



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**REDES ELÉCTRICAS AÉREAS DE MEDIA Y  
BAJA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE SANTA  
MARTA**

Autor

Cristian Jhuseppe Morales Alzate

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería  
Eléctrica

Medellín, Colombia

2021



**REDES ELÉCTRICAS AÉREAS DE MEDIA Y BAJA TENSION EN LA CIUDAD  
DE SANTA MARTA**

Cristian Jhuseppe Morales Alzate

Informe de práctica 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 de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Medellín, Colombia  
2021.

## Contenido

Resumen.....	1
1 Introducción.....	2
2 Objetivos.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Específicos.....	3
3 Marco Teórico.....	4
3.1 Fundamentos Teóricos .....	4
3.2 Redes de distribución aéreas.....	4
3.3 Redes de distribución para cargas residenciales .....	6
3.4 Redes trenzadas.....	6
3.5 Redes chilenas.....	6
3.6 Redes aéreas de media tensión. ....	6
3.7 Distancias de seguridad .....	7
3.8 Unidades Constructivas .....	7
4 Metodología.....	7
5 Resultados y análisis .....	10
5.1 Especificaciones del Proyecto.....	10
5.2 Parámetros y restricciones de diseño .....	11
5.3 Procedimientos para el diseño del proyecto C1317.....	13
5.4 Memorias de cálculo.....	18
5.4.1 Regulación de media tensión del proyecto C1317 .....	18
5.4.2 Perdidas de media tensión del proyecto C1317.....	19
5.4.3 Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad .....	20
5.5 Cálculos mecánicos .....	21
5.5.1 Tramo de red N°1 .....	23
5.5.2 Tramo de red N°2.....	24
5.6 Unidades constructivas del proyecto C1317.....	25
6 Conclusiones .....	29

## Índice de tablas

Tabla 1. Cargas de diseño .....	12
Tabla 2. Usuarios en cajas concentradoras .....	18
Tabla 3. Cuadro de cargas proyectado .....	18
Tabla 4. Cálculos de regulación MT .....	19
Tabla 5. Cálculos de pérdidas de MT .....	19
Tabla 6. Configuraciones de puesta a tierra .....	20
Tabla 7. Resistividad del terreno del proyecto C1317 .....	20
Tabla 8. Tipo de configuración de BT .....	22
Tabla 9. Cálculo de carga de rotura y tipo de apoyo en tramo 1 .....	23
Tabla 10. Cálculo de carga de rotura y tipo de apoyo en tramo 2 .....	24
Tabla 11. Unidades de obra por poste .....	26
Tabla 12. Norma de armado MT-121 .....	26
Tabla 13. Materiales de obra por postes .....	27
Tabla 14. Valor total de la mano de obra de unidades del proyecto .....	27
Tabla 15. Valor total de materiales del proyecto .....	28
Tabla 16. Valor del presupuesto total del proyecto C1317 .....	28

## Índice de Figuras

Figura 1. Cartografía barrio 11 de noviembre.....	10
Figura 2. Convenciones AIR-E.....	13
Figura 3. Proyecto C1317 existente.....	14
Figura 4. Asignación del primer transformador.....	16
Figura 5. Vista completa del proyecto C1317 terminado .....	17
Figura 6. Tramos de red para los cálculos mecánicos .....	21
Figura 7. Apoyos del tramo 1 codificados.....	24
Figura 8. Apoyos del tramo 2 codificados.....	25

# REDES ELÉCTRICAS AÉREAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA

---

## Resumen

En el presente informe se da a conocer la metodología utilizada para la realización de diseños eléctricos en la zona de la región caribe, como lo es la ciudad de Santa Marta, buscando así el mejoramiento del servicio eléctrico, que por años ha afectado la calidad de vida, la economía y la cultura de los habitantes de esta región. El nuevo operador de red AIR-E busca cambiar y rediseñar las redes de media y baja tensión existentes de esta ciudad, y en los próximos años incluirá a toda la región de la costa.

Este proyecto comprende un riguroso planteamiento de las actividades necesarias, para la correcta ejecución del mismo, como lo son, el análisis del terreno dónde se llevan a cabo los diseños, el levantamiento de las redes existentes y a proyectar, los diseños de las nuevas redes de media y baja tensión, las memorias de cálculo, las unidades constructivas que detallan con exactitud los costos de materiales, mano de obra y suplementos vehiculares utilizados en el proyecto. Además de llevar a cabo la construcción del proyecto y finalmente la puesta en servicio. Todas estas labores son realizadas por la empresa contratista ENERGIZANDO S.A.S.

El formato de diseño propuesto en este informe cumple a cabalidad el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, garantizando al operador de red AIR-E operar las redes intervenidas por ENERGIZANDO S.A.S con el fin de, garantizar la entrega de energía eléctrica de alta calidad a sus usuarios y que estos a su vez, puedan gozar de un óptimo servicio; teniendo en cuenta que este es inaccesible a intentos de fraude, por lo que el operador de red puede recuperar la confianza de los clientes al mejorar su servicio.

Con este informe se busca estandarizar específicamente los diseños de redes eléctricas de media y baja tensión, con el objetivo de mejorar el servicio de energía brindado a los usuarios de la región y a su vez, garantizar a la empresa AIR-E que las redes diseñadas no puedan ser intervenidas para intentos de hurto y de esta manera, no perder la calidad del servicio prestado.

## 1 Introducción

El consumo de energía eléctrica ha crecido exponencialmente, lo que genera la ampliación o la construcción de nuevas redes de distribución de energía eléctrica. Cualquier diseño debe cumplir con lo establecido en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y con la norma del operador de red donde se vaya a llevar a cabo la construcción o remodelación de la red.

El presente proyecto consta de un rediseño de las redes aéreas de media y baja tensión, en la ciudad de Santa Marta, además de la realización de las unidades constructivas, para conocer con exactitud el costo detallado de materiales, suplementos vehiculares, materiales para desmontar y la mano de obra, para la construcción del proyecto; en el marco de los segmentos técnicos de sus instalaciones eléctricas contemplados en el RETIE y bajo la norma del operador de red, donde se llevará a cabo. Dichas redes se realizan a través de herrajes, postes y conductores de cobre aislados aéreos, teniendo en cuenta una adecuada disposición geográfica.

Así pues, este proyecto se lleva a cabo mediante un método de construcción que posibilita la instalación de las redes de tensión a una distancia cercana a la establecida por el RETIE y, de esta forma, evitar que individuos ajenos a los operadores de red tengan acceso a las mismas; es decir, un diseño anti fraude y con una gestión comercial más efectiva. Además, cuenta con el apoyo de personal capacitado y con experiencia en las áreas de ingeniería eléctrica y afines.

Debido a los masivos casos de fraude de energía en esta región, fue necesario la implementación de una configuración especial (chilena), la cual reduciría exponencialmente este problema. En la ciudad donde se hizo esta modificación, se buscó mejorar o cambiar la estructura de las redes de distribución existentes, aumentar la seguridad de los usuarios y disminuir en gran medida el robo de energía.

En este contexto, la empresa ENERGIZANDO S.A.S ejecuta las funciones de diseño y construcción de dicho proyecto a cargo de la entidad AIR-E conocida anteriormente como ELECTRICARIBE. Además, ENERGIZANDO ofrece diferentes servicios como el diseño y montaje de sistemas de iluminación, telecomunicaciones, entre otras actividades de ingeniería.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Diseñar redes eléctricas de media y baja tensión que reemplazarán las existentes en la ciudad de Santa Marta, utilizando una configuración antifraude y siguiendo los lineamientos propuestos por el operador de red AIR-E.

### **2.2 Específicos**

- Identificar en la zona asignada a realizar el diseño, el total de usuarios y el estrato socioeconómico del área.
- Realizar dos planos de la zona utilizando el software AutoCAD, el plano existente debe tener las convenciones exigidas por AIR-E y el proyectado con la configuración chilena (antifraude).
- Validar que todos los vanos sean menores a 40 metros, cuando se deba proyectar red chilena, e identificar los postes de media y baja tensión en mal estado.
- Actualizar las convenciones de postes, ubicar los postes proyectados y poner la convención aquellos a desmontar.
- Convención de transformador a desmontar en el lugar donde esté el existente.
- Determinar cantidad de transformadores y sus potencias, que alimentarán a los usuarios de la zona.
- Ubicar cajas concentradoras y asignar los usuarios considerando siempre acometidas inferiores a 60 metros y las dos reservas en cada caja concentradora, considerar excepción a la cantidad de reservas siempre y cuando se deba instalar una caja concentradora para un solo usuario.
- Proyectar redes, configuración especial, red chilena y red de media tensión.
- Actualizar calibres de acometidas.
- Indicar el número del gabinete al que pertenece cada usuario.
- Indicar el número del transformador al que pertenece cada usuario.
- Validar convenciones, actualizar la convención de la red de media tensión, diferenciar la convención de postes secundarios y primarios.
- Realizar los cálculos del proyecto, tablas de amarres con el número de medidor y que la cantidad de hilos y usuarios coincidan. También cálculos de regulación de media y baja tensión y cálculos mecánicos para determinar los esfuerzos de los postes de media tensión.
- Hacer las memorias de cálculo que serán entregadas junto con los planos para revisión.



### 3 Marco Teórico

#### 3.1 Fundamentos Teóricos

La instalación eléctrica de distribución según el (RETI) es todo conjunto de dispositivos y de circuitos asociados para el transporte y la transformación de energía eléctrica, cuyas tensiones sean iguales o superiores a 120 V y menores a 57,5 Kv. [7]

#### 3.2 Redes de distribución aéreas.

En esta modalidad, el conductor que usualmente está desnudo, va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de madera o concreto [1].

