



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO Y REMODELACIÓN DE PROYECTOS DE
REDES ELÉCTRICAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
PARA “ENERGIZANDO, INGENIERÍA Y
CONSTRUCCIÓN – AIR-E”**

Autor

Andrés Mauricio Mazo Torres

Universidad de Antioquia

Facultad Ingeniería, Departamento Ingeniería Eléctrica

Medellín, Colombia

2021



Diseño y Remodelación de Proyectos de Redes Eléctricas de Media y Baja Tensión Para
“Energizando, Ingeniería y Construcción – Air-E”

Andrés Mauricio Mazo Torres

Informe de practica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Electricista

Asesores:

Nelson de Jesús Londoño Ospina – Ingeniero Electrónico

José Alejandro Álvarez Palomino – Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia
Facultad Ingeniería, Departamento Ingeniería Eléctrica.
Medellín, Colombia
2021.

Resumen.....	1
1 Introducción.....	2
2 Objetivos.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 Marco Teórico	3
3.1 Antecedentes	3
3.2 Fundamentos teóricos	4
3.2.1 Términos a usar durante el desarrollo de la práctica.....	4
3.3 Redes de distribución	7
3.3.1 Redes de distribución de media tensión o primarias	7
3.3.2 Redes de distribución de baja tensión o secundarias	7
3.3.3 Redes de distribución urbana	7
3.3.4 Redes de distribución rural.....	8
3.4 Configuraciones de red	9
3.4.1 Sencilla con red abierta	9
3.4.2 Sencilla con red trenzada.....	9
3.4.3 Configuración especial.....	9
3.5 Estructuras.....	10
3.6 Cajas Concentradoras.....	11
3.7 Codificación	11
3.8 Convenciones.....	13
3.9 Normatividad vigente	14
4 Metodología	14
5 Resultados y análisis.....	15
5.1 Especificaciones del proyecto	15
5.2 Criterios de diseños	16
5.3 Diseño Proyecto C1834 – Manzanares	17
5.4 Anexos proyecto C1834.....	20
5.5 Memorias de calculo.....	21
5.5.1 Regulación Media Tensión C1834	21

5.5.2	Regulación Baja Tensión Transformadores 25kVA	21
5.5.3	Calculo económico conductores	22
5.5.4	Calculo y coordinación de protección contra sobre corrientes	22
5.5.5	Transformadores de 25kVA	22
5.5.6	Calculo de puesta a tierra y estudio de resistividad	23
5.6	Matriz de riesgos RETIE	24
5.7	Cálculos mecánicos	26
5.8	Datos de la red	26
5.8.1	Tramo N°1 – Tramo N°2	26
5.9	Cálculos mecánicos de conductores	26
5.10	Cálculos mecánicos de postes auto-soportados.....	28
5.10.1	Tramo N°1 – Tramo N°2	28
5.11	Cálculo de cimentaciones y estudio de suelos	29
5.12	Unidades constructivas	29
6	Conclusiones.....	31

Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro de cargas	19
Tabla 2. Resistividad Promedio	24
Tabla 3. Cálculo de Cimentaciones.....	29

Índice de Figuras

Figura 1. Tipo de estructuras en Apoyos [líneas].....	10
Figura 2. Disposición Cajas Concentradoras [ener]	11
Figura 3. Codificación MT Air-e [ener]	11
Figura 4. Complemento Codificación MT Air-e [ener].....	12
Figura 5. Codificación BT Air-e [ener].....	12
Figura 6. Convenciones Air-e [ener].....	13
Figura 7. Normas vigentes	14
Figura 8. Barrio Manzanares.....	15
Figura 9. Proyecto C1834 Manzanares.....	17
Figura 10. Potencia Diseño Usuario [Ener]	18
Figura 11. Proyecto C1834 Projectado.....	20
Figura 12. Regulación MT.....	21
Figura 13. Regulación BT	21
Figura 14. Cálculo Económico Conductores	22
Figura 15. Fusible Transformador 25 kVA	23
Figura 16. Configuración Puesta Tierra	24
Figura 17. Matriz de Riesgos RETIE.....	25
Figura 18. Cálculos Mecánicos.....	26
Figura 19. Cálculos Mecánicos T1 y T2.....	26
Figura 20. Cálculos Conductores T1 y T2.....	27
Figura 21. Cálculos Postes T1 y T2	28
Figura 22. Resumen Unidad Constructiva.....	30
Figura 23. Valor Mano de Obra	30
Figura 24. Valor Materiales.....	31

DISEÑO Y REMODELACIÓN DE PROYECTOS DE REDES ELÉCTRICAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA “ENERGIZANDO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN – AIR-E”

Resumen

El siguiente informe presenta los diferentes diseños que se realizaron en algunas zonas de la región caribe colombiana, para el mejoramiento de las redes eléctricas de media tensión existentes y nuevas por proyectar en dichas zonas de intervención por parte del nuevo operador de red, en este caso la empresa **AIR-E**.

Dicho proyecto involucra el levantamiento, diseño, análisis y memorias de calculo que garantizan los requerimientos en este caso del cliente al que se le realiza el proyecto de Diseño, todos estos pasos necesarios para el desarrollo del diseño son realizados por **ENERGIZANDO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCION**.

El diseño de redes eléctricas que se propone en este documento asegura el cumplimiento total de las necesidades tanto de la empresa como al usuario al cual se le va mejorar el servicio, teniendo en cuenta una proyección de la red a futuro donde se está realizando el proyecto. Dando como resultado una mejora en la calidad del servicio de energía y que permita, en este caso, a la empresa **AIR-E** garantizar un servicio de calidad y recuperar la credibilidad de los usuarios por medio del préstamo de un servicio de calidad.

Lo que se espera en este informe es la normalización de las redes eléctricas, basado en un diseño que cumpla con unos objetivos principales: mejorar el servicio de distribución de energía eléctrica y asegurar que la empresa **AIR-E** cuente con menores pérdidas eléctricas No técnicas.

1 Introducción

La red de distribución de energía en la costa atlántica colombiana desde tiempos atrás ha presentado diferentes dificultades, desde salidas de servicios por fallas propias de la red o por conexiones ilegales que hacen que el sistema colapse y esté presente fallas, por lo que se busca mitigar las diferentes interrupciones del servicio con el mejoramiento de la infraestructura actual de la red y proyectando nuevas redes a futuro para su expansión y así garantizar una óptima operación del sistema, suministro del servicio hacia los usuarios por parte del operador de red.

Las fallas que se presentan por lo general en el sistema de distribución de dicha región se deben a que la infraestructura con la que se cuenta es obsoleta; además, por la falta de mantenimientos y conexiones fraudulentas por parte de algunos usuarios hacen que se presenten constantes interrupciones, lo que ocasiona que se afecte el bienestar de muchos usuarios por los constantes apagones que se presentan en diferentes sectores de dicha región.

Como se mencionó anteriormente, la red presenta en muchos casos obsolescencia por el tiempo y falta de mantenimientos, que prolonguen su vida útil y permitan garantizar el correcto funcionamiento de la red. A su vez las prácticas fraudulentas (Conexiones ilegales) por parte de algunos usuarios, hacen que la red presente vulnerabilidades y, ante cambios que se puedan presentar en la operación del sistema, se presente interrupción del servicio, lo que hace que se generen pérdidas tanto para los usuarios como para el operador de red, puesto que para la solución de estos problemas se presentan daños en la red y, en algunos, casos también los usuarios finales presentan pérdidas en sus electrodomésticos, debido a las alteraciones presentadas sobre la red de distribución.

Lo que se busca, con la ejecución inicial de este proyecto, es abarcar diferentes zonas de la región, para revisar el estado actual de las redes, proyectar nuevas redes y, en los casos que sea posible, repotenciar la red existente. El proyecto consiste en el diseño de redes de media y baja tensión, teniendo presente el uso de la configuración especial o "**Red Chilena**". Lo que se busca con la aplicación de esta configuración en los diseños, es que, a la hora de la ejecución de la red, se reduzca al máximo los fraudes y hurtos por parte de usuarios que realizan conexiones ilegales en la red, afectando la calidad del servicio y representando pérdidas económicas para el operador de red.

Por lo anterior, **AIR-E** por medio de la empresa "**Energizando, Ingeniería y construcción**", lleva a cabo los diferentes diseños de estos proyectos para garantizar un mejor servicio, teniendo presente las diferentes especificaciones técnicas que exige en este caso el operador de red, debido a que, con el

cumplimiento de estos requerimientos, el operador de red (**AIR-E**) espera prestar un muy buen servicio a sus usuarios, garantizando fiabilidad y bienestar a estos.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Realizar tareas de Diseño, cálculos y elaboración de informes, para las redes de media y baja tensión existentes o por proyectar, usando diferentes softwares, para mejorar la calidad del servicio en las diferentes zonas de la costa atlántica.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar un acercamiento a las diferentes especificaciones técnicas, necesarias para la elaboración de los distintos Diseños, cálculos e informes de los proyectos.
- Cumplir con las diferentes normas para la elaboración de los diseños, desde las especificaciones técnicas, hasta la normatividad que rige en el país.
- Optimizar los tiempos de diseño, cálculos mecánicos y elaboración de documentos pertinentes a los proyectos programados.

3 Marco Teórico

3.1 Antecedentes

El servicio de energía eléctrica en la costa atlántica es conocido a nivel nacional por su poca confiabilidad, debido al deterioro que sus activos físicos presentan y por la falta de inversión por parte del que hasta hace poco era su operador de red, en este caso Electricaribe. Dicho operador de red era el dueño de casi todas las redes y subestaciones de la región, pero por malos manejos y pocas inversiones, durante varios años dicho operador se vio en vuelto en una crisis sin retorno, lo que provocó la intervención por parte del estado para superar la crisis de la región y así mitigarla desde el año 2016.

Se puede decir que los indicadores de calidad de Electricaribe han sido de los peores del país y la duración de las interrupciones aumentaban de manera sostenida.

Dado a que las redes de dicha zona presentan un alto nivel de deterioro por la falta de inversión y mantenimiento, el gobierno en el año 2020 entró en una etapa final de búsqueda de un nuevo operador de red, pero como nueva medida, la región se dividió en dos zonas de operación dando como operador de red de una zona a empresas públicas de Medellín(EPM) mediante Afinia y el consorcio de Energía de la Costa, representado en este caso como AIR-E.

