

DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA
EL BARRIO JUAN BAUTISTA FORERO DE SAN JUAN DEL CESAR EN LA
GUAJIRA.

MARÍA CAMILA CALA QUINTERO
SERGIO MANUEL BRITO GARCÍA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2022

DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA
EL BARRIO JUAN BAUTISTA FORERO DE SAN JUAN DEL CESAR EN LA
GUAJIRA.

MARÍA CAMILA CALA QUINTERO
SERGIO MANUEL BRITO GARCÍA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Director

ÓSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA
Doctor en ingeniería eléctrica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme las fuerzas para siempre perseguir mis sueños y no rendirme en ningún momento.

A mi madre Ernestina quien siempre me ha apoyado en todas las decisiones que tomo en mi vida.

A mi padre Jorge Hugo quien siempre me apoya y da consejos.

A la universidad pública por permitirme estudiar una carrera y tener una educación de calidad y mostrarme un mundo lleno de diversidad, ciencia y tecnología.

A mi compañero Sergio Manuel por escribir este libro juntos.

Maria Camila Cala Quintero.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar mi carrera, a mis padres Sabas Brito y Ereida Garcia, a mi hermano Santiago Brito Garcia, que siempre estuvieron a mi lado apoyándome y que con tanto sacrificio me han enseñado a valorar todo lo que tengo, a ser humilde y a superarme cada día más. A toda mi familia y mi compañera Maria Cala por escribir este libro conmigo.

Sergio Manuel Brito Garcia.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE USUARIOS SUBNORMALES	17
2.1 ESTADÍSTICAS MUNICIPALES E INFORMACIÓN DE USUARIOS.....	17
2.2 RECONOCIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.....	18
2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA ZONA	20
3. DISEÑO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	21
3.1 REFERENTE NORMATIVO - OPERADOR DE RED AIR-E.	22
3.2 CONSIDERACIONES DISEÑO ELÉCTRICO.....	23
3.2.1 Cargas de diseño para los usuarios.....	24
3.2.2 Demanda vivienda tipo.....	24
3.2.3 Cargas de alumbrado público.	24
3.2.4 Dimensionamiento de los transformadores.....	25
3.3 TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO POSTE SIN NEUTRO.....	27
3.3.1 Características de los transformadores.....	27
3.3.2 Dispositivos de protección y/o maniobra.....	29
3.3.3 Selección del calibre del bajante de baja tensión.....	29

3.3.4 Selección del conductor a tierra.	29
3.3.5 Selección del electrodo de puesta a tierra.	30
3.3.6 Cálculo de la resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical.	30
3.4 CÁLCULOS RED M.T.	31
3.4.1 Cálculos eléctricos.	32
3.4.2 Cálculos mecánicos en M.T.	37
3.4.2.1 Cálculos mecánicos de conductores.	37
3.4.2.2 Cálculo mecánico para postes.	37
3.4.2.3 Cálculo mecánico de retenidas.	39
3.4.2.4 Cálculo de cimentaciones.	40
3.5 CÁLCULOS RED DE B.T Y ACOMETIDA.	41
3.5.1 Cálculos eléctricos.	42
3.5.2 Cálculos mecánicos en B.T.	58
3.5.2.1 Cálculo mecánicos de conductores.	58
3.5.2.2 Calculo mecánico para postes.	58
3.5.2.3 Calculo mecánico de retenidas.	60
3.5.2.4 Cálculo de cimentaciones.	66
3.6 MEDICIÓN.	66
4. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.	68
5. CONCLUSIONES.	78
BIBLIOGRAFÍA.	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Información de usuarios por medidor totalizador.	18
Figura 2. Información consumo de energía último trimestre del 2020.....	18
Figura 3. Fotografía proyecto: estructuras de apoyo improvisadas por la comunidad.	19
Figura 4. Estimación crecimiento poblacional.	23
Figura 5. Trayectoria de la red de M.T. existente y diseñada.	32
Figura 6. Ejemplo de trazado de línea y ubicación de postes en M.T.	38
Figura 7. Trayectoria red de BT. y acometida diseñada.....	41
Figura 8. Ejemplo de trazado de línea y ubicación de postes en B.T.....	59

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Simulación de costos tendido de red de M.T.....	21
Cuadro 2. Simulación de costos tendido de red de B.T.	22
Cuadro 3. Factores de demanda NTC 2050.	26
Cuadro 4. Características Centros de transformación 1-4.	28
Cuadro 5. Características Centros de transformación 5-7.	28
Cuadro 6. Características Centros de transformación 9-13.	28
Cuadro 7. Selección de conductor bajante según potencia de transformador.	29
Cuadro 8. Características Generales de los conductores a tierra.	30
Cuadro 9. Características eléctricas conductor CF-63.....	33
Cuadro 10. Cálculos eléctricos red M.T.	34
Cuadro 11. Cálculos eléctricos red M.T.	35
Cuadro 12. Cálculos eléctricos red M.T.	36
Cuadro 13. Características mecánicas conductor CF-63.....	37
Cuadro 14. Características mecánicas de los postes.	38
Cuadro 15. Cálculos mecánicos M.T.	40
Cuadro 16. Características eléctricas conductor cuádruplex 4/0.	42
Cuadro 17. Características acometida aérea B.T.	43
Cuadro 18. Cálculos eléctricos red BT.....	45
Cuadro 19. Cálculos eléctricos red BT.....	46
Cuadro 20. Cálculos eléctricos red BT.....	47
Cuadro 21. Cálculos eléctricos red BT.....	48
Cuadro 22. Cálculos eléctricos red BT.....	49
Cuadro 23. Cálculos eléctricos red BT.....	50
Cuadro 24. Cálculos eléctricos red BT.....	51
Cuadro 25. Cálculos eléctricos red BT.....	52
Cuadro 26. Cálculos eléctricos red BT.....	53

Cuadro 27. Cálculos eléctricos red BT.....	54
Cuadro 28 Cálculos eléctricos red BT.....	55
Cuadro 29 Cálculos eléctricos red BT.....	56
Cuadro 30 Cálculos eléctricos red BT.....	57
Cuadro 31. Características mecánicas conductor cuadruplex 4/0.	58
Cuadro 32. Características mecánicas de los postes de B.T.....	59
Cuadro 33. Cálculos mecánicos B.T-TRF 1.....	60
Cuadro 34. Cálculos mecánicos B.T-TRF 2.....	61
Cuadro 35. Cálculos mecánicos B.T-TRF3.....	61
Cuadro 36. Cálculos mecánicos B.T-TRF4	61
Cuadro 37. Cálculos mecánicos B.T-TRF5.....	62
Cuadro 38. Cálculos mecánicos B.T-TRF6.....	62
Cuadro 39. Cálculos mecánicos B.T-TRF7.....	63
Cuadro 40. Cálculos mecánicos B.T-TRF8.....	63
Cuadro 41. Cálculos mecánicos B.T-TRF9.....	64
Cuadro 42. Cálculos mecánicos B.T-TRF10.....	64
Cuadro 43. Cálculos mecánicos B.T-TRF11.....	65
Cuadro 44. Cálculos mecánicos B.T-TRF12.....	65
Cuadro 45. Cálculos mecánicos B.T-TRF13.....	66
Cuadro 46. Características medidor monofásico trifilar.....	67
Cuadro 47. Especificaciones técnicas unidades constructivas.	68
Cuadro 48. Presupuesto de inversión.....	76

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Cálculos eléctricos y mecánicos red de distribución eléctrica

Anexo B. Planos red de distribución eléctrica

Anexo C. Memorias de calculo

Anexo D. Normativa vigente operador de red AIR-E

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL BARRIO JUAN BAUTISTA FORERO DE SAN JUAN DEL CESAR EN LA GUAJIRA*.

AUTOR: MARÍA CAMILA CALA QUINTERO, SERGIO MANUEL BRITO GARCÍA**.

PALABRAS CLAVE: RED DE DISTRIBUCIÓN, ENERGÍA ELÉCTRICA, BARRIOS SUBNORMALES.

DESCRIPCIÓN:

En el municipio de San Juan del Cesar se ha dado un crecimiento importante de la población en los últimos años, siendo un número importante aquella población ubicada en los barrios subnormales, estos asentamientos suelen ser de personas de escasos recursos que se instalan en predios a manera de invasión, sin contar con servicios públicos ni otras facilidades urbanas. Este es el caso del barrio Juan Bautista Forero que cuenta con un aproximado de 642 habitantes de los cuales el 81% por falta de recursos se ven en la necesidad de obtener energía eléctrica de forma ilegal o no cuentan con una acometida y sistema de medición convencional, por tanto, se ven forzados a improvisar estructuras y redes de distribución, estas estructuras son altamente peligrosas para toda la comunidad.

Por lo anterior, se propone este trabajo de grado para contribuir a la solución de esta problemática, desarrollando el diseño de una red de distribución de energía eléctrica para normalizar la instalación a nivel de media y baja tensión. El diseño de esta red se ajustará al contexto socioeconómico del barrio y la reglamentación vigente.

* Proyecto de Grado

** Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ingeniería

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF THE ELECTRICAL ENERGY DISTRIBUTION NETWORKS FOR THE JUAN BAUTISTA FORERO NEIGHBORHOOD OF SAN JUAN DEL CESAR IN LA GUAJIRA*.

AUTHOR: MARÍA CAMILA CALA QUINTERO, SERGIO MANUEL BRITO GARCÍA**.

KEY WORDS: DISTRIBUTION NETWORK, ELECTRICAL ENERGY, SUBNORMAL NEIGHBORHOODS.

DESCRIPTION:

In the municipality of San Juan del Cesar there has been a significant growth of the population in recent years, a significant number being that population located in subnormal neighborhoods, these settlements are usually made up of people with limited resources who settle on properties as invasion, without public services or other urban facilities. This is the case of the Juan Bautista Forero neighborhood, which has approximately 642 inhabitants, of which 81%, due to lack of resources, need to obtain electricity illegally or do not have a conventional connection and metering system. Therefore, they are forced to improvise structures and distribution networks, these structures are highly dangerous for the entire community.

Therefore, this degree work is proposed to contribute to the solution of this problem, developing the design of an electric power distribution network to normalize the installation at the medium and low voltage level. The design of this network will be adjusted to the socioeconomic context of the neighborhood and current regulations.

* Project of grade

** Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ingeniería

INTRODUCCIÓN

La ONU en el año 2016 planteo unos objetivos de desarrollo sostenible los cuales tienen como fin crear un mundo más inclusivo, con más equidad y mejores condiciones de vida, teniendo como referente el ODS número siete el cual tiene como propósito “energía asequible y no contaminante”¹, se decide abordar la problemática de normalización de usuarios de energía eléctrica en el municipio de San Juan del Cesar en la Guajira.

“En el departamento de la Guajira siendo un indicador de desarrollo y prosperidad, la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Departamento es solo de 78.55%, evidenciándose un rezago frente al promedio nacional que está en el orden de 96.53%. En el departamento de la Guajira las brechas en el sector se centran en la zona rural y es necesaria la normalización en áreas urbanas marginalizadas, requiriéndose una expansión de la cobertura por su alta incidencia en los indicadores de competitividad y dadas las potencialidades del territorio, tanto en energía solar como eólica. Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), la meta a 2030 es que el 100% de las viviendas estén conectadas a la red de energía eléctrica”². En el municipio de San Juan del Cesar en el departamento de La Guajira, de donde es oriundo uno de los autores de este trabajo de grado. Existen alrededor de dieciséis barrios que se encuentran catalogados como subnormales. Estos barrios no cuentan generalmente con un servicio de energía eléctrica legal, por lo cual surge la necesidad de construir redes e instalaciones eléctricas que cumplan con la regulación vigente para brindarle a la población un servicio eléctrico de calidad. El Barrio Juan Bautista Forero se identificó dentro de

¹ UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME Objetivo 7: Energía asequible y No contaminante. [Sitio Web]. [Consulta: 25 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>

² GOBERNACIÓN DE LA GUAJIRA. Plan de Desarrollo Departamental: La Guajira 2020-2023. Rioacha la Guajira. 2020. p.55.

las prioridades para este trabajo de grado dado que cuenta con alrededor de 642 viviendas (usuarios) de los cuales el 81% aproximadamente se encuentran con instalaciones eléctricas improvisadas que no cumplen la normatividad (no normalizadas), existiendo así un riesgo potencial para la vida y bienes de sus habitantes, además de mala calidad del servicio. El estado Colombiano en su legislación (decreto 4978 de 2007) define los barrios de tipo subnormal como “Es el asentamiento humano ubicado en las cabeceras de municipios o distritos que reúne las siguientes características: i) que no tenga servicio público domiciliario de energía eléctrica o que este se obtenga a través de derivaciones del Sistema de Distribución Local o de una Acometida, efectuadas sin aprobación del respectivo Operador de Red; ii) que no se trate de zonas donde se deba suspender el servicio público domiciliario de electricidad, de conformidad con el artículo 139.2 de la Ley 142 de 1994, las normas de la Ley 388 de 1997 y en general en aquellas áreas en las que esté prohibido prestar el servicio; y iii) Certificación del Alcalde Municipal o Distrital o de la autoridad competente en la cual conste la clasificación y existencia de los barrios subnormales, la cual deberá ser expedida dentro de los quince (15) días siguientes a la fecha de la respectiva solicitud efectuada por el Operador de Red”³. Este tipo de barrios en Colombia son muy comunes ya que sus habitantes son población vulnerable la cual por falta de recursos se ve forzada a realizar maniobras ilegales en las líneas de B.T y exponiendo sus vidas a potenciales riesgos eléctricos con dichas prácticas.

Para diseñar una solución para los habitantes del barrio Juan Bautista se plantea un diseño de red de distribución de Media y Baja tensión la cual cumpla con los requisitos expuestos por el Reglamento técnico colombiano de instalaciones eléctricas RETIE y el operador de red presente de la zona AIR-E, asegurando el correcto funcionamiento del sistema y los requisitos para las buenas prácticas

³ COLOMBIA, PRESIDENTE DE LA REPUBLICA. Decreto 4978 (diciembre 27, 2007) por la cual se reglamenta el artículo 59 de la Ley 1151 de 2007 y se dictan otras disposiciones. Bogotá. [Sitio Web]. [Consulta: 25 de noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=28304>

eléctricas, este proyecto será una propuesta de diseño el cual luego se deberá presentar al operador de red para que este se encargue de su respectivo análisis de factibilidad para la viabilidad del mismo y la puesta en funcionamiento.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de distribución de energía eléctrica para normalizar las redes de media y baja tensión del barrio Juan Bautista Forero de San Juan del Cesar en La Guajira.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la necesidad de electrificación para el barrio Juan Bautista Forero de San Juan del Cesar en La Guajira.
- Establecer parámetros de diseño y las restricciones a nivel técnico, económico y ambiental.
- Formular alternativa para la solución del problema identificado considerando las restricciones y parámetros de diseño definidos.
- Elaborar para la mejor alternativa de solución los planos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas y presupuesto de inversión.