Las partes principales que conforman un sistema aéreo son:

- **Postes:** soporte vertical que funciona como apoyo, pueden ser de madera, concreto o metálicos y sus características de peso, longitud y resistencia a la rotura son determinadas por el tipo de construcción de los circuitos. Son utilizados para sistemas urbanos postes de concreto de 14, 12 y 10 metros con resistencia de rotura de 1050, 750 y 510 kg respectivamente.
- **Conductores:** son utilizados para circuitos primarios el Aluminio y el ACSR desnudos y en calibres 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables desnudos o aislados y en los mismos calibres. Estos circuitos son de 3 y 4 hilos con neutro puesto a tierra. Paralelo a estos circuitos van los conductores de alumbrado público.
- **Acometidas:** conexión aérea o subterránea que conecta en las instalaciones eléctricas la parte de la red de distribución de la empresa suministradora con la caja o cajas generales de protección. Esta conexión es necesaria para dotar de suministro eléctrico a la instalación de un edificio, vivienda, nave industrial o local comercial.
- **Crucetas:** son utilizadas crucetas de madera inmunizada o de ángulo de hierro galvanizado de 2 metros para 13.2 kV. y 11.4 kV. Con diagonales en varilla o de ángulo de hierro (pie de amigo).
- **Aisladores:** son de tipo ANSI 55.5 para media tensión (espigo y disco) y ANSI 53.3 para baja tensión (carretes).
- **Herrajes:** todos los herrajes utilizados en redes aéreas de baja y mediana tensión son de acero galvanizado. (Grapas, varillas de anclaje, tornillos de máquina, collarines, uez, espigos, etc.).
- **Equipos de seccionamiento:** el seccionamiento se efectúa con cortacircuitos y seccionadores monopolaes para operar sin carga (100 A - 200 A).

- **Transformadores y protecciones:** se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 15kVA y 25kVA protegidos por cortacircuitos, fusible y pararrayos tipo válvula
- **Cajas Concentradoras:** son instaladas en postes de media tensión, reciben las acometidas que vienen de manera independiente desde el usuario final, hasta los bornes del transformador. Cada una tiene disponible 6 espacios que se pueden utilizar así: 6 usuarios de 120 V ocupan un gabinete o caja concentradora, 3 usuarios de 240 V ocupan este mismo gabinete.

En este tipo de redes el conductor va soportado sobre aisladores instalados en crucetas que, a su vez, se encuentran en postes. En las redes aéreas también se puede encontrar el uso de torres o torrecillas que no llevan crucetas. Los conductores usados en su mayoría son desnudos y los materiales de la estructura van de acuerdo al nivel y tipo de contaminación de la zona [2].

Estas redes son las que se encuentran normalmente en los sistemas de distribución del país. La principal razón para el uso de este tipo de redes es el costo inicial de su construcción, pero también cuenta con otras ventajas sobre las redes subterráneas. Algunas son [2]:

- Son las más comunes y por lo tanto trabaja con materiales de fácil consecución.
- Costo inicial de construcción más bajo.
- Tiempos de construcción más bajos.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil localización de fallas.
- Los tiempos en la reparación de daños es menor

También se debe tener en cuenta las desventajas que tiene este tipo de construcción respecto a las redes subterráneas, que en su mayoría se refieren a mantenimiento y seguridad. Algunas de estas son [2]:

- Se encuentran a la vista, esto les quita estética a las ciudades.
- Ofrecen menor confiabilidad debido a las diferentes situaciones a las que están expuestas.
- Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).
- Requieren de mayores planes de mantenimiento preventivo para evitar fallas y cortes de energía.
- Están expuestas y son de fácil acceso para el vandalismo.

### **3.3 Redes de distribución para cargas residenciales**

Las cargas residenciales comprenden básicamente los edificios de apartamentos, condominios, urbanizaciones, etc. Estas se caracterizan por ser totalmente resistivas con la presencia de algunos electrodomésticos que tienen pequeñas características reactivas. Los consumidores residenciales se encuentran bien definidos por zonas dentro de las ciudades o urbanizaciones y se caracterizan porque de acuerdo a las clases socioeconómicas será el consumo de energía. Los estratos más altos de la sociedad consumen más energía [1].

Comprenden básicamente los edificios de apartamentos, multifamiliares, condominios, urbanizaciones, etc. Estas cargas se caracterizan por ser eminentemente resistivas (alumbrado y calefacción) y aparatos electrodomésticos de pequeñas características reactivas. De acuerdo al nivel de vida y a los hábitos de los consumidores residenciales y teniendo en cuenta que en los centros urbanos las gentes se agrupan en sectores bien definidos, de acuerdo a las clases socioeconómicas, los abonados residenciales se clasifican así [2]:

- Zona clase alta: constituida por usuarios que tienen un alto consumo de energía eléctrica (estratos 5 y 6).
- Zona clase media: conformado por usuarios que tienen un consumo moderado de energía eléctrica (estrato 4).
- Zona clase baja: conformado por usuarios de barrios populares que tienen un consumo bajo de energía eléctrica (estratos 1,2 y 3).
- Zona tugurial: En la cual están los usuarios de los asentamientos espontáneos, sin ninguna planeación urbana y que presentan un consumo muy bajo de energía.

### **3.4 Redes trenzadas**

Como su nombre lo indica son redes abiertas entre lazadas y recubiertas formando un solo cable de baja tensión, siendo así más resistente y segura; además disminuye su manipulación y la contaminación visual, sus acometidas salen de una caja de abonado hasta los hogares [3].

### **3.5 Redes chilenas**

Son aquellas redes cuya acometida parte del borne del transformador hasta cada hogar de manera independiente [3].

### **3.6 Redes aéreas de media tensión.**

Para el diseño de redes aéreas de media tensión es tan importante realizar tanto cálculos eléctricos como cálculos mecánicos, ya que las redes no sólo dependen

de un buen conductor o un excelente aislamiento, también lo hacen de los apoyos y demás elementos presentes en las estructuras [4].

### **3.7 Distancias de seguridad**

Para el diseño de redes de distribución es necesario cumplir con las distancias de seguridad establecidas en el RETIE para cada uno de los casos que se puedan presentar dentro del alcance del diseño.

Las distancias de seguridad son los valores mínimos de separación que deben tener los conductores y partes energizadas de una estructura, con respecto a construcciones civiles y otros conductores, para cumplir con las siguientes funciones [4]:

- Dificultar el contacto entre personas y circuitos o equipos energizados.
- Impedir que las redes de un distribuidor entre en contacto con ellas mismas o con redes de otro y con la propiedad pública o privada.

Todas las distancias de seguridad se deben medir desde las superficies de los conductores o elementos energizados y se deberá cumplir esta distancia tanto vertical como horizontalmente. Las distancias de seguridad se encuentran establecidas en el RETIE y en la NTC 2050.

### **3.8 Unidades Constructivas**

Conjunto de elementos que conforman una unidad típica de un sistema eléctrico, destinada a la conexión de otros elementos de una red, al transporte o a la transformación de la energía eléctrica, o a la supervisión o al control de la operación de activos de los STR o SDL [6].

## **4 Metodología**

Para la elaboración de los diseños de redes de media y baja tensión, con sus cálculos, tablas correspondientes, memorias finales y unidades constructivas, se prosiguió con la metodología mencionada a continuación:

1. En primer lugar, se hizo un reconocimiento de los lugares donde se iban a realizar los diseños de redes, para esto el ingeniero de diseño visitó los barrios donde se llevaron a cabo, e hizo las pertinentes anotaciones del terreno.
2. Se identificó la matriz (Red de media tensión que proviene de la electrificadora), esto con el fin de establecer los puntos de conexión más cercanos para ubicar los nuevos transformadores.

3. El ingeniero junto con los auxiliares, dividieron cada barrio por zonas, estas se establecieron según cada transformador existente y el número de usuarios que alimentaba.
4. El ingeniero de campo, junto con su equipo de trabajo hicieron los levantamientos de cada zona, se observó y detalló el estado de los postes de media y baja tensión, la potencia de cada transformador existente y las medidas de resistividad para estas zonas. Se tomó un registro fotográfico de estos datos.
5. Se identificaron los usuarios que alimentaba cada transformador, el número de contador de cada residencia o local comercial, su dirección y la tensión a la cual se alimentaba cada usuario (120 V o 240 V). Así también el estrato socioeconómico de la zona, para tener un estimado de la potencia que consumían estos usuarios.
6. Teniendo esta información digital, se comenzó a trazar la red, en el plano de diseño con el software AUTOCAD, en este plano se detallaron los datos obtenidos en campo para cada zona, con los parámetros y normas eléctricas obtenidas de los ingenieros.
7. Luego de tener el plano de diseño existente, se comenzó a elaborar el plano proyectado, en este se asignaron los usuarios de la zona a cada transformador, teniendo en cuenta que solo permitieron inicialmente transformadores de 15 kVA y 25 kVA, tiempo después se permitió utilizar transformadores de 37.5 kVA, pero este no es el caso del presente informe.
8. Los transformadores se instalaron únicamente en postes de media tensión de 12 metros, auto soportados. Un poste de media tensión sólo podía tener un transformador instalado.
9. Cada transformador tenía asignado un máximo de 4 cajas concentradoras, y estas a su vez, tenían máximo 6 de los 8 espacios utilizados, de tal manera que un usuario con carga de 120V ocupó un espacio, y un usuario con carga de 240V ocupó dos espacios de una caja concentradora.