Afinia estará a cargo de garantizar el servicio y suministro de energía en los departamentos de Bolívar, Sucre, Córdoba y Cesar, a su vez AIR-E será el operador de red de los departamentos del Atlántico, Magdalena y la Guajira [1].

“Energizando, Ingeniería y Construcción”, por la experiencia en diseño y ejecución de obras tiene a cargo el desarrollo de varios proyectos de redes de media tensión y baja tensión, para mejorar el servicio suministrado, en este caso por **AIR-E** a los usuarios que le corresponden de la costa atlántica colombiana.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Términos a usar durante el desarrollo de la práctica

A continuación, se hace una breve descripción de los términos más comunes en el transcurso de la práctica académica, tales términos con su respectivo significado se obtuvieron del portal Web de la empresa **AIR-E** [2].

- **Acometida:** Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios y, en general, en las unidades inmobiliarias cerradas, la acometida llega hasta el registro de corte general. Forman parte de la acometida los siguientes elementos: elementos de conexión y anclaje a la red de distribución, línea o cable de acometida, terminales de los conductores de entrada a la instalación receptora.
- **Acometida aérea en baja tensión:** Es la que se deriva de la Red de Distribución de baja tensión o desde los bornes de baja tensión de un transformador de Distribución hacia un suscriptor o usuario.
- **Acometida aérea en media y alta tensión:** Es la que se deriva de la Red de Distribución de media y alta tensión hacia un suscriptor o usuario.
- **Acometida no autorizada:** Cualquier derivación de la red local, o de otra acometida del correspondiente servicio, efectuada sin autorización de LA EMPRESA.
- **Adulteración de los equipos de medición y regulación:** Es cualquier acción tendiente a generar una anomalía en la instalación interna, o equipo de medición que incida directamente en el registro del consumo de energía eléctrica del suscriptor o usuario. Sin perjuicio de que se puedan presentar otros eventos se considera que el medidor ha sido adulterado, intervenido y/o manipulado cuando se presenta, entre otros, alguno de los siguientes casos: modificación del mecanismo de engranaje, adición de sustancias, alteración de sellos, instalación de medidores no homologados ni calibrados, instalación de medidores invertidos o manipulación con

métodos que permitan la devolución de la lectura. En general cualquier modificación que haga el SUSUCRIPTOR o suscriptor o usuario directamente o por intermedio de un tercero al equipo de medida que altere sus condiciones de fabricación.

- **Apoyo (Poste):** Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructuras.
- **Carga o capacidad instalada:** Es la capacidad nominal del componente limitante de un sistema.
- **Centro de transformación (CT):** Conjunto de transformadores de distribución, con su equipo de maniobra y protección asociados, que se utiliza para transferir energía desde los niveles de media tensión a los niveles de tensión del suscriptor o usuario.
- **Conexión:** Es el conjunto de actividades mediante las cuales se realiza la derivación de la red local de energía eléctrica hasta el registro de corte de un inmueble y se instala y conecta el medidor. La conexión incluye: los elementos de medida, los materiales de la acometida, ejecución de la obra de conexión, instalación y calibración inicial del medidor de energía, configuración y/o programación del medidor de energía (cuando el instrumento de medición es de tipo electrónico) y verificación de la certificación de las instalaciones eléctricas para la puesta en servicio. De esta forma queda entendido que la red interna no forma parte de la conexión. La conexión solo es posible previo el cumplimiento de las normas que rijan el servicio, el pago de las retribuciones que correspondan y el principio de eficiencia consignado en la Ley.
- **Conexión no autorizada:** Es la derivación de la red de distribución, de la acometida o del centro de medición realizada por el suscriptor o usuario, ya sea de manera directa o por interpuesta persona, con el fin de acceder al servicio de energía eléctrica sin que medie autorización de LA EMPRESA.
- **Distribución de energía eléctrica:** Es la actividad de transporte de energía eléctrica a niveles de tensión inferiores a 220 KV. Quien desarrolla esta actividad se denomina Operador de Red.
- **Línea eléctrica:** Conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica.
- **Medida centralizada:** Sistema de medición de energía eléctrica integrado por medidores (tarjetas electrónicas de medida o medidores individuales), transformadores de medida (cuando aplique) y equipo de comunicación,

que cuentan con operación remota para realizar lectura de los consumos de energía para la facturación al suscriptor o usuario. Este sistema de medición permite que vía inalámbrica se reciba la información de consumos registrados en los medidores. Así mismo, se observan lecturas, alarma de sobrecargas eléctricas, alteraciones accidentales y provocadas y balances de energía por transformador, entre otros. Este mecanismo de medición permite adelantar en forma remota el registro de los consumos de energía, la suspensión, el corte y la reconexión del servicio de energía, así como facturar y asesorar a los suscriptores o usuarios sobre los consumos.

- **Medidor:** Es el instrumento de medida que registra la potencia demandada y/o los consumos de energía activa y/o reactiva.
- **Operador de red de STR y SDL (OR):** Entidad o persona encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un STR o SDL, incluidas sus conexiones al STN. Los activos pueden ser de su propiedad o de terceros. Para todos los propósitos son las empresas que tienen Cargos por Uso de los STR o SDL aprobados por la CREG. El OR siempre debe ser una Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios. La unidad mínima de un SDL para que un OR solicite Cargos de Uso corresponde a un Municipio. LA EMPRESA ostenta legal y regulatoriamente la condición de operador de red del sistema de distribución local (SDL) en los Departamentos de Atlántico, Magdalena, Guajira, Cesar, Bolívar, Sucre y Córdoba.
- **Redes de distribución:** Conjunto de elementos utilizados para la transformación y el transporte de la energía eléctrica hasta el punto de entrega al suscriptor o usuario.
- **RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas que fija las condiciones técnicas que garantizan la seguridad en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica en el país.
- **Unidad constructiva:** Conjunto de materiales y mano de obra dispuestos de una forma preestablecida que componen una unidad de montaje. Constituyen elementos constructivos básicos que facilitan el diseño de las instalaciones eléctricas de distribución de manera sencilla, ordenada y uniforme.
- **Usuario:** Persona natural o jurídica que se beneficia del servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, como suscriptor o como receptor directo del servicio. Para los efectos del presente contrato,

esta definición comprende los usuarios que se encuentran ubicados en las áreas especiales de prestación de servicio.

3.3 Redes de distribución

En Colombia el proceso de distribución de energía eléctrica, según el reglamento que rige en el país (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE), está conformado por “todo conjunto de aparatos y circuitos asociados para el transporte y transformación de energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o superiores a 110 V y menores a 57,5 Kv” [3].

Se realiza una extensión de algunas definiciones usadas en el desarrollo de los diferentes diseños:

3.3.1 Redes de distribución de media tensión o primarias

Es el conjunto de equipos o elementos que se utilizan para transportar la energía eléctrica desde una subestación de distribución hasta un centro de transformación de media tensión, el cual puede pertenecer a una subestación de distribución de menor capacidad MT/MT o una subestación de distribución tipo poste MT/BT.

Se considera una red de distribución primaria cuando los niveles de tensión son de Media Tensión (MT), considerados superiores a 1000 V e inferior a 57,5 kV [3].

3.3.2 Redes de distribución de baja tensión o secundarias

Es el conjunto de equipos o elementos que se utilizan para transportar la energía eléctrica a tensiones nominales menores o iguales a 1000 V. Este tipo de redes es el utilizado para llevar la energía eléctrica desde los transformadores de distribución tipo poste hasta las acometidas de los usuarios finales [3].

3.3.3 Redes de distribución urbana

Son las redes de distribución ubicadas dentro de las ciudades y/o en el sector urbano de los municipios [3].

Las principales características de una red de distribución urbana son:

- Usuarios concentrados.
- Cargas monofásicas (2 hilos) y trifásicas (3 hilos)
- Uso de postes de concreto.
- Mayor densidad de clientes.

3.3.4 Redes de distribución rural

Estas redes son las encargadas de llevar el servicio de energía eléctrica a zonas dispersas de los municipios. Las áreas rurales no cuentan con calles y no están organizados por manzanas. Por lo general se encuentran en zonas dedicadas a la agricultura y la ganadería [3].

Sus principales características son:

- Usuarios dispersos.
- Mayoría de usuarios residenciales
- Menor demanda de energía eléctrica.
- Grandes distancias entre apoyos.

En distribución de energía eléctrica, hay dos formas de garantizar el suministro eléctrico, una se basa en redes subterráneas, donde los conductores eléctricos van por debajo de las calles, ocultos a la vista, ya sea utilizando tubería o ductos, la otra forma de distribución y la cual será la de mayor uso en el transcurso de diseño de las redes será la distribución aérea, las cuales los conductores están expuestos al aire, en soportes, respetando unas distancias entre ellos y usando por lo general conductores desnudos y los materiales de los soportes influye de acuerdo al nivel y tipo de contaminación, en el caso de los proyectos a realizar por parte de "Energizando, ingeniería y construcción" para y por sugerencia de AIR-E se usaran materiales que soporten alta contaminación [4].

En Colombia, las redes aéreas para la distribución de energía eléctrica son las más utilizadas, esto debido, principalmente, al costo de construcción de redes subterráneas, que son mucho mayores.

Para el diseño de los proyectos se deben cumplir con las especificaciones técnicas suministradas por AIR-E dando cumplimiento al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), donde hace claridad que: toda red de distribución eléctrica que se va construir y todos los materiales a usar deben contar con su respectiva certificación, que asegure el cumplimiento de las normas exigidas en el RETIE para cada uno de los materiales [3].

En este caso, desde diseño se estipula que tipo de postes, herrajes, aisladores, conductores, armados y transformadores se van a utilizar a la hora de la construcción del proyecto.

3.4 Configuraciones de red

Teniendo presente también que se evalúan las redes existentes y sobre estas se proyectan las nuevas redes, se debe respetar el tipo de configuración a utilizar, puesto que en las redes existentes se tiene infraestructura de red sencilla con red abierta y red trenzada, por lo que se dará las definiciones de estas y las del nuevo tipo de configuración de red que se usará:

3.4.1 Sencilla con red abierta

En este tipo de configuración la distribución secundaria se realiza con estructuras formadas por postes de 9m y soportes de percha u otro herraje que sostenga el aislador de carrete en el cual se soportaban los conductores desnudos.

