



**RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN  
DE LA ANDE MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN  
APLICATIVO MOVIL PARA EL DISEÑO DE UN MODELADO  
DE RED APLICADO AL ALIMENTADOR COV1 DE  
CORONEL OVIEDO**

**ALEXIS LORETO INSAURALDE AQUINO  
GUSTAVO ARIEL LEGUIZAMÓN FRANCO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2022

**RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN DE LA  
ANDE MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN APLICATIVO MOVIL  
PARA EL DISEÑO DE UN MODELADO DE RED APLICADO AL  
ALIMENTADOR COV1 DE CORONEL OVIEDO**

**Elaborado por**

**ALEXIS LORETO INSAURALDE AQUINO  
GUSTAVO ARIEL LEGUIZAMÓN FRANCO**

Tutor  
**ING. ELISA ROJAS GIRETT**

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y  
Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú,  
como requisito para la obtención del título de Ingeniero en  
Electricidad

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD  
Coronel Oviedo - Paraguay  
Año 2022**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

---

Prof. Ing.

---

Prof. Ing.

---

Prof. Ing.

## **Dedicado a:**

*A Dios, por darme la fuerza y por iluminar mi camino en todos estos años de constantes desafíos y múltiples éxitos.*

*A mis padres, Cristina y Loreto por la confianza depositada en mí, por sus enseñanzas, apoyo, consejos y por ser los pilares principales de este logro.*

*A todas las personas que me han acompañado en estos años y dado su aliento para la conquista de esta meta.*

**Alexis Loreto Insauralde Aquino**

*Dios a la Virgen de Caacupé, por guiarme siempre con mucha fe y esperanza por el buen camino, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por darme sabiduría para alcanzar mis objetivos.*

*Mi madre Concesa Franco, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desistir ante nada y siempre perseverar.*

*Mi padre Amelio Leguizamón, por su apoyo incondicional, confianza y paciencia para culminar mis estudios.*

*Mis hermanos Carlos, Derlis e Alexis por estar siempre a mi lado y apoyarme siempre.*

**Gustavo Ariel Leguizamón Franco**

## **Agradecimientos:**

*Un eterno agradecimiento a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú y a todos los docentes que me guiaron en todos estos años de aprendizaje.*

*A mi tutora Ing. Elisa Rojas y co tutor Ing. Alejandro Cano, por todo su apoyo, guía y ayuda durante la realización de este trabajo.*

**Alexis Loreto Insauralde Aquino**  
**Gustavo Ariel Leguizamón Franco**

# RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN DE LA ANDE MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN APLICATIVO MOVIL PARA EL DISEÑO DE UN MODELADO DE RED APLICADO AL ALIMENTADOR COV1 DE CORONEL OVIEDO

ALEXIS LORETO INSAURALDE AQUINO  
GUSTAVO ARIEL LEGUIZAMON FRANCO

## RESUMEN

El presente proyecto de fin de grado consiste en desarrollar una aplicación móvil que funcione como herramienta de recolección de datos y en diseñar un modelado de red dinámico de la red de distribución de baja tensión, con el objetivo de reducir los tiempos de recolección y digitalización de datos y a su vez tener la capacidad de realizar análisis de flujo de potencia de la red cuyos resultados ayuden a tomar decisiones que logren mejorar el servicio brindado a los usuarios.

En primer lugar, se ha llevado a cabo el desarrollo de una aplicación móvil para recolección de datos, luego se procedió al relevamiento de datos de la red de baja tensión del Alimentador Coronel Oviedo 1 con el aplicativo desarrollado. Con esos datos más adelante se realizó el modelado de la red utilizando el Software ETAP, una vez terminada el modelado se realizó el análisis de las condiciones actuales de operación del sistema de distribución de mencionado alimentador.

Con los resultados de las simulaciones realizadas se ha logrado conocer cuáles son los Puestos de Distribución que están operando de manera normal y cuales están operando de manera ineficiente.

**Palabras claves:** Modelado de red, Puestos de Distribución, Red de Distribución, Simulación de Flujo de Potencia

iv

Alexis Loreto Insauralde Aquino  
Gustavo Ariel Leguizamón Franco

**DATA COLLECTION OF ANDE'S LOW VOLTAGE NETWORK THROUGH THE DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR THE DESIGN OF A NETWORK MODELING APPLIED TO THE COV1 FEEDER IN CORONEL OVIEDO.**

**ALEXIS LORETO INSAURALDE AQUINO  
GUSTAVO ARIEL LEGUIZAMON FRANCO**

**ABSTRACT**

This final degree project consists of developing a mobile application that works as a data collection tool and designing a dynamic network modeling of the low voltage distribution network, with the aim of reducing data collection and digitization times and in turn having the ability to perform power flow analysis of the network whose results help to make decisions to improve the service provided to users.

First of all, a mobile application for data collection was developed, then the data of the low voltage network of Coronel Oviedo Feeder 1 was surveyed with the developed application. With this data, the network was modeled using the ETAP software. Once the modeling was completed, the analysis of the current operating conditions of the distribution system of this feeder was carried out.

With the results of the simulations carried out, it has been possible to know which distribution stations are operating normally and which are operating inefficiently.

