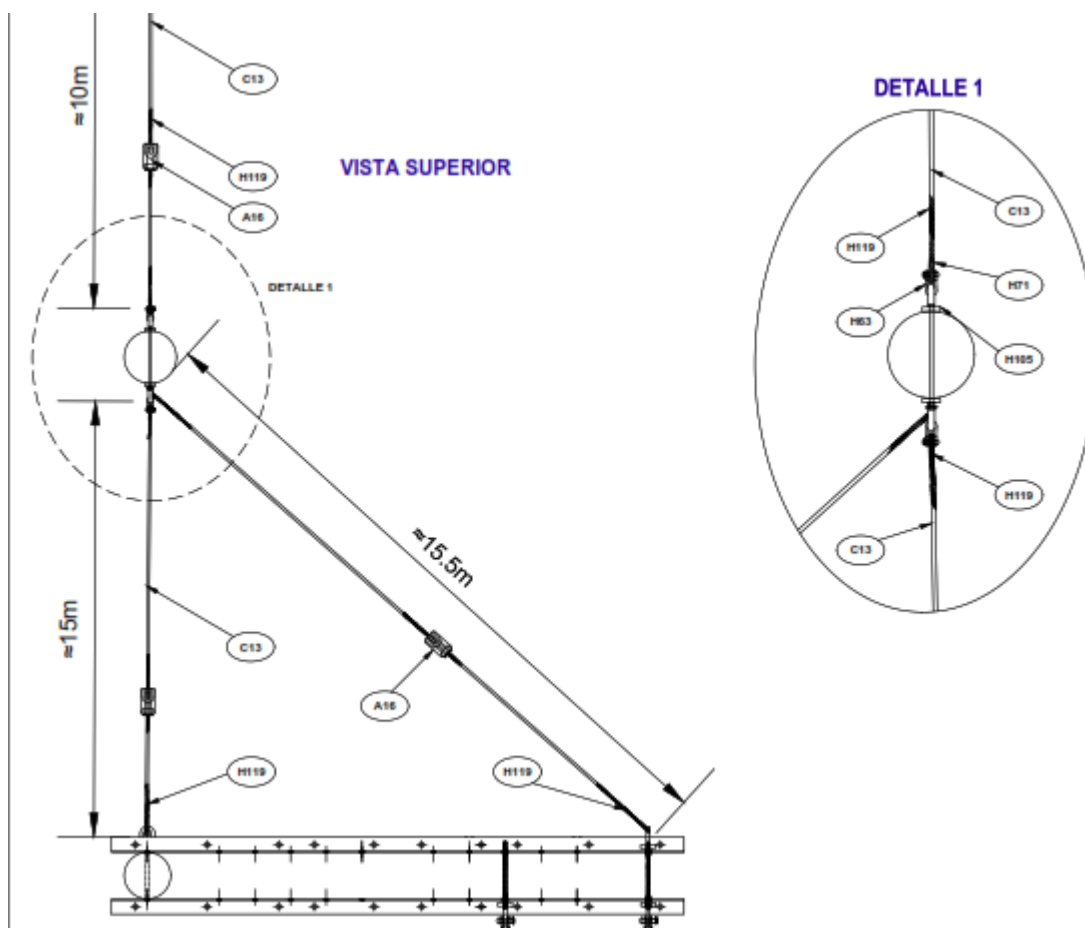


Ilustración 24. Retenida en configuración especial.

Fuente: Autor, 2022.



Ilustración 25. Instalación de la retenida en configuración especial.

Fuente: Autor, 2022.

Teniendo en cuenta todas las normas anteriormente mencionadas, se ha hecho una revisión e inspección por parte del ingeniero para garantizar que cumpla con la normatividad establecida por PROYECTOS TIPO caribe mar S.A.S, una vez fue comprobado que se cumplía la normatividad se ha pasado a la implementación.

Tabla 9. Elementos necesarios para la instalación de retenidas.

SÍMBOLO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
H 171	458479	VARILLA ANCLAJE DE OJO C.T. 3/4"X8	u	1
H 71	458467	GUARDACABOS PARA RETENCIÓN CABLE ACERO 3/8"	u	6
C 13	434435	CABLE ACERO GALVANIZADO P/RETENIDA 3/8"	m	42
H 15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X3/16"	u	2
OC 1	465266	ANCLA DE HORMIGÓN	u	1
A 16	707561	AISLADOR PORCEL. TIPO TENSOR 3/8 ANSI 54-2	u	3
H 119	458466	RETENCIÓN PREFORMADA TERMINAL CABLE DE ACERO 3/8	u	12
H 22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	2
H 63	530875	GRILLETE NORMAL RECTO 7/8"	u	1
H 167	437661	TUERCA DE OJO ACERO GALVANIZADO 5/8"	u	2
H 105	458662	PLETINA SUJECCIÓN PARA RETENIDA	u	1
H 154	437658	TORNILLO AC. GALV.CON OJO.C.T.5/8"X12"	u	2
OC 62	813653	TUBO CERRADO SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE RETENIDAS 25 MM	u	1

Fuente: Autor, 2022.

3.11 Estructura Tipo Bandera Para Conductores de Media Tensión

Esta estructura está comprendida por una serie de materiales que en conjunto conforman un armado óptimo para el apoyo de las redes eléctricas, es necesario cumplir con cada uno de los parámetros técnicos, en construcción y materiales que se describen en la tabla 10 para garantizar

los criterios mínimos de construcción exigidos por Afinia y lograr una estructura como la descrita en la ilustración 26.