3.4.2 Sencilla con red trenzada

En esta configuración la distribución secundaria se realiza con conductores cubiertos por un aislamiento que permite el trenzado o entorche de los mismos, postes de 9m, soportes de horquilla y aisladores carrete. Los herrajes y aisladores disminuyen de 3 a 1 por estructura.

Ahora la nueva configuración a utilizar será la de configuración especial:

3.4.3 Configuración especial

En este tipo de configuración la distribución primaria también tiene una característica diferente. Las estructuras usadas son conformadas por postes de 12m, armados primarios en disposición tipo bandera, armados secundarios formados por un soporte en U y un aislador tipo carrete, instalados en el borde de las crucetas, conductores desnudos para las líneas primarias y conductores trenzados para la distribución secundaria. Los postes de 9m usados en este tipo de configuración no son usados para realizar distribución, se usan para hacer retenidas aéreas cuando hay armados fin de línea en disposición bandera. También se usan postes de 9m para llevar la red chilena desde las cajas de derivación hasta los usuarios. Este tipo de configuración necesita una alta inversión inicial debido a que se usan en su mayoría postes de 12m y es necesario realizar cambios tanto en las redes secundarias como en las primarias [3], [4].

Respetando las diferentes especificaciones, para el diseño del proyecto se puede garantizar que el nuevo operador de red suministre de forma confiable el servicio eléctrico en las zonas de incidencia de los distintos proyectos disminuyendo, a la

vez los hurtos y fraudes que se han presentado a lo largo de los años en esta zona del país.

3.5 Estructuras

Las estructuras en este caso es el conjunto de herrajes y accesorios para el armado de los apoyos en sus diferentes clasificaciones las cuales son:

- Postes de Alineación (AL).
- Postes de Angulo (ANG).
- Postes de Anclaje (ANC).
- Postes de fin de línea (FL).

Estos accesorios son las crucetas, soportes flejes, etc. Además del aislamiento de estas con la red, como es las cadenas de amarre, aisladores, grapas, etc. Cuya tarea es transferir los esfuerzos de los conductores a los apoyos.

Existen diferentes tipos de configuración de estructuras, como lo son:

- Configuración Bandera.
- Configuración Triangular-Compacta vano largo.
- Configuración Horizontal.
- Configuración Compacta.
- Configuración Vertical.
- Configuración Auto soportada.

En la figura 1 se puede observar las diferentes configuraciones o disposiciones de estructuras [5].

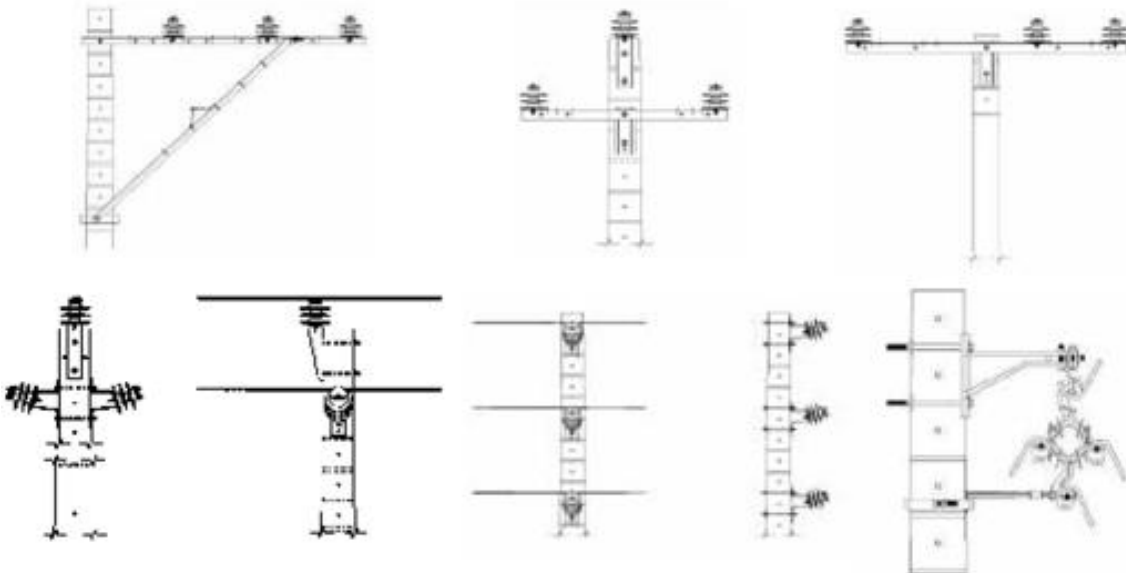


Figura 1. Tipo de estructuras en Apoyos [5]

3.6 Cajas Concentradoras

Para el desarrollo de los proyectos, también se debe tener en cuenta el uso de elementos que disminuyan el hurto y fraude por parte de algunos usuarios como lo es la instalación de cajas concentradoras, cuyo fin es permitir instalar los medidores de los diferentes usuarios y así, la empresa operadora del servicio, tener un control del consumo por parte de los usuarios mediante el uso de medidores inteligentes, como se puede observar en la figura 2 [6].

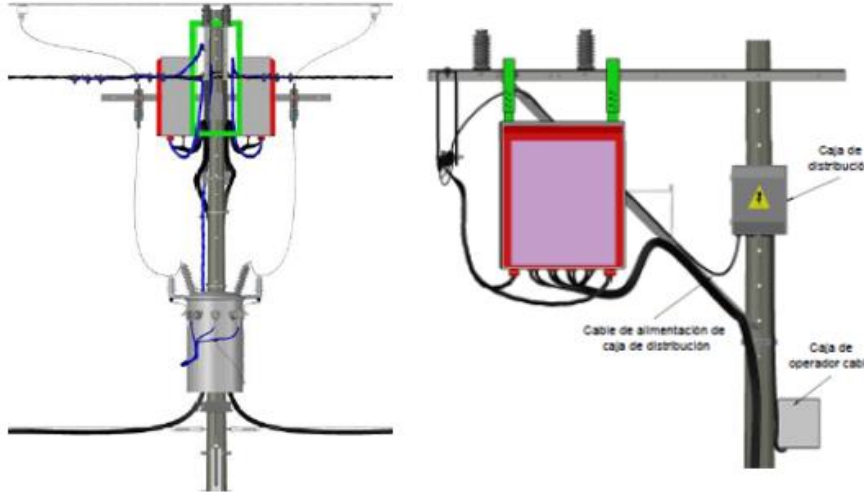


Figura 2. Disposición Cajas Concentradoras [6]

3.7 Codificación

Las estructuras de media tensión se codifican según una regla nemotécnica establecida, en este caso el operador de red establece como se puede observar en la figura 3, la regla nemotécnica [6]:

MT [ABC - X - Y - Z]

A = Código de la Configuración:

- 1 Tipo Bandera
- 2 Tipo Triangular – Vano Largo
- 3 Tipo Horizontal
- 4 Tipo Vertical
- 5 Tipo Compacta

B = Número de Fases

- 1 Una Fase - Monofásico
- 2 Dos Fases - Bifásico
- 3 Tres Fases - Trifásico

C = Tipo de Configuración

El código de la letra C será el encargado de expresar que tipo de armado que va en la estructura en mención dependiendo del tipo de configuración que esta tenga. Para comprender mejor veamos a continuación la Tabla 12 con cada una de los significados del código C.

X = Nivel de Tensión

- 1 13,2 kV
- 2 34,5 kV

Y = Nivel de contaminación del aislamiento:

- N Nivel contaminación normal
R Altamente contaminada

Z = Conductor:

- 1 1/0 ACSR – 123 AAAC
- 2 4/0 ACSR – 246 AAAC
- 3 266 ACSR – 312 AAAC
- 4 336 ACSR – 394 AAAC

Figura 3. Codificación MT Air-e [6]

Dicha codificación se complementa con la información suministrada en la figura 4.

Configuración	C	Descripción
Bandera	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5°-20° - Conductores Mayores
		ANG 5°-30° - Conductores Menores
4	ANG 20°-60° - Conductores Mayores	
	ANG 30°-60° - Conductores Menores	
Triangular - Vano largo	2	AL y ANG < 5
Horizontal	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5°-20° - Conductores Mayores
		ANG 5°-30° - Conductores Menores
	4	ANG 20°-60° - Conductores Mayores
		ANG 30°-60° - Conductores Menores
5	ANG 60°-90°	
6	ANC hasta 60° (1)	
Vertical	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	4	ANG 30°-60°
	5	ANG 60°-90°
Compacta	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5°-20° - Conductores Mayores
		ANG 5°-30° - Conductores Menores
	4	ANG 20°-60° - Conductores Mayores
		ANG 30°-60° - Conductores Menores
6	ANC hasta 60° (1)	

Figura 4. Complemento Codificación MT Air-e [6]

También hay una codificación para las redes de baja tensión y centros de transformación, teniendo presente la regla nemotécnica que imparte el operador de red y se puede observar en la figura 5.

BT AB

A = Código de la Configuración:

1. Con aislador carrete
2. Con grapas y pinzas
3. Especial
4. Tipo acometidas (chilena)

B = Tipo de Configuración

Configuración	C	Descripción
Con Aislador Carrete	1	FL
	2	AL y ANG < 60°
	5	ANG 60°-90°
	6	Anclaje o doble fin de línea
Especial	1	FL
	2	AL
	3	ANG < 10°
	6	Anclaje o doble fin de línea
Tipo Acometidas	1	FL
	2	AL y ANG < 60°
	5	ANG 60°-90°

CT ABC - D

A = Código de la configuración

1. Tipo Bandera
3. Tipo Horizontal
5. Tipo Compacta
6. Configuración especial.

B = Numero fases.

2. Dos Fases - Bifásico
3. Tres Fases - Trifásico

C = Tipo de transformador

1. Convencional
2. Autoprotegido

D = Tipo de Bajante BT

- S. Salida Sencilla BT: La red de BT consta de un sólo ramal conectado mediante puente a los bujes del transformador (Figura 25).
D. Salida Doble BT: La red de BT se divide en dos ramales y cada uno de ellos se conecta directamente al buje del transformador (Figura 26).

Postes de alineación (AL)

Postes de ángulo (ANG)

Postes de anclaje (ANC)

Postes de fin de línea (FL)

Figura 5. Codificación BT Air-e [6]

3.8 Convenciones

Como se puede observar en la figura 6, se presentan las diferentes convenciones que se utilizan en los diseños de las redes de media y baja tensión para la empresa AIR-E, las cuales nos sirven para facilitar el trabajo a la hora del diseño y mantener un lineamiento de trabajo [6].