**Key words:** Network modeling, Distribution Stations, Distribution Network, Power Flow Simulation.

## Contenido

PÁGINA DE APROBACIÓN .....	i
<i>Dedicado a:</i> .....	ii
<i>Agradecimientos:</i> .....	iii
Contenido .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
CAPÍTULO 1.....	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS .....	3
1.3. REDES DE DISTRIBUCION .....	4
1.3.1. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a su construcción. .	4
1.3.1.1. Redes de distribución aéreas. ....	4
1.3.1.2. Redes de distribución subterráneas. ....	5
1.3.2. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a niveles nominales de tensión. ....	5
	vi

Alexis Loreto Insaualde Aquino

Gustavo Ariel Leguizamón Franco

1.3.2.1.	Redes de distribución primaria. ....	5
1.3.2.2.	Redes de distribución secundaria.....	6
1.3.3.	Estructuras.....	6
1.3.3.1.	Tipos más usados en Media Tensión. ....	7
1.3.3.2.	Tipos más usados en Baja Tensión.....	7
1.3.4.	Protecciones de una red de distribución. ....	8
1.3.4.1.	Equipos de Protecciones de Redes de Distribución MT Y BT. ....	8
1.3.4.1.1.	Fusibles .....	8
1.3.5.	Demanda.....	9
1.3.5.1.	Curva de Demanda.....	9
1.3.5.2.	Parámetros de la Demanda.....	10
1.3.6.	Componentes adicionales de una red de distribución.....	11
1.3.6.1.	Puesto de Distribución.....	12
1.3.6.2.	Postes.....	14
1.3.6.3.	Crucetas .....	15
1.3.6.4.	Conductores .....	15
1.3.6.5.	Alumbrados Públicos .....	16
1.3.6.6.	Rienda o Retenida.....	16
1.3.6.7.	Acometida.....	17
CAPITULO 2.....		19
2.1.	Tecnologías móviles en una red de distribución eléctrica.....	19
2.1.1.	Apps para el sector eléctrico.....	19

2.1.2.	Procedimiento de desarrollo de aplicaciones.....	20
2.1.3.	Plataformas de desarrollo de aplicaciones.....	20
2.1.3.1.	App Inventor.....	20
2.1.3.2.	Python.....	21
2.1.3.3.	AppSheet.....	21
CAPÍTULO 3.....		22
3.1.	Definición.....	22
3.2.	Software de Simulación de Sistemas Eléctricos de Potencia.....	22
3.2.1.	CYMDIST.....	22
3.2.2.	ETAP.....	24
3.2.	Red Equivalente.....	26
3.4.	Modelado de Líneas.....	27
3.5.	Modelado de Transformadores.....	27
3.6.	Modelado de Cargas.....	28
CAPÍTULO 4.....		29
4.1.	Definición.....	29
4.2.	Esquema Unifilar.....	30
4.3.	Métodos de resolución.....	31
4.3.1.	Método Gauss-Seidel (GS).....	31

4.3.2. Método Newton-Raphson (NR) .....	32
III. RESUMEN EJECUTIVO .....	33
CAPITULO 5.....	33
5.1. Descripción del trabajo .....	33
5.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas .....	33
5.1.1.1. Tipo de Investigación.....	33
5.1.1.2. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.....	34
5.1.1.3. Fases Metodológicas.....	34
5.2. Justificación .....	34
5.3. Finalidad del proyecto.....	35
5.4. Metas .....	35
5.5. Objetivos.....	35
5.5.1. Objetivos generales.....	35
5.5.2. Objetivos específicos .....	36

5.6.	Beneficiarios .....	36
5.7.	Producto .....	36
5.8.	Localización física y cobertura espacial.....	36
5.9.	Especificaciones de actividades y tareas realizadas .....	37
5.10.	Recursos necesarios .....	37
5.10.1.	Recursos humanos .....	37
5.10.2.	Recursos materiales .....	38
5.11.	Factibilidad técnica .....	38
5.12.	Factibilidad económica .....	38
5.12.1.	Beneficios .....	38
5.12.1.1.	Ahorro en horas hombre.....	38
5.12.1.2.	Ahorro en Combustible.....	39
IV.	INGENIERÍA DE DISEÑO .....	40
	CAPÍTULO 6.....	40
6.1.	Relevamiento y recolección de datos. ....	40
6.1.1.	Área de Influencia .....	40
6.2.	Base de datos .....	41
6.3.	Diseño de la aplicación utilizando plataforma AppSheet .....	45
6.3.1.	Drive.....	46

6.3.2.	Diseño de la aplicación .....	46
6.4.	Interfaz de usuario de GIS BT .....	47
6.5.	Flujograma del manejo de la información. ....	59
6.6.	Diseño del Modelado de Red de Baja Tensión de la ANDE. ....	61
6.6.1.	Red Equivalente .....	61
6.6.2.	Cálculo del factor de utilización de los transformadores. ....	62
6.6.3.	Cálculo de la Potencia Efectiva de Cada Tramo. ....	64
6.6.4.	Análisis de Flujo de Potencia .....	68
6.6.4.1.	Flujo de Potencia PD COV 33 .....	68
6.6.4.2.	Flujo de Potencia COV 270 .....	71
6.6.4.3.	Flujo de Potencia COV N2.....	72
6.6.4.4.	Flujo de Potencia COV354 .....	73
6.6.4.5.	Flujo de Potencia COVN.....	74
V.	CONCLUSIONES.....	75
VI.	RECOMENDACIONES.....	76
VII.	APÉNDICE .....	77
Apéndice A:	Diseño de Ingeniería. ....	77
Apéndice A.1:	Sistema Georreferenciada.....	78
Apéndice A.2:	Cálculos de Parámetros Técnicos .....	81

VIII. BIBLIOGRAFÍA.....84

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 1

Figura 1.1: Estructuras más utilizadas en Media Tensión.....	7
Figura 1.2: Estructuras más utilizadas en Baja Tensión .....	7
Figura 1.3: Seccionador fusible MT y Seccionador BT tipo NH .....	9
Figura 1.4: Curva de Carga Diaria. ....	10
Figura 1.5: Descargador Polimérico de Sobretensión.....	12
Figura 1.6: Aisladores Eléctricos y Herrajes. ....	13
Figura 1.7: Transformador de distribución monofásico y trifásico. ....	13
Figura 1.8: Conductores desnudos de Cobre y Aluminio. Conductor Pre ensamblado. ....	16
Figura 1.9: Vista de Planta y Lateral de una Rienda.....	17
Figura 1.10: Medidor de Energía Eléctrica Digital.....	18