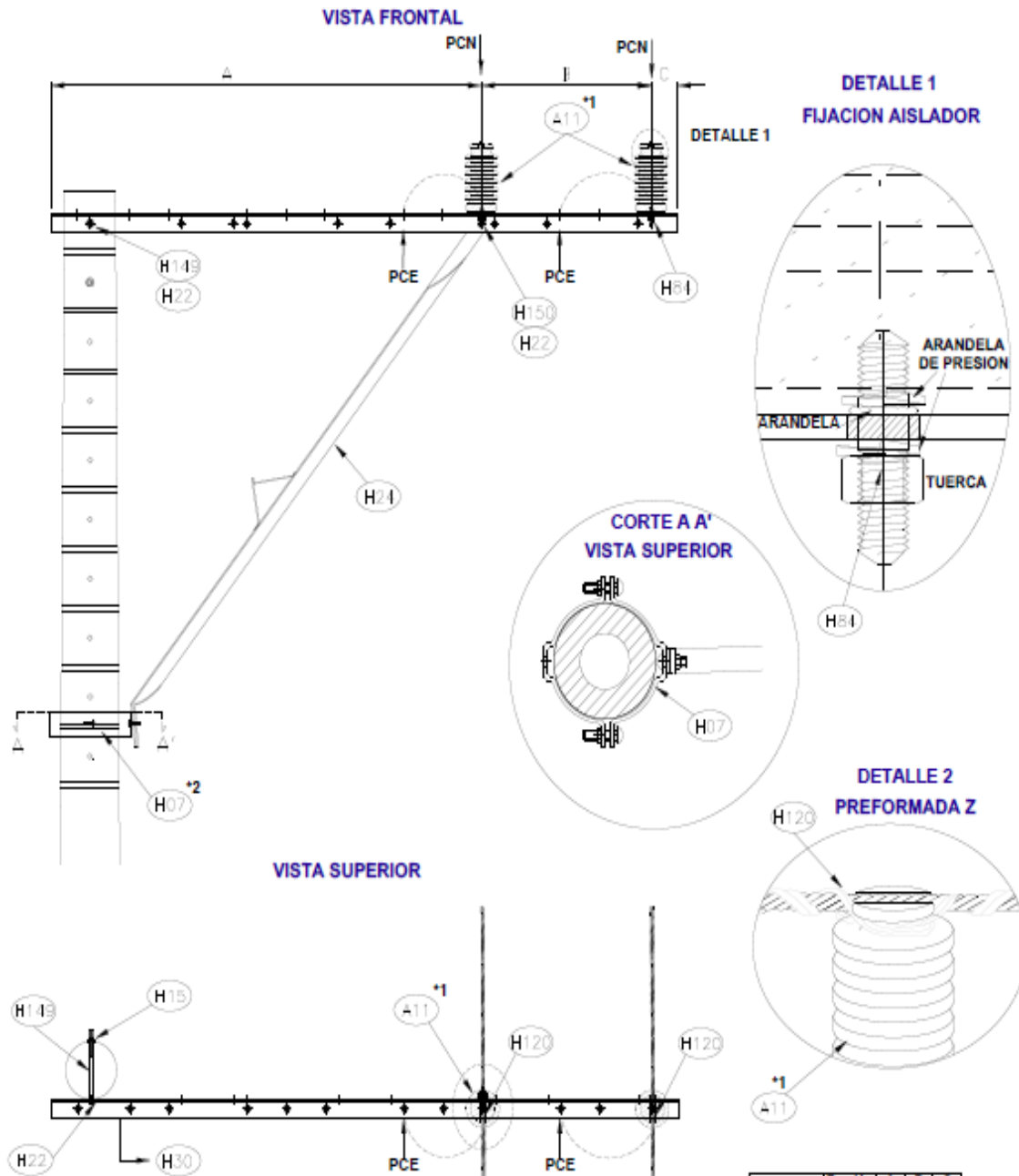


Ilustración 26. Esquema de instalación de estructura en configuración bandera de media tensión.

Fuente: AFINIA, 2020.

Tabla 10. Elementos necesarios para estructura tipo bandera.

SÍMBOLO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
H07	464245	ABRAZADERA CON UN PERNO DE CARRUAJE	u	1
A11	436991	AISLADOR TIPO POSTE	u	2
H15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4 “X 2-1/4 “X3/16”	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8 “	u	5
H30	931053	CRUCETA METÁLICA CONF. BANDERA 2400 MM	u	1
H24	464431	DIAGONAL ANGULAR 7 PIES	u	1
H84	437655	PERNO CORTO ACERO GALVANIZADO 3/4 “X 3/4 “X 3”	u	2
H120	437707	RETENCIÓN PREFORMADA “Z”	u	2
H150	437654	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8” X 2”	u	1
H149	437651	TORNILLO DE ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8 X 12”	u	1

Fuente: Autor, 2022.



Ilustración 27. Estructura instalada tipo bandera.

Fuente: Autor, 2022.

3.11.1 Instalación de Conductor Para Media Tensión

Luego de culminar con todo el proceso de armado en los postes y verificación de los mismos se procede con la instalación previa del conductor de media tensión, en este proceso el

conductor ACSR debió ser manejado con rigurosas precauciones para evitar accidente y cuidar de las propiedades del material al momento de tender las líneas sobre las estructuras de apoyo, esto se logra usando solo el equipo y el personal capacitado que cuente con la experiencia para realizar este tipo de trabajo y garantizar la seguridad y el cumplimiento de la instalación.