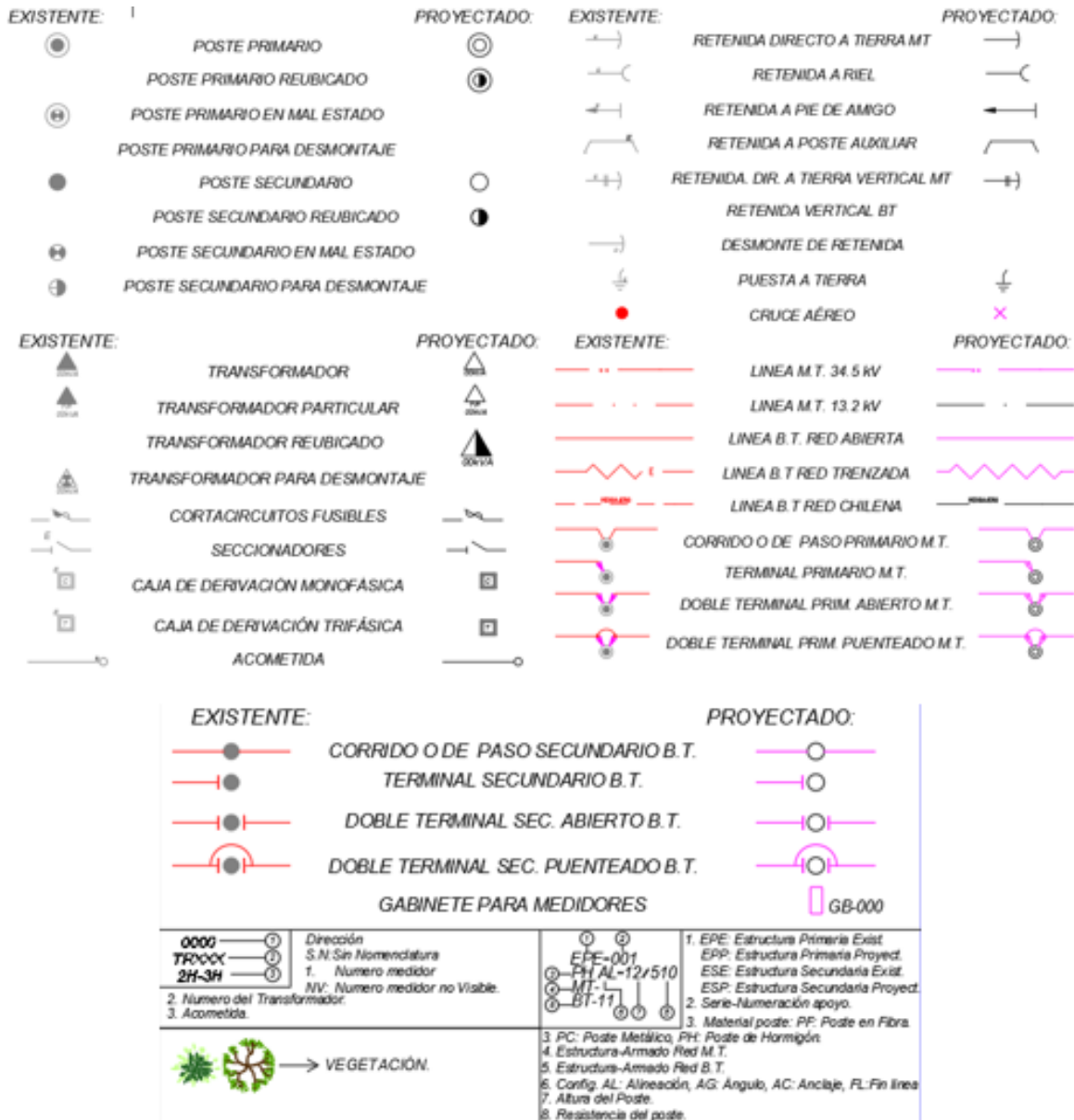


Figura 6. Convenciones Air-e [6]

3.9 Normatividad vigente

Como se observa en la Figura 7, se muestra un conjunto de normas que actualmente están vigentes en Colombia para el desarrollo de diferentes proyectos de diseño y construcción de instalaciones eléctricas, en este caso redes de media tensión.

NORMAS			
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)	Reglamento Técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)	Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050	Lighting Code – IESNA
National Electrical Code (NEC) - NFPA 70	Normas del Operador de Red	Life Safety Code – NFPA 101	Building Construction and Safety Code – NFPA 500

Figura 7. Normas vigentes

4 Metodología

1. inicialmente se procedió a la familiarización de las diferentes especificaciones técnicas, que se debían cumplir para la ejecución de los diferentes diseños.
2. Elaboración de un estudio y análisis minucioso de los planos existentes de los diferentes proyectos asignados para conocer a detalle, que red tanto de media y baja tensión se iba a intervenir a partir de los diseños que se elaboraron.
3. Elaboración de un análisis sobre las redes de media tensión y baja tensión a proyectar, respetando los requerimientos técnicos necesarios para el cumplimiento de los diferentes proyectos, teniendo en cuenta el uso de la nueva configuración especial, postes a instalar, he incluso los nuevos calibres de conductores requeridos.
4. Elaboración de los informes, donde se recopila la diferente información necesaria para radicar los diferentes proyectos que se diseñaron a lo largo del proyecto, teniendo en cuenta tanto los planos, anexos del proyecto, como las memorias de cálculos.
5. Elaboración de cantidades de obra e identificación de materiales para la construcción de las instalaciones eléctricas.

5 Resultados y análisis

Se cumplió con el objetivo general del proyecto, donde además se adquirieron diferentes conocimientos y conceptos claves, que permitieron cumplir con la entrega de diseños. Además, se acataron las diferentes normas y especificaciones técnicas del cliente, en este caso de la empresa AIR-E.

A continuación, se presenta el desarrollo del proyecto y algunas actividades que permitieron lograr el objetivo de este.

5.1 Especificaciones del proyecto

El proyecto se desarrolla en diferentes zonas de la costa atlántica, como se ha mencionado con anterioridad. El proyecto de diseño de redes de media y baja tensión se desarrolló en algunos barrios de la ciudad de Santa Marta, como son el Barrio Manzanares y 11 de noviembre etapa 1 y etapa 2; a su vez, en el departamento de la Guajira, en zonas como lo son Maicao, Gaira y Boscan.

Para la presentación en el caso de los diseños que se realizaron en el transcurso de la practica académica, se presentarán los diseños efectuados en uno de los barrios de la ciudad de Santa Marta, en específico el Manzanares, como se puede observar en la figura 8.



Figura 8. Barrio Manzanares

El operador de red es la empresa AIR-E, que dispuso diferentes criterios de diseños los cuales se van a enseñar a continuación, teniendo claridad de estos criterios y requerimientos de diseño, se procede a la realización del diseño.

5.2 Criterios de diseños

- Vanos inferiores a 40 metros, por lo que se recomienda la instalación, en este caso, de apoyos (Postes) para el soporte de la red chilena por donde van las acometidas de baja tensión hasta los Usuarios.
- Acometidas inferiores a 60 metros (validando excepciones), dicha nota de diseño se recomienda dado inicialmente al uso de los conductores de esta que serán de calibre número 6 en aluminio.
Cuando se habla de validar las excepciones, se debe a que en algunos casos por costos, no es viable instalar un tramo de red en configuración especial para llevar una caja concentradora a un usuario, por lo cual se hace una excepción y se aumenta el calibre de los conductores para la acometida de baja tensión y suministrar el servicio al usuario.
- Las redes de media tensión proyectadas deberán ser de cable AAAC y con un calibre de 123.3 MCM o en su defecto lo que equivale a un calibre 1/0.
- Los Apoyos (Postes) a usar en el proyecto para las redes de media tensión serán de 12 metros de altura y concéntricos.
- Se deben reemplazar en el diseño todos los postes que se encuentren en mal estado.
- Se reemplazará los transformadores antiguos con capacidad de 50kVA y 75kVA por transformadores con capacidad de 15, 25 y 37.5kVA.
- Las acometidas serán en cable concéntricos con un calibre mínimo de N°6 o N°4 en las excepciones que aplique.
- Indicar la ubicación y el número del cortacircuito que protege el ramal que alimenta los transformadores proyectados.
- En los casos en los que no es posible cumplir con las distancias de seguridad, hacer una nota de desviación de a la NTC2050 y RETIE.
- No se pueden hacer cruces de vía en la troncal con la red de BT.
- Considerar dos reservas por caja concentradora (Medidor 120v equivale a un puesto, 240v es equivalente a dos puestos de la caja concentradora).
- Cada caja concentradora cuenta con ocho espacios.
- Se deben eliminar los transformadores en paralelo, debe ser un transformador por puesto.
- Un proyecto equivale a un transformador existente (50 y 75 kVA), o en su defecto a dos transformadores en paralelo.
- No se puede instalar transformadores, ni cajas concentradoras por debajo de la matriz.

- Los transformadores que estén ubicado debajo de la matriz se deben trasladar.
- Se permiten postes de 9m debajo de la matriz, pero solo pueden llevar la red chilena (Mensajero).

Contando con la claridad de los criterios principales de diseño se procede a mostrar los resultados de un diseño.

5.3 Diseño Proyecto C1834 – Manzanares

Por parte de Energizando, Ingeniería y construcción se realizó un levantamiento de las zonas y en este caso hacen la entrega del proyecto para realizar el diseño con las redes existentes como se muestra en la Figura 9, donde se observa el proyecto **C1834**.