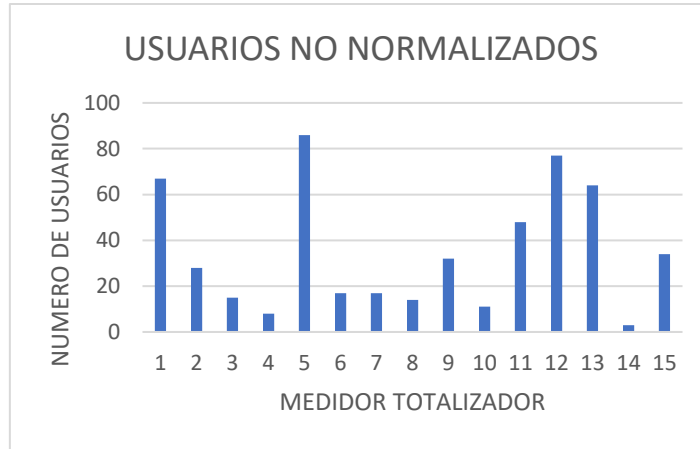
2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE USUARIOS SUBNORMALES

En el Municipio de San Juan del Cesar en el departamento de la Guajira en el casco urbano, se encuentra el barrio Juan Bautista Forero el cual ha sido identificado como un barrio de usuarios no normalizados, las necesidades más relevantes que viven los habitantes del barrio es no contar con redes de distribución de energía eléctrica adecuadas para el suministro de energía, afectando directamente tanto a la comunidad por el riesgo que implica la informalidad en el servicio como al operador de red por las pérdidas económicas producidas, los usuarios presentes en la zona se encuentran catalogados en los estratos 1 y 2.

2.1 ESTADÍSTICAS MUNICIPALES E INFORMACIÓN DE USUARIOS

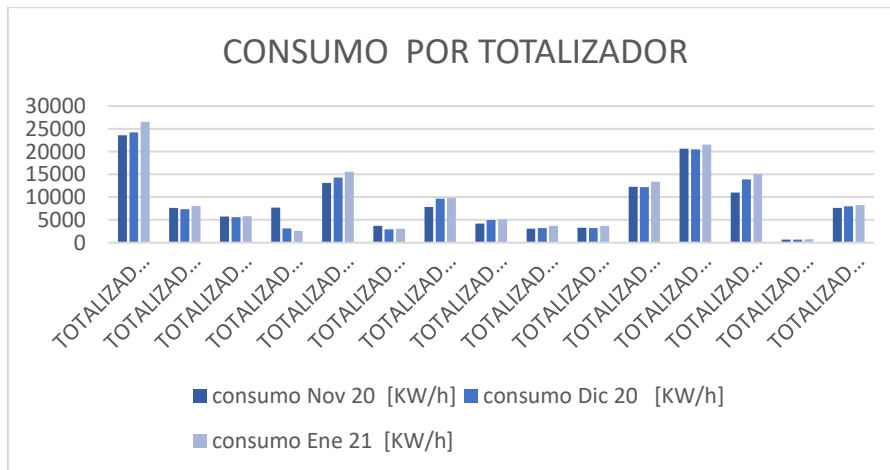
Las redes existentes de baja tensión encargadas de distribuir la energía eléctrica al barrio Juan Bautista Forero cuentan con quince medidores totalizadores ubicados en diferentes puntos, de los cuales en su mayoría se derivan las conexiones no normalizadas ante el operador de red de los usuarios. A continuación, en las figuras 1 y 2, se presenta información del número de usuarios por totalizador, esta cuantificación de energía fue posible mediante la consulta realizada a personal autorizado del operador de red AIR-E.

Figura 1. Información de usuarios por medidor totalizador.



Fuente: información proporcionada por empleado autorizado del operador de red Air-e.

Figura 2. Información consumo de energía último trimestre del 2020.



Fuente: información proporcionada por empleado autorizado del operador de red Air-e.

2.2 RECONOCIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Luego de realizada la visita a la zona de influencia de este proyecto se evidenció la Infraestructura presente en la zona por parte del operador de red. Esta cuenta con

una red de distribución aérea existente de media y baja tensión y una infraestructura normalizada de medición convencional al 19% de los habitantes, se evidencia la presencia de estructuras ilegales improvisadas como palos que hacen las veces de apoyos para los conductores los cuales se visualizan en la figura 3. Estas infraestructuras improvisadas por los habitantes violan directamente lo expuesto en el RETIE en sus capítulos del 2 al 8. El 81% de los usuarios no poseen una infraestructura de medición convencional lo que le impide al operador de red realizar una correcta prestación y cuantificación del servicio de energía eléctrica.

Figura 3. Fotografía proyecto: estructuras de apoyo improvisadas por la comunidad.



Fuente: elaboración propia.

Para dar una contextualización técnica, a continuación, se realiza un diagnóstico del registro fotográfico sobre los lineamientos técnicos que se incumplen según el RETIE.

- CAPITULO 2, Artículo 10. Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas.
- CAPITULO 2, Artículo 13. Distancias de seguridad.
- CAPITULO 2, Artículo 15. Sistema de puesta a tierra.
- CAPITULO 2, Artículo 16. Protección contra rayos.
- CAPITULO 2, Artículo 17. Iluminación.
- CAPITULO 3, Requerimientos para los productos, Artículo 20, Sección 20.1-20.2-20.14-20.16-20.17-20.20
- CAPITULO 7, Requisitos para el proceso de distribución.
- CAPITULO 7, Artículo 25. Prescripciones generales.
- CAPITULO 8, requisitos para instalaciones de uso final.
- CAPITULO 8, Artículo 27. Requisitos generales para las instalaciones de uso final.

Por temas de seguridad no fue posible obtener más material fotográfico de las viviendas de la zona de influencia del proyecto, ya que la comunidad no lo permitió.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA ZONA

Los usuarios en el barrio Juan Bautista Forero se encuentran categorizados ante la unidad de planeación municipal como estrato uno y dos. Con base a la información obtenida por medio de personal autorizado del operador de red AIR-E, se pudo cuantificar el requerimiento energético de la zona, ya que se brindó información completa sobre los medidores totalizadores además del número de usuarios asociados a cada uno de ellos, se registran un total de 522 usuarios en condición de subnormal y 120 usuarios en condición de normalizados, para un total de 642.

3. DISEÑO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las alternativas para resolver la problemática de normalización de usuarios deben basarse en el referente normativo del operador de red AIR-E que maneja la red de distribución eléctrica de la zona, es por eso que se debe seleccionar el tipo de red de distribución que aporte más beneficios a esta comunidad, por lo tanto, se procede a realizar un análisis estimado económico de la red de tipo aérea y subterránea.

Para esto se realizó la estimación de los costos principales de algunos equipos y actividades principales que se necesitarían en un posible tendido de red de 60 metros en media y baja tensión a modo de simulación, comparando los dos tipos de redes en cuanto a costos de presupuestos. En el cuadro 1 y 2 se realiza un análisis comparativo de los dos tendidos de red, donde se evidenció que la mejor relación costo beneficio la presenta la red tipo aérea, por lo tanto, esta selección nos lleva a encaminar nuestro trabajo de grado a este tipo de red, además de presentar beneficios económicos también presenta un tiempo de construcción más bajo y un tiempo en despeje de fallas más rápido.

Cuadro 1. Simulación de costos tendido de red de M.T.

Red Subterránea MT					Red Aérea MT				
Descripción	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Total	Descripción	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Total
Excavación Canalizaciones Y Zanjas	M3	20	\$ 22.493,00	\$ 449.860,00	Excavación e Hincado De Poste	Un	2	\$ 239.349,0	\$ 478.698,00
Caja De inspección De Tipo 1 De MT	Un	2	\$ 1.626.229,66	\$ 3.252.459,32	Poste De 12 Mt 735 Dan	Un	2	\$ 615.342,0	\$ 1.230.684,00
Conductor XLPE 15kv 3x1/0 AWG	M	60	\$ 33.950,00	\$ 6.111.000	Conductor 3xcf-63	M	60	\$ 10.650,0	\$ 1.917.000,00
Ducto PVC 4"	M	60	\$ 18.875,00	\$ 3.397.500	-	-	-	-	-
Costos Totales				\$ 13.210.819,32	Costos Totales				\$ 3.626.382,00

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Simulación de costos tendido de red de B.T.

Red Subterránea MT					Red Aérea MT				
Descripción	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Total	Descripción	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Total
Excavación Canalizaciones Y Zanjas	M3	20	\$ 22.493,00	\$ 449.860,00	Excavación e Hincado De Poste	Un	2	\$ 239.349,0	\$ 478.698,00
Caja De inspección De Tipo 1 De MT	Un	2	\$ 1.626.229,66	\$ 3.252.459,32	Poste De 12 Mt 735 Dan	Un	2	\$ 615.342,0	\$ 1.230.684,00
Conductor XLPE 15kv 3x1/0 AWG	M	60	\$ 33.950,00	\$ 6.111.000	Conductor 3xcf-63	M	60	\$ 10.650,0	\$ 1.917.000,00
Ducto PVC 4"	M	60	\$ 18.875,00	\$ 3.397.500	-	-	-	-	-
Costos Totales				\$ 13.210.819,32	Costos Totales				\$ 3.626.382,00

Fuente: elaboración propia.

3.1 REFERENTE NORMATIVO - OPERADOR DE RED AIR-E.

A continuación, se presenta el referente normativo del operador de red para un correcto diseño de redes de distribución de energía eléctrica de acuerdo con el tipo de red aérea.

El operador de red cuenta con proyectos tipo que orientan en la formulación y desarrollo de los diseños. Para este trabajo de grado se usaron en particular los siguientes proyectos tipo.

- Proyecto tipo: centros de transformación tipo poste⁴.
- Proyecto tipo: líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión⁵.
- Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T⁶.
- Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace⁷.

La red eléctrica se proyecta a un periodo estimado de 15 años con un factor de crecimiento poblacional del 2%, en la figura 4. donde se señala las áreas estimadas

⁴ AIR-E. Proyecto tipo: Centros de transformación tipo poste. 2022.

⁵ AIR-E. Proyecto tipo: líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión.2022.

⁶ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T.2022.

⁷ AIR-E. Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace.2022.

de crecimiento, todo esto acorde con lo expuesto en el proyecto tipo centros de transformación tipo poste del operador de red AIR-E⁸ .

Figura 4. Estimación crecimiento poblacional.



Fuente: Google Eart

A continuación, se describe el procedimiento para el diseño de la red de distribución tanto en M.T como en B.T.

3.2 CONSIDERACIONES DISEÑO ELÉCTRICO.

Para el diseño eléctrico, primero se debe realizar un análisis de cargas a instalar en el proyecto, para la realización de los cálculos de diseño de las redes eléctricas se tendrá en consideración lo siguiente

⁸ AIR-E. Proyecto tipo: centros de transformación tipo poste. Cálculo de potencia del transformador. 2022. P.27.

3.2.1 Cargas de diseño para los usuarios. Las cargas de diseño para la vivienda tipo se calcularán de acuerdo con lo expuesto en la NTC 2050⁹ y siguiendo lo expuesto el capítulo 6 del proyecto tipo líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión del operador de red AIR-E¹⁰, por lo que:

La vivienda tipo estrato 1 cuenta con un área de $45m^2$. La vivienda tipo cuenta con dos aires acondicionados de 9000 BTU para circuitos especiales acorde al dimensionamiento exigido por el operador de red.

Circuito de iluminación: $45m^2 * 32 \frac{VA}{m^2} = 1440 VA$

Circuito de lavado/planchado: 1500 VA

Circuito de cocina: 1500 VA

Circuitos especiales: $2 * 800 VA = 1600 VA$

Carga instalada vivienda tipo: 6040 VA.

3.2.2 Demanda vivienda tipo. Aplicando los lineamientos de la NTC 2050¹¹ se obtiene:

$1440 VA + 1500 VA + 1500 VA = 4440 VA$

Primeros 3000 VA al 100% = 3000 VA

*De 3001 a 120000 VA al 35% = $1440 * 0.35 = 504 VA$*

Entonces la carga de alumbrado general es: $3000 VA + 504 VA$.

CT = cargas de circuitos especiales + carga de alumbrado general.

CT = $1600 VA + (3000 VA + 504 VA) = 5104 VA$.

3.2.3 Cargas de alumbrado público. Para los cálculos se determinó la potencia de las luminarias de alumbrado público. La potencia nominal de una luminaria es

⁹ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Cálculos opcionales en viviendas multifamiliares. NTC 2050. Bogotá D.C. p.56.

¹⁰ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo electrico.2022. p.41.

¹¹ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Op. Cit. p.57.

de: 80 VA. Este valor aproximado se tuvo en cuenta solo para el dimensionamiento de los transformadores a criterio de los diseñadores.

3.2.4 Dimensionamiento de los transformadores. Para dimensionar los transformadores se aplicarán los factores de demanda previstos en la NTC 2050 solo para casos de cargas residenciales como se muestra en el cuadro 3. El resto de las cargas se considerará un factor de demanda del 100%, esto se efectuó teniendo en cuenta el número de unidades de viviendas asociadas en cada centro de transformación proyectado y las luminarias proyectadas. Este reparto de viviendas se realizó a criterios de los diseñadores como se puede evidenciar en los planos de diseño y la carga a la que se le aplica el factor de demanda es la carga instalada de la vivienda tipo.

El análisis para determinar la cantidad de transformadores se realizó partiendo de la información de los 15 medidores totalizadores y su cantidad de usuarios, dado que hay dos totalizadores que cuentan con menos de 10 usuarios conectados, se optó por descartar esos dos y proyectar un transformador por cada totalizador restante, dando como resultado 13 centros de transformación. A los trece centros de transformación se le repartió un número de usuarios determinados a alimentar de los 642 en total.

La elección de que todos los centros de transformación sean de la misma capacidad de 112,5 kVA es debido a la proyección de la demanda a 15 años, al dejar respaldo a la carga de iluminación y no sobrepasar el rango permitido de carga del transformador, el transformador comercial más contiguo a estas demandas calculadas es uno de 112,5 kVA. Por otra parte, esta capacidad de los transformadores también permite realizar un buen dimensionamiento de los conductores de baja tensión con los requerimientos de los ramales de red propuestos.

Cuadro 3. Factores de demanda NTC 2050.

Número de unidades de vivienda	Factor de demanda %
3-5	45
6-7	44
8-10	43
11	42
12-13	41
14-15	40
16-17	39
18-20	38
21	37
22-23	36
24-25	35
26-27	34
28-30	33
31	32
32-33	31
34-36	30
37-38	29
39-42	28
43-45	27
46-50	26
51-55	25
56-61	24
De 62 en adelante	23

Fuente: NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Cálculos opcionales en viviendas multifamiliares. NTC 2050. Bogotá D.C. p.57.

La demanda diversificada de los usuarios se proyectó a 15 años a una tasa de crecimiento de la demanda del 2%. En el cálculo se incluye tanto a los usuarios subnormales que son 522 como a los usuarios ya normalizados que son 120 y que están incluidos en cada transformador; para un total de 642 usuarios. La carga de los diferentes usuarios se repartió en trece centros de transformación los cuales le darán servicio a la totalidad de usuarios del barrio.