Ilustración 28. Operario instalando conductores de media tensión.

Fuente: Autor, 2022.

3.12 Armado Para Instalación de Red Trenzada de Baja Tensión

Este armado se instala cuando la cruceta en configuración bandera ya se encuentra instalada y verificada, se posiciona en un extremo de la cruceta metálica, para luego soportar la red trenzada a usar en la instalación de la línea de baja tensión, este armado debe estar previamente conformado por el listado de materiales definidos en la tabla 11, para así cumplir con los parámetros de diseño y construcción dados en la ilustración 29, que están definidos por Afinia.

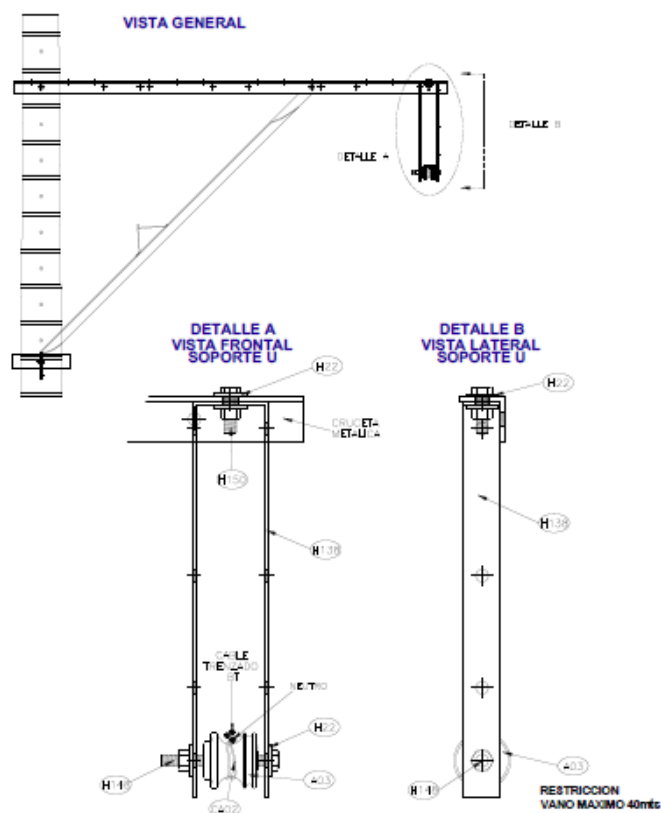


Ilustración 29. Armado para conductor de baja tensión.

Fuente: AFINIA, 2020.

Tabla 11. Elementos necesarios en armado para baja tensión.

SÍMBOLO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
A03	437805	AISLADOR PORCELANA CARRETE (ANSI 53-2)	u	1
CA02	808488	ALAMBRE DE ALUMINIO NO 8 AISLADO 600 V	m	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8 “	u	4
H138	479092	SOPORTE EN U PARA RED TRENZADA EN CRUCETA	u	1
H148	434647	TORNILLO DE ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8” X 6”	u	1
H150	437654	TORNILLO DE ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8” X 2”	u	1

Fuente: Autor, 2022.



Ilustración 30. Operario instalando armado para baja tensión.

Fuente: Autor, 2022.

3.12.1 Instalación de Conductor Para Baja Tensión

Seguidamente de la instalación del conductor de media tensión se procedió a instalar el cable trenzado 1/0 en el determinado soporte en U, este proceso requiere de un manejo especial, ya que los cables se encuentran forrados con un material dieléctrico y están trenzados entre sí, lo cual facilita el contacto entre ellos mismos en caso de presentarse algún desgaste entre el dieléctrico que los cubre.



Ilustración 31. Operarios realizando instalación de conductores en BT.

Fuente: Autor, 2022.

3.13 Instalación de Transformadores

3.13.1 Centro de Transformación Conectado a Red Media Tensión Tipo

Configuración Especial, Transformador Convencional Monofásico 13.2 kV

Para realizar la instalación de los transformadores se debe usar una grúa hasta ubicar el transformador en el punto en el que será sujetado, en su defecto se usará un diferencial puesto en un anclaje para subir el transformador hasta el punto de instalación, los operarios debidamente protegidos, deben ajustar la posición del transformador mediante cuerdas cuando este esté en proceso de subida. La sujeción del transformador al poste de hormigón será hecha por abrazaderas galvanizadas para transformadores 2" x 1/4" y una salida o tornillo con un diámetro de acuerdo al necesitado por los soportes del transformador, generalmente este valor es de 5/8.

Cuando el transformador ya esté colgado y anclado en la posición se debe verificar que esté totalmente vertical y centrado con respecto al poste.