### CAPITULO 3

Figura 3.1: Ventana de Interfaz de Cymdist.....	24
Figura 3.2: Ventana de Interfaz de ETAP (Bus Editor). ....	25

### CAPITULO 4

Figura 4.1: Símbolos utilizados en esquemas unifilares. ....	31
Figura 4.2: Diagrama unifilar de un Sistema Eléctrico de Potencia .....	<b>¡Error!</b>

**Marcador no definido.**

### CAPITULO 5

Figura 5.1: Ubicación Geográfica del alimentador COV1 .....	37
---	----

### CAPITULO 6

Figura 6.1: Zona de Influencia Alimentador COV1.....	40
Figura 6.2: Tabla de Puesto de Distribución .....	41
Figura 6. 3: Tabla de Postes.....	42
Figura 6.4: Tabla de Usuarios.....	43

Figura 6.5: Tabla de Estructuras.....	44
Figura 6.6: Lista de Estructuras .....	45
Figura 6.7: Interfaz Principal .....	47
Figura 6.8: Interfaz de Carga de Datos de Postes .....	48
Figura 6.9: Interfaz de Información de la App .....	49
Figura 6.10: Interfaz de Puestos de Distribución. ....	50
Figura 6.11: Interfaz de Usuarios.....	50
Figura 6.12: Interfaz Añadir Tipo de Poste. ....	51
Figura 6.13: Interfaz Añadir Estructura. ....	52
Figura 6.14: Interfaz Vista de Datos Almacenados. ....	53
Figura 6.15: Interfaz de Carga de Puesto de Distribución. ....	54
Figura 6.16: Interfaz Vista de Datos Almacenados de un PD. ....	55
Figura 6.18: Interfaz de Carga de Usuarios .....	56
Figura 6.19: Interfaz Vista de Datos Almacenados de Usuarios. ....	57
Figura 6.20: Vista Trazado de Ruta por Google Maps.....	58
Figura 6.21: Flujograma del manejo de la información .....	59
Figura 6.22: Circuito Equivalente Estación COV.....	62
Figura 6.23: Cálculo Potencia Máxima .....	63
Figura 6.24: Potencia Eficaz del Tramo 1 del COV 33.....	66
Figura 6.25: Flujo de Potencia COV33 .....	68
Figura 6.26: Flujo de Potencia COV 33 modificado. ....	70
Figura 6.27: Flujo de Potencia COV270. ....	71
Figura 6.28: Flujo de Potencia COV N2.....	72
Figura 6.29: Flujo de Potencia COV354 .....	73
Figura 6.30: Flujo de Potencia COVN.....	74

## LISTA DE TABLAS

Tabla 6.1: Datos Alimentador COV1 .....	41
Tabla 6.2: Valores de Factor de Utilización .....	64
Tabla 6.3: Valores de Corriente Efectiva. ....	65
Tabla 6.4: Valores de Potencia Efectiva. ....	67
Tabla 6.5: Valor de la Tensión por Tramos - COV33.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANDE	Administración Nacional de Electricidad.
ES-COV	Estación Coronel Oviedo.
COV	Coronel Oviedo.
BT	Baja Tensión.
MT	Media Tensión.
PD	Puestos de Distribución.
ETAP	Electrical Transient and Analysis Program.
COREDIS	Control de Redes de Distribución.
V	Voltios.
A	Amperios
kVA	Kilo Volt-Amperios.
kW	Kilo Watt.
P.P	Poste de Palma.
A.C	Poste de Acero.
H°A°	Poste de Hormigón Armado.

## I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías están revolucionando cada ámbito de las empresas suministradoras de energía eléctrica es por ello que es de vital importancia para estas empresas adaptarse a ellas y convertirse en concesionarias a la vanguardia.

La Administración Nacional de Electricidad no es ajena a estas innovaciones y cada año realiza inversiones para mejorar su sistema eléctrico con la cual brindar un mejor servicio a sus usuarios.

Contar con redes eléctricas confiables abarca muchos aspectos técnicos y una de ellas es la falta de una base de datos completa de la red. La ANDE hoy en día solo cuenta con métodos de recolección y actualización de la base de datos en media tensión y no así de su red de baja tensión, con lo cual es imposible avanzar hacia lo que llamamos redes eléctricas inteligentes (Smart Grid). Esta falta de datos ocasiona la falta de un modelado que permita analizar el comportamiento de la red de baja tensión para poder tomar decisiones que puedan mejorar los niveles de confiabilidad de su sistema eléctrico de distribución.

Debido a esto, el presente proyecto de fin de grado tiene como objetivo desarrollar una aplicación móvil para recolectar datos de la red de baja tensión de la ANDE para luego diseñar un modelado que permita realizar análisis de flujo de potencia en la red mediante el uso del Software ETAP. Todo esto con el fin de brindar herramientas a la ANDE que les permita realizar trabajos de recolección de datos en menor tiempo y de manera más confiable, asimismo; obtener informaciones precisas del comportamiento de su red para así brindar a los usuarios una red de mejor calidad.

El proyecto de fin de grado se presenta en varios capítulos; iniciando con los antecedentes, definición de términos básicos y los conceptos generales referente a los componentes de un Sistema eléctrico en el Capítulo 1, en el Capítulo 2 se describen aspectos a tener en cuenta para el desarrollo de aplicaciones móviles.

Para el Capítulo 3 se presentan los conceptos a tener en cuenta de los modelados de red y las informaciones con respecto a los Software de uso comercial para el diseño de éstos.