10. No se permitió tener cajas concentradoras que pertenecieran a dos o más transformadores en un mismo poste de media tensión.
11. Las acometidas de los usuarios se conectaron al cable mensajero (Red Chilena), el cual es un cable de acero galvanizado y desenergizado. Las distancias de las acometidas no superaron los 60 metros, desde el contador hasta cada caja concentradora, esto por restricción del operador AIR-E.
12. Los postes de media y baja tensión conectados entre sí con red chilena, no superaron los 40 metros de distancia entre ellos, esto también por restricción del operador AIR-E.
13. Se hizo una descripción de los amarres, la cantidad de usuarios, sus hilos, el gabinete al cual pertenecían y el poste de media tensión donde estaban instalados los gabinetes.
14. Se formularon los cálculos de regulación de media y baja tensión, los cuales no superaron el 5% de caída de tensión, desde la matriz hasta el poste anterior con el último transformador.
15. Se hicieron los cálculos mecánicos de los postes de media tensión de cada zona, con sus coordenadas geográficas en Google Earth, con estos datos se verificó la disposición de los postes, su armado, el esfuerzo mecánico que debían soportar y las normas de su tendido.
16. Seguidamente se elaboró las memorias de cálculo con todos los datos mencionados anteriormente.
17. Se envió la carpeta con los planos, los anexos y las memorias para ser revisados por el Ingeniero encargado.
18. Se realizaron las unidades constructivas para conocer con exactitud el costo de los materiales, suplementos vehiculares, costo de desmonte de los postes y redes existentes y la mano de obra que llevaría la construcción de cada proyecto.

19. Finalmente se envió cada proyecto a la ciudad de Santa Marta para iniciar las obras de construcción.

## 5 Resultados y análisis

Se cumplió el objetivo principal, el cual buscaba garantizar un óptimo diseño de cada proyecto de redes, se hizo un desarrollo eficiente de las unidades constructivas para avalar los materiales empleados en cada uno, se adquirieron conocimientos y conceptos que ayudaron a realizar de manera correcta dichos diseños, cumpliendo con todas las exigencias establecidas por las normas colombianas, de esta manera se aseguró la conformidad con el diseño, al operador de red AIR-E. A continuación, se hará un resumen de un proyecto en específico y las actividades realizadas para su desarrollo, junto con sus unidades constructivas, este mismo procedimiento se realizó en los diferentes barrios de las regiones mencionadas con anterioridad.

### 5.1 Especificaciones del Proyecto

Inicialmente se fraccionaron los barrios a los que se procedió a realizar los diseños, estas divisiones se hicieron por cantidad de transformadores existentes, cubriendo así algunas cuadras, dependiendo del número de usuarios que alimentaban y la potencia instalada.

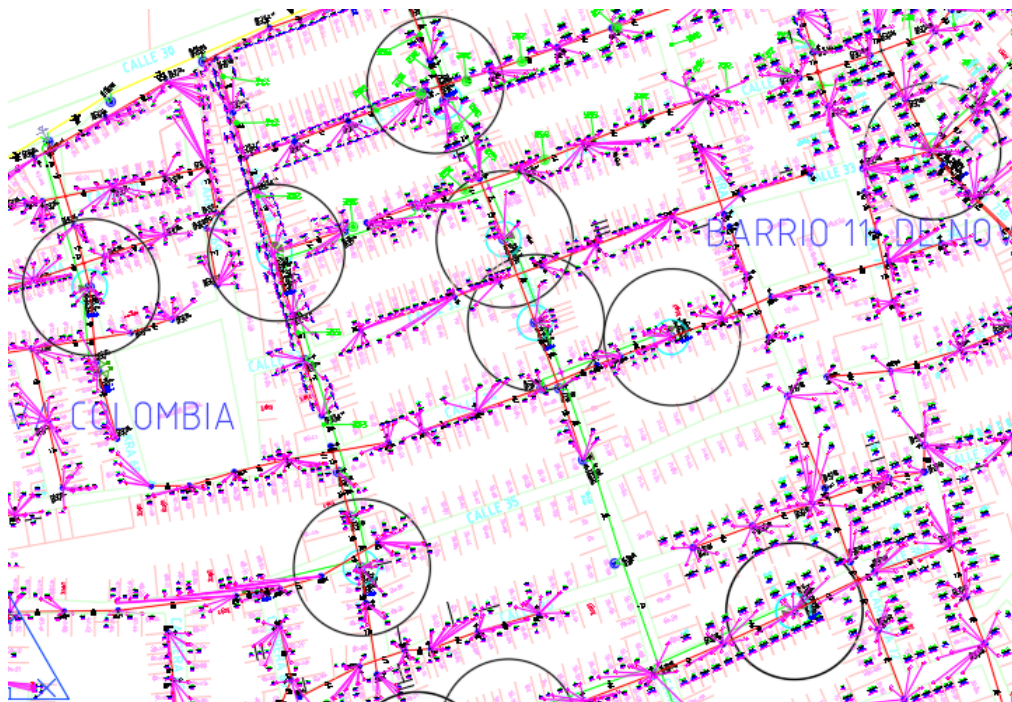


Figura 1. Cartografía barrio 11 de noviembre

En la figura 1 se observa cómo se fraccionaron los proyectos. Encerrados en círculos, se encuentran algunos de los transformadores que había anteriormente en esta zona. Cada transformador de estos equivale a un proyecto. Se tuvo que reemplazar dicho transformador, por varios que alimentaran a todos los usuarios que este tenía asociado. Igualmente se realizaron cambios en las redes de media tensión, excluyendo las que hacían parte de la matriz proveniente de la electrificadora. Además, se desmontaron las redes de baja tensión y acometidas, que fueron sustituidas por la configuración chilena.

## **5.2 Parámetros y restricciones de diseño**

El operador de red AIR-E, estipuló realizar los diseños bajo los siguientes parámetros y restricciones:

- Un proyecto equivale a un transformador existente, o en su defecto dos transformadores en paralelo.
- Vanos inferiores a 40 m (Distancia entre postes).
- Acometidas inferiores a 60 m.
- Red de MT en cable AAAC 123.3.
- Postes de MT de 12 m con carga de rotura de 1030 daN y 1324 daN.
- Postes de BT de 9 m con carga de rotura de 1030 daN.
- Todos los postes en mal estado se deben reemplazar.
- Transformadores de 15 kVA y 25 kVA.
- Cajas concentradoras y transformadores sólo en postes MT.-
- Acometidas en cable concéntrico (calibre mínimo N° 6).
- Red trenzada sólo entre postes con cajas concentradoras de un mismo transformador (calibre 1/0).
- Poste con red trenzada debe llevar retenida en configuración especial 3/8".
- Postes BT en fin de línea deben llevar retenida sencilla.
- Indicar la ubicación y el número del cortocircuito 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 a la NTC 2050 y RETIE.
- No se pueden hacer cruces de vía en la troncal con la red de BT.
- Cada caja concentradora tiene 8 espacios.
- Considerar dos reservas por caja concentradora (medidor 120 V un puesto, 240 V dos puestos).
- Se deben eliminar transformadores en paralelo (un transformador por poste).
- No se puede instalar transformadores, ni cajas concentradoras debajo de la matriz.



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

Otro de los factores que se tuvo en cuenta a la hora de realizar cada diseño, fue el estrato socioeconómico de la zona. Éste dato permitía estimar cuanta potencia inicial podían consumir los usuarios y así calcular cuántos transformadores de 15 kVA y 25 kVA iban a reemplazar al transformador del proyecto.

*Tabla 1. Cargas de diseño*

<b>Rango</b>	<b>Consumo promedio (kWh/mes)</b>	<b>Potencia inicial (kW)</b>	<b>Tasa Anual de crecimiento (%)</b>	<b>Potencia de Diseño (kW)</b>
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

Fuente: Proyecto Tipo Electricaribe S.A. E.S.P.

En la tabla 1, se muestra el valor de potencia inicial estimada, para diseñar los transformadores, según el estrato socio económico de la región caribe.

ELEMENTO	EXISTENTE	PROYECTADO
Poste de media tensión		
Poste de media tensión en mal estado		
Poste de media tensión para desmontaje		
Poste de baja tensión		
Poste de baja tensión en mal estado		
Poste de baja tensión para desmontaje		
Transformador para desmontaje		
Transformador de la electrificadora		
Transformador particular		
Línea aérea de media tensión 13.2 kVA		
Trenza		
Acometida de baja tensión		
Red de baja tensión chilena (mensajero)		

Figura 2. Convenciones AIR-E

En la figura 2. se muestran las convenciones proporcionadas por el operador de red de AIR-E, para realizar los diseños de los proyectos.

### 5.3 Procedimientos para el diseño del proyecto C1317

El proyecto elegido para mostrar los resultados y análisis, es el proyecto **C1317** del barrio 11 de noviembre, de la ciudad de Santa Marta. Este proyecto se conecta de manera bifásica desde la matriz. Tiene un transformador existente de 75 kVA que alimenta a 71 usuarios, de los cuales 53 están conectados a 120 V y 18 están conectados a 240 V. Este barrio posee un estrato socioeconómico Bajo, conocido también como estrato 1, por lo que, los usuarios de esta zona consumen aproximadamente 1 kW de potencia cada uno. El cálculo de cuántos transformadores de 15 kVA y 25 kVA se necesitan en este proyecto para alimentar a los 71 usuarios se describe con la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ de Trafos (25 kVA)} = \frac{71 * 1}{25}$$

$$N^{\circ} \text{ de Trafos (25 kVA)} = 2,84$$

Se necesitan aproximadamente 3 transformadores de 25 kVA para alimentar a los 71 usuarios estrato 1 (1 kW de potencia inicial), del proyecto C1317. De igual forma se realiza el cálculo para transformadores de 15 kVA.