3.3 TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO POSTE SIN NEUTRO.

Para el suministro de energía eléctrica en Baja tensión se proyectan 13 centros de transformación tipo poste soportados sobre apoyos de hormigón, con potencia de 112.5 kVA y tensiones 13.2 kV / 208 V, con el fin de entregar energía a la red de distribución de B.T para poder suplir la demanda. Los centros de transformación se ubicarán en una zona B acorde con la velocidad del viento presente es de 100-60 km/h y nivel de contaminación normal según la zona. Por medio de los parámetros proporcionados por trabajador autorizado del operador de red acerca de la ubicación y cantidad de usuarios subnormales presentes en cada uno de los totalizadores, se determinaron puntos específicos geográficamente donde es necesario transportar la energía y tener una buena gestión y dimensionamiento de los conductores, Por lo tanto, es importante precisar la ubicación de los transformadores de distribución a proyectar.

Los anexos están adjuntos y pueden visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS, para información detallada de la ubicación geográfica de cada centro de transformación.

3.3.1 Características de los transformadores. Los transformadores proyectados en la red de distribución tendrán las siguientes características eléctricas que permitan su correcto funcionamiento acorde a las necesidades de demanda de energía de los usuarios, en los cuadros 4, 5 y 6 se presentan las características de los centros de transformación proyectados.

Cuadro 4. Características Centros de transformación 1-4.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR				
Característica	Transformador 1	Transformador 2	Transformador 3	Transformador 4
Tensión Primaria (kV)	13.2	13.2	13.2	13.2
Tensión Secundaria (V)	208	208	208	208
Potencia (kVA)	112.5	112.5	112.5	112.5
Trifásico/Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Autoprotegido/Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Aislante aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral
Localización (coordenadas)	10°45'38.7"N 73°00'03.1"W	10°45'34.9"N 73°00'09.5"W	10°45'35.2"N 73°00'02.7"W	10°45'32.1"N 73°00'07.7"W
No Usuarios a Alimentar	49	48	49	49
Altura del poste/esfuerzo	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Características Centros de transformación 5-7.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR				
Característica	Transformador 5	Transformador 6	Transformador 7	Transformador 8
Tensión Primaria (kV)	13.2	13.2	13.2	13.2
Tensión Secundaria (V)	208	208	208	208
Potencia (kVA)	112.5	112.5	112.5	112.5
Trifásico/Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Autoprotegido/Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Aislante aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral
Localización (coordenadas)	10°45'30.7"N 73°00'02.7"W	10°45'25.9"N 73°00'03.8"W	10°45'23.9"N 73°00'00.5"W	10°45'21.9"N 73°00'03.6"W
No Usuarios a Alimentar	49	50	46	49
Altura del poste/esfuerzo	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-14/4000 daN	PH-14/4000 daN

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6. Características Centros de transformación 9-13.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR					
Característica	Transformador 9	Transformador 10	Transformador 11	Transformador 12	Transformador 13
Tensión Primaria (kV)	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
Tensión Secundaria (V)	208	208	208	208	208
Potencia (kVA)	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5
Trifásico/Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Autoprotegido/Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Aislante aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral
Localización (coordenadas)	10°45'31.0"N 73°00'09.6"W	10°45'27.8"N 73°00'07.6"W	10°45'25.9"N 73°00'10.8"W	10°45'23.8"N 73°00'07.4"W	10°45'19.9"N 73°00'07.1"W
No Usuarios a Alimentar	56	45	47	55	50
Altura del poste/esfuerzo	PH-14/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-14/4000 daN	PH-14/4000 daN

Fuente: elaboración propia.

3.3.2 Dispositivos de protección y/o maniobra. Para el cálculo de los dispositivos de protección y/o maniobra que se instalaran en el lado de M.T. en cada centro de transformación, se realizó la selección siguiendo lo expuesto en la NTC 2050¹². Según los valores normalizados el fusible seleccionado para cada transformador debe tener una capacidad de 15 [A] y tensión de operación de 17 [kV] para el correcto funcionamiento del centro de transformación, para los dispositivos de protección de sobretensiones (DPS) siguiendo lo expuesto en la NTC 2050¹³, las capacidades seleccionadas son de 10kV y 10kA nominales.

3.3.3 Selección del calibre del bajante de baja tensión. La selección del calibre del bajante de baja tensión se realizó siguiendo lo expuesto en el capítulo 6 del proyecto tipo centros de transformación tipo poste del operador de red AIR-E¹⁴, para el criterio de selección se debe considerar una sobrecarga máxima en el circuito del 25%. En el cuadro 7, se muestra el tipo de conductor recomendado por el operador de red para la capacidad en [VA] del transformador, como la red de distribución contará con trece transformadores trifásicos de 112.5 [kVA], se debe emplear un puente doble del conductor de aluminio 2x(4x1/0 AWG) de forma aérea.

Cuadro 7. Selección de conductor bajante según potencia de transformador.

Transformadores	Capacidad (kVA)	Puente	Tipo de Conductor Aluminio (Aéreo)
Trifásicos	112,5	Doble	2 x (4 x 1/0 AWG)

Fuente: AIR-E. Proyecto tipo: Centros de transformación tipo poste. Selección del calibre del bajante de baja tensión. 2022. P.27.

3.3.4 Selección del conductor a tierra. Para la selección del conductor a tierra se debe considerar la corriente de cortocircuito en el punto a instalar, al momento de

¹² NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Op. Cit.. p.410.

¹³ Ibíd. p.12|6.

¹⁴ AIR-E. Proyecto tipo: centros de transformación tipo poste. Cálculo de potencia del transformador. 2022. P.27.

realizar este diseño no se cuenta con la corriente en los puntos a instalar los trece centros de transformación, ya que esta debe ser suministrada por el operador de red luego de presentado el proyecto, por lo cual a criterio de los diseñadores se utilizara un conductor Copper-clad Steel 3/8", por contar con una capacidad elevada de corriente de cortocircuito, en el cuadro 8, se muestran las principales características del conductor.

Cuadro 8. Características Generales de los conductores a tierra.

Denominación	Copper - clad steel 7 x No.8 AWG
Sección Transversal Total (mm ²)	58, 56
Dimensiones (mm)	Ø = 9,8
Conductividad (%)	30
Temperatura de Fusión (°C)	1.084
Constante KF	14.64
Intensidad de Cortocircuito Max. Admisible (kA)	20.38

Fuente: AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Puesta a tierra. 2022. P.45.

3.3.5 Selección del electrodo de puesta a tierra. La selección del electrodo de puesta a tierra se realiza con el fin de instalar una protección en caso de sobretensiones, siguiendo lo expuesto en el proyecto tipo centros de transformación tipo poste del operador de red AIR-E¹⁵, se establece una resistencia de 10 Ω, para dicho electrodo, siendo lo mínimo recomendado para la protección contra rayos.

3.3.6 Cálculo de la resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical. El cálculo de la resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical se realizó siguiendo lo expuesto en el anexo B5 metodología para el cálculo del sistema de

¹⁵ AIR-E. Proyecto tipo: centros de transformación tipo poste. Cálculos eléctricos. 2022. P.28.

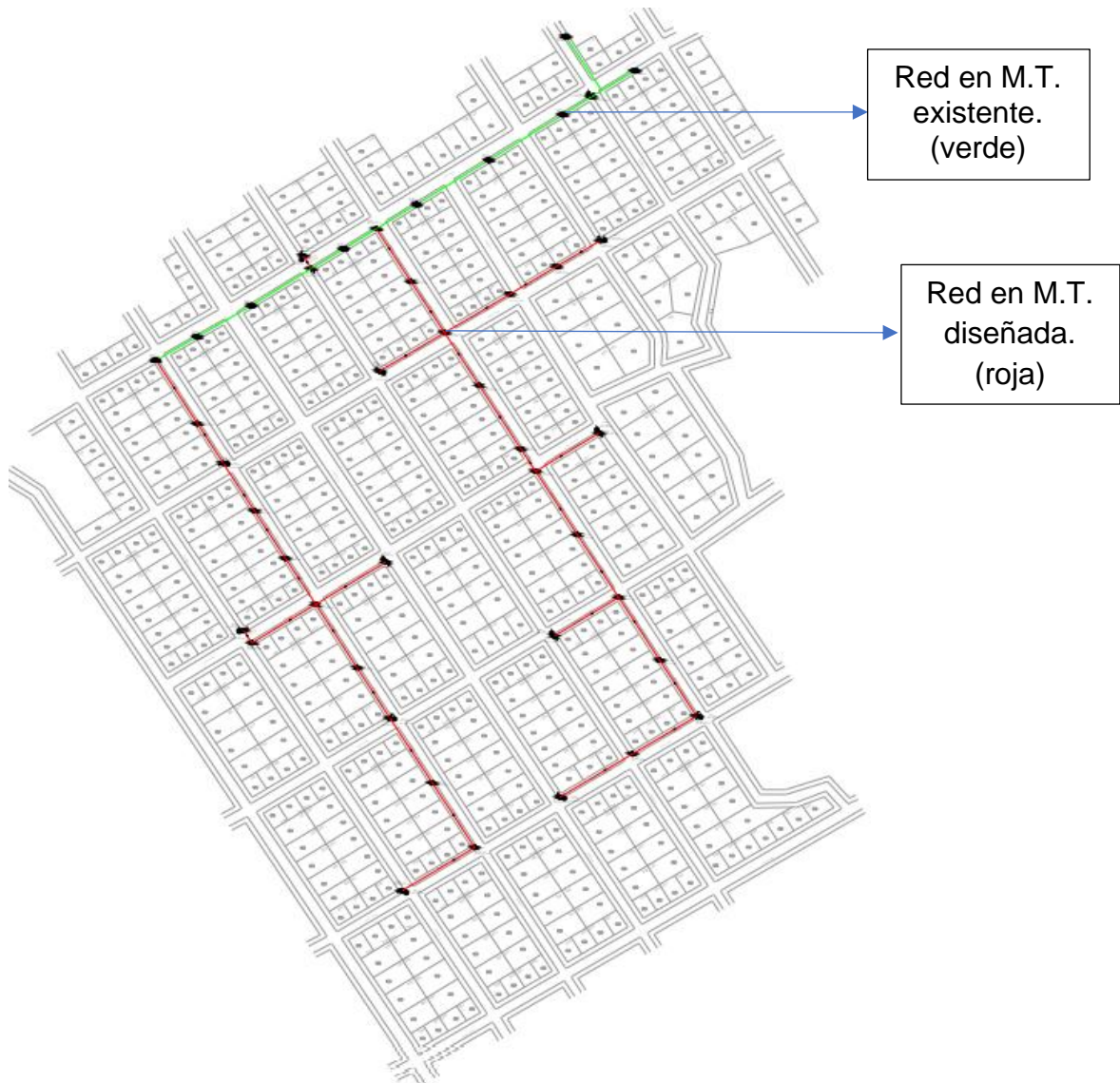
PAT del operador de red AIR-E¹⁶, se asume una resistencia típica del terreno de 28 Ωm . Para una selección de electrodo de difusión vertical o varilla esta debe ser de 2,4 m de longitud y 16 mm (5/8") de diámetro.

3.4 CÁLCULOS RED M.T.

La instalación proyectada está ubicada en el departamento de la Guajira municipio de San Juan del Cesar barrio Juan Bautista Forero, con tensión nominal de diseño 13.2 kV, frecuencia de operación de 60 Hz, potencia máxima de transporte 1,463 MVA, una longitud de 1,6 km aproximadamente y un total de 33 postes. Su diseño está fundamentado en lo establecido en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. del operador de red Air-e⁶, la zona cuenta con nivel de contaminación normal, velocidades del viento entre 100-60 km/h y una densidad de rayos a tierra entre [1-5]. En la figura 5. Se observan las trayectorias de la red de M.T. existente en la zona, la que servirá de conexión para la red que ha sido diseñada. Los anexos están adjuntos y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS.

¹⁶ AIR-E. Anexo B5: Cálculo sistema de PAT. Cálculo de la resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical. 2022. P.2.

Figura 5. Trayectoria de la red de M.T. existente y diseñada.



Fuente: elaboración propia.

3.4.1 Cálculos eléctricos. Se realizaron los cálculos eléctricos, siguiendo todas las recomendaciones del operador de red, principalmente se llevó a cabo la selección de los conductores que cumplen con los parámetros de regulación de tensión no mayor al 5% total o acumulada en los tramos de la red y pérdidas de potencia, para esto se definieron trayectorias en las que estarán ubicadas las 33 estructuras de M.T. en configuración horizontal dividiendo la red en tramos.

Dado que se debe cumplir con los requerimientos de energía sin afectar su calidad en los niveles de tensión en los destinitos puntos de la red, el cálculo de caída de tensión se realizó con el método del momento eléctrico como lo describe la normativa en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. del operador de red AIR-E¹⁷, para ello se tienen en cuenta el cálculo de la constante de regulación y la información de datos en cada tramo como, la longitud del conductor, la potencia total demandada. En el cálculo de pérdidas de potencia en las líneas es importante considerar tanto la resistencia de estas como el porcentaje de dimensionamiento asumido para las corrientes que fluyen por cada ramal de la línea, que es al 125%, con esto es posible obtener las perdidas por efecto joule, con este resultado es conveniente analizar la relación que existen entre estas pérdidas por efecto joule y la potencia a transportar por la línea, dado que es posible calcular el porcentaje de pérdidas de potencia que se puede presentar en el sistema, y que no superan el 0.3%, así asegurándonos de un correcto dimensionamiento de conductores a instalar, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se escoge un conductor con aleación de aluminio AAAC tipo CF-63, este cumple con capacidad de corriente, regulación de tensión máxima, en el cuadro 9, se muestran las características eléctricas del conductor.

Cuadro 9. Características eléctricas conductor CF-63.

Conductor	CF 63 123,3 MCM AAAC
Resistencia eléctrica en C.C. a 75°C (Ω/km)	0,6316
Temperatura máxima de servicio (°C)	90
Temperatura máxima de corto circuito durante 5 s. (°C)	250
Intensidad Max. Admisible (A)	241.58
Coefficiente de variación de la Resistencia con la Ta a 20°C (°C-1)	0,00347

Fuente: Air-e. Conductores forrados para líneas aéreas de M.T. 2022. p9.

¹⁷ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo electrico.2022. p.60.

En los cuadros 10, 11 y 12, se muestra los parámetros finales de la red diseñada, cumpliendo todas las especificaciones del operador de red.

Cabe resaltar que parámetros como la demanda máxima, la corriente de línea, la longitud, el momento eléctrico, la regulación total y pérdidas de potencia varían según el tramo de red. Los anexos están adjuntos y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS, para información más detallada sobre los cálculos eléctricos y datos considerados por tramo en la red de M.T.

Cuadro 10. Cálculos eléctricos red M.T.

TRAMOS RED MT	Tipo de Red	Distribucion de cargas por Fases			Demanda Máxima [VA]	Voltaje de Linea [V]	Corriente de Linea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor AAAC [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia Tramo [%P]
		R	S	T													
PM.P1 - PM.P2	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	12	1	1,4	0,0003591	0,6316	0,0005	0,0008

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 11. Cálculos eléctricos red M.T.