Continuamos con el Capítulo 4 en donde se engloba el resumen ejecutivo del proyecto final de grado y para finalizar en el Capítulo 6 se desarrolla la ingeniería de diseño.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### CAPÍTULO 1

#### CONCEPTOS GENERALES

##### 1.1. ANTECEDENTES

- Modelado y simulación del sistema de distribución de energía eléctrica. Caso de estudio: Compañía de Luz y Fuerza S.A. – CLYFSA. Realizado por Eduardo José Piris Tillner para egresar de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (FIUNA). El Trabajo Final de Grado presentado se modela, optimiza y analiza la red existente de distribución de la Compañía de Luz y Fuerza S.A. (CLYFSA). Utiliza el software comercial Electrical Power System Analysis (ETAP) para modelar el sistema en media tensión de la ciudad de Villarrica; y con el modelo diseñado, aplica el método Heurístico de Civanlar para la reconfiguración óptima de los alimentadores de distribución. Se realizaron estudios de flujos de potencia bajo distintas condiciones de carga y topologías de red conforme recomendaciones del estándar IEEE Std. 3002-2 – 2018 [1].

##### 1.2. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

**Tensión:** es una magnitud física que indica una diferencia de potencial.

**Usuario:** persona que usa habitualmente un servicio, también llamado cliente.

**Alimentador:** Es un circuito que está conectada a la salida de una SubEstación eléctrica el cual suministra energía eléctrica a los puestos de distribución.

**Estructuras:** con un conjunto de elementos que funciona como soporte.

**Gabinete:** Habitación o sala provista de aparatos informáticos para realizar procesos de trabajo (oficina).

**Nodo:** es un punto de unión de dos o más elementos de circuito.

**Plataforma:** son sistemas utilizados para hacer funcionar determinados módulos informáticos.

### **1.3. REDES DE DISTRIBUCION**

De acuerdo a como se entrega la energía eléctrica a los consumidores las líneas de distribución se pueden clasificar según su construcción en: líneas aéreas, dentro de las cuales están las líneas de distribuciones aéreas desnudas y las protegidas; líneas subterráneas; líneas mixtas las cuales están compuestas tanto por líneas aéreas como subterráneas [2]. Estas también se clasifican según sus niveles nominales de tensión en: Alimentadores primarios y alimentadores secundarios.

Actualmente la ANDE cuenta con los tipos de líneas mencionados anteriormente, siendo la aérea la más implementada, en cambio la línea subterránea es utilizada generalmente en la salida de las subestaciones y en los circuitos de distribución de aquellas ciudades que cuentan con una gran cantidad de edificaciones y habitantes.

#### **1.3.1. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a su construcción.**

##### **1.3.1.1. Redes de distribución aéreas.**

Se consideran líneas aéreas todas las redes montadas a cierta altura, al aire libre y a vista directa para el transporte de energía eléctrica. Para mantener los

conductores a la distancia mínima se utilizan apoyos, pudiendo ser estos de madera, metálicos o de hormigón y con conductores desnudos de aluminio y/o acero, o conductores aislados, donde se tienen las líneas aéreas compactas protegidas con separadores o las líneas aéreas pre-ensambladas (trenzadas) [3].

### **Líneas Áreas Convencionales**

Los conductores utilizados en las líneas aéreas son de aluminio y/o de cobre, aunque principalmente es material más utilizado es el aluminio.

#### **a) Líneas Áreas Protegidas**

Este tipo de líneas aparte de estar a la intemperie como las líneas convencionales, están compuesta de conductores que contienen una capa de aislación, donde la separación entre fases está hecha mediante espaciadores triangulares y verticales aislantes que permite una proximidad de los conductores [4].

#### **1.3.1.2. Redes de distribución subterráneas.**

Las redes subterráneas son utilizadas normalmente en zonas de gran demanda y cuya continuidad es bastante indispensable. Este tipo de redes de distribución son más confiables porque no están expuestas a descargas atmosféricas, tormentas, choques de vehículos, caídas de árboles, lanzamiento de objetos, etc., como lo están las redes aéreas [4].

#### **1.3.2. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a niveles nominales de tensión.**

##### **1.3.2.1. Redes de distribución primaria.**

En Paraguay la red primaria o red de media tensión es aquella cuya frecuencia de operación es de 50Hz y que mediante redes trifásicas con el neutro conectado a tierra, a la tensión nominal de 23.000 Voltios entre fases y 13.800 Voltios entre fase y neutro [5].

En condiciones normales de suministro se aceptan una tolerancia de  $\pm 2\%$  y  $\pm 5\%$  en los valores de frecuencia y tensión respectivamente [5].

### **1.3.2.2. Redes de distribución secundaria.**

En Paraguay las redes secundarias o red de baja tensión son aquellas cuyo nivel de tensión debe ser menor o igual a 1.000 Voltios y cuya frecuencia de operación es de 50Hz, los sistemas utilizados son las siguientes [6]:

- a) Mediante redes trifásicas trifilares sin neutro, a la tensión nominal de 220 Voltios entre fases [6].
- b) Mediante redes monofásicas trifilares con el punto medio conectado a tierra, a la tensión nominal de 220 Voltios [6].
- c) Mediante redes trifásicas tetrafilares con neutro conectado a tierra a la tensión nominal de 380 Voltios entre fases y 220 Voltios entre fase y neutro [6].

### **1.3.3. Estructuras.**

Los conductores deberán ir fijados en los postes por medios de las estructuras normalizadas, pudiendo ser de alineación, de retención y cambio de dirección, ya sean para cables desnudos, protegidos y preensamblados [7].

La determinación y el uso correcto de las mismas corresponden al Contratista de acuerdo a la configuración del terreno, al tipo de servicio que brindará y teniendo en cuenta la sección del conductor a ser utilizados [7].