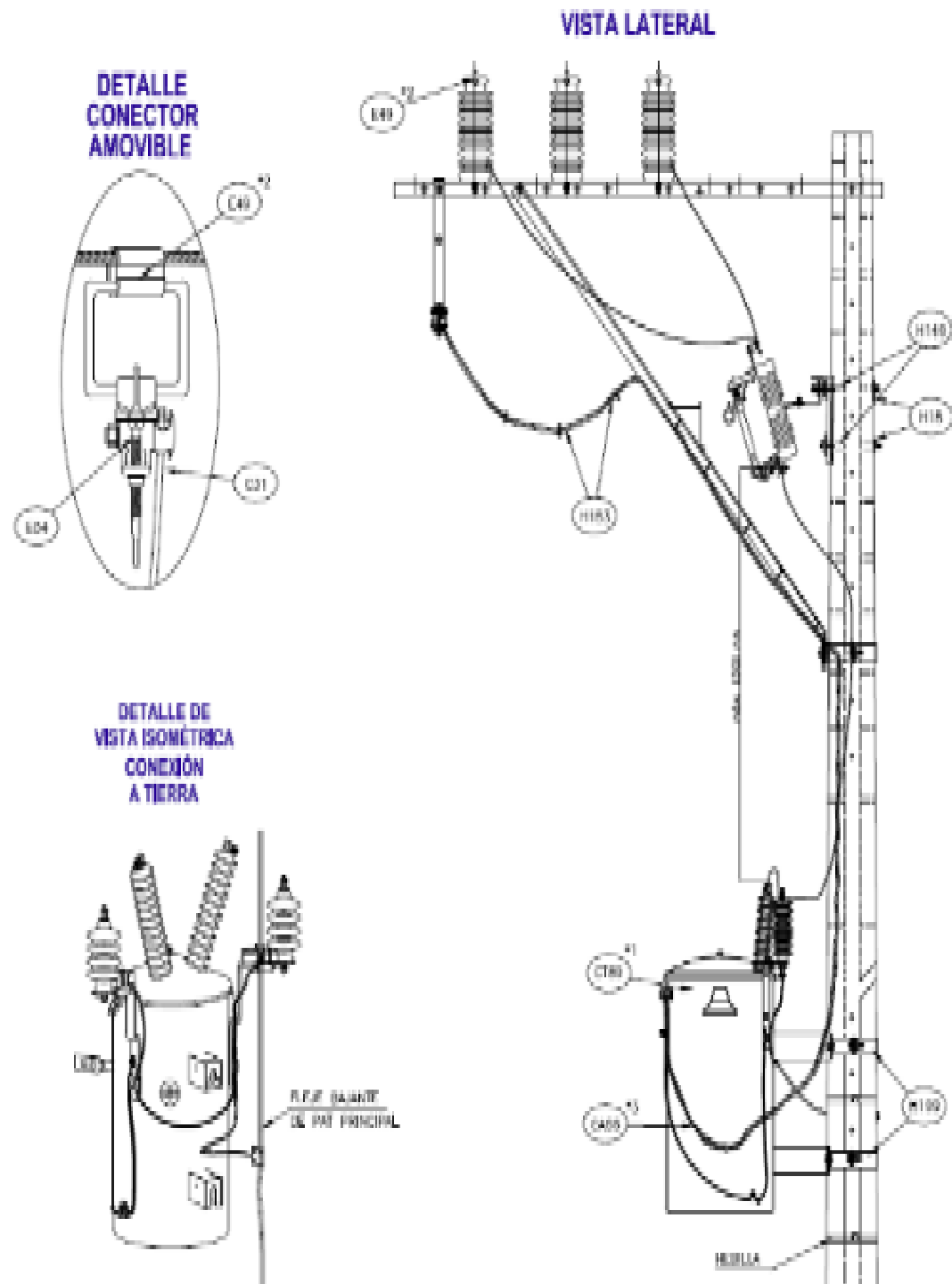


Ilustración 32. Esquema de instalación de transformador.

Fuente: AFINIA, 2020.



Ilustración 33. Transformador instalado.

Fuente: Autor, 2022.

Tabla 12. Elementos necesarios para la instalación de transformadores.

SÍMBOLO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
H199	467855	ABRAZADERA DE UNA SALIDA PARA TRANSFORMADOR	u	2
H15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	u	2
H20	458594	ARANDELA DE PRESIÓN ½ ACERO INOXIDABLE	u	6
H23	458595	ARANDELA PLANA REDONDA ½"	u	12
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	8
ES02	586342	BASE CORTACIRCUITOS FUSIBLE 15 KV 200 A	u	2
H183	525640	BRIDA DE SUJECCIÓN HASTA 100 MM	u	8
C31	434470	CONDUCTOR COBRE DESNUDO No 2 AWG CLASE A	m	3(2)
CA66	465746	CONDUCTOR TRENZADO DE ALUMINIO "TRÍPLEX"	m	6
E04	454857	CONECTOR AMOVIBLE P: ACSR 2-2/0 – D: Cu 6-2/0	u	2
E49	567344	CONECTOR CUÑA CON ESTRIBO	u	2
H31	551267	CRUCETA ANGULAR METÁLICA 2400 MM	u	1
ES04	435643	FUSIBLE DE EXPULSIÓN	u	2

H142	551267	SOPORTE P/SECC. FUSIBLE EN CRUCETA ANGULAR	u	2
E161	556757	TERMINAL COMPRESIÓN BIM. TIPO PLETINA 2 PERF. ½ B. LARGO	u	3
H158	458593	TORNILLO AC. INOXIDABLE CON TUERCA ½" X 2"	u	6
H150	437654	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8 X 2"	u	2
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8 X 2"	u	2
CT89	576431	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICA	u	1
ES01	458533	TUBO PORTA FUSIBLE EXPULSIÓN 15 KV 100 A	u	2

Fuente: Autor, 2022.