TRAMOS RED MT	Tipo de Red	Distribución de cargas por Fases			Demanda Máxima [VA]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor AAAC [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia Tramo [%P]
		R	S	T													
PM.P3 - PM.P4	Configuración Horizontal	X	X	X	675000	13200	29,52	36,90	CF-63	241,58	50	1	33,8	0,0003591	0,6316	0,0121	0,0191
PM.P4 - PM.P5	Configuración Horizontal	X	X	X	675000	13200	29,52	36,90	CF-63	241,58	48	1	32,4	0,0003591	0,6316	0,0238	0,0184
PM.P5 - PM.P6	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	60	1	6,8	0,0003591	0,6316	0,0262	0,0038
PM.P6 - PM.P7	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	60	1	6,8	0,0003591	0,6316	0,0286	0,0038
PM.P7 - PM.P8	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	60	1	6,8	0,0003591	0,6316	0,0310	0,0038
PM.P5 - PM.P9	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	50	1	5,6	0,0003591	0,6316	0,0258	0,0032
PM.P5 - PM.P10	Configuración Horizontal	X	X	X	450000	13200	19,68	24,60	CF-63	241,58	60	1	27,0	0,0003591	0,6316	0,0335	0,0153
PM.P10 - PM.P11	Configuración Horizontal	X	X	X	450000	13200	19,68	24,60	CF-63	241,58	21	1	9,5	0,0003591	0,6316	0,0296	0,0054
PM.P11 - PM.P12	Configuración Horizontal	X	X	X	450000	13200	19,68	24,60	CF-63	241,58	57	1	25,7	0,0003591	0,6316	0,0378	0,0145
PM.P12 - PM.P13	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	60	1	6,8	0,0003591	0,6316	0,0335	0,0038
PM.P12 - PM.P14	Configuración Horizontal	X	X	X	337500	13200	14,76	18,45	CF-63	241,58	60	1	20,3	0,0003591	0,6316	0,0451	0,0115
PM.P14 - PM.P15	Configuración Horizontal	X	X	X	337500	13200	14,76	18,45	CF-63	241,58	58	1	19,6	0,0003591	0,6316	0,0521	0,0111
PM.P15 - PM.P16	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	60	1	6,8	0,0003591	0,6316	0,0545	0,0038
PM.P15 - PM.P17	Configuración Horizontal	X	X	X	225000	13200	9,84	12,30	CF-63	241,58	53	1	11,9	0,0003591	0,6316	0,0564	0,0068
PM.P17 - PM.P18	Configuración Horizontal	X	X	X	225000	13200	9,84	12,30	CF-63	241,58	58	1	13,1	0,0003591	0,6316	0,0611	0,0074
PM.P18 - PM.P19	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	65	1	7,3	0,0003591	0,6316	0,0637	0,0041
PM.P19 - PM.P20	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	65	1	7,3	0,0003591	0,6316	0,0663	0,0041

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 12. Cálculos eléctricos red M.T.

TRAMOS RED MT	Tipo de Red	Distribución de cargas por Fases			Demanda Máxima [VA]	Voltaje de Linea [V]	Corriente de Linea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor AAAC [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia Tramo [%P]
		R	S	T													
PM.E9 - PM.P21	Configuración Horizontal	X	X	X	562500	13200	24,60	30,75	CF-63	241,58	60	1	33,8	0,0003591	0,6316	0,0121	0,0191
PM.P21 - PM.P22	Configuración Horizontal	X	X	X	562500	13200	24,60	30,75	CF-63	241,58	37	1	20,8	0,0003591	0,6316	0,0196	0,0118
PM.P22 - PM.P23	Configuración Horizontal	X	X	X	450000	13200	19,68	24,60	CF-63	241,58	45	1	20,3	0,0003591	0,6316	0,0269	0,0115
PM.P23 - PM.P24	Configuración Horizontal	X	X	X	450000	13200	19,68	24,60	CF-63	241,58	45	1	20,3	0,0003591	0,6316	0,0341	0,0115
PM.P24 - PM.P25	Configuración Horizontal	X	X	X	450000	13200	19,68	24,60	CF-63	241,58	44	1	19,8	0,0003591	0,6316	0,0412	0,0112
PM.P25 - PM.P26	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	63	1	7,1	0,0003591	0,6316	0,0438	0,0040
PM.P25 - PM.P27	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	58	1	6,5	0,0003591	0,6316	0,0436	0,0037
PM.P27 - PM.P28	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	40	1	4,5	0,0003591	0,6316	0,0452	0,0025
PM.P25 - PM.P29	Configuración Horizontal	X	X	X	225000	13200	9,84	12,30	CF-63	241,58	29	1	6,5	0,0003591	0,6316	0,0436	0,0037
PM.P29 - PM.P30	Configuración Horizontal	X	X	X	225000	13200	9,84	12,30	CF-63	241,58	60	1	13,5	0,0003591	0,6316	0,0484	0,0076
PM.P30 - PM.P31	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	48	1	5,4	0,0003591	0,6316	0,0504	0,0031
PM.P31 - PM.P32	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	61	1	6,9	0,0003591	0,6316	0,0528	0,0039
PM.P32 - PM.P33	Configuración Horizontal	X	X	X	112500	13200	4,92	6,15	CF-63	241,58	61	1	6,9	0,0003591	0,6316	0,0553	0,0039

Fuente: elaboración propia.

3.4.2 Cálculos mecánicos en M.T. Los cálculos mecánicos en M.T., se realizaron tanto para las estructuras de apoyos como para los conductores eléctricos, con el objetivo de dar cumplimiento a la normativa vigente del operador de red.

3.4.2.1 Cálculos mecánicos de conductores. El cálculo mecánico de conductores se basó en lo expuesto en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas forradas en M.T. del operador de red AIR-E¹⁸, en el presente proyecto, y por temas de seguridad eléctrica a nivel de conductores, se instalarán conductores eléctricos forrados, en la normativa se presentan valores para tener en cuenta ya estandarizados por zona de ubicación e hipótesis, en el cuadro 13, se muestran las características mecánicas del conductor seleccionado.

Cuadro 13. Características mecánicas conductor CF-63.

Conductor	CF 63 123,3 MCM AAAC
Carga de rotura (daN)	≥ 1 890
Módulo de Elasticidad - Final - (daN/mm ²)	≤ 6 300
Peso del conductor (daN/m)	0,1680
Coeficiente de dilatación lineal (°C-1)	≤ 0.000023
Densidad a 20 °C (daN/m ³)	2 639,84
Resistencia a la tracción (daN/mm ²)	29,5

Fuente: Air-e. Conductores forrados para líneas aéreas de M.T. 2022. p9.

3.4.2.2 Cálculo mecánico para postes. Se realizaron los cálculos mecánicos de estructuras en M.T., siguiendo todas las recomendaciones del operador de red, para estos cálculos cada poste estará ubicado en una zona geográfica del barrio y se distribuyeron de acuerdo con el criterio del diseñador y que para efectos de redes de M.T. estas deben ser las más rectas posibles y vanos admisibles por el operador

¹⁸ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo mecánico de conudtores.2022. p.64.

de red, en el cuadro 14, se muestran las características mecánicas de los postes de hormigón seleccionados.

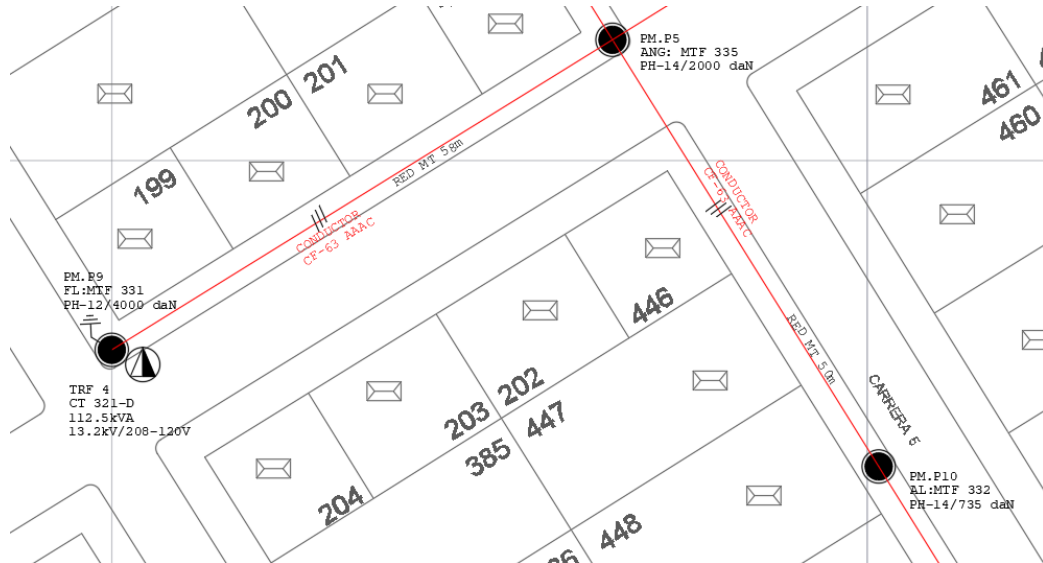
Cuadro 14. Características mecánicas de los postes.

Denominación	Altura (m)	Carga de rotura (daN)	Diámetro cima (cm)	Diámetro base (cm)
PH-12/4000 daN	12	4.000	34	52
PH-14/4000 daN	14	4000	34	55
PH-12/2500 daN	12	2.500	27	45
PH-14/2500 daN	14	2.500	27	48
PH-12/1600 daN	12	1.600	23.5	41.5
PH-12/735 daN	12	735	14	32
PH-14/735 daN	14	735	16	40

Fuente: Air-e. Proyecto tipo: líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. 2022. P30.

En la figura 6, se muestra un ejemplo de cómo se realizó el trazado de red de M.T.

Figura 6. Ejemplo de trazado de línea y ubicación de postes en M.T.



Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 15 se muestran parámetros de los postes de la red de M.T seleccionados que cumplen con los esfuerzos mecánicos presentes en la normativa. También se define una numeración para cada poste y descripción de sus características físicas.

3.4.2.3 Cálculo mecánico de retenidas. El cálculo mecánico de retenidas se realiza para compensar los esfuerzos a los que se someten los postes. Se debe comprobar que el cable de la retenida a utilizar puede soportar dichos esfuerzos, este cálculo se basó en lo expuesto en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas forradas en M.T. del operador de red AIR-E¹⁹, se instalaran las retenidas para los siguientes tipos de poste:

- Fin de línea (FL)
- Ángulo (ANG)

En el cuadro 15, Se observan las retenidas seleccionadas para estas configuraciones. A criterio de los diseñadores y debido a contar con información detallada del terreno, la denominación de la retenida de acero galvanizado seleccionada es la de ½”.

Los anexos están adjuntos y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS para una mejor visualización de los cálculos mecánicos.

¹⁹ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo mecánico de retenidas.2022. p.85.

Cuadro 15. Cálculos mecánicos M.T.

Número de postes	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PM.P0	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	12	-		X
PM.P1	AL: MTF 332	PH-12/1600 daN	0	10,2	12	-		
PM.P2	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	12	X	
PM.P3	FL: MTF 331	PH-14/2000 daN	0	11,7	50	-	X	
PM.P4	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	48	50		
PM.P5	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	48	X	
PM.P6	AL: MTF 332	PH-12/735 daN	0	10,2	42	59		
PM.P7	AL: MTF 332	PH-12/735 daN	0	10,2	39	42		
PM.P8	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	39	X	
PM.P9	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	58	X	
PM.P10	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	60	50		
PM.P11	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	21	60		
PM.P12	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	21	X	
PM.P13	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	57	X	
PM.P14	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	60	60		
PM.P15	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	60	X	
PM.P16	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	58	X	
PM.P17	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	53	60		
PM.P18	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	57	53	X	
PM.P19	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	65	57		
PM.P20	FL: MTF 331	PH-14/4000 daN	0	11,7	-	65	X	
PM.P21	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	37	60		
PM.P22	AL: MTF 332	PH-14/4000 daN	0	11,7	45	37		
PM.P23	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	45	45		
PM.P24	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	43	45		
PM.P25	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	43	X	
PM.P26	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	63	X	
PM.P27	ANG: MTF 335	PH-12/2000 daN	90	10,2	12	57	X	
PM.P28	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	12	X	
PM.P29	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	48	60		
PM.P30	AL: MTF 332	PH-14/4000 daN	0	11,7	61	48		
PM.P31	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	61	61		
PM.P32	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	65	61	X	
PM.P33	FL: MTF 331	PH-14/4000 daN	0	11,7	-	65	X	

Fuente: elaboración propia.

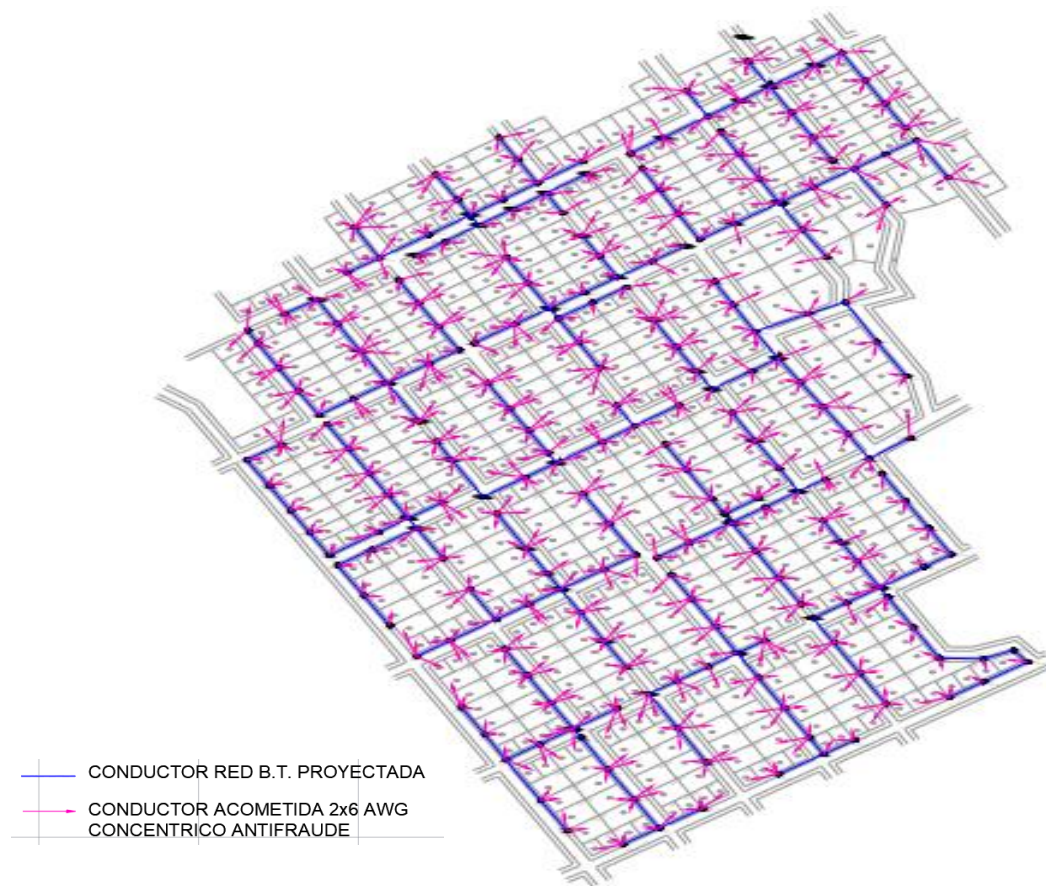
3.4.2.4 Cálculo de cimentaciones. Para el cálculo de cimentaciones este se realiza dependiendo del terreno, el tipo de poste y el esfuerzo máximo vertical que pueda soportar la cimentación, por tanto, debe realizarse un estudio completo del terreno por parte de un geotecnista de manera que sea posible determinar la mejor metodología de diseño de la cimentación, siguiendo lo expuesto en el anexo B7 del proyecto tipo líneas eléctricas áreas forradas en M.T. del operador de red AIR-E²⁰.