### 1.3.3.1. Tipos más usados en Media Tensión.

MTHH 1	Media tensión para alineación 0° a 5° - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTHH 2	Media tensión en ángulo 6° a 30° - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTHH 3	Media tensión en ángulo 31° a 60° - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTHH 4	Media tensión en ángulo 61° a 90° - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTHH 5	Media tensión Terminal - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTHH 6	Media Tensión anclaje de paso en recta - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTHH 7	Media Tensión derivación - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTHH 8	Media Tensión prolongación - poste de H°A° con Hilo de Guardia
MTH 1	Media tensión en alineación - poste de acero con hilo de guardia
MTH 2	Media tensión en ángulo 6° a 30° - poste de acero con hilo de guardia
MTH 3	Media tensión en ángulo 31° a 60° - poste de acero con hilo de guardia
MTH 4	Media tensión en ángulo 61° a 90° - poste de acero con hilo de guardia
MTH 5	Media tensión Terminal - poste de acero con hilo de guardia
MTH 6	Media Tensión anclaje de paso en recta - poste de acero con hilo de guardia
MTH 7	Media Tensión derivación - poste de acero con hilo de guardia
MTH 8	Media Tensión prolongación - poste de acero con hilo de guardia
MTDH 1	Media tensión en alineación 0° a 5° - poste de H°A°
MTDH 2	Media tensión en ángulo 6° a 30° - poste de H°A°
MTDH 3	Media tensión en ángulo 31° a 60° - poste de H°A°
MTDH 4	Media tensión en ángulo 61° a 90° - poste de H°A°
MTDH 5	Media tensión Terminal - poste de H°A°
MTDH 6	Media Tensión anclaje de paso en recta - poste de H°A°
MTDH 7	Media tensión derivación - poste de H°A°
MTDH 8	Media tensión prolongación - poste de H°A°
MTDHE1	Media tensión alineación excéntrica 0° a 5° - poste de H°A°
MTDHE2	Media tensión en ángulo 6° a 30° excéntrica - poste de H°A°

Figura 1.1: Estructuras más utilizadas en Media Tensión

### 1.3.3.2. Tipos más usados en Baja Tensión.

RED 1	Baja tensión vertical alineación, poste palma o acero
RED 2	Baja tensión vertical ángulo 6° a 30°, poste palma o acero
RED 3	Baja tensión vertical ángulo 31° a 60°, poste palma o acero
RED 4	Baja tensión vertical ángulo 61° a 90°, poste palma o acero
RET RED5	Retiro RED 5
RED 5	Baja tensión vertical terminal, poste palma o acero
RED 6	Baja tensión vertical anclaje de paso en recta, poste palma o acero
RED 7	Baja tensión vertical alineación + arranque, poste palma o acero
REDH 1	Baja tensión vertical alineación, poste H°A° B.T.
REDH 2	Baja tensión vertical ángulo 6° a 30°, poste H°A° B.T.
REDH 3	Baja tensión vertical ángulo 31° a 60°, poste H°A° B.T.
REDH 4	Baja tensión vertical ángulo 61° a 90°, poste H°A° B.T.
REDH 5	Baja tensión vertical terminal, poste H°A° B.T.
REDH 6	Baja tensión vertical anclaje de paso en recta, poste H°A° B.T.
REDH 7	Baja tensión vertical alineación + arranque, poste H°A° B.T.
REDHH 1	Baja tensión vertical alineación, poste H°A° M.T.
REDHH 2	Baja tensión vertical ángulo 6° a 30°, poste H°A° M.T.
REDHH 3	Baja tensión vertical ángulo 31° a 60°, poste H°A° M.T.
REDHH 4	Baja tensión vertical ángulo 61° a 90°, poste H°A° M.T.
REDHH 5	Baja tensión vertical terminal, poste H°A° M.T.
REDHH 6	Baja tensión vertical anclaje de paso en recta, poste H°A° M.T.
REDHH 7	Baja tensión vertical alineación + arranque, poste H°A° M.T.
RED 8	Baja tensión vertical prolongación, poste palma o acero
REDH 8	Baja tensión vertical prolongación, poste H°A° B.T.
REDHH 8	Baja tensión vertical prolongación, poste H°A° M.T.
RED 9	Baja tensión vertical cruce de calle, poste palma o acero
REDH 9	Baja tensión vertical cruce de calle, poste H°A° B.T.

Figura 1.2: Estructuras más utilizadas en Baja Tensión

### 1.3.4. Protecciones de una red de distribución.

La función principal de un sistema de protección es evitar daños de los elementos existentes en las redes eléctricas de distribución, evitando así accidentes o pérdidas más cuantiosas.

#### 1.3.4.1. Equipos de Protecciones de Redes de Distribución MT Y BT.

##### 1.3.4.1.1. Fusibles

Se puede decir que es uno de los dispositivos de protección más utilizado y confiable dentro del sistema de protección [8].

Cuando por el fusible circula una sobrecorriente, el intervalo de tiempo desde que se detecta, hasta que empieza a fundirse se denomina "tiempo mínimo de fusión"; y el intervalo de tiempo que termina en fundirse todo el fusible se denomina tiempo máximo de despeje" [8]. La principal limitación de un fusible es siempre que es sometido a una corriente superior a su mínima corriente de fusión, se funde y queda sin servicio la parte del sistema más allá de éste, esta interrupción se da hasta que un técnico llegue y analice el tipo de falla y reponga dicho fusible [8].

Existen diferentes subdivisiones de los tipos de fusibles según la norma ANSI C37.42. Mencionaremos una descripción de cada uno de ellos [8].

- **Fusible tipo K:** Conducen hasta 150% de su  $I_n$  sin daños (relación de velocidades 6 a 8) [8].
- **Fusibles Tipo T:** Más lentos que los K (relación de velocidad 10 a 13)
- **Fusible tipo Std:** Intermedia entre los K y T; son permisivos a las fluctuaciones de corriente (relación de velocidad 7 a 11) [8].
- **Fusible Tipo H:** Conducen hasta el 100% de su  $I_n$  sin daño; tienen característica de fusión muy rápida (relación de velocidad 7 a 11) [8].