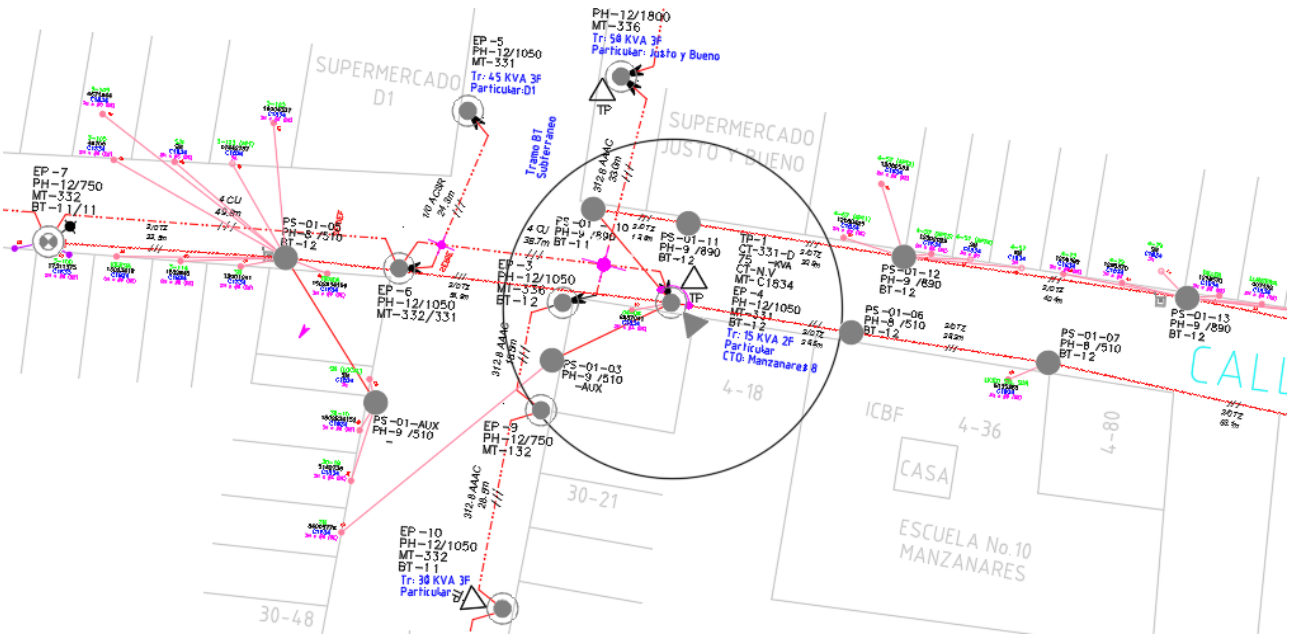


Figura 9. Proyecto C1834 Manzanares

Al tener identificado el transformador a retirar, que es el C1834 con una capacidad instalada de 75kVA, se verifica cuantos usuarios son suministrados por dicho transformador y en este caso el transformador C1834 suministra potencia para 57 usuarios.

Luego de tener establecida la ubicación del transformador y la cantidad de usuarios, se procede a realizar un estimado de cuantos transformadores serán necesarios en el proyecto y esto se logra, conociendo las cargas de diseños establecidas por el operador de red donde, dependiendo del estrato socioeconómico, se establece una potencia por usuario como se puede observar

en la figura 10, donde están clasificados los usuarios y la potencia por su nivel socioeconómico, como se menciona anteriormente.

Rango	Consumo promedio (kWh/mes)	Potencia inicial (kW)	Tasa Anual de crecimiento (%)	Potencia de Diseño (kW)
Bajo Bajo	De 105 a 144	1.00	2.0	1.35
Bajo	De 145 a 189	1.20	2.0	1.62
Medio	De 190 a 279	1.70	1.0	1.97
Medio Alto	De 280 a 379	2.20	1.0	2.55
Alto	De 380 a 660	3.80	1.0	4.41

Figura 10. Potencia Diseño Usuario [Ener]

En el Barrio Manzanares se tiene un nivel socioeconómico asociado de rango medio, por lo que se toma una potencia inicial de 1.7 kW por usuario, se cuenta con 57 usuarios a los cuales se les va a suministrar el servicio eléctrico y se pretende instalar una potencia aproximadamente de:

$$P_{TOTAL} = P_{INICIAL} * Cantidad\ de\ usuarios\ (1)$$

$$P_{TOTAL} = 1.70 * 57\ usuarios$$

$$P_{TOTAL} = 96.9\ kVA$$

Se usarán cuatro transformadores, en este caso de 25 kVA, que serán distribuidos en el proyecto C1834.

Para definir la cantidad de transformadores a emplear en el proyecto se realiza una simple división entre la potencia total y la capacidad del transformador a emplear.

$$Transformadores = \frac{kVA\ Inicial}{kVA\ Transformador} \quad (2)$$

$$Transformadores = \frac{96.9\ kVA}{25kVA}$$

$$Transformadores = 3.876 \approx 4$$

Por lo que inicialmente el proyecto se empieza a diseñar con base en 4 transformadores de 25 kVA cada uno, pero puede que en algunos casos por

excepciones que se puedan presentar se usen transformadores con una capacidad de 15kVA.

Establecida la cantidad de transformadores que aproximadamente se usaron en el diseño del proyecto, se procede a realizar otra simple división que permitió identificar cuantos usuarios aproximadamente irían por transformador, la cual constó de dividir los usuarios del proyecto por la cantidad aproximada de transformadores a emplear:

$$Usuarios_{trafo} = Usuarios / Transformadores \quad (3)$$

$$Usuarios_{trafo} = 57 Usuarios / 4 Transformadores$$

$$Usuarios_{trafo} = 14,25 Usuarios / Transformador$$

Al contar con la cantidad de usuarios por transformador, se iniciaba el proceso de ubicación de los transformadores y cajas concentradoras que se han mencionado con anterioridad, donde irán alojados los medidores de los usuarios.

Como se puede observar en la Tabla 1, se puede verificar como quedaron distribuidos en este proyecto los usuarios y la cargabilidad de los transformadores, en dicha tabla se cuenta con dos transformadores con una cargabilidad del 102% que es lo máximo que permite en estos casos el operador de red sobrecargar los transformadores.

Tabla 1. Cuadro de cargas

CAPACIDAD (KVA)	CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	CANTIDAD DE SUMINISTROS POR TRANSFORMADOR	CARGABILIDAD
TP001-25	1	14	95.2%
TP002-25	1	15	102%
TP003-25	1	15	102%
TP004-25	1	13	88.4%

Teniendo ya los usuarios definidos en cada transformador y su respectiva caja concentradora, se obtiene un proyecto de redes, el cual ya en un inicio cumple con todos los requerimientos y criterios de diseño, empleando las nuevas convenciones, reemplazo de apoyos, cambios de estructuras y, lo más importante, el uso de la configuración especial entre otros cambios planteados por parte del operador de red.

Como se puede observar en la figura 11, al cumplir los criterios por parte del operador se obtuvo el proyecto C1834 proyectado.

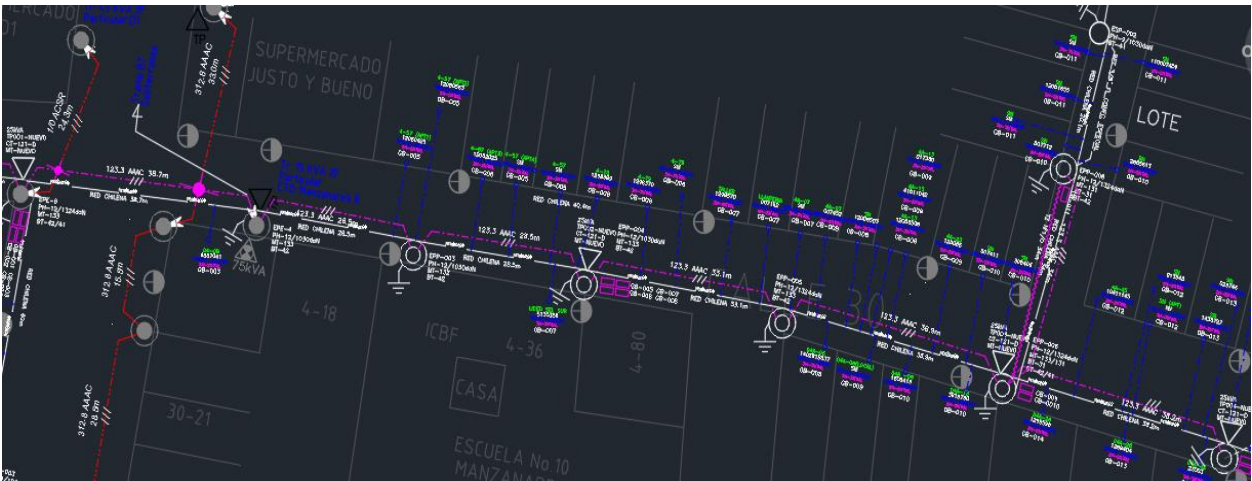


Figura 11. Proyecto C1834 Proyectado

5.4 Anexos proyecto C1834

En esta parte del diseño se hace un listado de la ubicación del usuario, el tipo de acometida a instalar si es para un usuario de 120v o 240v, además de a que transformador pertenece, el apoyo en el cual está ubicada la caja concentradora y, a su vez, la información de la longitud de la acometida, cuyo dato es muy importante para definir el calibre del conductor y la ubicación también de las cajas concentradoras.

Los anexos del diseño en este caso son:

- Amarres MT.
- Cajas concentradoras.
- Calculo económico 25kVA.
- Matriz de riesgos RETIE.
- Regulación BT CT25kVA.
- Regulación MT.
- Cálculos mecánicos.
- Resistividad del suelo.

Dichos anexos son importantes para realizar las memorias de cálculo para un proyecto específico, en este caso el proyecto C1834 – Manzanares.

5.5 Memorias de calculo

Este documento es fundamental para la presentación del proyecto ante el operador de red, pues es quien permite validar que los diferentes cálculos, económicos, regulación de tensión y cálculos mecánicos cumplen con los criterios de diseño.

5.5.1 Regulación Media Tensión C1834

Fundamental para el desarrollo del proyecto, dado a que, si no se cumple un porcentaje estimado por la norma se pueden presentar variaciones de voltaje. Cumpliendo el porcentaje del operador de red se garantiza un voltaje constante, como se puede observar en la figura 12 el proyecto cumple con la regulación de voltaje para el proyecto en media tensión.