3.13.2 Conexión del Transformador a la Red de Baja Tensión

Los puentes utilizados en esta conexión podrán ser de cobre o aluminio aislado, el cable se debe conectar directamente a los bornes de baja tensión del transformador.

En el caso de las acometidas deben ser de un conductor continuo de cobre aislado, no se permite ningún tipo de empalme en estas. Desde el transformador las acometidas deben ser del mismo calibre de las protecciones instaladas para la conexión de los usuarios.

Recordemos que las acometidas son conductores aéreos que van desde los bornes de baja tensión del transformador hasta los equipos metros contadores instalados para los usuarios.

3.13.3 Conexión a la Línea Aérea de Media Tensión

La conexión del transformador a línea de MT se deben utilizar conectores tipo cuña con estribo y conector modificable para el estribo, esta configuración podemos observar a detalle en la siguiente ilustración.

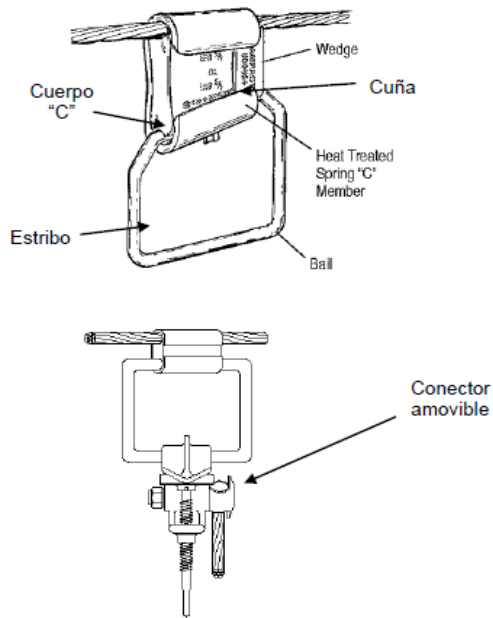


Ilustración 34. Conector tipo cuña con estríbo.

Fuente: AFINIA, 2020.

Se debe seleccionar una cuña que sea adecuada al calibre del conductor seleccionado, la instalación se realiza mediante una herramienta llamada pistola, una vez instalado esto se debe ajustar el conector para el conductor amovible.

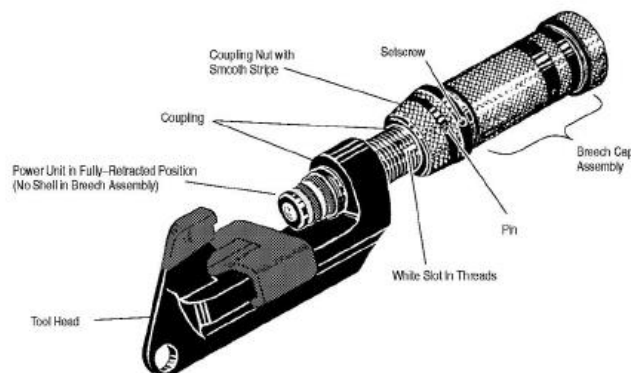


Ilustración 35. Pistola para instalación de conductores amovibles.

Fuente: AFINIA, 2020.

3.14 Acople de Red Nueva al Sistema Eléctrico

para proceder con la conexión de la red nueva al sistema es necesario verificar que todas las instalaciones llevadas a cabo en el proyecto para evitar cualquier tipo de anomalía que pueda afectar a la red eléctrica, ya que cualquier mínimo error puede conllevar a grandes consecuencias irreversibles que generarían pérdidas económicas para los usuarios y la contratista que ejecuta el proyecto. Para este proceso se requiere desenergizar las redes eléctrica y seguidamente realizar la maniobra de forma segura, es necesario solicitar una consignación o también llamado descargo que es la orden de trabajo por el cual se autoriza proceder con la suspensión del servicio de todo el circuito para realizar el respectivo acople a la matriz principal de la red del sistema eléctrico, el denominado descargo debe ser solicitado con días de antelación para ser analizado y previamente autorizado, seguidamente de todo el procedimiento se ejecuta la orden de trabajo por un agente de zona de trabajo y respectivamente proceder con la conexión. Esta conexión fue realizada por medio de un conector cuña presión 1/0-1/0 como se muestra en la imagen, seguidamente de una caja cortacircuitos para hacer posible seccionar en caso de requerirse sin afectar la matriz principal de todo el sistema.



Ilustración 36. Punto de acople de la red nueva.

Fuente: Autor, 2022.

3.15 Verificación de Parámetros Constructivos en la Obra

Para garantizar que se cumplan los parámetros constructivos de cada una de las estructuras y elementos presentes en este proyecto se debe cumplir con la normatividad y metodología dadas por Afinia, en incisos anteriores de este trabajo se describen métodos e instrumentos recomendados para cada uno de los armados, los tipos de configuraciones y transporte de los materiales más delicados. Se ha hecho énfasis en cada uno de estos procesos de forma individual, garantizando que cada uno de los elementos que componen las estructuras de armaduras sean exactamente los exigidos por la empresa, para ello el ingeniero ha hecho una rigurosa supervisión e inspección de cada uno de estos instrumentos.

3.16 Análisis de Objetivos

Análisis de Objetivo 1:

“Realizar análisis de precio unitario y costo económico en la implementación del proyecto.”