- **Fusible Tipo N:** Conducen hasta el 100% de su  $I_n$  sin daños. Son más rápidos aún que los H [8].
- **Fusible Tipo X:** Provistos de un elemento dual: son permisivos a las fluctuaciones de la corriente (relación de velocidad 32) [8].
- **Fusible Tipo Sft:** Provisto de elemento dual; no actúan ante fallas temporarias en transformadores [8].
- **Fusibles Tipo MS o KS:** Respuesta ultra lenta y mayor permisividad de corriente que los T; bueno como protección de línea (relación de velocidad [8].
- **Fusibles Tipo MN241 AYEE:** Conducen hasta el 130% de su  $I_n$  sin daños; poseen un resorte extractor necesario en los seccionadores MN241 AYEE [8].



Figura 1.3: Seccionador fusible MT y Seccionador BT tipo NH

### 1.3.5. Demanda

La demanda es la potencia requerida por el consumidor por parte de la empresa encargada de suministrar la energía eléctrica.

#### 1.3.5.1. Curva de Demanda

En la siguiente imagen se puede observar la demanda con respecto al tiempo (ver Figura 1.10). El intervalo de tiempo para el análisis, puede ser diario, semanal, mensual, anual.

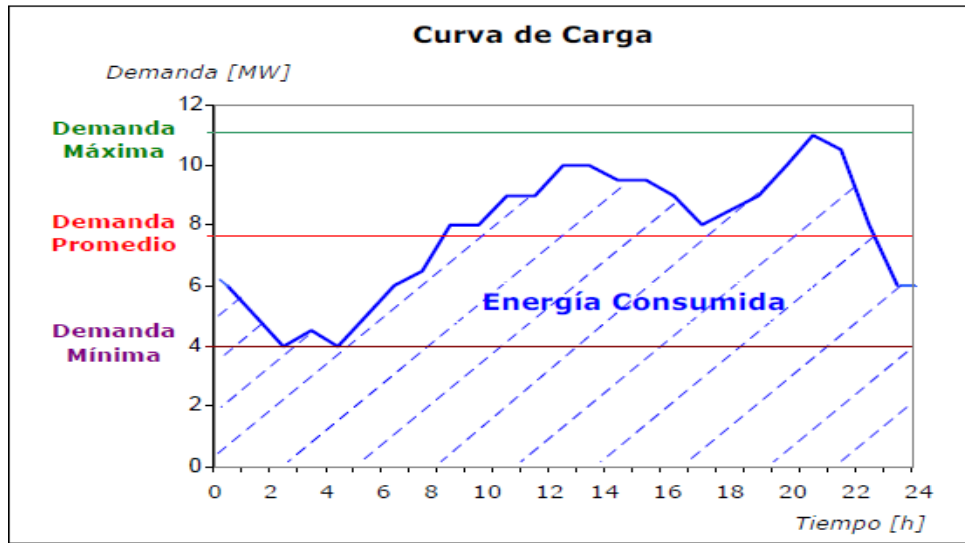


Figura 1.4: Curva de Carga Diaria.

En el eje de las abscisas se representa el tiempo y en el eje de las ordenadas la potencia eléctrica demandada. El área que está por debajo de la curva formada, es la energía demandada. La forma de la curva de carga, depende fundamentalmente si es una carga de tipo residencial, comercial industrial, del día de la semana, de la estación (invierno, verano) y de los factores climáticos (sobre todo de la temperatura) [9].

#### 1.3.5.2. Parámetros de la Demanda

Existen ciertos parámetros o Índices que pueden definir características relacionadas con la demanda durante el periodo de tiempo considerado [9].

- **La energía demandada** o consumida por la carga en el periodo de un año  $EDa$  [kWh], es equivalente al área debajo de la curva de carga horaria o curva de carga ordenada [9].
- **La potencia demandada promedio anual**  $PDmed$  [MW]:

$$PD_{med}[MW] = \frac{EDa[MWh]}{8760[h]}$$

- **La demanda máxima**  $PD_{m\acute{a}x}$  [MW], es el pico de la demanda que se alcanza en el periodo de tiempo analizado [9].
- **La demanda mínima**  $PD_{mn}$  [MW], es el valle de la demanda que se alcanza en el periodo de tiempo analizado 5) **Factor de Carga**  $f_{car}$ . Es la relación entre la energía demandada  $EDa$  y la energía que demandaría la carga en el periodo considerado si estuviese conectado siempre a su potencia máxima  $PD_{m\acute{a}x}$  [9].
- **Factor de Utilización** Es un factor también llamado factor de producción o factor de capacidad, es la relación entre la energía demandada  $EDa$  y la energía de demandaría la carga en el periodo considerado  $T$ , si estuviese conectada a su potencia máxima  $PD_{m\acute{a}x}$  [9].

$$f_{car} = \frac{EDa[MWh]}{PD_{m\acute{a}x}[MW]T[h]} \rightarrow f_{car} = \frac{PD_{med}[MW]T[h]}{PD_{m\acute{a}x}[MW]T[h]} \rightarrow f_{car} = \frac{PD_{med}[MW]}{PD_{m\acute{a}x}[MW]}$$

### 1.3.6. Componentes adicionales de una red de distribución.

La red eléctrica de distribución está constituida por varios componentes independientes las cuales al combinarse forman una estructura compleja que es utilizado para el transporte de la energía eléctrica.

Algunos de los componentes adicionales son:

- a) Puesto de Distribución
- b) Postes
- c) Aisladores y Crucetas
- d) Conductores
- e) Alumbrados Públicos

- f) Rendas o Retenidas
- g) Acometidas

#### **1.3.6.1. Puesto de Distribución**

Esta construcción, comprende a la instalación que contiene exclusivamente al transformador con sus respectivos elementos de protección y maniobra en MT/BT incluidos sus respectivos postes en los casos de puestos distribución aéreo o el recinto que lo contiene ya sea a nivel o subterráneo.

##### **a) Descargadores de Sobretensión y Puesta a Tierra**

Los descargadores de sobretensión son elementos de la red eléctrica que se instalan en sobre los transformadores para protegerlos de sobretensiones transitorias. El descargador está conectado a tierra, ofreciendo así un camino seguro de baja impedancia a tierra para que la energía procedente de una sobretensión. El descargador funciona como un aislante en caso de tensiones normales.