TABLA 1.2.1.3.1 CALCULOS DE REGULACIÓN MT											
PROYECTO:	C1834 B.MANZANARES					FECHA:	15/01/2021				
MUNICIPIO:	SANTA MARTA					DISEÑO:	María Gómez				
REG MAX (%):	5					DEMANDA MAX (kVA):	155				
FP:	0.9					PERDIDA MAX (%kW):	0,0055				
REG (%):	0,00659										
PROYECTO: P1250 BARRIO MANZANARES						Tipo de Subestación:	Trifasica		V (L - N)	7621	
								V (L - L)	13200		
DESCRIPCION	LONG (KM)	D. MAX (kW)	CORIENTE (In)	F.P.	CONDUCTOR			TIPO DE ESTRUCTURA	REGULACION		
					MATERIAL	CALIBRE	CANT		K	PARCIAL	ACUM.
EPES2 - EPES3	0,0258	117,0	5,69	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00144	0,00144
EPES3- EPES4	0,0579	94,5	4,59	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00261	0,00405
EPES4- EPES5	0,0269	94,5	4,59	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00121	0,00527
EPES5 - EPP001	0,0341	81,0	3,94	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00132	0,00537
EPES5 - EPP001	0,0341	81,0	3,94	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00132	0,00659

Figura 12. Regulación MT

5.5.2 Regulación Baja Tensión Transformadores 25kVA

Como se observa en la figura 13 se cumple con la regulación de voltaje en baja tensión lo que permite que los usuarios no presenten variaciones en el voltaje y cuenten con un servicio de calidad, brindado en este caso por el operador de red.

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)

Carga: 25000 VA 25 kVA

Longitud del circuito: 10 m

Tensión del sistema: 240 V

FP: 0,9

Calibre del Cable: 1/0 < > 1 Cond. por fase

Material de la tubería: Acero

R: 0,39 OHM/kM

X: 0,18 OHM/kM

$$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$$

k=0,0014

$$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$$

Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 0,37$

Voltaje Final: 239,1 V

Figura 13. Regulación BT

5.5.3 Cálculo económico conductores

Este se calcula teniendo en cuenta diferentes factores asociados al conductor, como lo son las pérdidas de energía, cargas resultantes e inclusive el costo de la energía, como se observa en la figura 14.

ECUACION DE REFERENCIA PARA EL CALCULO

$$P = I^2 R_c d$$

P : Potencia de pérdida.

I : Corriente por el conductor.

R_c : Resistencia del conductor.

d : Distancia.

ALIMENTADOR O ACOMETIDA:	TP001, TP002, TP003, TP004 - MT C1834. B/ Manzanares
---------------------------------	--

CALCULO DE LA CORRIENTE POR EL CONDUCTOR		
DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
TENSION	v	240
FASES	SIN	1
POTENCIA DE LA CARGA	kW	25
CORRIENTE POR EL CONDUCTOR DE FASE	A	69,39

CALCULO DE LA POTENCIA DISIPADA EN EL CONDUCTOR		
DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
CANTIDAD DE CONDUCTORES EN PARALELO	UNIDAD	1
CALIBRE	SIN	1/0 AWG
RESISTENCIA DEL CABLE	OHMIOS/METRO	0,000386
DISTANCIA	m	10
RESISTENCIA TOTAL DEL TRAMO	ohmios	0,00386
POTENCIA TOTAL DISIPADA EN LOS CABLES	kW	0,04

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE ENERGIA		
DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
TIEMPO DE OPERACIÓN CON LA CARGA TOTAL CALCULADA.	HORAS/MES	220
COSTO DEL kW-H	\$/kW-H	450
COSTO DE LA ENERGIA TOTAL CALCULADA	\$/MES	\$ 2.475.000
COSTO DE LAS PERDIDAS DE ENERGIA	\$/MES	\$ 3.680
PORCENTAJE DE PERDIDAS	%	0,15%

CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO:

(1) LAS HORAS DE OPERACIÓN SON ASUMIDAS.

(2) LOS VALORES DEL kW-H SON ESTIMADOS

Figura 14. Cálculo Económico Conductores

5.5.4 Cálculo y coordinación de protección contra sobre corrientes

En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

5.5.5 Transformadores de 25kVA

De acuerdo con la norma AIR-E S.A. E.S.P. se selecciona el fusible para el transformador por MT y esto se verifica en la figura 15.

La selección del fusible se puede validar teniendo en cuenta la corriente de cortocircuito del circuito asociado.

$$I_{CCmax} = 4.22kA$$

Teniendo en cuenta la corriente de corto circuito máxima suministrada para el circuito al cual pertenece el transformador C1834, se sugiere reemplazar el fusible de 2kA por uno de 5kA.

TIPO DE TRAFIO	Potencia (KVA)	13,2 Kv			34,5 kv		
		Corriente Nominal MT	Fusible tipo D (VS)	Fusible tipo D (SR)	Corriente Nominal MT	Fusible tipo D (VS)	Fusible tipo D (SR)
Monofásico	5	0,4	-	0,4	-	-	-
	10	0,8	-	0,4	-	-	-
	15	1,1	-	0,4	-	-	-
	25	1,9	2		-	-	-
	37,5	2,8	2		-	-	-
	50	3,8	3		-	-	-
	75	5,7	5		-	-	-
Trifásico	30	1,3	2		0,5	-	0,4
	45	2,0	2		0,8	-	0,4
	75	3,3	3		1,3	2,0	
	112,5	4,9	5		1,9	2,0	

Fusibles D (VS): Rango de disparo de 200%
 Fusibles D (SR): Rango de disparo de 300%

Figura 15. Fusible Transformador 25 kVA

5.5.6 Calculo de puesta a tierra y estudio de resistividad

La selección del tipo de configuración del electrodo de puesta a tierra se hará partiendo del valor medido de resistividad aparente del terreno.

Como se menciona en el párrafo anterior, la selección del electrodo depende de los valores de las medidas de resistividad las cuales, para este proyecto, fueron tomadas el 12 de noviembre de 2020 con un telurómetro marca UN-T, UT523A, de la cual se determinó que la resistividad promedio es de **19,03Ω*m**, por lo que, basados en la tabla de configuraciones de puestas a tierra para centros de transformación tipo poste, propuestas en el documento "Memorias para Centros de Transformación Tipo Poste", se determina que la configuración optima está conformada por un electrodo de difusión vertical.

La resistividad promedio se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Resistividad Promedio

SEPARACIÓN (m)	P(Ω *m)
1	9,36
2	19,60
4	18,59
6	26,01
8	21,61
PROMEDIO	19,03

Las diferentes configuraciones de puesta a tierra de acuerdo con la resistividad aparente del terreno son las que se muestran a continuación en la figura 16, donde queda seleccionado el tipo de puesta tierra a utilizar.





Tipo de electrodo	Configuración		Columna A
	Nombre	Diagrama	Valores máximos de resistividad aparente del terreno ($\rho = \Omega m$)
	Electrodo de Difusión Vertical		28
CopperClad Steel	Anillo (r=1,0m)		58,6
	Cuadrada con 4 electrodos de difusión (lado d = 3m)		84
Acero Austenítico	Electrodo de Difusión Vertical		28

Figura 16. Configuración Puesta Tierra

5.6 Matriz de riesgos RETIE

Para el proyecto Barrio Manzanares, teniendo en cuenta la categoría de la obra (construcción de red de distribución con nivel de tensión de 13,2kV), se encontró que el efecto que se puede presentar son las quemaduras y se pueden presentar por los siguientes factores de riesgo:

- Contacto directo.
- Contacto indirecto.
- Arco eléctrico.
- Corto circuito.

Por lo que se establecen propiamente unas medidas de protección a la hora de la construcción del proyecto diseñado, en este caso el proyecto C1834:

- Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.
- Se deben respetar las distancias de seguridad, el personal que realice manipulación de equipos eléctricos debe ser personal calificado, la herramienta a utilizar debe ser la apropiada para la actividad y con los niveles de aislamiento adecuados, utilizar elementos de protección con el nivel de protección adecuado según las actividades a efectuar.
- Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.
- Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.
- Se deben instalar obstáculos o barreras que impidan el acceso de las personas no autorizadas a las partes energizadas. Se debe asegurar el alejamiento de las personas a partes bajo tensión.

En la figura 17 se observa cómo es la manera de evaluar los diferentes riesgos que se puede presentar en un proyecto eléctrico.

RIESGO A EVALUAR:	por _____ (al) o (en) _____				POTENCIAL <input type="checkbox"/>	REAL <input type="checkbox"/>	FRECUENCIA				
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)				FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa			E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____

Figura 17. Matriz de Riesgos RETIE

5.7 Cálculos mecánicos

Para este proyecto los cálculos mecánicos que se presentaron, están dados para dos tramos de red de media tensión, los cuales se pueden identificar en la figura 18.

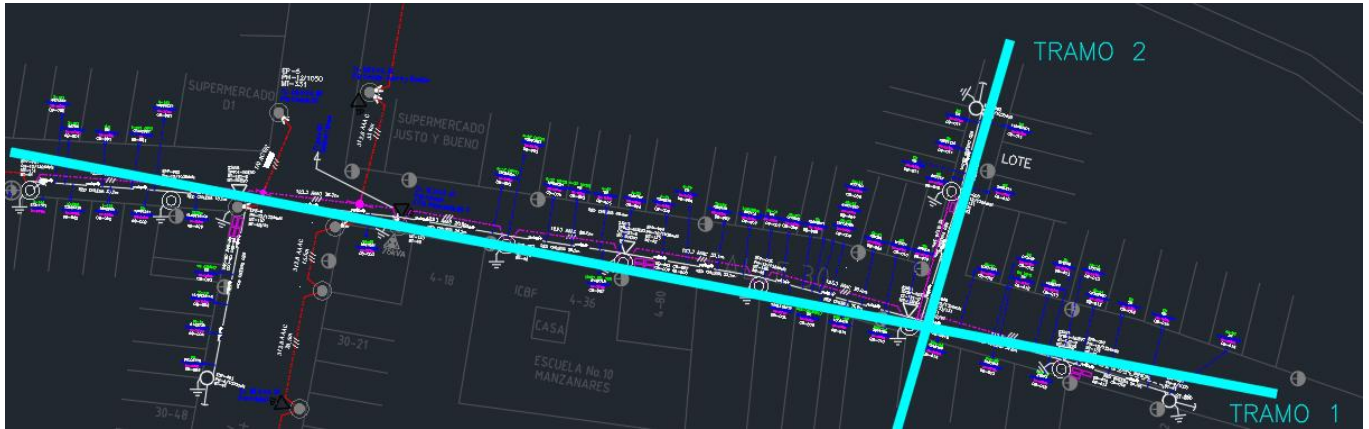


Figura 18. Cálculos Mecánicos

5.8 Datos de la red

En la figura 19 dada a continuación, se presentan las características de los apoyos y tendidos de conductores tenidos en cuenta para el presente cálculo del proyecto C1834.