En teoría es sencillo realizar este cálculo, pero en el ejercicio práctico esto puede cambiar completamente, debido principalmente a las restricciones mencionadas anteriormente.



*Figura 3. Proyecto C1317 existente*

En la figura 3 se contempla el proyecto C1317 en plano existente, esto es, antes de realizar los diseños con las normativas y parámetros del operador de red. Encerrado en círculo "color cian", se observa el transformador de 75 kVA que alimentaba a los 71 usuarios, los cuales se conectaban por medio de las acometidas "color magenta" y estas a su vez se conectaban en cada poste de media o baja tensión, a los conductores de baja tensión "color rojo".

Una vez analizado el plano existente, se comienzan a realizar las modificaciones pertinentes, comenzando por el estado de los postes de media y baja tensión que se encuentran en esta zona. Los postes en mal estado o que no cumplen las restricciones anteriormente mencionadas, se les pone convención de desmontaje y se reemplaza por postes válidos para el diseño. Además, en el poste dónde está el transformador existente se pone la convención de transformador para

desmontaje. Únicamente se dejan en el plano existente los postes en buen estado, con la altura y carga de rotura autorizada.

Posteriormente, se enumera la cantidad de usuarios conectados a 120 V y a 240 V, llamados también cómo usuarios 2H y 3H respectivamente, esto con el fin de ubicarlos correctamente en las cajas concentradoras, que servirán como enlace entre las acometidas y los bornes del transformador. Se sabe que cada caja concentradora soporta 6 espacios, de manera que un usuario 2H ocupa 1 espacio y uno 3H, ocupa 2 espacios. Cuando un usuario se asigna a una caja concentradora, se debe poner en el plano a que gabinete fue asignado con las siglas GB-0XX, dónde X es el número de la caja correspondiente. Es necesario hacer un óptimo uso de la capacidad del transformador, es decir, dejarlo operando entre el 80% y el 100% de su capacidad.

El cálculo del porcentaje de capacidad de un transformador se describe a continuación:

$$\text{Capacidad Trafo} = \frac{21 * 1}{25}$$

$$\text{Capacidad Trafo} = 0,84 = 84\%$$

Esto es, si a un transformador de 25 kVA, se le asignan 21 usuarios estrato 1, el transformador opera al 84% de su capacidad. Este valor está dentro del rango permitido por lo tanto puede trabajar de manera eficiente. Esta misma operación es válida para uno de 15 kVA. Se busca que todos los transformadores trabajen en el rango de capacidad permitida.

Se comienzan a asignar usuarios cuidadosamente, en las cajas concentradoras y a establecer transformadores en postes de MT, cumpliendo con las notas mencionadas con antelación: máximo 60 m de acometida desde la residencia, hasta la caja concentradora a la que fue asignado el usuario; máximo 6 espacios de cada gabinete utilizados; máximo 4 cajas concentradoras por poste; no pueden haber cajas concentradoras de diferentes transformadores en un mismo poste; se pueden instalar cajas concentradoras de un mismo transformador en más de dos postes, estos se deben conectar por medio de una red trenzada; se permite máximo 40 metros de longitud entre postes y finalmente que los usuarios asignados al transformador no sobre pase la capacidad permitida.

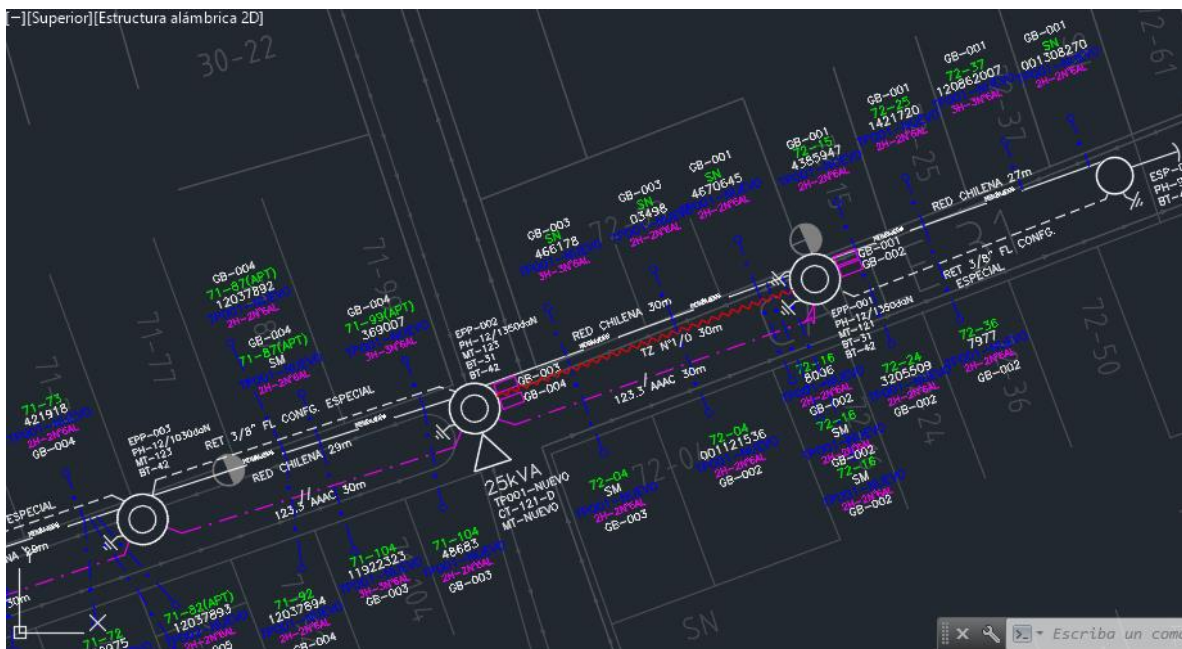


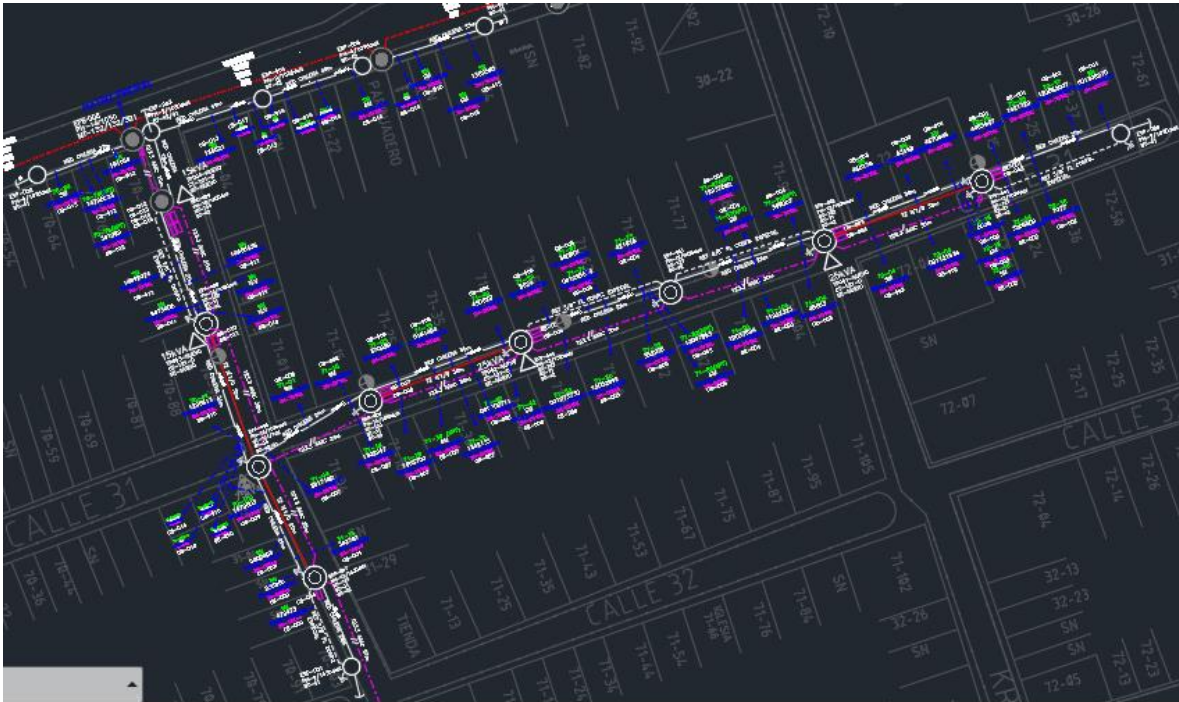
Figura 4. Asignación del primer transformador

En la figura 4, se evidencia el planteamiento del primer transformador, iniciando por los usuarios de la parte superior derecha. Se seleccionaron 5 usuarios, 4 de 2H y 1 de 3H, los cuales se conectaron al primer gabinete, ocupando así sus 6 espacios permitidos, se anotaron con el enunciado GB-001. De igual forma se hizo para los 21 usuarios que alimentó el transformador, cuya capacidad es de 25 kVA. Se observa que fueron necesarias 4 cajas concentradoras "rectángulos color magenta" para los mismos. La ubicación de este transformador se hizo de manera estratégica, ya que las acometidas no debían pasar de 60 m de longitud hasta los gabinetes, por lo que el centro de carga se hizo en el segundo poste de MT.

Al haber usuarios que sobre pasaban la distancia permitida, fue necesario dejar 2 cajas concentradoras en el primer poste de MT y poner las siguientes 2 en el poste donde está el transformador. Dichas cajas se conectan entre sí, mediante una red trenzada "color rojo", las acometidas "color azul" se miden de manera perpendicular desde la residencia hasta el cable mensajero "color blanco" y posteriormente desde ese punto siguiendo el recorrido del mensajero hasta llegar al gabinete correspondiente, por lo que esta medida se toma en forma de L. Finalmente los postes de MT se conectan entre si a través de un conductor calibre AAAC 123.3 "color magenta".