Figura 1.5: Descargador Polimérico de Sobretensión

##### **b) Aisladores y Sostenes**

- Crucetas: son utilizadas crucetas de madera en baja tensión y en media tensión se utilizan crucetas de madera y también crucetas poliméricas.
- Aisladores: generalmente son de porcelana, funcionan como aislante entre los conductores energizados y las estructuras.

- Herrajes: generalmente son de acero galvanizado, se utilizan como soportes y complementos de las estructuras eléctricas. Son indispensables en la red eléctrica.



Figura 1.6: Aisladores Eléctricos y Herrajes.

### c) Transformador

Un transformador es aquella máquina del sistema de distribución que recibe la energía eléctrica de corriente alterna de media tensión con un nivel de tensión y lo transforma en la salida en niveles de baja tensión, esto gracias a un campo magnético.

Un transformador consiste en dos o más bobinas de alambre envueltas alrededor de un núcleo ferromagnético común. Estas bobinas no están conectadas directamente. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común presente dentro del núcleo.

Estos pueden ser Monofásicos o Trifásicos.



Figura 1.7: Transformador de distribución monofásico y trifásico.

### **1.3.6.2. Postes**

Los postes eléctricos son estructuras utilizadas por las empresas de servicios públicos para sostener cables y otros equipos necesarios para la distribución de energía [10]. Pueden ser de madera, acero u Hormigón Armado.

#### **a) Poste de madera**

Los postes de madera se utilizan solo para líneas de baja tensión 230 o 440V, y se les encuentra principalmente en áreas rurales. Una gran ventaja del poste de madera es que proporciona más aislamiento eléctrico [10].

Este tipo de infraestructura se caracteriza por ser el más rentable y antiguo del mercado, debido al bajo costo, la fácil instalación y su duración [10].

#### **b) Poste de acero**

Como una opción más duradera y respetuosa del medio ambiente con una mayor capacidad de carga, el acero se utiliza a menudo como alternativa para la madera. También son más confiables y fáciles de instalar. Correctamente instalados y cuidados, pueden durar, en promedio, 60 años. La galvanización ayuda a maximizar su esperanza de vida [10].

#### **c) Poste de Concreto – Hormigón Armado**

Otro de los tipos de postes eléctricos es el de concreto, que tiene la capacidad de carga más alta de estas estructuras. Al igual que los de acero, son extremadamente resistentes a la putrefacción y al daño causado por la fauna salvaje; requieren de mantenimiento mínimo y resisten bien las condiciones climáticas adversas [10].

Su vida útil oscila alrededor los 50 años; su pesadez y relativa impenetrabilidad los convierten en la opción ideal para usar en áreas costeras, donde pueden soportar bien los vientos fuertes y los terrenos pantanosos [10].

En el caso de Paraguay los postes podrán ser de hormigón armado (H<sup>0</sup>A<sup>0</sup>) de 9 metros, 150, 200 y 500 Kgf, o de acero de 9 metros normal o reforzado para la red de baja tensión, y podrán ser de hormigón armado de 12 metros, 300, 500 y 800 Kgf, o de acero normal o reforzado para media tensión; en caso de postaciones en terreno de difícil acceso podrán ser de acero de 12 metros normales y reforzados. En casos especiales se utilizarán postes de H<sup>0</sup>A<sup>0</sup> de 15 metros 500 Kgf, y 15 metros 800 Kgf. No se admitirán la utilización de postes menores a 9 metros, ni de postes de palma, en ningún caso [7].

La profundidad del poste se ajustará a la fórmula  $\frac{L}{10} + 60$  cm siendo L la longitud total del poste en metros. Para todos los postes de media y baja tensión se deberá usar la cimentación reforzada Tipo II, según requerimiento de la ANDE sin excepción alguna [7].

#### **1.3.6.3. Crucetas**

Sobre ellas van instalados los aisladores que soportan los conductores, su longitud depende de los niveles de tensión y de la longitud del vano, ya que deben mantener la distancia entre los conductores a lo largo de todo el vano en diferentes condiciones de cálculo de vientos sobre los conductores.

#### **1.3.6.4. Conductores**

Son los encargados de transmitir la corriente eléctrica a través de circuitos eléctricos.

Hay tres tipos de conductores según material:

- Conductores de aluminio.
- Conductores de aluminio y acero.
- Conductores de Cobre.

En el caso de la ANDE los conductores deberán ser proyectados en media tensión de acuerdo a su tipo, sean estos desnudos de Aleación de Aluminio de

secciones de 70 y 150mm<sup>2</sup>, pre ensamblados de 185mm<sup>2</sup> Al., protegidos de 35, 70 y 185mm<sup>2</sup> Al., y para los de tipos subterráneos de 50 y 240mm<sup>2</sup> Al. Asimismo, para el tendido de conductor es en baja tensión se proyectarán con el tipo pre ensamblado de secciones de 2 x 16, 2 x 25, 2 x 35, 3 x 16 + 1 x 16, 3 x 25 + 1 x 50, 3 x 25 + 1 x 35 y 3 x 70 + 1 x 50mm<sup>2</sup> [7].



Figura 1.8: Conductores desnudos de Cobre y Aluminio. Conductor Pre ensamblado.

#### **1.3.6.5. Alumbrados Públicos**

El alumbrado público es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, con el objetivo de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades. La mayoría de los alumbrados públicos del mundo son de lámparas de vapor de sodio, vapor de mercurio y LED [11].

#### **1.3.6.6. Rienda o Retenida**

La rienda o retenida es un elemento mecánico de la red eléctrica que se utiliza para contrarrestar las fuerzas mecánicas de los cables (conductores) en las estructuras y con eso logra eliminar los esfuerzos de flexión y torsión en el poste. Estos deben ser anclados generalmente en el suelo a un ángulo de 45° o sujetado a postes contiguos, y además deben de estar aislados con aisladores.