5.8.1 Tramo N°1 – Tramo N°2

TABLA ANEXA 1. TIPOS DE APOYO																	
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834																	
No. Apoyo	Tipo de Apoyo	Altura Poste	CARGA ROTURA				ARMADOS MT				PESOS ADICIONALES EN EL APOYO			ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO		ZONA POR CONTAMINACION	
			Kg	daN	No. Postes Soportan Esfuerzo	Total (daN)	Posición Armado Poste	No. Fases Armado	Tipos de Esfuerzos Adicionales	Nivel de Tensión del Último Armado	Trafo 1	Trafo 2	Interruptor	ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO	CODIGO	ZONA POR CONTAMINACION	CODIGO AISLADOR
EPP001	FL	12	1350		1	1.323,53	1	3	-	1				A URBANA	2	ALTA	2
EPP002	AL	12	1050		1	1.029,41	1	3	-	1		1C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPE008	ANG	12	1350		1	1.323,53	1	3	-	1	25-2	3C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPE009	ANG	12	1050		1	1.029,41	1	3	-	1	25-2	2C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPP003	AL	12	1050		1	1.029,41	1	3	-	1		2C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPP004	ANG	12	1050		1	1.029,41	1	3	-	1	25-2	2C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPP005	ANG	12	1350		1	1.323,53	1	3	-	1		2C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPP006	ANG	12	1050		1	1.029,41	1	3	-	1	25-2	2C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPP007	FL	12	1350		1	1.323,53	1	3	-	1				A URBANA	2	ALTA	2

TABLA ANEXA 1. TIPOS DE APOYO																	
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834 - TRAMO 2																	
No. Apoyo	Tipo de Apoyo	Altura Poste	CARGA ROTURA				ARMADOS MT				PESOS ADICIONALES EN EL APOYO			ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO		ZONA POR CONTAMINACION	
			Kg	daN	No. Postes Soportan Esfuerzo	Total (daN)	Posición Armado Poste	No. Fases Armado	Tipos de Esfuerzos Adicionales	Nivel de Tensión del Último Armado	Trafo 1	Trafo 2	Interruptor	ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO	CODIGO	ZONA POR CONTAMINACION	CODIGO AISLADOR
EPP006	FL	12	1360		1	1.323,53	1	3	-	1	25-2	2C&CD		A URBANA	2	ALTA	2
EPP008	FL	12	1360		1	1.323,53	1	3	-	1		1C&CD		A URBANA	2	ALTA	2

Figura 19. Cálculos Mecánicos T1 y T2

5.9 Cálculos mecánicos de conductores

El objeto del cálculo es controlar la tensión mecánica de los conductores para los distintos regímenes de carga / condiciones climáticas para: evitar fatigas y daños

que pongan en riesgo la seguridad / continuidad del servicio, evitar la aparición de fenómenos vibratorios y aprovechar su capacidad mecánica, logrando un balance adecuado entre longitud de vanos y dimensionamiento de postes, los cuales se pueden observar en la figura 20.

- Tramo N°1 – Tramo N°2

TABLA 6. VANOS IDEALES DE REGULACION DEL CONDUCTOR												
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - TRAMO N°1 - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834												
Cantón No.	Apoyo Inicial	Apoyo Final	Longitud Cantón (M)	Vano de Regulación (M)	Tensión en el conductor - Viento Máximo	Tensión en el conductor - Viento Reducido	Tense de Flecha Máxima (daN)	Tense de Flecha Mínima (daN)	Flecha Máxima (m)	Flecha Mínima (m)	Parámetro de Flecha Máxima (m)	Parámetro de Flecha Mínima (m)
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	EPP001	EPP006	247,12	32,50	200,83	118,15	35,54	203,35	0,62	0,11	211,56	1.210,40
0	EPP002	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	EPE008	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	EPE009	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	EPP003	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	EPP004	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	EPP005	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	EPP006	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	EPP007	EPP007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 8. CÁLCULO DE EOLOYANOS Y GRAVIYANOS			
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - TRAMO N°1 - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834			
No. Apoyo	Eolovano (m)	Hipótesis de Viento (20°C + V)	Gravivano (m)
			Flecha Mínima (15°C)
-	0,00	0,00	0,00
EPP001	13,04	13,04	13,04
EPP002	34,06	24,91	26,08
EPE008	34,00	30,50	28,85
EPE009	30,10	32,24	33,35
EPP003	30,65	28,68	27,97
EPP004	26,55	26,16	26,03
EPP005	31,35	34,28	35,24
EPP006	32,85	42,79	42,06
EPP007	14,51	14,51	14,51

TABLA 6. VANOS IDEALES DE REGULACION DEL CONDUCTOR												
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834 - TRAMO 2												
Cantón No.	Apoyo Inicial	Apoyo Final	Longitud Cantón (M)	Vano de Regulación (M)	Tensión en el conductor - Viento Máximo	Tensión en el conductor - Viento Reducido	Tense de Flecha Máxima (daN)	Tense de Flecha Mínima (daN)	Flecha Máxima (m)	Flecha Mínima (m)	Parámetro de Flecha Máxima (m)	Parámetro de Flecha Mínima (m)
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	EPP006	EPP006	38,33	38,33	223,16	132,27	41,30	202,16	0,75	0,16	245,83	1.203,31
2	EPP008	EPP008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 8. CÁLCULO DE EOLOYANOS Y GRAVIYANOS			
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834 - TRAMO 2			
No. Apoyo	Eolovano (m)	Hipótesis de Viento (20°C + V)	Gravivano (m)
			Flecha Mínima (15°C)
-	0,00	0,00	0,00
EPP006	19,16	19,16	19,16
EPP008	19,16	19,16	19,16
-	0,00	0,00	0,00

Figura 20. Cálculos Conductores T1 y T2

5.10 Cálculos mecánicos de postes auto-soportados

Se realizó el cálculo mecánico en condición normal y anormal de forma individual para cada uno de los postes. Dependerá de su función (AL, ANG, ANC y FL) y del cumplimiento de todas las hipótesis y condiciones de esfuerzo consideradas según la Tabla 30 del Proyecto Tipo. Los esfuerzos se referirán a un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (verticales, transversales, longitudinales). Los resultados del Cálculo Mecánico de los Postes Auto-soportados se presenta en la figura 21.

5.10.1 Tramo N°1 – Tramo N°2

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS											
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - TRAMO N°1 - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834											
No. Apoyo	Tipo de Armado	Tipo de Apoyo	Tipo de Conductor	Ángulo Apoyo (°)	Cota Apoyo (x,y) en BDI		Altura Libre (m)	Vano Anterior (M)	Vano Posterior (M)	Tipo de Tense	Tense Máximo Conductor (daN)
-	-	-	-	0,00	-	-	0,000	0,0	0,0	-	-
EPP001	BANDERA	FL	AZUSA	0,00	585.782,00	1.241.925,00	10,050	0,0	26,1	NORMAL	210,81
EPP002	BANDERA	AL	AZUSA	178,33	585.808,00	1.241.923,00	10,050	26,1	42,0	NORMAL	210,81
EPE008	BANDERA	ANG	AZUSA	167,08	585.850,00	1.241.921,00	10,050	42,0	26,0	NORMAL	210,81
EPE009	BANDERA	ANG	AZUSA	171,07	585.875,00	1.241.914,00	10,050	26,0	34,2	NORMAL	210,81
EPP003	BANDERA	AL	AZUSA	177,53	585.909,00	1.241.910,00	10,050	34,2	27,1	NORMAL	210,81
EPP004	BANDERA	ANG	AZUSA	173,56	585.936,00	1.241.908,00	10,050	27,1	26,0	NORMAL	210,81
EPP005	BANDERA	ANG	AZUSA	160,35	585.962,00	1.241.909,00	10,050	26,0	36,7	NORMAL	210,81
EPP006	BANDERA	ANG	AZUSA	167,30	585.997,00	1.241.898,00	10,050	36,7	29,0	NORMAL	210,81
EPP007	BANDERA	FL	AZUSA	0,00	586.025,92	1.241.895,60	10,050	29,0	0,0	NORMAL	210,81

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS									
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - TRAMO N°1 - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834									
No. Apoyo	Tipo Apoyo	Descripción del poste	Ángulo Apoyo (°)	Angulo de Deflexión (°)	Armado	Vano Anterior (M)	Vano Posterior (M)	Retenida	
								Bisectora	Conjunto 90°
-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
EPP001	FL	Poste Nuevo 12/Mts 1324 daN	0,00	180,00	BANDERA	0,00	26,08	1 Calibre 3/8"	-
EPP002	AL	Poste Nuevo 12/Mts 1030 daN	178,33	1,67	BANDERA	26,08	42,05	-	-
EPE008	ANG	Poste Existente 12/Mts 1324 daN	167,08	12,92	BANDERA	42,05	25,96	1 Calibre 3/8"	-
EPE009	ANG	Poste Existente 12/Mts 1030 daN	171,07	8,93	BANDERA	25,96	34,23	1 Calibre 3/8"	-
EPP003	AL	Poste Nuevo 12/Mts 1030 daN	177,53	2,47	BANDERA	34,23	27,07	-	-
EPP004	ANG	Poste Nuevo 12/Mts 1030 daN	173,56	8,44	BANDERA	27,07	26,02	1 Calibre 3/8"	-
EPP005	ANG	Poste Nuevo 12/Mts 1324 daN	160,35	19,65	BANDERA	26,02	36,69	1 Calibre 3/8"	-
EPP006	ANG	Poste Nuevo 12/Mts 1030 daN	167,30	12,70	BANDERA	36,69	29,02	1 Calibre 3/8"	-
EPP007	FL	Poste Nuevo 12/Mts 1324 daN	0,00	180,00	BANDERA	29,02	0,00	1 Calibre 3/8"	-

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS											
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834 - TRAMO 2											
No. Apoyo	Tipo de Armado	Tipo de Apoyo	Tipo de Conductor	Ángulo Apoyo (°)	Cota Apoyo (x,y) en BDI		Altura Libre (m)	Vano Anterior (M)	Vano Posterior (M)	Tipo de Tense	Tense Máximo Conductor (daN)
-	-	-	-	0,00	-	-	0,000	0,0	0,0	-	-
EPP006	BANDERA	FL	AZUSA	0,00	585.997,00	1.241.898,00	10,050	0,0	38,3	NORMAL	222,53
EPP008	BANDERA	FL	AZUSA	0,00	586.007,00	1.241.935,00	10,050	38,3	0,0	NORMAL	222,53
-	-	-	-	0,00	-	-	0,000	0,0	0,0	-	-