En esta figura, también se contempla la convención de desmonte de postes de BT, debido a que eran de 8 m, los cuales se reemplazaron por postes de MT de 12m para soportar las cajas y el transformador, donde además se instala un poste BT de 9m en el extremo derecho para el cable mensajero, el cual al ser fin de línea necesita una retenida sencilla. Además, en los postes con cajas concentradores, se observan las retenidas en configuración especial de 3/8".

Por lo anterior, se destaca el cumplimiento de los criterios de diseño indicados anteriormente, para este primer transformador TP001 y los 21 usuarios asociados al mismo e igualmente se emplearon las convenciones propuestas por el operador de red. Se repite este mismo procedimiento, hasta ubicar los 71 usuarios de este proyecto, a los transformadores que sean necesarios.



*Figura 5. Vista completa del proyecto C1317 terminado*

En la figura 5 se presenta el proyecto C1317 en plano proyectado, completamente terminado. Esto significa que los 71 usuarios quedaron debidamente asignados a centros de transformación y se cumplieron todos los criterios de diseño antepuestos. Se requirieron 8 postes de MT y 7 postes de BT nuevos, solo se dejó 1 poste existente ya que era el único que cumplía las normas mencionadas. Se resalta que fueron necesarios cuatro transformadores para alimentar a estos usuarios, dos de 25 kVA y dos de 15 kVA, además de 15 cajas concentradoras. Inicialmente se habían estimado tres transformadores de 25 kVA para alimentarlos, lo cual no fue posible, ya que las distancias permitidas y cantidad de usuarios 2H y 3H, alteró ese cálculo ideal.

Tabla 2. Usuarios en cajas concentradoras

TRANSFORMADOR	TOTAL USUARIOS														
		# APOYO_1	CANT. GABINETES	2H	3H	4H	Espacios libres	Tipo Herraje	# APOYO_2	CANT. GABINETES	2H	3H	4H	Espacios libres	Tipo Herraje
TP001	21	EPP001	2	10	1		4	Sencillo 2 cajas	EPP002	2	8	2		4	Sencillo 2 cajas
TP002	20	EPP004	2	10	1		4	Sencillo 2 cajas	EPP005	2	6	3		4	Sencillo 2 cajas
TP003	15	EPP007	1	4	1		2	Sencillo 2 cajas	EPP008	2	8	2		4	
TP004	15	EPP009	4	7	8		9	Doble 3 ó 4 cajas		0				0	
	71		9	31	11	0	19			6	22	7	0	12	

En la tabla 2, se observa la cantidad de usuarios 2H y 3H pertenecientes a cada transformador y a su respectivo poste MT, la cantidad de gabinetes necesarios para instalar los usuarios y los espacios libres de las cajas concentradoras para futuras expansiones. También se conoce el tipo de herraje que llevaría el poste, si es sencillo para 2 cajas o doble para 3 o 4 cajas.

Tabla 3. Cuadro de cargas proyectado

CAPACIDAD (KVA)	CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	CANTIDAD DE SUMINISTROS POR TRANSFORMADOR	CARGABILIDAD
TP001-25	1	21	84.0%
TP002-25	1	20	80.0%
TP003-15	1	15	100.0%
TP004-15	1	15	100.0%

En la tabla 3, se contempla el porcentaje de cargabilidad de los cuatro transformadores instalados en el proyecto, su capacidad y cuántos usuarios alimenta cada uno. Se observa que la cargabilidad de los mismos se encuentra dentro del rango permitido por el operador de red.

En este punto se tiene el diseño del proyecto C1317 en Autocad, sin embargo, hacen falta las normas de los armados de los postes de MT, calcular las cargas de rotura, regulación y perdidas, resistividad del terreno y finalmente, UUCC para conocer el costo total del proyecto. El siguiente paso es realizar las memorias de cálculo, las cuales comprende parte de los ítems anteriormente nombrados. De esta manera, se analiza si el proyecto cumple el reglamento técnico y la normativa del operador de red.

## 5.4 Memorias de cálculo

El contenido de las memorias de cálculo se detalla a continuación, por simplicidad del presente informe, no se ahonda en todo el contenido de dichas memorias, por lo que se presentarán los aspectos más relevantes.

### 5.4.1 Regulación de media tensión del proyecto C1317

Tabla 4. Cálculos de regulación MT

PROYECTO:	C1317 BARRIO 11 NOV					FECHA:	23/11/2020				
MUNICIPIO:	SANTA MARTA					DISEÑO:	María Gómez				
REG MAX (%):	5					DEMANDA MAX (kVA):	80				
FP:	0.9					PERDIDA MAX (%kW):	0,0022				
REG (%):	0,00265										
<b>PROYECTO: C1317 BARRIO 11 DE NOVIEMBRE</b>						<b>Tipo de Subestación:</b>	<b>Trifasica</b>	<b>V (L - N)</b>	<b>7621</b>		
								<b>V (L - L)</b>	<b>13200</b>		
DESCRIPCION	LONG (KM)	D. MAX (kW)	CORIENTE (In)	F.P.	CONDUCTOR			TIPO DE ESTRUCTURA	REGULACION		
					MATERIAL	CALIBRE	CANT		K	PARCIAL	ACUM.
EPE008 - EPE009	0,0100	58,5	2,84	0,9	AAAC	123,3	2	Bandera	0,0004775	0,00028	0,00028
EPE009 - EPP008	0,0250	45,0	2,19	0,9	AAAC	123,3	2	Bandera	0,0004775	0,00054	0,00082
EPP008 - EPP006	0,0320	45,0	2,19	0,9	AAAC	123,3	2	Bandera	0,0004775	0,00069	0,00150
EPP006 - EPP005	0,0240	45,0	2,19	0,9	AAAC	123,3	2	Bandera	0,0004775	0,00052	0,00202
EPP005 - EPP004	0,0300	22,5	1,09	0,9	AAAC	123,3	2	Bandera	0,0004775	0,00032	0,00234
EPP004 - EPP003	0,0290	22,5	1,09	0,9	AAAC	123,3	2	Bandera	0,0004775	0,00031	0,00265

La tabla 4, obedece a los cálculos de regulación de los postes de media tensión. El método para lograr esta regulación se describe de esta manera:

Primero se toma el poste más cercano a la matriz, luego se obtiene la distancia entre este y el poste siguiente, seguido del segundo y el tercero. Se repite hasta llegar al penúltimo poste con transformador instalado, y así se obtiene la longitud en KM de los apoyos. La demanda máxima es la sumatoria de las capacidades de los transformadores del proyecto, donde el poste más cercano a la matriz tiene la máxima capacidad, el segundo poste tiene instalado un transformador de 15 kVA, por lo que se descuenta este valor en la capacidad máxima, se repite hasta quedar con una capacidad de 25 kVA, puesto que este es el transformador más alejado. Los valores en kW se obtienen multiplicando por el factor de potencia, que para este proyecto es de 0.9. La regulación parcial es el producto entre la longitud en KM, la capacidad máxima en kW y la constante K. La primera regulación acumulada es igual a la primera regulación parcial, la segunda acumulada es la suma del valor obtenido más la segunda regulación parcial; se repite este proceso hasta llegar a la última casilla. Este valor es el porcentaje de regulación requerido, el cual no debe superar el 5% por RETIE. Se cumple que los valores de regulación del proyecto C1317 está dentro del límite permitido.

#### 5.4.2 Perdidas de media tensión del proyecto C1317

Tabla 5. Cálculos de pérdidas de MT





PROYECTO:	C1317 BARRIO 11 NOV					FECHA:	23/11/2020				
MUNICIPIO:	SANTA MARTA					DISEÑO:	María Gómez				
REG MAX (%):	5					DEMANDA MAX (kVA):	80				
FP:	0.9					PERDIDA MAX (%kW):	0,00221				
REG (%):	0,00265										
<b>PROYECTO: C1317 BARRIO 11 DE NOVIEMBRE</b>						<b>Tipo de Subestación:</b>	<b>Trifasica</b>	<b>V (L - N)</b>	<b>7621</b>		
								<b>V (L - L)</b>	<b>13200</b>		
DESCRIPCION	LONG (KM)	D. MAX (kW)	CORIENTE (In)	F.P.	R75 C (Ω/km)	CONDUCTOR			PERDIDAS		
						MATERIAL	CALIBRE	CANT	K	PARCIAL	ACUM.
EPE008 - EPE009	0,0100	58,5	2,84	0,9	0,6316	AAAC	123,3	2	0,0003979	0,000233	0,00023
EPE009 - EPP008	0,0250	45,0	2,19	0,9	0,6316	AAAC	123,3	2	0,0003979	0,000448	0,00068
EPP008 - EPP006	0,0320	45,0	2,19	0,9	0,6316	AAAC	123,3	2	0,0003979	0,000573	0,00125
EPP006 - EPP005	0,0240	45,0	2,19	0,9	0,6316	AAAC	123,3	3	0,0003979	0,000430	0,00168
EPP005 - EPP004	0,0300	22,5	1,09	0,9	0,6316	AAAC	123,3	2	0,0003979	0,000269	0,00195
EPP004 - EPP003	0,0290	22,5	1,09	0,9	0,6316	AAAC	123,3	2	0,0003979	0,000260	0,00221



La tabla 5, muestra los cálculos de pérdidas de MT. El procedimiento para obtener estos datos es exactamente igual al de la tabla 3, cuya única diferencia es el valor de la constante K. El porcentaje de pérdidas, al igual que el de regulación, no debe superar el 5%, por consiguiente, se obtiene que los valores de pérdidas del proyecto están dentro del límite permitido.