Para la solución de este objetivo se ha realizado una tabla donde se encuentran todos los elementos utilizados para llevar a cabo el proyecto, con su respectivo valor unitario y en conjunto. Además, se ha plasmado también el valor de la mano de obra en la instalación de cada uno de los elementos que conforman el proyecto. A continuación, veremos los valores calculados:

Tabla 13. Impacto económico.

CONCEPTO		VALOR
COSTOS DIRECTOS		
Mano de obra		\$ 30.223.267,40
Materiales		\$ 69.903.245,20
Iva sobre materiales	19%	\$ 13.281.616,59

Valor total de costos directos	\$ 113.408.129,19
--------------------------------	-------------------

Fuente: Autor, 2022.

Las tablas con todos los datos a detalle se encuentran en el desarrollo del trabajo, incluso se hizo una comparativa de precios con otro proveedor para garantizar que los costos de la obra sean los más bajos, aumentando así la rentabilidad para la empresa.

Análisis de Objetivo 2:

“Efectuar supervisión de las actividades para garantizar el cumplimiento de los tiempos en la ejecución de la adecuación.”

Para la solución de este objetivo se ha realizado un cronograma que se encuentra dividido en tres etapas, mediante ese cronograma se ha organizado el orden y las fechas en que fueron realizados los procedimientos, iniciando con estudios del terreno y viabilidad de proyecto, tomando entonces todos los datos necesarios para el replanteo del mismo. Dicho cronograma fue diseñado de acuerdo al tiempo estimado realizado por el ingeniero en el que se pretendía terminar la ejecución de la obra, a pesar de ciertos contratiempos, especialmente lo referido a la mano de obra y condiciones climáticas, el proyecto fue culminado en su totalidad y cumpliendo dicho cronograma.

Análisis de Objetivo 3:

“realizar seguimiento en el cumplimiento de criterios de diseño conforme a normatividad vigente en la construcción de la red eléctrica de media tensión y baja tensión.”

Este proyecto ha sido realizado bajo el criterio de PROYECTO TIPO caribemar S.A.S. E.S.P. el cual tiene una serie de indicaciones y parámetros preestablecidos para proyectos con

líneas eléctricas de simple circuito, conductores especificados como (ACCR, MCM, AWG, ACC con aislamiento rígido, frecuencia nominal de 60 y tensiones nominales de 13,2 y 34,5 kV.

Este PROYECTO TIPO tiene como fin justificar todos los aspectos constructivos de las instalaciones llevadas a cabo en una obra regida por esta normatividad, garantizando el cumplimiento de las metodologías dadas por las normas aplicadas nacional e internacionalmente. Las normas que amparan este proyecto son:

- Criterios de Arquitectura de Red - Área Caribe.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.
- Norma Red Aérea: Criterios de Diseño Para Redes de Distribución - Colombia. 1999.
- National Electrical Safety Code (NESC) - Estados Unidos. Edición 1997.
- Normas ANSI.
- Norma IEEE 80 – 2000. Sistemas de Puesta Tierra.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que en el desarrollo de este proyecto se han seguido de forma rigurosa los procedimientos indicados en PROYECTO TIPO caribemar S.A.S. E.S.P. se garantiza el cumplimiento de toda la normatividad establecida en Colombia.

3.17 Impactos

3.17.1 Impactos Económicos

Las redes eléctricas obsoletas son muy factibles a las interrupciones no programadas, muchas veces por el mal estado de equipos y materiales que conforman a estos sistemas, esta serie de eventos suelen ser frecuentes, por lo cual se requiere de constantes mantenimientos

preventivos y correctivos conllevando esto altos costos por las operativas que se necesitan para atender esta serie de acontecimientos, es por esto que el adecuar la redes eléctricas generan un gran impacto económico ya que con estas actividades se buscan reemplazar todos los equipos obsoletos que en muchas ocasiones son causantes de fallas, evitando así las interrupciones programadas para los mantenimientos preventivos y las interrupciones no programadas para solucionar daños e inconformidades reportadas por los usuarios, en la siguiente tabla se describe el costo de cada brigada necesaria para atender daños y mantenimientos.

Tabla 14. Costos por fallos.

DESCRIPCIÓN	Valor unitario
JORNADA BRIGADA LIGERA DIURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 UN TURNO)	\$ 315.820,14
SUPL HORA (DE HFD) BRIGADA LIG FEST NOCT (VEHÍCULO PICK UP 2X4 UN TURNO)	\$ 6.220,15
JORNADA BRIGADA LIGERA FESTIVA DIURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 UN TURNO)	\$ 413.577,24
JORNADA BRIGADA LIGERA FESTIVA DIURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 DOS TURNOS)	\$ 377.686,24
JORNADA BRIGADA LIGERA DIURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 DOS TURNOS)	\$ 279.929,14
JORNADA BRIGADA LIGERA NOCTURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 UN TURNO)	\$ 361.097,08
SUPL HORA (DE HD) BRIGADA LIGERA NOCT (VEHÍCULO PICK UP 2X4 UN TURNO)	\$ 5.652,93
JORNADA BRIGADA LIGERA NOCTURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 DOS TURNOS)	\$ 325.206,08
SUPL HORA (DE HORA DIURNA) LIGERA NOCTURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 DOS	\$ 5.674,87
JORNADA BRIGADA LIGERA FESTIVA NOCTURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 UN TURNO)	\$ 463.348,05
JORNADA BRIGADA LIGERA FESTIVA NOCTURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4 DOS TURNOS)	\$ 427.457,05
SUPL HORA (DE HFD) BRIGADA LIG FESTIVA NOCTURNA (VEHÍCULO PICK UP 2X4	\$ 6.229,76

Fuente: Autor, 2022.