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS									
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO MANZANARES - CIRCUITO MANZANARES - MT-C1834 - TRAMO 2									
No. Apoyo	Tipo Apoyo	Descripción del poste	Ángulo Apoyo (°)	Angulo de Deflexión (°)	Armado	Vano Anterior (M)	Vano Posterior (M)	Retenida	
								Bisectora	Conjunto 90°
-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
EPP006	FL	Poste Nuevo 12/Mts 1324 daN	0,00	180,00	BANDERA	0,00	38,33	1 Calibre 3/8"	-
EPP008	FL	Poste Nuevo 12/Mts 1324 daN	0,00	180,00	BANDERA	38,33	0,00	1 Calibre 3/8"	-
-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-

Figura 21. Cálculos Postes T1 y T2

5.11 Cálculo de cimentaciones y estudio de suelos

Los cálculos de cimentaciones del presente proyecto se realizaron teniendo en cuenta los siguientes tipos de terreno y características mostrados en la tabla 3:

Tabla 3. Cálculo de Cimentaciones

Terreno	σ_{adm} (daN/cm ²)	$K = Ch = Ck$ (daN/cm ³) (*)	β (°)	μ	γ (daN/cm ³)
Flojo	0.5	8	3	0,2	1400
Normal	1.0	12	6	0,3	1700
Duro	1.5	16	10	0,4	1900
Muy duro	2.0	20	15	0,5	2000

- **Terreno flojo:** Arena fina húmeda y arcilla blanda.
- **Terreno normal:** Arcilla medio dura y arcilla fina seca.
- **Terreno duro:** Arcilla rígida, Arena gruesa y pedregullo.
- **Terreno muy duro:** Arcilla gruesa dura, gravera rodada y pedregullo rígido.

Teniendo ya realizados los diferentes cálculos y anexos necesarios, se realizaron las memorias de cálculo de proyecto específico en este caso para el proyecto C1834 – Manzanares, dando por terminado todo lo que es necesario para el diseño de un proyecto de redes de media tensión y baja tensión para el operador de red **AIR-E**.

5.12 Unidades constructivas



Tarea fundamental a la hora de la construcción de los distintos diseños realizados a lo largo de la practica académica.

El proceso de unidades constructivas consta de partir de cualquier proyecto diseñado, realizar un análisis de todos los elementos plasmados en el diseño, como son apoyos: los tipos de apoyos, las estructuras usadas, cantidades de herrajes entre otros elementos necesarios para realizar el presupuesto de ejecución del proyecto.

Al realizar el análisis de todos los elementos del proyecto diseñado, se revisan las cantidades de manos de obra, como elemento principal para la ejecución de la construcción del proyecto, la cantidad de apoyos, transformadores, conductores entre otros más y basados en las normas en este caso del anterior operador de red (ELECTRICARIBE).

Ya contando con el respectivo análisis de todas las cantidades totales, se entrega un resumen de los costos asociados, a la proyección de nuevas redes y el

desmonte de elementos ya existentes en la zona de proyecto y dicho resumen de costos se puede observar en la figura 22.



AIRE S.A. E.S.P.
SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES
MANZANARES - MT - C1834

TABLA D3-1 RESUMEN GENERAL Y VALOR DEL PRESUPUESTO

IVA (%)	16,00	CONCEPTO	VALOR
K*	IVA*	COSTOS DIRECTOS	
		PRESUPUESTO MANO DE OBRA	64.577.153
		PRESUPUESTO MATERIALES APORTADOS POR CONTRATISTA	11.884.991
		TOTAL UNIDADES CONSTRUCTIVAS (Mano de obra + Material aporte contrata)	76.462.144
		TOTAL FACTURA MANO DE OBRA ANTES DE IVA	76.462.144
		IMPORTE APLICACIÓN 16% IVA	-
		IMPORTE TOTAL EDE (FACTURA)	76.462.144
		MATERIAL EMPRESA	70.945.251
		TOTAL PRESUPUESTO	147.407.396
		ÍNDICE DE COSTOS	
		COSTO PROYECTO POR KILÓMETRO 1,268	116.260.141
		COSTO PROYECTO POR CLIENTE 57	2.586.095
		COSTO PROYECTO POR TRANSFORMADOR 4	36.851.849

Figura 22. Resumen Unidad Constructiva

Teniendo el valor total del proyecto se muestran los diferentes ítems que arrojan el total del presupuesto, como lo es el costo de mano de obra, este se puede ver en la figura 23.


AIRE S.A. E.S.P.
SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES
MANZANARES - MT - C1834

TABLA D3-2 VALOR TOTAL MANO DE OBRA - UNIDADES CONSTRUCTIVAS

ITE	CODIGO UU.C	DESCRIPCION	CANTIDA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL M.
298	240303480	SUPL VEH MT DESM CABLE DE RETENIDA	5,0	18.895	94.476
299	240301890	SUPL VEH BT DESM. PERCHA	13,0	4.163	54.118
300	240303590	SUPL VEH MT DESM. PERCHA	6,0	18.788	112.728
301	240301760	SUPL VEH BT DESM AISLADOR MULTIPAR		3.140	-
302	240303460	SUPL VEH MT DESM AISLADOR MULTIPAR		14.171	-
303		ITEM SUPL VEH BT POSTE	8,0	-	-
304		ITEM SUPL VEH MT POSTE		-	-
305	240301840	SUPL VEH BT DESM. AISL DE CARRETE	13,0	438	5.690
306	240303540	SUPL VEH MT DESM. AISL DE CARRETE	6,0	1.975	11.853
309		SUPL VEH MT DESM. LINEA AEREA		-	-
310	240301750	SUPL VEH BT DESCONEXION DE ACOMETIDA RT/RA	63,0	2.470	155.621
311	240303450	SUPL VEH MT DESCONEXION DE ACOMETIDA RT/RA	37,0	11.148	412.484
312		SUPL VEH BT DESM. AISLADOR TIPO POSTE		-	-
313		SUPL VEH MT DESM. AISLADOR TIPO POSTE		-	-
314	234332100	DESM. CAJA DERIV ACOMET TRIF	2,0	12.058	24.117
				TOTAL	64.577.153

Figura 23. Valor Mano de Obra

En la figura 24 se puede asociar toda la información del costo total de los materiales a usar en la construcción del proyecto C1834, unos materiales son suministrados por el contratista, en este caso **Energizando, ingeniería y construcción**, a su vez otros materiales son entregados por el operador de red o contratante del proyecto, el cual es la empresa **AIR-E**.



AIRE S.A. E.S.P.
SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES
MANZANARES - MT - C1834




TABLA D3-2 VALOR TOTAL MATERIALES

COD MAT	DESCRIPCION MAT	APORTACIÓN	TOTAL CANTIDAD	PRECIO	TOTAL CONTRATA	TOTAL EMPRESA
526185	TORNILLO AC.GALVANIZ.CON OJO.C.T.5/8"X10"	C	21,0	7.586	159.309	-
530875	GRILLETE NORMAL RECTO 7/8"	E	9,0	21.537	-	193.833
465138	TAPON SELLADOR P/CABLE 1/0 XLPE-90 600V	C	-	2.426	-	-
464542	ABRAZADERA DOBLE DE 180 mm (6 A 7 p g)	C	11,0	15.074	165.813	-
437713	AMARRA PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3 ACSR.1/0	E	-	12.206	-	-
437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ.3/4"-3/4"X3"	C	45,0	5.640	253.778	-
450701	SOPORTE PARA SECCIONADOR FUSIBLE EN POSTE	E	10,0	17.444	-	174.440
809570	Conductor concéntrico de aluminio 2X #4 AWG	E	-	1.463	-	-
111	Conductor concéntrico de aluminio 3X #4 AWG	E	-	-	-	-
436978	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 1/0 AWG(RAVEN)	E	6,0	1.399	-	8.393
446119	TRANSFORMADOR DIST 13.2 KV 37.5 KVA CONVENCION	E	4,0	3.424.134	-	13.696.536
000074	POSTE POLIESTER REFORZADO FIBRA VIDR 9 X735DAN (CR)	E	-	772.485	-	-
807948	POSTE DE HPC/HPV DE 14M x 1324 daN (CR)	E	-	989.000	-	-
					11.884.991	70.945.251

Figura 24. Valor Materiales

Con esta información se da por terminado toda la documentación necesaria para el diseño y construcción de un proyecto de redes de media y baja tensión, respetando los criterios de diseños suministrados por el operador de red, cumpliendo la normativa vigente para un proyecto de esta envergadura.

6 Conclusiones

- Con el presente informe se logra mostrar un resumen del trabajo asociado al diseño de un proyecto de redes de media y baja tensión, teniendo en cuenta todos los criterios necesarios para el diseño y presupuesto de este.
- Se logran los objetivos planteados, desde el objetivo general como los específicos, tales como el diseño de una red de media tensión y baja tensión, la estructuración de una memoria de cálculo, cálculos eléctricos entre otros.
- Se aplican los criterios y especificaciones técnicas necesarias para el diseño de una red de media y baja tensión, respetando los requerimientos del operador de red.
- Se adquieren nuevos conocimientos en cuanto al manejo de software, tal es el caso de AutoCAD y Excel.

Referencias Bibliográficas

[1] El Heraldo. Electricaribe una historia entre apagones y sombras. [En línea]. Disponible:

<https://www.elheraldo.co/barranquilla/electricaribe-una-historia-entre-apagones-y-sombras-760093>

[2] AIR-E, «Diccionario de servicios públicos» 2021. [En línea]. Disponible:

<https://www.air-e.com/servicio-al-cliente/consultas-y-pqr/diccionario-de-servicios-publicos/a>

[3] Ministerio de minas y energía. (2013, agosto 30). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). [En línea]. Disponible:

<https://www.minenergia.gov.co/retie>

[4] AIR-E, «Especificaciones técnicas, materiales y equipos» 2021. [En línea]. Disponible:

<https://www.air-e.com/especificaciones-tecnicas-materiales-y-equipos>

[5] AIR-E, «Proyectos tipo, Líneas Aéreas MT Forradas» 2021. [En línea]. Disponible:

<https://www.air-e.com/proyectos-tipo>

[6] Energizando, Ingeniería y Construcción, «Proyectos de Redes AIR-E» 2020. [En línea]. Disponible:

<https://www.energizando.com/soluciones/ingenieria-electrica/>