²⁰ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Cálculo de cimentaciones.2022. p.99.

3.5 CÁLCULOS RED DE B.T Y ACOMETIDA.

Su diseño está fundamentado en lo establecido en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas forradas de baja tensión del operador de red Air-e⁵. En B.T la tensión nominal de diseño es 208 V y frecuencia de operación de 60 Hz. En la figura 7, se observa la red diseñada y el transporte la energía eléctrica a los usuarios finales por medio de acometida concéntrica. Esta red esta subdivida en trece centros de transformación tipo poste. Los anexos están adjuntos y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS, en los que se podrán encontrar información detallada de los cálculos.

Figura 7. Trayectoria red de BT. y acometida diseñada.



Fuente: elaboración propia.

3.5.1 Cálculos eléctricos. Para el cálculo eléctrico de conductores se consideró una regulación de tensión no mayor al 3% en cualquier punto de la red de B.T. La red tiene una configuración con aislador tipo carrete y está dividida en trece centros de transformación tipo poste. Dado que se debe cumplir con los requerimientos de energía sin afectar su calidad en los niveles de tensión en los distintos puntos de la red, el cálculo de caída de tensión se realizó con el método del momento eléctrico como lo describe la normativa en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión del operador de red AIR-E²¹, para ello se tienen en cuenta el cálculo de la constante de regulación y la información de datos en cada tramo: la longitud del conductor, la potencia total demandada y diversificada. En el cálculo de pérdidas de potencia en las líneas es importante considerar tanto la resistencia de estas como el porcentaje de dimensionamiento asumido para las corrientes que fluyen por cada tramo de línea, que es al 125%, con esto es posible obtener las pérdidas por efecto joule, con este resultado es conveniente analizar la relación que existen entre estas pérdidas por efecto joule y la potencia a transportar por la línea. En consecuencia es posible calcular el porcentaje de pérdidas de potencia que se puede presentar en el sistema, esta no supera el 2.6%, así asegurándonos de un correcto dimensionamiento de conductores a instalar, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se escoge un conductor trenzado con aleación de aluminio cuádruplex 4/0 trenzado; fases: 4/0 AAC – neutro: 4/0 AAAC, este cumple con capacidad de corriente, regulación de tensión máxima, en el cuadro 16, se muestran las características eléctricas del conductor.

Cuadro 16. Características eléctricas conductor cuádruplex 4/0.

Conductor	4/0
Intensidad máxima admisible (A)	275
Resistencia Eléctrica CA a 90°C (Ω/km)	0,33
Resistencia eléctrica en C.C. a 20 °C (Ω/km) Conductor de Fase	≤ 0,27

²¹ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo eléctrico.2022. p.41.

Conductor	4/0
Resistencia eléctrica en C.C. a 60°C (Ω/km) Conductor de Fase	$\leq 0,31$

Fuente: Air-e. Conductores trenzados de aluminio para B.T. 2022. P12.

El dimensionamiento de la acometida aérea en B.T se basó en las especificaciones particulares de conexión y enlace del operador de red AIR-E²². En el cuadro 17, se muestran las características de la acometida aérea monofásica trifilar para un usuario tipo. Dado que el proyecto cuenta con una gran cantidad de usuarios (642 usuarios), estas características generales las tendrán todos los usuarios del proyecto. Se seleccionó un conductor que cumple con los parámetros de regulación de tensión no mayor al 3% y pérdidas de potencia no mayores 2% en el punto de medición.

Cuadro 17. Características acometida aérea B.T.

Acometida aérea monofásica trifilar	Conductor Concéntrico
Demanda máxima por usuario [VA]	5104
Número de usuarios	1
Demanda total [kW]	4,59
Voltaje de Línea [V]	240
Corriente de Línea [A]	19,14
Corriente 125% [A]	23,93
Conductor Cu [AWG]	Cu 3x#8
Capacidad de Conductor a 90°C [A]	55
Longitud [m]	20
FP	0,9
Momento [VA*km]	0,091872
K	9,4658
Resistencia Eléctrica CA a 90°C (Ω/km)	2,64
Regulación Total [%]	0,87

²² AIR-E. Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace. Acometidas.2022. p.28.

Pérdida de Potencia [%P]	2,0
--------------------------	-----

Fuente: elaboración propia.

En los cuadros 18 al 30, se muestra los parámetros finales de la red a diseñar y cumpliendo todas las especificaciones del operador de red, cabe resaltar que parámetros como la demanda máxima, la corriente de línea, la longitud, el momento eléctrico, la regulación total y pérdidas de potencia por tramo varían según el tramo de red y usuarios conectados. Los anexos están adjuntos y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS para información más detallada sobre los cálculos eléctricos y datos considerados de la red de B.T.

Cuadro 18. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 1 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P0 - PM.E2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	17	80	1	20,3	208	56,36	70,45	Cuádruplex 4/0	275	39	0,9	0,8	0,8847363	0,3300	0,70	0,9437
PM.E2 - PB.A1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	23	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	1,04	0,4583
PB.A1 - PB.A2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	11	80	1	13,1	208	36,47	45,58	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	1,41	0,5010
PB.A2 - PB.A3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,64	0,3075
PB.A3 - PB.A4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,76	0,1594
PM.P0 - PB.A5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,13	0,1708
PM.P0 - PB.A6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,32	0,4270
PB.A6 - PB.A7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,51	0,2562
PB.A7 - PB.A8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	26	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,56	0,0740
PM.P0 - PM.E3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19,1	208	53,04	66,30	Cuádruplex 4/0	275	25	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	0,42	0,5694
PM.E3 - PB.A9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,78	0,4783
PB.A9 - PB.A10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,90	0,1708
PB.A9 - PM.E4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	38	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,02	0,3245
PM.E4 - PB.A11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,11	0,1238

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 19. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 2 (De -A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C [Ω/km]	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P2 - PB.B1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,36	0,4783
PB.B1 - PB.B2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,67	0,4270
PB.B2 - PB.B3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,0	208	16,58	20,72	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,81	0,1922
PB.B3 - PB.B4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	25	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,87	0,0712
PB.B2 - PB.B5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	39	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,80	0,1665
PM.P2 - PB.B6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	7	80	1	8,4	208	23,21	29,01	Cuádruplex 4/0	275	18	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,13	0,1794
PB.B6 - PB.B7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,26	0,1708
PM.P2 - PB.B8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	36	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,53	0,7174
PB.B8 - PB.B9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	42	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	1,07	0,7174
PB.B9 - PB.B10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,0	208	16,58	20,72	Cuádruplex 4/0	275	36	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,26	0,2562
PB.B10 - PB.B11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,18	0,1594
PM.P2 - PM.P1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	12	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,18	0,2391
PM.P1 - PB.B12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,30	0,1708
PB.B12 - PM.E7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	25	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,36	0,0712
PM.P1 - PM.E6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	10,7	208	29,84	37,30	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,45	0,3715
PM.E6 - PM.P3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	7	80	1	8,4	208	23,21	29,01	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,85	0,2890
PM.P3 - PB.B13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	23	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,89	0,0655
PM.P3 - PM.E5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	35	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,96	0,1495

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 20. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 3 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P8 - PB.C1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19,1	208	53,04	66,30	Cuádruplex 1/0	180	29	0,9	0,6	1,6595378	0,6700	0,92	1,3410
PB.C1 - PB.C2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	35	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	1,36	0,5978
PB.C2 - PB.C3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,53	0,2306
PB.C3 - PB.C4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,0	208	16,58	20,72	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,68	0,1922
PB.C4 - PB.C5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	44	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,82	0,1879
PB.C2 - PB.C6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	43	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,50	0,1836
PM.P8 - PB.C7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,30	0,3986
PB.C7 - PB.C8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,47	0,2391
PB.C8 - PB.C9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	26	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,53	0,0740
PM.P8 - PB.C10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	31	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,20	0,2848
PB.C10 - PB.C11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,26	0,0911
PM.P8 - PM.P7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	38	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,56	0,7573
PM.P7 - PB.C12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	11	80	1	13,1	208	36,47	45,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,91	0,4697
PB.C12 - PB.C13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,22	0,4128
PB.C13 - PB.C14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,39	0,2391
PB.C14 - PB.C15	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	25	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,45	0,0712

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 21. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 4 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P9 - PB.D1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	15	80	1	17,9	208	49,73	62,16	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	0,48	0,6405
PB.D1 - PM.P5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	13	80	1	15,5	208	43,10	53,87	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,86	0,5181
PM.P5 - PB.D3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,99	0,1708
PB.D3 - PM.P6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	1	80	1	1,2	208	3,32	4,14	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,0	0,8847363	0,3300	1,02	0,0413
PM.P5 - PB.D2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	25	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,07	0,2847
PB.D2 - PM.P4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	23	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,17	0,1310
PM.P9 - PB.D6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	12	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,18	0,2391
PB.D6 - PB.D7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	10,7	208	29,84	37,30	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,44	0,3587
PB.D7 - PB.D8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,0	208	16,58	20,72	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,60	0,2135
PB.D6 - PB.D9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,27	0,1281
PB.D9 - PB.D10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,33	0,0826
PM.P5 - PB.D4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	10,7	208	29,84	37,30	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,29	0,3843
PB.D4 - PB.D5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,0	208	16,58	20,72	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,44	0,2135
PM.P9 - PB.D11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	7	80	1	8,4	208	23,21	29,01	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,22	0,2989
PB.D11 - PB.D12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	35	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,30	0,0996

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 22. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 5 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P13 - PB.E1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	17	80	1	20,3	208	56,36	70,45	Cuádruplex 4/0	275	31	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,56	0,7501
PB.E1 - PB.E2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	31	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,75	0,2648
PB.E2 - PB.E3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,84	0,1153
PB.E1 - PB.E4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	42	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,91	0,4783
PB.E4 - PB.E5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,0	208	16,58	20,72	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,07	0,2135
PB.E5 - PB.E6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	45	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,26	0,2562
PB.E6 - PB.E7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	40	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,35	0,1139
PM.P13 - PB.E8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	0,41	0,5580
PB.E8 - PB.E9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,73	0,4270
PB.E9 - PB.E10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,93	0,2733
PB.E10 - PB.E11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,03	0,1238
PB.E11 - PB.E12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	1	80	1	1,2	208	3,32	4,14	Cuádruplex 4/0	275	36	0,9	0,0	0,8847363	0,3300	1,06	0,0512
PM.P13 - PB.E13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19,1	208	53,04	66,30	Cuádruplex 4/0	275	23	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,39	0,5238
PB.E13 - PM.P12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	34	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,89	0,6775
PM.PP12 - PM.P11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	13	80	1	15,5	208	43,10	53,87	Cuádruplex 4/0	275	21	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,18	0,3886
PM.P11 - PB.E14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,48	0,3986
PB.E14 - PB.E15	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	31	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,67	0,2648

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 23. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 6 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P16 - PB.F1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19,1	208	53,04	66,30	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,49	0,6605
PB.F1 - PM.P15	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	0,92	0,5779
PM.P15 - PB.F2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	22	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,99	0,0939
PM.P15 - PB.F3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,20	0,3843
PB.F3 - PM.P14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,26	0,3644
PM.P14 - PB.F4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,34	0,1822
PM.P16 - PB.F5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	13	80	1	15,5	208	43,10	53,87	Cuádruplex 4/0	275	10	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,14	0,1850
PB.F5 - PB.F6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	10,7	208	29,84	37,30	Cuádruplex 4/0	275	18	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,31	0,2306
PB.F6 - PB.F7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	34	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,52	0,2904
PB.F7 - PB.F8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,59	0,0826
PB.F5 - PB.F9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,23	0,1238
PM.P16 - PB.F10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	33	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	0,42	0,5637
PB.F10 - PB.F11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,69	0,3644
PB.F11 - PB.F12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,82	0,1708
PM.P16 - PB.F13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	37	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,23	0,3160
PB.F13 - PB.F14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,29	0,0797

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 24. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 7 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*m]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C [Ω/km]	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P18 - PB.G1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	7	80	1	8.4	208	23.21	29.01	Cuádruplex 4/0	275	38	0.9	0.3	0.8847363	0.3300	0.28	0.3788
PB.G1 - PB.G2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.2	208	19.89	24.86	Cuádruplex 4/0	275	24	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.43	0.2050
PB.G2 - PB.G3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6.0	208	16.58	20.72	Cuádruplex 4/0	275	31	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.60	0.2208
PB.G3 - PB.G4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3.6	208	9.95	12.43	Cuádruplex 4/0	275	32	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	0.70	0.1366
PB.G4 - PB.G5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	1	80	1	1.2	208	3.32	4.14	Cuádruplex 4/0	275	32	0.9	0.0	0.8847363	0.3300	0.73	0.0455
PM.P18 - PB.G6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11.9	208	33.15	41.44	Cuádruplex 4/0	275	31	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	0.33	0.4413
PB.G6 - PM.P17	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.2	208	19.89	24.86	Cuádruplex 4/0	275	22	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.47	0.1879
PM.P17 - PB.G7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4.8	208	13.26	16.58	Cuádruplex 4/0	275	26	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	0.58	0.1480
PM.P18 - PB.G8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14.3	208	39.78	49.73	Cuádruplex 4/0	275	11	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.14	0.1879
PB.G8 - PB.G9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11.9	208	33.15	41.44	Cuádruplex 4/0	275	35	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	0.51	0.4982
PB.G9 - PB.G10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9.6	208	26.52	33.15	Cuádruplex 4/0	275	36	0.9	0.3	0.8847363	0.3300	0.81	0.4099
PB.G10 - PB.G11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.2	208	19.89	24.86	Cuádruplex 4/0	275	32	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	1.02	0.2733
PB.G11 - PB.G12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.2	208	19.89	24.86	Cuádruplex 4/0	275	24	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	1.17	0.2050
PB.G12 - PB.G13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6.0	208	16.58	20.72	Cuádruplex 4/0	275	15	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	1.25	0.1068
PB.G13 - PB.G14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4.8	208	13.26	16.58	Cuádruplex 4/0	275	37	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	1.40	0.2107
PB.G14 - PB.G15	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3.6	208	9.95	12.43	Cuádruplex 4/0	275	29	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	1.50	0.1238
PM.P18 - PB.G16	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16.7	208	46.41	58.02	Cuádruplex 4/0	275	28	0.9	0.5	0.8847363	0.3300	0.41	0.5580
PB.G16 - PM.P19	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16.7	208	46.41	58.02	Cuádruplex 4/0	275	28	0.9	0.5	0.8847363	0.3300	0.83	0.5580
PM.P19 - PB.G17	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14.3	208	39.78	49.73	Cuádruplex 4/0	275	28	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	1.18	0.4783
PB.G17 - PB.G18	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9.6	208	26.52	33.15	Cuádruplex 4/0	275	35	0.9	0.3	0.8847363	0.3300	1.48	0.3986
PB.G18 - PB.G19	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4.8	208	13.26	16.58	Cuádruplex 4/0	275	36	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	1.63	0.2050