3.17.2 Impacto Ambiental

Para dimensionar el impacto ambiental de esta obra se deben tener en cuenta el tipo de transformador utilizado con anterioridad, estos funcionaban con refrigerantes PCB (Bifenilo policlorado), el cual es un compuesto formado por cloro, carbono e hidrógeno. A pesar de que este compuesto químico destaca por sus propiedades como refrigerante, componente dieléctrico, baja volatilidad a temperaturas normales y resistencia al fuego, según el informe de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), este compuesto es uno de los diez más contaminantes inventado por el ser humano si se presenta una explosión o incendio, ya que, en dicho caso, el componente PCB se puede transformar en un producto químico llamado dioxina. También se presenta contaminación si existe un derrame del refrigerante PCB sobre el suelo o fuentes hídricas, lo cual es muy común cuando existen equipos con una vida útil caducada, como en el caso de los equipos presentes en el circuito antes de la intervención. Generalmente este tipo de transformadores funcionan con aceite mineral más el aditivo PCB.

En el proceso de actualización del circuito se instalaron transformadores que funcionan con refrigerante de aceite vegetal libre del compuesto PCB y algunos con aceite mineral libre de PCB. El aceite vegetal presenta una buena rigidez dieléctrica, mayor resistencia al calor, permitiendo jornadas de trabajo exhaustivas disminuyendo el desgaste del transformador en comparación a los aceites minerales. Además, en caso de incendio los aceites vegetales no desprenden gases tóxicos o productos no biodegradables como en el caso de los transformadores que funcionan con aceites minerales.

Teniendo en cuenta el análisis anterior de los tipos de transformadores y sus refrigerantes, se busca disminuir el impacto ambiental causado por estos dispositivos, ya sea por accidentes o falta de mantenimiento, evitando el derrame de sustancias químicas altamente contaminantes que

puedan afectar a la comunidad y el entorno ambiental presentado en la zona donde se ha llevado a cabo el trabajo.

Actualmente existe una legislación en Colombia sobre el manejo de residuos PCB, dada por la ley 1196 de 2008, la cual nos dice que los elementos contaminados con el compuesto químico PCB deben ser eliminados en su totalidad antes del año 2025.

A continuación, podremos observar la ficha técnica de un transformador con aceite mineral libre de PCB utilizados en la obra:

Rymel Carbemar de la costa S.A.S. E.S.P. NORMA: AFINIA ES.03625.TR

Transformador No. **2022041459** No. AFINIA **AM152**

Mo. FASES **1** Mes/Año Fabricación **04/2022**

Clase Amb. **A0** Frecuencia Hz **60**

Tipo **Convencional** No. **25** CONEXIÓN **II0**

KV.Prim **13.2** V.SEC **120/240** U₂₄(45°C) **3.0**

AMP.Prim **1.89** AMP.SEC **104.2** REFRIG. **ONAN**

KV.SEC.CC **3.47** TOC S. **1.125** ACEITE **50 L**

ALTITUD **1000** BILAJ WTSY **95/30** PESO TOT. **190 kg**

CAL.DIELC **60/65** Material conductor **ATBT ALJAL**

Tipo de líquido refrigerante **Mineral Tipo I NO PCB**

TENSION NOMINAL (V)	POS COM	UNIONES DE LAS DERIVAC
13 860	1	AB
13 530	2	BC
13 200	3	CD
12 870	4	DE
12 540	5	EF

DIAGRAMA DE CONEXIONES

U X

DPS.MT 15KV-100A E C A B D F DPS.MT 15KV-100A

U P X

AUTOPISTA NORTE PARA EL MORAL COPACABANA - ANTIQUIA - COLOMBIA
FAX 876 - 644 64 35 - www.rymel.com.co

Ilustración 37. Placa de características de transformador.

Fuente: Autor, 2022.

3.17.3 Impacto Social

En esta obra se busca generar un impacto positivo en la sociedad garantizando las distancias de seguridad estipuladas en la norma RETIE mediante el uso de la configuración especial en bandera, dichas distancias no eran respetadas en el circuito antes de su intervención, esto puede mejorar la calidad de vida de las personas en la medida en que se crea un ambiente seguro y libre de posibles accidentes. Además, con la actualización del circuito se disminuye

también la contaminación visual generada por la aglomeración de conductores y equipos en mal estado instalados en el circuito antes de la intervención.

También se busca mejorar la calidad del servicio, evitando eventos no programados como apagones o cortes súbitos del suministro de energía eléctrica ocasionados por daños en los equipos por falta de mantenimiento u obsolescencia, generando así en la comunidad la sensación de confianza y conformidad con el servicio prestado por el operador de red. Teniendo un suministro constante y confiable se puede mejorar la calidad de vida de las personas residentes en el área de la intervención, debido a que la energía eléctrica es indispensable para los hogares modernos y las actividades diarias de las personas.

3.18 Resultados

- Replanteo del proyecto.
- Finalización de la obra.
- Impacto ambiental.
- Impacto social.
- Impacto económico.
- Cumplimiento de los objetivos.