### 5.4.3 Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad

Tabla 6. Configuraciones de puesta a tierra

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

La tabla 6, especifica la selección óptima del electrodo de puesta a tierra según el valor arrojado en el estudio de resistividad del suelo.

Tabla 7. Resistividad del terreno del proyecto C1317

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL SUELO			
PROYECTO	11 de Noviembre	BARRIO	11 de Noviembre
MT	C1317	CT	A028927
DIRECCION	Cra 71 con Calle 31 Esquina	ESTADO DEL TERRENO	Seco
CIUDAD	Santa Marta, Magdalena.	TIPO DE SUELO	Tierra
EMPRESA	Energizando SAS	METODO DE MEDICION	Wenner
INSTRUMENTO	Telurometro UNI-T	OPERADOR	Ing Iván Salcedo Fontalvo
REFERENCIA	UT523A EARTH- $\rho$ TESTER	FECHA DE PRUEBA	13/11/2020
SERIAL No.	30380057	FECHA DE CALIBRACION	21/07/2020
SEPARACION		$\rho$ ( $\Omega.m$ )	
m		N - S	E - O
1		7,28	
2		7,91	
4		26,13	
6		9,42	
8		33,17	
PROMEDIO		16,78	

La tabla 7, arroja las medidas de resistividad que fueron tomadas el día 13 de noviembre de 2020 con un telurómetro marca UN-T, UT523A. Se determinó que la resistividad promedio es de 16,78  $\Omega \cdot m$ , por lo que, basados en la tabla de

configuraciones de puestas a tierra, se precisa que la configuración óptima está conformada por un electrodo de difusión vertical.

## 5.5 Cálculos mecánicos

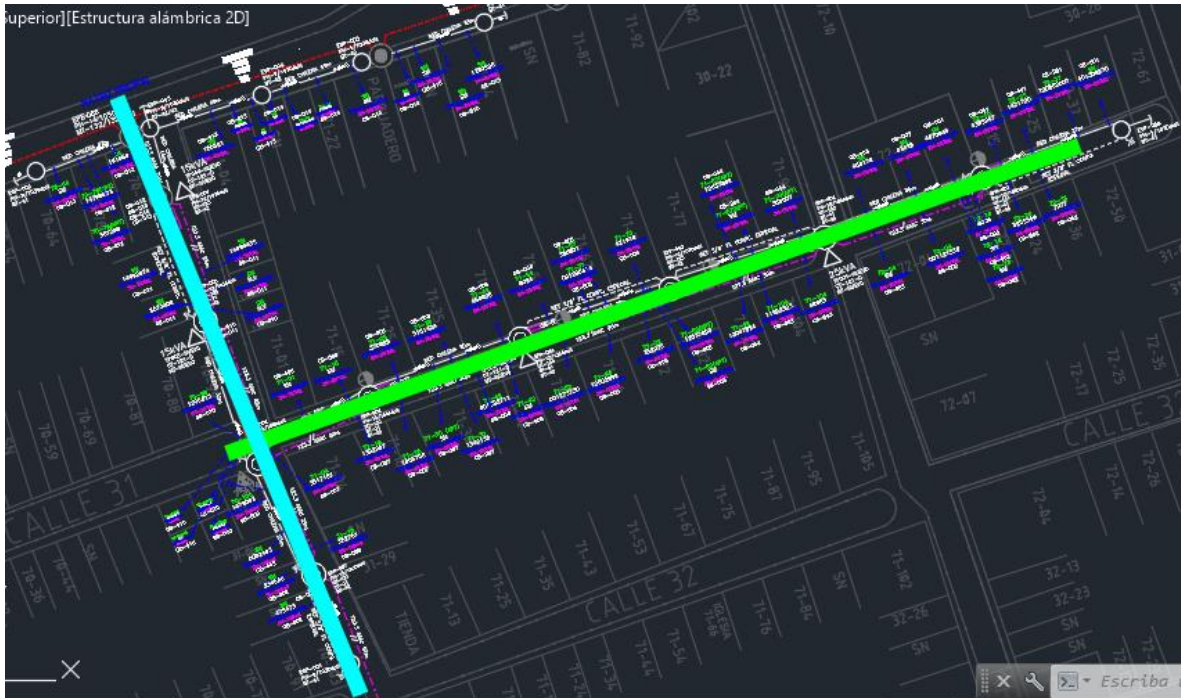


Figura 6. Tramos de red para los cálculos mecánicos

Un tramo de red se determina por la cantidad de postes MT que se abarcan al trazar una línea recta, sin hacer un ángulo mayor de  $90^\circ$  entre postes. En la figura 6, se evalúan los dos únicos tramos de red que se aprecian en el proyecto C1317 "líneas color cian y verde". Los tramos de red se utilizan para conocer los esfuerzos mecánicos o cargas de rotura que deben soportar los postes al instalar los transformadores, cajas concentradoras y los armados de MT bifásicas o trifásicos, según sea el caso, que deben llevar estos apoyos.

Los tipos de apoyo se clasifican según el ángulo que hay entre un poste y su consecutivo, a excepción del primero y el último poste del tramo, ya que estos son siempre fin de línea (FL) o terminales. A continuación, se especifica la clasificación de los tipos de apoyos para los proyectos de AIR-E.

- FL = Fin de línea (terminal)
- AL = Alineación (suspensión): ángulo  $<5^\circ$
- ANG = Angulo:  $5^\circ < \text{ángulo} < 20^\circ - 30^\circ$
- ANG = Angulo:  $20^\circ - 30^\circ < \text{ángulo} < 60^\circ$
- AGC = Anclaje:  $60^\circ < \text{ángulo}$

La codificación o normas de armados para los apoyos, tanto de BT cómo MT se describen con la siguiente metodología:

I. Armado BT-AB, dónde BT (baja tensión)

A = Código de configuración:

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

B = tipo de configuración

*Tabla 8. Tipo de configuración de BT*

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°

En la tabla 8, se evidencia las diferentes configuraciones posibles de las redes BT para los proyectos.

- Normas de la configuración especial BT-31, BT-32, BT-33 y BT-36; hace referencia a la red trenzada protegida por la red de media.
- Normas para red chilena BT-41, BT-42 y BT-45; hace referencia a la configuración del mensajero en el poste.

II. Armado MT-ABC

A = Código de la configuración:

1. Tipo bandera
2. Tipo triangular
3. Tipo horizontal
4. Tipo vertical
5. Tipo compacta

B = Numero de fases:

1. Una fase
2. Bifásico
3. trifásico

C = Tipo de configuración

1. Fin de línea (terminal)
2. Alineación (suspensión) y ángulo <math><5^\circ</math>
3. - 4.

### 5.5.1 Tramo de red N°1

Para el proyecto C1317 se utilizan normas bifásicas, como se especificó anteriormente. Este proyecto se conecta de dos fases de la matriz, por lo que todas las normas de armados serían: MT-121, MT-122, MT-123, MT-124.

Tabla 9. Cálculo de carga de rotura y tipo de apoyo en tramo 1

TABLA ANEXA 1. TIPOS DE APOYO														
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO 11 DE NOVIEMBRE - CIRCUITO BONDA-MT C1317 TRAM														
Ang	No. Apoyo	Tipo de Apoyo	Altura Poste	CARGA ROTURA				ARMADOS MT				PESOS ADICIONALES EN EL APOYO		
				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
-							-				-			
180,0	EPP001	FL	12	1350		1	1.323,53	1	2		-	1		2C&CD
8,8	EPP002	ANG	12	1350		1	1.323,53	1	2		-	1	25-2	2C&CD
7,8	EPP003	ANG	12	1050		1	1.029,41	1	2		-	1		
0,1	EPP004	AL	12	1350		1	1.323,53	1	2		-	1	25-2	2C&CD
15,5	EPP005	ANG	12	1350		1	1.323,53	1	2		-	1		2C&CD
180,0	EPP006	FL	12	1350		1	1.323,53	1	2		-	1		

La tabla 9, para el primer tramo "color verde" en la figura 6, muestra un breve resumen de un documento de Excel formulado y proporcionado por Energizando S.A.S, para la obtención de los cálculos mecánicos de manera automática con la georreferenciación y los elementos instalados, transformadores y cajas concentradoras, de todos los apoyos que comprenden el tramo 1. Con estos datos el programa proporciona la carga de rotura total, el tipo de apoyo y los ángulos de cada poste.



Figura 7. Apoyos del tramo 1 codificados

En la figura 1, se observan los postes del tramo 1 con las normas de MT, BT, y los cálculos mecánicos en daN, cumpliendo así el formato requerido por el operador AIR-E.

### 5.5.2 Tramo de red N°2

Tabla 10. Cálculo de carga de rotura y tipo de apoyo en tramo 2

TABLA ANEXA 1. TIPOS DE APOYO													
PROYECTO PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO 11 DE NOVIEMBRE - CIRCUITO BONDA-MT C1317													
Ang	No. Apoyo	Tipo de Apoyo	Altura a Poste	CARGA ROTURA			ARMADOS MT				PESOS ADICIONALES EN EL APOYO		
				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
-							-						
180,0	EPP007	FL	12	1350		1	1.323,53	1	2	-	1		2C&CD
0,2	EPP006	AL	12	1350		1	1.323,53	1	2	-	1	25-2	2C&CD
2,0	EPP008	AL	12	1050		1	1.029,41	1	2	-	1		
180,0	EPP009	FL	12	1350		1	1.323,53	1	2	-	1	25-2	2C&CD

La tabla 10, es similar a la tabla 9, esta comprende el segundo tramo de red "color cian" en la gráfica 6. Aquí se observan las codificaciones y cargas de rotura arrojadas por el programa en Excel, que deben tener los postes de este tramo.