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 25. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 8 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P20 - PB.H1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6.0	208	16.58	20.72	Cuádruplex 4/0	275	23	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	0.12	0.1637
PM.P20 - PB.H2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11.9	208	33.15	41.44	Cuádruplex 4/0	275	31	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	0.33	0.4413
PB.H2 - PB.H3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.2	208	19.89	24.86	Cuádruplex 4/0	275	32	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.53	0.2733
PB.H3 - PB.H4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2.4	208	6.63	8.29	Cuádruplex 4/0	275	28	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	0.59	0.0797
PM.P20 - PB.H5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19.1	208	53.04	66.30	Cuádruplex 4/0	275	28	0.9	0.5	0.8847363	0.3300	0.47	0.6377
PB.H5 - PB.H6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	13	80	1	15.5	208	43.10	53.87	Cuádruplex 4/0	275	35	0.9	0.5	0.8847363	0.3300	0.95	0.6477
PB.H6 - PB.H7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	10.7	208	29.84	37.30	Cuádruplex 4/0	275	34	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	1.28	0.4356
PB.H7 - PB.H8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.2	208	19.89	24.86	Cuádruplex 4/0	275	19	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	1.40	0.1623
PB.H8 - PB.H9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3.6	208	9.95	12.43	Cuádruplex 4/0	275	38	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	1.52	0.1623
PB.H9 - PB.H10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2.4	208	6.63	8.29	Cuádruplex 4/0	275	26	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	1.45	0.0740
PM.P20 - PB.H11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	17	80	1	20.3	208	56.36	70.45	Cuádruplex 4/0	275	25	0.9	0.5	0.8847363	0.3300	0.45	0.6050
PB.H11 - PB.H12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	15	80	1	17.9	208	49.73	62.18	Cuádruplex 4/0	275	27	0.9	0.5	0.8847363	0.3300	0.88	0.5765
PB.H12 - PM.P32	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	11	80	1	13.1	208	36.47	45.58	Cuádruplex 4/0	275	24	0.9	0.3	0.8847363	0.3300	1.18	0.3758
PM.P32 - PB.H13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9.6	208	26.52	33.15	Cuádruplex 4/0	275	40	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	1.49	0.4555
PB.H13 - PB.H14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4.8	208	13.26	16.58	Cuádruplex 4/0	275	40	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	1.66	0.2277

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 26. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 9 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*k/m]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P22 - PB.11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	17,6	208	48,96	61,20	Cuádruplex 4/0	275	36	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,56	0,7568
PB.11 - PB.12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	11	80	1	12,1	208	33,66	42,08	Cuádruplex 4/0	275	25	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,83	0,3613
PB.12 - PB.13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	7	80	1	7,7	208	21,42	26,78	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,02	0,2575
PB.13 - PB.14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	6,6	208	18,36	22,95	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,18	0,2129
PB.14 - PB.15	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,2	208	6,12	7,65	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,23	0,0710
PM.P22 - PM.P21	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	17	80	1	18,7	208	52,02	65,03	Cuádruplex 4/0	275	37	0,9	0,7	0,8847363	0,3300	0,61	0,8265
PM.P21 - PB.16	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	11	80	1	12,1	208	33,66	42,08	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,96	0,4625
PB.16 - PM.E9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	7	80	1	7,7	208	21,42	26,78	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,15	0,2575
PM.E9 - PB.17	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,4	208	12,24	15,30	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,25	0,1419
PM.P22 - PM.P23	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,4	208	12,24	15,30	Cuádruplex 4/0	275	45	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,18	0,2365
PM.P22 - PB.18	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	17,6	208	48,96	61,20	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	0,45	0,6097
PB.18 - PB.19	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	15,4	208	42,84	53,55	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,85	0,5335
PB.19 - PB.110	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	13	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	1,20	0,4783
PB.110 - PB.111	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	9,9	208	27,54	34,43	Cuádruplex 4/0	275	26	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,43	0,3075
PB.111 - PB.112	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	5,5	208	15,30	19,13	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,57	0,1840
PB.112 - PB.113	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,2	208	6,12	7,65	Cuádruplex 4/0	275	15	0,9	0,0	0,8847363	0,3300	1,60	0,0394

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 27. Cálculos eléctricos red BT.

TRF 10 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA ² km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P26 - PB.J1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	17,4	208	48,20	60,25	Cuádruplex 4/0	275	39	0,9	0,7	0,8847363	0,3300	0,60	0,8071
PB.J1 - PB.J2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	12,4	208	34,43	43,03	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,91	0,4139
PB.J2 - PB.J3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	5,0	208	13,77	17,21	Cuádruplex 4/0	275	39	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,08	0,2308
PB.J2 - PB.J4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	5,0	208	13,77	17,21	Cuádruplex 4/0	275	24	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,01	0,1419
PM.P26 - PB.J5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19,8	208	55,08	68,85	Cuádruplex 4/0	275	11	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,19	0,2602
PB.J5 - PB.J6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	13	80	1	16,1	208	44,75	55,94	Cuádruplex 4/0	275	26	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,56	0,4998
PB.J6 - PB.J7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	11,2	208	30,98	38,73	Cuádruplex 4/0	275	26	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,82	0,3459
PB.J7 - PB.J8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,2	208	17,21	21,52	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,99	0,2217
PM.P26 - PB.J9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,9	208	41,31	51,64	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,36	0,4789
PB.J9 - PM.P25	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,9	208	27,54	34,43	Cuádruplex 4/0	275	36	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,67	0,4257
PM.P25 - PM.P24	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,9	208	27,54	34,43	Cuádruplex 4/0	275	43	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	1,05	0,5085
PM.P24 - PB.J10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	5,0	208	13,77	17,21	Cuádruplex 4/0	275	21	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,14	0,1242

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 28 Cálculos eléctricos red BT

TRF 11 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C [Ω/km]	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P28 - PB.K1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6.2	208	17.21	21.52	Cuádruplex 4/0	275	29	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.16	0.2143
PM.P28 - PM.P27	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14.9	208	41.31	51.64	Cuádruplex 4/0	275	11	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.14	0.1951
PM.P27 - PB.K2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	5.0	208	13.77	17.21	Cuádruplex 4/0	275	35	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.30	0.2069
PM.P27 - PB.K7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.4	208	20.66	25.82	Cuádruplex 4/0	275	39	0.9	0.3	0.8847363	0.3300	0.56	0.3459
PB.K7 - PB.K8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	5.0	208	13.77	17.21	Cuádruplex 4/0	275	29	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	0.68	0.1715
PB.K8 - PB.K9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3.7	208	10.33	12.91	Cuádruplex 4/0	275	35	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	0.80	0.1552
PB.K9 - PB.K10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	1	80	1	1.2	208	3.44	4.30	Cuádruplex 4/0	275	35	0.9	0.0	0.8847363	0.3300	0.84	0.0517
PM.P28 - PB.K11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	17.4	208	48.20	60.25	Cuádruplex 4/0	275	25	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	0.38	0.5174
PB.K11 - PB.K12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14.9	208	41.31	51.64	Cuádruplex 4/0	275	42	0.9	0.6	0.8847363	0.3300	0.94	0.7450
PB.K12 - PB.K13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	11	80	1	13.6	208	37.87	47.34	Cuádruplex 4/0	275	27	0.9	0.4	0.8847363	0.3300	1.26	0.4390
PB.K13 - PB.K14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	9	80	1	11.2	208	30.98	38.73	Cuádruplex 4/0	275	25	0.9	0.3	0.8847363	0.3300	1.51	0.3326
PB.K14 - PB.K15	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	7	80	1	8.7	208	24.10	30.12	Cuádruplex 4/0	275	28	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	1.72	0.2897
PB.K15 - PB.K16	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6.2	208	17.21	21.52	Cuádruplex 4/0	275	30	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	1.89	0.2217
PB.K16 - PB.K17	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	5.0	208	13.77	17.21	Cuádruplex 4/0	275	29	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	2.02	0.1715
PM.P28 - PB.K3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	17.4	208	48.20	60.25	Cuádruplex 4/0	275	27	0.9	0.5	0.8847363	0.3300	0.41	0.5588
PB.K3 - PB.K4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	12.4	208	34.43	43.03	Cuádruplex 4/0	275	25	0.9	0.3	0.8847363	0.3300	0.69	0.3695
PB.K4 - PB.K5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7.4	208	20.66	25.82	Cuádruplex 4/0	275	28	0.9	0.2	0.8847363	0.3300	0.87	0.2483
PB.K5 - PB.K6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2.5	208	6.89	8.61	Cuádruplex 4/0	275	29	0.9	0.1	0.8847363	0.3300	0.94	0.0857

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 29 Cálculos eléctricos red BT

TRF 12 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P30 - PB.L1	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	48,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	37	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,55	0,7373
PB.L1 - PB.L2	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,83	0,3843
PB.L2 - PB.L3	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	36	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,14	0,4099
PB.L3 - PB.L4	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	36	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,29	0,2050
PM.P30 - PB.L5	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	10	80	1	11,9	208	33,15	41,44	Cuádruplex 4/0	275	19	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,20	0,2705
PB.L5 - PM.P29	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,45	0,3302
PM.P29 - PB.L6	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	40	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,57	0,1708
PM.P30 - PB.L7	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	27	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,34	0,4612
PB.L7 - PM.P31	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	34	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,29	0,3872
PM.P31 - PB.L8	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,13	0,1708
PM.P30 - PB.L9	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	17	80	1	20,3	208	56,36	70,45	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,6	0,8847363	0,3300	0,50	0,6775
PB.L9 - PB.L10	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	13	80	1	15,5	208	43,10	53,87	Cuádruplex 4/0	275	28	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,89	0,5181
PB.L10 - PB.L11	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	35	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	1,04	0,1993
PB.L10 - PB.L12	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	6	80	1	7,2	208	19,89	24,86	Cuádruplex 4/0	275	40	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,29	0,3416
PB.L12 - PB.L13	Aisador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,38	0,1238

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 30 Cálculos eléctricos red BT

TRF 13 (De - A)	Configuración de la Red	Distribución de cargas por Fases			Carga residencia		Carga de alumbrado		Demanda total [kW]	Voltaje de Línea [V]	Corriente de Línea [A]	Corriente 125% [A]	Conductor Al [AWG]	Capacidad de Conductor a 75°C [A]	Longitud [m]	FP	Momento [VA*km]	K	Resistencia Eléctrica CA a 75°C (Ω/km)	Regulación Total [%]	Pérdida de Potencia [%P]
		R	S	T	Carga Instalada por usuario [VA]	Número de usuarios	Potencia de luminaria [VA]	Número de luminarias													
PM.P33 - PB.M1	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19,1	208	53,04	66,30	Cuádruplex 4/0	275	10	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,17	0,2277
PB.M1 - PB.M2	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	16	80	1	19,1	208	53,04	66,30	Cuádruplex 4/0	275	37	0,9	0,7	0,8847363	0,3300	0,79	0,8427
PB.M2 - PB.M3	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	35	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	1,24	0,5978
PB.M3 - PB.M4	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	34	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	1,53	0,3872
PB.M4 - PB.M5	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	37	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,64	0,1580
PB.M4 - PB.M6	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	31	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,62	0,1324
PM.P33 - PB.M7	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	38	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,16	0,2164
PM.P33 - PB.M8	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	12	80	1	14,3	208	39,78	49,73	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,38	0,5124
PB.M8 - PB.M9	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	8	80	1	9,6	208	26,52	33,15	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,3	0,8847363	0,3300	0,65	0,3844
PB.M8 - PB.M10	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	31	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	0,78	0,1765
PM.P33 - PB.M11	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	14	80	1	16,7	208	46,41	58,02	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,5	0,8847363	0,3300	0,44	0,5978
PB.M11 - PB.M12	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	11	80	1	13,1	208	36,47	45,58	Cuádruplex 4/0	275	29	0,9	0,4	0,8847363	0,3300	0,78	0,4541
PB.M12 - PB.M13	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	5	80	1	6,0	208	16,58	20,72	Cuádruplex 4/0	275	30	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,94	0,2135
PB.M13 - PB.M14	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	3	80	1	3,6	208	9,95	12,43	Cuádruplex 4/0	275	32	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,04	0,1366
PB.M12 - PB.M15	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	4	80	1	4,8	208	13,26	16,58	Cuádruplex 4/0	275	47	0,9	0,2	0,8847363	0,3300	0,98	0,2676
PB.M15 - PB.M16	Aislador tipo Carrete	X	X	X	5104	2	80	1	2,4	208	6,63	8,29	Cuádruplex 4/0	275	35	0,9	0,1	0,8847363	0,3300	1,05	0,0996

Fuente: elaboración propia.

3.5.2 Cálculos mecánicos en B.T. Los cálculos mecánicos en B.T. se realizaron tanto para las estructuras de apoyos como para los conductores eléctricos, con el objetivo de dar cumplimiento a la normativa vigente del operador de red.

3.5.2.1 Cálculo mecánicos de conductores. El cálculo mecánico de conductores se basó en lo expuesto en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas trenzadas en baja tensión del operador de red AIR-E²³, en el presente proyecto, y por temas de seguridad eléctrica a nivel de conductores, se instalarán conductores eléctricos trenzados, en la normativa se presentan valores a tener en cuenta estandarizados por zona de ubicación e hipótesis, en el cuadro 31, se muestran las características mecánicas del conductor seleccionado.

Cuadro 31. Características mecánicas conductor cuadruplex 4/0.

Conductor	4/0
Resistencia nominal conductor de fase (daN)	1700
Carga de rotura por conductor (daN)	3.780
Peso del haz de conductores (daN/m)	1.570
Densidad a 20 °C conductor (daN/m ³)	2 654,56
Resistencia a la tracción aislamiento (MPa)	12,4
Alargamiento a la rotura aislamiento (%)	250

Fuente: Air-e. Conductores trenzados de aluminio para B.T. 2022. P12.

3.5.2.2 Calculo mecánico para postes. Se realizaron los cálculos mecánicos de estructuras en B.T, siguiendo todas las recomendaciones del operador de red, para estos cálculos cada poste estará ubicado en una zona geográfica del barrio y se distribuyeron de acuerdo con el criterio del diseñador y que para efectos de redes de B.T. estas deben ser las más rectas posibles y vanos admisibles por el operador de red, en el cuadro 32, se muestran las características mecánicas de los postes de hormigón a instalar.

²³ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo mecánico de postes.2022. p.53.