3.19 Conclusiones

- Este proyecto ha sido llevado a cabo con el fin de evitar pérdidas económicas de la empresa, debido a que, con el mejoramiento y reemplazo de los elementos constructivos del mismo, se ha garantizado una inversión menor en términos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Mediante el cambio de las líneas tradicionales por las líneas trenzadas se garantiza la disminución de conexiones fraudulentas por parte de la comunidad, lo cual representa una mejora significativa en las finanzas de la empresa.
- Con el reemplazo de transformadores antiguos y en mal estado, se garantiza la seguridad de la comunidad y el medio ambiente, esto debido a que se eviten accidentes como explosiones y derrames de los aceites que cumplen la función de aislantes y refrigerantes. Estos aceites contienen aditivos extremadamente tóxicos como los PCB.
- Mediante la supervisión por parte del ingeniero, la cual consistía en hacer cumplir la normatividad establecida AFINIA, se evitaron pérdidas económicas debido a posibles multas por el incumplimiento de la normatividad establecida para proyectos tipo líneas aéreas eléctricas de media tensión y baja tensión.

3.20 Bibliografía

Acevedo Díaz, J. A.-C. (2016). *La guerra de las corrientes*.

AFINIA. (2020). *LÍNEAS ELÉCTRICAS*.

ANSI. (s.f.). *ANSI*. Obtenido de <https://www.ansi.org/about/roles>

Castaño, S. R. (enero de 2004). <https://sistemamid.com/>. Manizales.

CELSIA. (s.f.). <https://www.celsia.com/>. Obtenido de <https://www.celsia.com/wp-content/uploads/2021/02/Documento-de-trabajo-sobre-el-Sistema-Interconectado-Nacional.pdf>

CREG. (28 de mayo de 1998). *RÉGIMEN LEGAL DE BOGOTÁ*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=10480>

CREG. (11 de Abril de 2008). Obtenido de <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=1228337>

CREG. (22 de Diciembre de 2008). *Avance jurídico*. Obtenido de http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2008/47214/r_creg_0166_2008.html

CREG. (25 de febrero de 2009). Obtenido de <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=4009485>

CREG. (15 de Marzo de 2013). Obtenido de <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/4010638>

Florez, E. (2015). <https://repositorio.espe.edu.ec/>. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/>

IEEE. (16 de Marzo de 2018). *https://standards.ieee.org*. Obtenido de *https://standards.ieee.org/wp-content/uploads/import/documents/guidelines/nesc_style_manual.pdf*

ISA. (2019). *https://www.isaintercolombia.com/*. Obtenido de *https://www.isaintercolombia.com/Paginas/48/sistema-electrico-colombiano*

justicia, M. d. (24 de julio de 1995). *juriscol*. Obtenido de *https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=4010684*

Londoño, J. E. (24 de Marzo de 1995). *Juriscol*. Obtenido de *https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=4010684*

Pineda, I. A. (agosto de 2017). *https://dspace.ups.edu.ec/*. Obtenido de *https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14767/1/UPS-CT007257.pdf*

RETIE. (2013).

UPME. (Marzo de 2013). *UPME*. Obtenido de *https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/Documents/Documentos-interes-convocatorias/Lineamientos_para_fortalecer_expansion_STN.pdf*

Urrego, S. l. (2021). *DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS DE MT Y BT*.

3.21 Anexos



Anexo 1. Inspección en terreno.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 2. Transporte de postes.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 3. Descargue de postes.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 4. Hincado de poste.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 5. Cimentación de poste.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 6. Transporte de material.

Fuente: Autor, 2022.



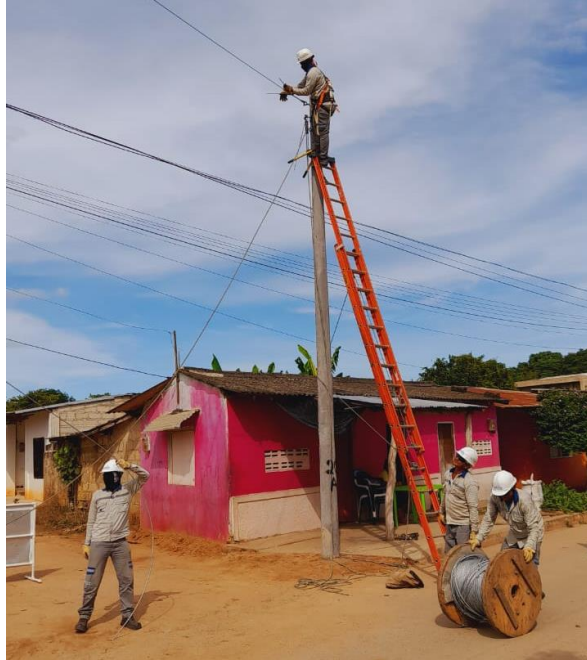
Anexo 7. Instalación de armado.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 8. Armado de retenida.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 9. Instalación de retenida.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 10. Conductores en estructura sin tensionar.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 11. fijación de línea de media tensión en cruceta.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 12. Conductor de media tensión instalado en la estructura.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 13. Conductor de media tensión y baja tensión instalado en la estructura.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 14. Fin de línea.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 15. Instalación de transformador.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 16. Conexión de transformador a red de media tensión.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 17. Transformador instalado.

Fuente: Autor, 2022.



Anexo 18. Red de media tensión y baja tensión instalada.

Fuente: Autor, 2022.