Figura 8. Apoyos del tramo 2 codificados

En la figura 8, se observan los postes del tramo 2 con las normas de MT, BT, y los cálculos mecánicos en daN, cumpliendo así el formato requerido por el operador de red.

Se hace la salvedad que los postes de BT no se someten a cálculos mecánicos ya que en estos no van instalados transformadores ni cajas concentradoras y las cargas de rotura siempre son 1030 daN, por lo que a estos postes solo se les pone las normas BT pertinentes mencionadas anteriormente.

## 5.6 Unidades constructivas del proyecto C1317



Las unidades constructivas para estos proyectos, se realizaron con un formato suministrado por AIR-E. El formato presentaba ciertos problemas tales como precios de materiales desactualizados y otros de estos no contaban con base de datos. Por esta razón se hizo una base de datos complementaria, que será terminada por los ingenieros a cargo.

El proceso para realizar estas unidades constructivas es extenso, por lo que a continuación se describe un resumen sustancioso del procedimiento realizado:

Primero se clasifican las unidades del proyecto como los postes MT y BT, armados de MT con las normas obtenidas (FL, AL, ANG), los armados de BT con sus respectivas normas, los armados de los transformadores, amarras, fusibles, abrazaderas, metros de líneas de MT, BT, retenidas, puestas a tierra, aisladores,

fijaciones, conexiones, soportes, cimentaciones, suplementos vehiculares, mano de obra, etc.



Tabla 11. Unidades de obra por poste

AIRE S.A. E.S.P. SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES BARRIO 11 de Noviembre - MT - C1317				 energía que transforma   energía que transforma		Unidades constructivas completas con materiales Unidades constructivas sin materiales con código y precio Unidades constructivas, sin código, ni mano de obra Material a desmontar								
TABLA D3-4 VALOR TOTAL MANO DE OBRA - UNIDADES CONSTRUCTIVAS POR APOYO				TP001	TP001	TP001	TP002	TP002	TP003	TP003	TP003			
ITEM	CODIGO U.U.C.	DESCRIPCION	CANTIDAD TOTAL	EPP001	EPP002	EPP003	EPP004	EPP005	ESP001	EPP007	EPP006			
1	202309500	POSTE CONCRETO 9M 1030daN	7						1					
8	202309570	POSTE CONCRETO 12M 1324daN	1				1							
13	211305011	ABRAZADERA DE 250MM UNA SALIDA P/TRANSFORMA	8		2		2							
22	204383450	ARM SIMP CTO BIF FIN DE LINEA DISP BANDERA 13.2 kV CRUC MET 2.4 M	4	1							1			
23	204383420	ARM SIMP CTO BIF ALIN DISP BANDERA 13.2 kV CRUC MET 2.4 M	3		1						1			
24	204383430	ARM SIMP CTO BIF ANG 5 A 20-30 DISP BANDERA 13.2 kV CRUC MET 2.4 M	4			1	1	1						
26	204324600	ARM BT (MSJ) FIN DE LINEA RED CHILENA	6						1		1			
27	204324630	ARM BT (MSJ) ANG 90-90 RED CHILENA	12	1	1	1	1	1		1	1			
31	205333050	AMARRA PREFOR "Z" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM) AISL_HIB	6		2						2			
32	205333140	AMARRA PREFOR "OMEGA DOBLE" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM) AISL_HIB	6			2	2	2						
38	207311210	FUSIBLE EXPULSION 5 A TIPO D	8		2		2							
40	209312030	MONTAJE RETENIDA DIRECTA A TIERRA EN POSTE BT (3/8")	5						1					
42	309312130	MONTAJE RETENIDA PIESTRUC. BANDERA F.L. C/IE C/POSTE AUX (3/8")	5		1	1			1					
44	209350100	UIL CABLE ACERO GALVANIZADO 3/8"	562	38	37	37	38	31	34	32	41			
45	210301510	ISLADOR HIBRIDO TIPO POSTE 13.2 kV	20		2	4	4	4			2			
47	210314500	CADENA DE AMARRE COMP 13.2 kV, 1/0 AWG ALTA CONTAMIN	8	2						2	2			

En la tabla 11, se presenta una breve lista del total de unidades que comprende el proyecto C1317. En descripción aparece el nombre que el operador de red dispuso para las unidades, donde cada unidad tiene un código de búsqueda, que se usa para acceder fácilmente a la base de datos y saber los materiales que poseen las unidades. Además, se muestra la cantidad total de unidades que necesita el proyecto, clasificados por poste y a su vez, al transformador al que pertenece.

Cada una de las unidades de esta tabla y las faltantes, tienen ligados unos materiales, como ejemplo, el armado MT para configuración fin de línea MT-121. Esta unidad posee tornillos, arandelas, cruceta metálica, brazo angular, grilletes, grapas, pernos y abrazaderas.

Tabla 12. Norma de armado MT-121

 		
NORMA MEDIA TENSIÓN - 121		
ESTRUCTURA TIPO BANDERA BIFASICO FIN DE LINEA 13.2 Kv		
COD_UUCI	DSC_UUCC	
020438345	ARM SIMP CTO BIF FIN DE LINEA DISP BANDERA 13,2 kV CRUC MET 2.4 M	
COD_MAT	MATERIALES	CANTIDAD
464431	BRAZO ANGULAR DE 7 PIES X 2 X 3/16"	2
931053	CRUCETA METALICA 2400 MM BANDERA	2
551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11 300 KG	2
437658	TORNILLO AC. GALVANIZ. CON OJO. C.T. 5/8"X12"	1
437654	TORNILLO AC. GALVANIZ. C/T. 5/8"X1-3/4"	2
551282	PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALVANIZADO 5/8"X12"	2
440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	15
450950	GRAPA AMARRE ALUMINIO COND. AWG 4/0-MCM 266	2
464245	ABRAZADERA DOBLE DE 180 mm (6 A 7 plg)	1

La tabla 12, muestra todos los materiales que posee la unidad de armado de MT en configuración fin de línea y la cantidad de esos materiales que necesita. Todos los materiales se recopilan en otra lista extensa, la cual también es difícil mostrar en totalidad en el presente informe.

Tabla 13. Materiales de obra por postes

AIRE S.A. E.S.P. SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES BARRIO 11 de Noviembre - MT - C1317					ENERGIZANDO INGENIERIA Y CONSTRUCCION							
TABLA D3-4 VALOR TOTAL MATERIAL - MATERIAL POR APOYO					TP001	TP001	TP001	TP002	TP002	TP003	TP003	TP003
COD M	DESCRIPCION	PRECIO MINIM	APORTACIO N_MATERI AL	CANTIDAD TOTAL	EPP001	EPP002	EPP003	EPP004	EPP005	ESP001	EPP007	EPP006
526185	TORNILLO AC.GALVANIZ.COM OJO.C.T.5/8"X10"	7.586	C	4,00	0	0	0	0	0	2	0	0
530875	GRILLETE NORMAL RECTO 7/8"	21.537	E	18,00	0	0	0	0	0	12	0	0
458525	COND. TRENZADO TRIPLEX 4/OAAC-4/OAAC	12.953	E	52,00	0	13	0	13	0	0	0	0
458524	COND. TRENZADO TRIPLEX 600V 1/O AAC-1/O AAC	8.379	E	156,61	37,08	3	0	40,08	0	0	30,9	39,552
437805	AISLADOR PORCELANA CARRETE (ANSI 53-2)	1.142	E	8,00	1	1	0	1	1	0	1	2
707561	AISLADOR PORCEL TIPO TENSOR 3/8" ANSI 54-2	3.075	E	11,00	0	0	0	0	0	4	0	0
703753	CONECTOR PERFORACION(P-1/0-4/0-D-1/0-4/0)	7.732	E	12,00	0	3	0	3	0	0	0	0
551267	CRUCETA ANGULAR METALICA 2400 MM	130.720	E	4,00	2	0	0	0	0	0	2	0
475174	POSTE DE HPC/HPV DE 12M x 735 daN (CR)	736.347	E	-	0	0	0	0	0	0	0	0
434435	CABLE ACERO GALVANIZADO P/RETENIDA 3/8"	2.554	E	642,00	38,4	37,2	37,2	38,4	31,2	53,6	32,4	40,8
464431	BRAZO ANGULAR DE 7 PIES X 2 X 3/16"	46.690	E	19,00	2	1	2	2	2	0	2	3
450114	PERNO ROSCA CORRIDA AC.GALVANIZADO 5/8"X20"----	6.807	C	21,00	3	3	0	3	3	0	3	3
437661	TUERCA DE OJO ACERO GALVANIZADO 5/8"	8.577	C	-	0	0	0	0	0	0	0	0
551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11 300 KG	7.491	E	14,00	5	0	0	0	0	0	5	2

En la tabla 13, se aprecia una breve lista de los materiales que conlleva la construcción de un proyecto. Al igual que la tabla 11, estos materiales también se encuentran clasificados por poste y a su vez por transformador.