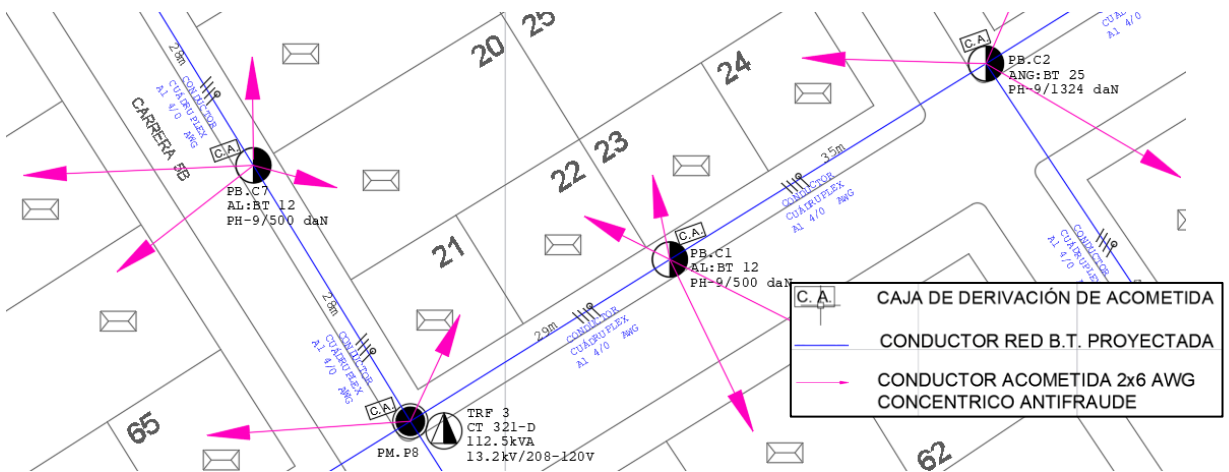
Cuadro 32. Características mecánicas de los postes de B.T.

Denominación	Altura (m)	Carga de rotura (daN)	Diámetro cima (cm)	Diámetro base (cm)
PH-9/500 daN	9	500	14	27.5
PH-9/1324 daN	9	1324	21	34.5

Fuente: Air-e. Proyecto tipo: líneas eléctricas aéreas trenzas de baja tensión 2022. P12.

En la figura 8, se muestra un ejemplo de tramo de red y de ubicación de los postes en B.T. con algunas convenciones.

Figura 8. Ejemplo de trazado de línea y ubicación de postes en B.T.



Fuente: elaboración propia.

Nota: La derivación de la acometida como se muestra en la figura 9, se realiza directamente desde la caja de derivación de acometidas, no desde el poste.

En los cuadros 33 al 45, se muestran los resultados de los cálculos mecánicos realizados en los postes de la red de B.T, de manera que cumplan con los esfuerzos e hipótesis de funcionamiento que las normativas señalan. También se define una numeración para cada poste y descripción de sus características físicas.

3.5.2.3 Cálculo mecánico de retenidas. El cálculo mecánico de retenidas se realiza para compensar los esfuerzos a los que se someten los postes. Se debe comprobar que el cable de la retenida a utilizar puede soportar dichos esfuerzos, este cálculo se basó en lo expuesto en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión del operador de red AIR-E²⁴, se instalaran las retenidas para los tipos de poste:

- Fin de línea (FL)
- Ángulo (ANG)

En los cuadros 31 al 43, se observan las retenidas seleccionadas para estas configuraciones. A criterio de los diseñadores y debido a contar con información detallada del terreno, la denominación de la retenida de acero galvanizado seleccionada es la de ½”.

Los anexos están adjuntos y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS en la que se pueden observar los cálculos mecánicos realizados.

Cuadro 33. Cálculos mecánicos B.T-TRF 1.

Número de postes TRF 1	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.A1	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	32	23		
PB.A2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	32		
PB.A3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	27		
PB.A4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	
PB.A5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	30	-	X	
PB.A6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	30		
PB.A7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	30		
PB.A8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	26	X	
PB.A9	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	28		
PB.A10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.A11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	

Fuente: elaboración propia.

²⁴ AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo mecánico de retenidas.2022. p.61.

Cuadro 34. Cálculos mecánicos B.T-TRF 2.

Número de postes TRF 2	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.B1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.B2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	30		
PB.B3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	27		
PB.B4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	25	X	
PB.B5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	39	X	
PB.B6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	18		
PB.B7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.B8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	42	36		
PB.B9	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	42		
PB.B10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36	X	
PB.B11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	
PB.B12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	30		
PB.B13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	23	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 35. Cálculos mecánicos B.T-TRF3.

Número de postes TRF 3	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.C1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	29		
PB.C2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	35		
PB.C3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	27		
PB.C4	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	44	27		
PB.C5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	44	X	
PB.C6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	43	X	
PB.C7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	28		
PB.C8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	28		
PB.C9	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.C10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	31		
PB.C11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.C12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	29	30		
PB.C13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	29		
PB.C14	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	28		
PB.C15	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	25	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 36. Cálculos mecánicos B.T-TRF4 .

Número de postes TRF 4	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.D1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.D2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	23	25		
PB.D3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	30		
PB.D4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	30		
PB.D5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.D6	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	12		
PB.D7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.D8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.D9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	30		
PB.D10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.D11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	30		
PB.D12	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 37. Cálculos mecánicos B.T-TRF5.

Número de postes TRF 5	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.E1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	31	31		
PB.E2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	31		
PB.E3	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	27	X	
PB.E4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	42		
PB.E5	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	45	30		
PB.E6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	45		
PB.E7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	40	X	
PB.E8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	30	28	X	
PB.E9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	30		
PB.E10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	29		
PB.E11	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	36	29		
PB.E12	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36	X	
PB.E13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	23	34	X	
PB.E14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	28	31	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 38. Cálculos mecánicos B.T-TRF6.

Número de postes TRF 6	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.F1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	29		
PB.F2	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	22	X	
PB.F3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	27		
PB.F4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.F5	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	29		
PB.F6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	18		
PB.F7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	34		
PB.F8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.F9	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.F10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	33		
PB.F11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	32		
PB.F12	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.F13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	37		
PB.F14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 39. Cálculos mecánicos B.T-TRF7.

Número de postes TRF 7	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.G1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	24	38		
PB.G2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	31	24		
PB.G3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	31		
PB.G4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	32		
PB.G5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.G6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	22	31		
PB.G7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.G8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	11		
PB.G9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	35		
PB.G10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	36		
PB.G11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	24	32		
PB.G12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	15	24		
PB.G13	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	37	15		
PB.G14	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	37		
PB.G15	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.G16	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	28		
PB.G17	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	28		
PB.G18	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	35		
PB.G19	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 40. Cálculos mecánicos B.T-TRF8.

Número de postes TRF 8	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.H1	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	23	-	X	
PB.H2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	31		
PB.H3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	32		
PB.H4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	
PB.H5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	28		
PB.H6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	35		
PB.H7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	19	34		
PB.H8	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	19		
PB.H9	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	38	X	
PB.H10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	26	X	
PB.H11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	25		
PB.H12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	24	27		
PB.H13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	40	40		
PB.H14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	40	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 41. Cálculos mecánicos B.T-TRF9.

Número de postes TRF 9	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.I1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	36		
PB.I2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	28	25		
PB.I3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	28		
PB.I4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	27		
PB.I5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	27	X	
PB.I6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	32		
PB.I7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	27	X	
PB.I8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	29		
PB.I9	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	28	29		
PB.I10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	26	28	X	
PB.I11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	26		
PB.I12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	15	28		
PB.I13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	15	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 42. Cálculos mecánicos B.T-TRF10.

Número de postes TRF 10	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.J1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	39		
PB.J2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	28		
PB.J3	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	39	X	
PB.J4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	24	X	
PB.J5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	11		
PB.J6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	26		
PB.J7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	26		
PB.J8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.J9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	27		
PB.J10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	21	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 43. Cálculos mecánicos B.T-TRF11.

Número de postes TRF 11	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.K1	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.K2	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	
PB.K3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	27		
PB.K4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	25		
PB.K5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	28		
PB.K6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.K7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	39		
PB.K8	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	35	29		
PB.K9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	35		
PB.K10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	
PB.K11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	42	25		
PB.K12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	27	42		
PB.K13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	25	27	X	
PB.K14	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	25		
PB.K15	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.K16	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	29	39		
PB.K17	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 44. Cálculos mecánicos B.T-TRF12.

Número de postes TRF 12	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			o	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.L1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	37		
PB.L2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	36	27		
PB.L3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	36		
PB.L4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36	X	
PB.L5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	19		
PB.L6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	40	X	
PB.L7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	27		
PB.L8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.L9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	28		
PB.L10	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	28		
PB.L11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	
PB.L12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	40		
PB.L13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 45. Cálculos mecánicos B.T-TRF13.

Número de postes TRF 13	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexion de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.M1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	37	10		
PB.M2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	37		
PB.M3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	35		
PB.M4	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	34		
PB.M5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	37	X	
PB.M6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	31	X	
PB.M7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	38	X	
PB.M8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	30		
PB.M9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	31	32		
PB.M10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	31	X	
PB.M11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	30		
PB.M12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	29		
PB.M13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	30		
PB.M14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.M15	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	47		
PB.M16	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.4 Cálculo de cimentaciones. Para el cálculo de cimentaciones este se realiza dependiendo del terreno, el tipo de poste y el esfuerzo máximo vertical que pueda soportar la cimentación, por tanto, debe realizarse un estudio completo del terreno por parte de un geotecnista de manera que sea posible determinar la mejor metodología de diseño de la cimentación, siguiendo lo expuesto en el anexo B7 del proyecto tipo líneas eléctricas áreas trenzadas de baja tensión del operador de red AIR-E⁵.

3.6 MEDICIÓN

Para la selección del equipo de medida se realizó siguiendo los parámetros de las especificaciones particulares de conexión y enlace del operador de red AIR-E²⁵, se escogió un método de medición directa, utilizando medidores electrónicos de energía activa monofásico trifilar, ya que la demanda de las viviendas asociadas a la red no supera los límites de carga para medición directa, en el cuadro 46, se

²⁵ AIR-E. Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace. Medición de energía eléctrica.2022. p.57.

muestran las características del medidor el a instalar en las viviendas para la lectura del consumo de potencia activa por parte del operador de red.

Cuadro 46. Características medidor monofásico trifilar

Tipo del Medidor	Monofásico Trifilar
Fases	2
Hilos	3
Conexión	Base A
Integrador	8 dígitos (6 enteros dos decimales).
Tensión	240V
Tensión Limite	50% a 115%
Corriente Nominal	5 A
Corriente Máxima	100 A
Frecuencia	60 Hz
Medición	Energía Activa
Constante de Lectura	kWh x 1
Ambiente	Tropical y marino.
Rango de Temperatura	Según IEC: -40 C a 85 C
Puente Interno	Si
Cubierta	Polycarbonato, baquelita y macrolón.
Base	Polycarbonato, baquelita, aluminio al silicio.
Sellado Hermético	Si

Fuente: AIR-E. Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace. Medición de energía eléctrica.2022. p.51.

4. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

El presupuesto de inversión correspondiente a los equipos que hacen posible la distribución de energía eléctrica se realizó utilizando las unidades constructivas del operador de red AIR-E, dichas unidades se ajustan al precio del mercado del año en curso. Se presenta un presupuesto de inversión aproximado de los equipos para el montaje de la red, se escogieron acorde al diseño elaborado en el capítulo anterior y siguiendo las especificaciones normativas del operador de red AIR-E. Se presenta un resumen total de las especificaciones técnicas del presupuesto en el cuadro 47, y en el cuadro 48 se presenta el presupuesto estimado para la inversión en la red de distribución sin considerar el AIU.

Cuadro 47. Especificaciones técnicas unidades constructivas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE UNIDADES CONSTRUCTIVAS
1. RED DE MEDIA TENSIÓN
1.01 ESTRUCTURA DE MTF 331 PH-12/4000 daN SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS: Cruceta angular metálica 2400 mm - 2 Unt. Perno rosca corrida acero galvanizado C 5/8" X 12" - 2 Unt. Arandela plana redonda 5/8" – 12 Unt. Grillete largo recto 5/8" 11300 kg – 3 Unt. Aislador compuesto tipo suspensión – 3 Unt. Grapa de retención recta – 3 unidades. Tornillo acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 2 Unt. Mano de obra calificada. Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos. LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.
1.02 ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-14/4000 daN.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cruceta angular metálica 3000mm -1 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" -2 Unt.
Arandela cuadrada curva galv. 5/8" -2 Unt.
Perno corto AC galv. 3/4"-3/4"x3"-2 Unt.
Asilador tipo poste -3 Unt.
Tornillo de acero galvanizado con tuerca 5/8 x 12" – 2 Unt.
Alambre asilado No 8 AWG – 6 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.03 ESTRUCTURA DE MTF 335 PH-12/2500 daN.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cruceta angular metálica 1400 mm - 4 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" – 8 Unt.
Perno corto AC galv. 3/4"-3/4"x3" - 1 Unt.
Aislador tipo poste - 1 Unt.
Tornillo de acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 4 Unt.
Grillete largo recto 5/8" 11300 Kg – 4 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.04 ESTRUCTURA DE MTF 331 PH-14/2500 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cruceta angular metálica 2400 mm - 2 Unt.
Perno rosca corrida acero galvanizado C 5/8" X 12" - 2 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" – 12 Unt.
Grillete largo recto 5/8" 11300 kg – 3 Unt.
Aislador compuesto tipo suspensión – 3 Unt.

Grapa de retención recta – 3 unidades.
Tornillo acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 2 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.05 ESTRUCTURA DE MTF 335 PH-14/2500 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cruceta angular metálica 2400 mm - 1 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" – 12 Unt.
Arandela cuadrada curva galv. 5/8".
Perno corto AC galv 3/4" – 3/4"x3" – 3 Unt.
Aislador tipo poste – 3 Unt.
Tornillo acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 2 Unt.
Alambre aislador No 8AWG.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.06 ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-12/1600 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cruceta angular metálica 2400 mm - 1 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" – 12 Unt.
Arandela cuadrada curva galv. 5/8".
Perno corto AC galv 3/4" – 3/4"x3" – 3 Unt.
Aislador tipo poste – 3 Unt.
Tornillo acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 2 Unt.
Alambre aislador No 8AWG.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.07 ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-12/735 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cruceta angular metálica 2400 mm - 1 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" – 12 Unt.
Arandela cuadrada curva galv. 5/8".
Perno corto AC galv 3/4" – 3/4"x3" – 3 Unt.
Aislador tipo poste – 3 Unt.
Tornillo acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 2 Unt.
Alambre aislador No 8AWG.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.08 ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-14/735 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cruceta angular metálica 2400 mm - 1 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" – 12 Unt.
Arandela cuadrada curva galv. 5/8".
Perno corto AC galv 3/4" – 3/4"x3" – 3 Unt.
Aislador tipo poste – 3 Unt.
Tornillo acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 2 Unt.
Alambre aislador No 8AWG.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.09 CONDUCTOR FORRADO AAAC CF-63 DE M.T.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONDUCTOR DE M.T. DE LOS SIGUIENTES MATERIALES:

Conductor Forrado AAAC CF-63 – 4800 m.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

1.10 DESCARGADOR DE SOBRE TENSIONES

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DESCARGADOR DE SOBRE TENSIONES PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y PUNTO DE CONEXIÓN DE LA RED EXISTENTE Y LA RED DISEÑADA SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

DPS10 [kA] y 10 [kV] – 3 Tríos.
Conductor de cobre desnudo 2AWG clase A – 15 m.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

SE DEBE VERIFICAR CON LO ESTABLECIDO EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.11 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA PARA EL SISTEMA DE APANTALLAMIENTO, CONTEMPLA LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y MATERIALES DESCRITOS:

Varilla de cobre puro de 5/8x2.4 metros – 1 Unt.
Caja de inspección de puesta a tierra con T – 1 Unt.
Cemento conductor – 3 Kg aprox.
Conector electrodo - Conductor bajante - 12 m.
Cinta anticorrosiva plástico 100mmx10m – 5 m.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

SE DEBE VERIFICAR CON LO ESTABLECIDO EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

1.12 RETENIDA EN M.T.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RETENIDA EN ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSIÓN CON LOS SIGUIENTES MATERIALES:

Arandela cuadrada plana 4*4*1/2" – 1 Unt.
Cable de extraresistente Galv 1/2" – 16 m.
Grapa prensora 3 pernos para retenida – 4 Unt.
Guardacabo para cable de acero 1/2" – 1 Unt.
Varilla De Anclaje Galv De 1/1"*1.80m – 1 Unt.
Vigueta de concreto – 1 Unt.

2. RED DE BAJA TENSIÓN

2.01 ESTRUCTURA DE BT 12 PH-9/500 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Cinta acero inoxidable 19 mm (3/4") – 2 Unt.
Soporte horquilla para aislador tipo carrete – 1 Unt.
Aislador porcelana carrete (ANSI 53-2) -1 Unt.
Brida de sujeción hasta 10 MM – 2 Unt.
Hebilla acero inoxidable para cinta 19 mm (3/4") -2 Unt.
Alambre de aluminio No 8 asilado 600 V – 2 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

2.02 ESTRUCTURA DE BT 25 PH-9/1324 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Pinza de anclaje – 2 Unt.
Brida de ejecución hasta 100 mm – 3 Unt.
Arandela curva cuadrada 2-1/4x2-1/4x3/16" - 4 Unt.
Tornillo ac galv. Con ojo c.t. 5/8"x12" – 2 Unt.
Conector de perforación una salida – 1 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

2.03 ESTRUCTURA DE BT 21 PH-9/1324 daN

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Pinza de anclaje – 2 Unt.
Brida de ejecución hasta 100 mm – 2 Unt.
Arandela curva cuadrada 2-1/4x2-1/4x3/16" - 2 Unt.

Tapon sellador p/cable #2-4/0AWG 600 V – 3-4 Unt.
Tornillo ac galv. Con ojo c.t. 5/8"x12" – 2 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

2.04 CONDUCTOR DE ALUMINIO CUÁDRUPLEX 4/0 TRENZADO DE B.T.
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONDUCTOR DE B.T. DE LOS SIGUIENTES MATERIALES:

Conductor De Aluminio Cuádruplex 4/0 Trenzado – 1 m.
Accesorios de montaje y conexiónado – 1 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

SE DEBE VERIFICAR Y RESPETAR LA TOPOLOGÍA DE LOS PLANOS DE DISEÑO.

2.05 DERIVACIÓN DE ACOMETIDA
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA CONCENTRICA EN B.T. DIRECTAMENTE DESDE LA CAJA DE DERIVACIÓN DE ACOMETIDAS, CONTEMPLA LAS SIGUIENTES CRACTERISTICA Y MATERIALES:

Caja derivación trifásica de 9 puestos – 1 Unt.
Conductor concéntrico de aluminio – 2 m.
Cinta acero inoxidable 19mm (3/4") – 2 m.
Brida de sujeción hasta 100 MM – 2 Unt.
Hebilla acero inoxidable para cinta 19mm (3/4") – 2 Unt.
Conector de perforación una salida (2-1/0 / 2-1/0) – 3 Unt.
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

2.06 RETENIDA EN B.T.
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RETENIDA EN ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSIÓN CON LOS SIGUIENTES MATERIALES:

Arandela cuadrada plana 4*4*1/2" – 1 Unt.
Cable de extrarresistente galv 1/2" – 9 m.
Grapa prensora 3 pernos para templete – 4 Unt.
Guardacabo para cable de acero 1/2" – 1 Unt.
Varilla De Anclaje Galv De 1/2"*1.80m – Unt.
Vigueta de concreto – 1 Unt.

3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

3.01 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE CT-331D 112.5 [kVA], 13.2 kV / 208-120 V

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CRUCETAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIONES Y MANIOBRA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS Y SEGÚN LOS MATERIALES DESCRITOS:

Tornillo de acero galvanizado con tuerca 5/8" x 12" – 2 Unt.
Conductor cobre desnudo No 2 AWG clase A – 9.5 M.
Transformación de distribución trifásico 112.5 KVA 13.2/0.214-0.123KV – 1 Unt.
Cruceta angular metálica 2400mm – 1 Unt.
Arandela plana redonda 5/8" – 10 Unt.
Arandela curva cuadrada 2-1/4x2-1/4x3/16"- 2 Unt.
Tornillo AC GALV. Con tuerca 5/8" – 3 Unt.
Tubo porta fusible expulsión 15 KV 100 A - 3 Unt.
Soporte P/SE CC. Fusible en cruceta angular – 3 Unt.
Fusible de expulsión tipo D – 3 Unt.
Conector cuña c/estribo ACSR (P-1/0/D-2) o AAAC (P-123.3/D-2) – 3 Unt.
Base cortacircuitos fusibles de 27 KV 200 A – 3 Unt.
Conector amovible (P.A CSR 2-2/0-D:Cu 6-2/0) – 3 Unt.
Abrazadera de 200mm de yba salida para transformador – 2 Unt.
Brida de sujeción hasta 100 mm – 8 Unt.
Conductor trenzado de AL "cuádruplex" 4/0 con neutro fiador AAAC 4/0 – 3 m.
(puente doble).
Terminal compresión bim tipo pletina 4/0 AWG, 2PERF. 1/2" B.corto – 4 Unt
(puente doble).
Arandela de presión 1/2" AC. INOX – 8 Unt (puente doble).
Arandela plana redonda 1/2" AC. INOX – 16 Unt (puente doble).
Tornillo AC. INOX con tuerca 1/2"x2" – 8 Unt (puente doble).
Conector cuña a presión Cu P:2/D:2 – 2 Unt (puente doble).
Mano de obra calificada.
Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.

LAS CANTIDADES EN EL LISTADO DE MATERIALES SE DEBE VERIFICAR CON LOS SUGERIDOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO.

<p>4. ACOMETIDA Y MEDIDORES</p> <p>4.01 CONDUCTOR ACOMETIDA CU 3X#8 CONCÉNTRICO ANTIFRAUDE. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONDUCTOR DE ACOMETIDA DE LOS SIGUIENTES MATERIALES:</p> <p>Conductor CU 3x#8 concéntrico antifraude – 20 m. Accesorios de montaje y conexiónado – 1 Unt. Mano de obra calificada. Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.</p> <p>SE DEBE VERIFICAR Y RESPETAR LA TOPOLOGÍA DE LOS PLANOS DE DISEÑO.</p> <p>4.02 SISTEMA DE MEDIDA EN B.T. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE MEDIDA EN BAJA TENSIÓN, SE CONTEMPLAN LOS SIGUIENTES MATERIALES.</p> <p>Medidor de energía activa monofásico trifilar 100A 120/240 V – 1 Unt. Accesorios de montaje y conexiónado – 1 Unt. Mano de obra calificada. Herramienta para la ejecución de los trabajos previstos.</p>
--

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 48. Presupuesto de inversión.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	RED DE MEDIA TENSIÓN				
1.01	ESTRUCTURA DE MTF 331 PH-12/4000 daN	Unt.	8	\$1.400.000	\$11.200.000
1.02	ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-14/4000 daN.	Unt.	4	\$3.000.000	\$12.000.000
1.03	ESTRUCTURA DE MTF 335 PH-12/2500 daN.	Unt.	1	\$1.062.811	\$1.062.811
1.04	ESTRUCTURA DE MTF 331 PH-14/2500 daN	Unt.	1	\$1.650.000	\$1.650.000
1.05	ESTRUCTURA DE MTF 335 PH-14/2500 daN	Unt.	6	\$1.650.000	\$9.900.000
1.06	ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-12/1600 daN	Unt.	1	\$990.000	\$990.000
1.07	ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-12/735 daN	Unt.	1	\$615.342	\$615.342

1.08	ESTRUCTURA DE MTF 332 PH-14/735 daN	Unt.	11	\$727.174	\$7.998.914
1.09	CONDUCTOR FORRADO AAAC CF- 63 DE M.T.	m	4.800	\$10.650	\$51.120.000
1.10	DESCARGADOR DE SOBRE TENSIONES	Unt.	16	\$399.900	\$6.398.400
1.11	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Unt.	16	\$215.000	\$3.440.000
1.12	RETENIDA EN M.T.	Unt.	18	\$ 64.803,65	\$ 1.166.465,7
2	RED DE BAJA TENSIÓN				
2.01	ESTRUCTURA DE BT 12 PH-9/500 daN	Unt.	90	\$347.380	\$31.264.000
2.02	ESTRUCTURA DE BT 25 PH-9/1324 daN	Unt.	26	\$491.365	\$12.775.490
2.03	ESTRUCTURA DE BT 21 PH-9/1324 daN	Unt.	65	\$491.365	\$31.938.725
2.04	CONDUCTOR DE ALUMINIO CUÁDRUPLEX 4/0 TRENZADO DE B.T.	m	6.650	\$52.300	\$347.795.000
2.05	DERIVACIÓN DE ACOMETIDA	Unt.	214	\$386.650	\$82.743.100
2.06	RETENIDA EN B.T.	Unt.	61	\$ 64.803,65	\$ 3.953.022,7
3	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE CT-331D 112.5 [kVA], 13.2 kV / 208-120 V	Unt.	13	\$18.489.000	\$241.437.000
4	ACOMETIDA Y MEDIDORES				
4.01	CONDUCTOR ACOMETIDA CU 3X#8 CONCÉNTRICO ANTIFRAUDE.	m	8.000	\$10.100	\$80.800.000
4.02	SISTEMA DE MEDIDA EN B.T.	Unt.	642	\$233.700	\$150.035.400
TOTAL				\$ 1.090.283.670	

Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo de grado se diseñó un sistema de distribución de energía eléctrica para normalizar las redes de Media y baja tensión del barrio Juan Bautista Forero de San Juan del Cesar en La Guajira, aportando así un diseño que cumpla con todas las especificaciones técnicas exigidas por parte del operador de red presente en la zona, brindando una alternativa de solución al problema de ilegalidad del servicio de gran parte de los usuarios del barrio, brindando un proyecto que puede ser presentado al operador de red AIR-E para que por parte del mismo se realice el análisis de factibilidad del mismo.

Se identifico la necesidad de la creación de un proyecto para la normalización de los usuarios del barrio Juan Bautista Forero, de los cuales solo se encuentra normalizado una pequeña parte de la comunidad total del barrio, accediendo así al servicio de energía de manera ilegal, insegura con un nivel alto de riesgo eléctrico pudiendo tener una afectación directa en la vida de los residentes del barrio.

Se establecieron parámetros de diseño que consideraban la topología del terreno y el estrato socioeconómico del mismo, las restricciones a nivel técnico exigidas por el operador de red presente en la zona como distancias entre alimentadores, nivel de regulación de tensión, consideraciones particulares para la demanda de cada usuario, distancias de seguridad, calibre máximo de conductores, etc. El factor económico se consideró al momento de la selección del tipo de red de distribución ya que la red aérea presenta más beneficios a este factor determinante, la seguridad de esta red también jugo un papel importante en el momento del diseño, asegurándonos de que los conductores seleccionados para la proyección del diseño contaran con seguridad para evitar derivaciones ilegales en el fluido eléctrico, por ultimo y no menos importante el factor ambiental se consideró en la zona de influencia del proyecto.

La selección de la alternativa más viable para el barrio Juan Bautista Forero, considerando todas las exigencias del operador de red, para la normalización de usuarios cuenta con planos del proyecto que contienen el detalle de las trayectorias, elementos y usuarios presentes en la red de distribución, los cálculos eléctricos y mecánicos, las memorias de cálculo del proyecto, en cumplimiento de las exigencias del RETIE.

Por último, se incluye un presupuesto estimado de inversión en equipos que resulta por un valor de mil noventa millones doscientos ochenta y tres mil seiscientos setenta. Este valor representa la inversión estimada a realizar para la normalización de los 642 usuarios para el barrio Juan Bautista Forero. Dado que en este barrio las familias son de escasos recursos, una alternativa para su financiación es someter este proyecto a una evaluación por parte de la PRONE, que desde su creación por la ley 1117 de 2006 tiene como objetivo la financiación de estos programas de normalización de redes eléctricas para municipios dentro del SIN. Por otra parte, el operador de red AIR-E deberá participar con recursos financieros tanto en planificación y mano de obra para el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

AIR-E. Anexo B5: Cálculo sistema de PAT. Cálculo de la resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical. 2022. P.2.

AIR-E. Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace.2022.

AIR-E. Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace. Acometidas.2022. p.28.

AIR-E. Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace. Medición de energía eléctrica.2022. p.51.

AIR-E. Proyecto tipo: Centros de transformación tipo poste. 2022.

AIR-E. Proyecto tipo: centros de transformación tipo poste. Cálculos eléctricos. 2022. P.28.

AIR-E. Proyecto tipo: centros de transformación tipo poste. Cálculo de potencia del transformador. 2022. P.27.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T.2022.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo electrico.2022. p.60.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo de cimentaciones.2022. p.99.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo mecánico de conudtores.2022. p.64.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo mecánico de postes.2022. p.68.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T. Calculo mecánico de retenidas.2022. p.85.

AIR-E. Proyecto tipo: líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión.2022.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo electrico.2022. p.41.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo de cimentaciones.2022. p.73.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo mecánico de conductores.2022. p.47.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo mecánico de postes.2022. p.53.

AIR-E. Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión. Cálculo mecánico de retenidas.2022. p.61.

COLOMBIA, PRESIDENTE DE LA REPUBLICA. Decreto 4978 (diciembre 27, 2007) por la cual se reglamenta el artículo 59 de la Ley 1151 de 2007 y se dictan otras disposiciones. Bogotá. [Sitio Web]. [Consulta: 25 de noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=28304>

GOBERNACIÓN DE LA GUAJIRA. Plan de Desarrollo Departamental: La Guajira 2020-2023. Rioacha la Guajira. 2020. p.55.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Cálculos opcionales en viviendas multifamiliares. NTC 2050. Bogotá D.C. p.56.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Selección del descargador de sobretensiones. NTC 2050. Bogotá D.C. p.126.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Transformadores de más de 600 V nominales. NTC 2050. Bogotá D.C. p.410.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME Objetivo 7: Energía asequible y No contaminante. [Sitio Web]. [Consulta: 25 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>