El código de material es para acceder a la base de datos, la descripción es el nombre técnico con el que el operador de red conoce los materiales del proyecto. Precio Mínimo es el valor en pesos colombianos del material por unidad. Aportación Material, indica quien es el responsable de asumir el costo del material, C: contratista (Energizando), E: empresa (AIR-E)



Tabla 14. Valor total de la mano de obra de unidades del proyecto

AIRE S.A. E.S.P. SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES BARRIO 11 de Noviembre - MT - C1317					ENERGIZANDO INGENIERIA Y CONSTRUCCION		
TABLA D3-2 VALOR TOTAL MANO DE OBRA - UNIDADES CONSTRUCTIVAS					CANTIDA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL M.C
ITE	CODIGO UU.C	DESCRIPCION					
261	240303280	SUPL VEH MT CONEX A LINEA DE TIERRA NEUTRO DE TRAF0 TIPO POSTE		4,0	13.742	54.968	
265	240303920	SUPL VEH MT PUENTE DE LINEA EN POSTE		4,0	9.448	37.791	
266	207301510	MONTAJE 2 BASES SECCIONADORES FUSIBLE FIJACION POSTE 13,2 KV 200 A S		4,0	43.709	174.836	
279	234302410	DESM. POSTE DE HORMIGSN 500 dan. 12 m			62.908	62.908	
280	234301100	DESM. POSTE DE MADERA 8 m			62.908	680.716	
286	240303600	SUPL VEH MT DESM. TRAF0 MONOF O TRIFAS TIPO POSTE 13.2 KV		1,0	51.001	102.002	
288	240303570	SUPL VEH MT DESM. CRUC SENCILLA O DOBLE		1,0	35.214	105.642	
292	240303530	SUPL VEH MT DESM SECCIONADOR FUSIBLE O PARARRAYO		3,0	19.325	154.598	
295	240301780	SUPL VEH BT DESM CABLE DE RETENIDA		3,0	4.187	79.548	
296	240303480	SUPL VEH MT DESM CABLE DE RETENIDA			18.895	37.791	
297	240301890	SUPL VEH BT DESM. PERCHA		12,0	4.163	162.355	
298	240303590	SUPL VEH MT DESM. PERCHA		2,0	18.788	75.152	
303	240301840	SUPL VEH BT DESM. AISL DE CARRETE		41,0	438	68.282	
304	240303540	SUPL VEH MT DESM. AISL DE CARRETE		7,0	1.975	31.607	
306	240301750	SUPL VEH BT DESCONEXION DE ACOMETIDA RT/RA		81,0	2.470	8.887.549	
307	240303450	SUPL VEH MT DESCONEXION DE ACOMETIDA RT/RA		12,0	11.148	3.070.221	
					<b>TOTAL</b>	<b>60.593.306</b>	



En la tabla 14, se muestra el valor total de la mano de obra que costarían todas las unidades, en la tabla se aprecia el final de una extensa lista de unidades, cuya mano de obra cuesta 60'593.306 al proyecto.

Tabla 15. Valor total de materiales del proyecto

 <b>AIRE S.A. E.S.P.</b> SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES BARRIO 11 de Noviembre - MT - C1317							 <b>ENERGIZANDO</b> INGENIERIA Y CONSTRUCCION	
TABLA D3-2 VALOR TOTAL MATERIALES								
COD MAT	DESCRIPCION MAT	APORTACIÓ	TOTAL CANTIDAD	PRECIO	TOTAL CONTRATA	TOTAL EMPRESA		
300881	GRAVA	C	1,7	85.714	143.143	-		
450949	GRAPA AMARRE ALUMINIO PARA COND. AWG 1/0(RAVEN	E	8,0	17.307	-	138.456		
458466	AMARRA PREF."TERMINAL"CABLE AC-3/8"	E	72,0	10.250	-	738.000		
440860	GRAPA CONEXION CABLE TIERRA SIN TORNILLO 5/8"	C	13,0	2.620	34.062	-		
526792	M3 HORMIGÓN DE 210 KG / CM2	C	8,1	462.638	3.741.493	-		
437603	CONECTOR CU?A A PRESI?N CON ESTRIBO AGW 1/0	E	8,0	2.013	-	16.104		
437596	CONECTOR CUqA A PRESIsN AGW 1/0-AGW 1/0	E	38,0	12.884	-	489.592		
459632	TRANSFORMADOR 1F, 13200/240/120 V-15 kVA	E	2,0	1.728.614	-	3.457.228		
437652	TORNILLO AC.GALVANIZ.C/T.5/8"X14"	C	4,0	4.786	19.144	-		
464456	GRAPA RETENCION BRONCE P/CABL #2/0 A 4/0	E	6,0	62.828	-	376.970		
808484	DIAGONAL ANGULAR 9" (PIES)	E	4,0	25.000	-	100.000		
464542	ABRAZADERA DOBLE DE 180 mm (6 A 7 p/g)	C	11,0	15.074	165.813	-		
437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ.3/4"-3/4"X3"	C	22,0	5.640	124.069	-		
450701	SOPORTE PARA SECCIONADOR FUSIBLE EN POSTE	E	8,0	17.444	-	139.552		
528892	CONDUCTOR CONCENTRICO 3XN?4 COBRE	E	266,8	20.735	-	5.531.476		
437654	TORNILLO AC.GALVANIZ.C/T.5/8"X1-3/4".	E	8,0	2.830	-	22.642		
					<b>5.394.979</b>	<b>64.073.487</b>		

En la tabla 15, tenemos nuevamente una breve lista del total de materiales empleados en el proyecto, en este caso se muestra el precio por unidad, la cantidad de material que se utiliza quien lo aporta y el valor total del costo que debe asumir la entidad encargada para realizar el proyecto C1317. El "total contrata" es el valor que debe asumir la entidad encargada de realizar las obras, en este caso Energizando S.A.S tal importe es de \$5.394.979. Y total Empresa es el valor que debe asumir AIR-E, este importe es de \$64.073.487. Debido a que es la empresa contratante y quien mayores beneficios obtiene al realizar este y cada uno de los proyectos, es la entidad que debe asumir la mayoría de materiales.

Tabla 16. Valor del presupuesto total del proyecto C1317

**AIRE S.A. E.S.P.**  
**SERVICIO DE DISEÑO DE OBRAS PARA DESARROLLO DE REDES**  
**BARRIO 11 de Noviembre - MT - C1317**

**TABLA D3-1 RESUMEN GENERAL Y VALOR DEL PRESUPUESTO**

IVA (%)	16,00	CONCEPTO	VALOR
<b>K'</b>	<b>IVA'</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
		PRESUPUESTO MANO DE OBRA	60.593.306
		PRESUPUESTO MATERIALES APORTADOS POR CONTRATISTA	5.394.979
		TOTAL UNIDADES CONSTRUCTIVAS (Mano de obra x Material aporte contrata)	65.988.285
		TOTAL FACTURA MANO DE OBRA ANTES DE IVA	65.988.285
		IMPORTE APLICACIÓN 16% IVA	-
		<b>IMPORTE TOTAL EDE (FACTURA)</b>	<b>65.988.285</b>
		<b>MATERIAL EMPRESA</b>	<b>64.073.487</b>
		<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>130.061.773</b>
		<b>ÍNDICE DE COSTOS</b>	
		COSTO PROYECTO POR KILÓMETRO	0,789 164.847.997
		COSTO PROYECTO POR CLIENTE	71 1.831.856
		COSTO PROYECTO POR TRANSFORMADOR	4 32.515.443

Finalmente, en la tabla 16, se tiene el valor total de del costo para realizar el proyecto C1317, además de resumir los costos mencionados en las tablas anteriores. Se tiene que el valor total de construir el proyecto C1317 que tiene asociados 71 usuarios y 4 transformadores, es de \$130.061.773

## 6 Conclusiones

- Al culminar este proyecto se obtuvo un gran aprendizaje en el ámbito de diseño, puesto que se desarrolló notablemente habilidades en el manejo del software Autocad, así como en las normas técnicas para la construcción de redes de media y baja tensión, las cuales son herramientas fundamentales para la materialización de dicho proyecto y actividades afines. Sin embargo, el conocimiento que más se adquirió fue el desarrollo de unidades constructivas, tema en el que se hizo especial profundidad, puesto que se trabajó en este durante 4 de los 6 meses que duró la práctica.
- Se cumplió el objetivo general del proyecto, puesto que se diseñaron las redes de media y baja tensión en las regiones de la costa caribe mencionadas. Se logró cumpliendo el reglamento técnico y las normas internas del operador de red.

- Se dio cumplimiento a los objetivos específicos para realizar un diseño óptimo del proyecto y de las unidades constructivas. Este diseño fue aprobado por los ingenieros encargados de los proyectos, fue sometido a interventoría por parte del operador de red AIR-E y finalmente se llevó a etapa de construcción.

### **Referencias Bibliográficas**

- [1] «Diseño de red eléctrica de distribución secundaria (baja tensión) para un sector de 250 viviendas corales -cuba». [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7674/62131924D946d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Accedido: 20-12-2020].
- [2] «Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio el piñoncito de campo de la cruz». [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/632/1140826625%20-%2072298776.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Accedido: 20-12-2020].
- [3] Grupo AIRE-E, «Proyectos de Redes AIR-E (29-11-2020)», p. 3.
- [4] «Diseño, calculos electricos y mecanicos de un proyecto de electrificacion rural en la comunidad tisey municipio de wiwili.». [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250142793.pdf>. [Accedido: 20-12-2020].
- [5] Grupo AIRE-E, «Proyecto tipo líneas eléctricas aéreas trenzadas de BT», p. 52.
- [6] «Concepto de la CREG sobre la conceptualización de las Unidades Constructivas (UC)». [En línea]. Disponible en: <https://www.prensajuridica.com/details/item/2847-concepto-de-la-creg-sobre-la-conceptualizaci%C3%B3n-de-las-unidades-constructivas-uc.html>. [Accedido: 29-05-2021].
- [7] «ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)». [En línea]. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>. [Accedido: 07-06-2021].