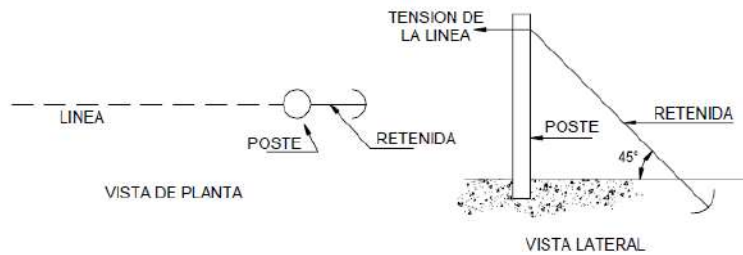


Figura 1.9: Vista de Planta y Lateral de una Rienda

### 1.3.6.7. Acometida

La acometida es aquella conexión aérea o subterránea que conecta 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 [12].

Las acometidas en baja tensión finalizan en la denominada caja general de protección mientras que las acometidas en media tensión finalizan en un centro de transformación, donde se define como el comienzo de la instalación interna o del usuario. En instalaciones para un sólo usuario, la acometida finaliza en un armario de protección y medida que puede alojar los fusibles generales de protección y los medidores de energía de la instalación [12].

En una red de baja tensión la acometida puede ser monofásica o trifásica.

La acometida consta de los siguientes elementos:

- a) Servicio: es la conexión eléctrica desde el punto de toma de energía de la red de la empresa suministradora, hasta la parte externa de la propiedad del usuario. El servicio puede ser aérea o subterránea [5].
- b) Entrada: es la conexión eléctrica entre el servicio y el puesto de medición [5].
- c) Medición: Los medidores de energía son aparatos usados para la medida del consumo de energía. Existen varios tipos de medidores dependiendo

de su construcción, tipo de energía que mide, clase de precisión y conexión a la red eléctrica [5].



Figura 1.10: Medidor de Energía Eléctrica Digital.

## CAPITULO 2

### Desarrollo de Aplicación Móvil

#### 2.1. Tecnologías móviles en una red de distribución eléctrica.

Las aplicaciones pueden ser de consumo, productividad y entretenimiento y esta han pasado por un proceso de transformación de acuerdo a la evolución de los sistemas operativos, adaptándose a las posibilidades de cada ecosistema, y limitadas por la ingeniería del software.

Las apps han mejorado con el tiempo, acumulando más funcionalidades y proporcionando un aumento en la productividad, todo ello desembocando en una mejora dentro de la vida laboral y personal del individuo.

##### 2.1.1. Apps para el sector eléctrico.

En el mundo de la ingeniería y la electricidad es primordial el uso de Apps como herramientas de trabajo que faciliten y modernicen las tareas en el ámbito laboral. Estas aplicaciones pueden ayudar al electricista e instaladores eléctricos a mejorar sus tareas diarias y a resolver de manera cómoda los desafíos que se le presenten. Gracias a las Apps usted puede acceder a:

- Tablas de medición.
- Consumo energético
- Históricos de servicios.
- Cálculos básicos y avanzados.
- Mediciones.
- Presupuestos.

### **2.1.2. Procedimiento de desarrollo de aplicaciones.**

El desarrollo de aplicaciones móviles no difiere de la creación de software para cualquier otra plataforma, esto quiere decir que, salvo ciertas particularidades el proceso de desarrollo de aplicaciones es el mismo procedimiento de la creación de cualquier otro software.

Debido a que la creación de un software es un proceso que se basa mucho en la prueba y el error de las funcionalidades implementadas, el procedimiento de desarrollo no es una secuencia rígida de actividades. Para que se logren cumplir los objetivos propuestos existen metodologías de control de actividades, y el proceso de desarrollo puede no cumplirse secuencialmente.

### **2.1.3. Plataformas de desarrollo de aplicaciones.**

#### **2.1.3.1. App Inventor.**

App Inventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web. Las aplicaciones creadas con App Inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil [13]

Con Google App Inventor, se espera un incremento importante en el número de aplicaciones para Android debido a dos grandes factores: la simplicidad de uso, que facilitará la aparición de un gran número de nuevas aplicaciones; y Google Play, el centro de distribución de aplicaciones para Android donde cualquier usuario puede distribuir sus creaciones libremente [13].

### **2.1.3.2. Python.**

Python es un lenguaje de programación creado por Guido van Rossum a principios de los años 90 cuyo nombre está inspirado en el grupo de cómicos ingleses “Monty Python” [14]. Se trata de un lenguaje interpretado o de script, con tipado dinámico, fuertemente tipado, multiplataforma y orientado a objetos [14].

En Python, como en Java y muchos otros lenguajes, el código fuente se traduce a un pseudo código máquina intermedio llamado bytecode la primera vez que se ejecuta, generando archivos pyc o pyo (bytecode optimizado), que son los que se ejecutarán en sucesivas ocasiones [14].

### **2.1.3.3. AppSheet.**

AppSheet es una plataforma de desarrollo sin código que permite que cualquier usuario pueda crear aplicaciones web y móviles sin tener experiencia en programación [15]. Las aplicaciones de AppSheet se pueden crear a partir de fuentes de datos, como Hojas de cálculo de Google, Excel, Cloud SQL, Salesforce y otros conectores similares [15].

Las aplicaciones desarrolladas con Appsheet son dinámicas y pueden ser utilizados en todo tipo de dispositivos móviles y/o navegadores. Puedes diseñar su interfaz a partir de plantillas de experiencia de usuario para crear mapas, calendarios, paneles de control y mucho más [15].

## CAPÍTULO 3

### Modelado de Red

#### 3.1. Definición.

El modelado es de gran utilidad para realizar estudios de planificación y operación de una red real. Permite calcular los valores de las variables de estado cuando estas se vean envueltas en un escenario determinado y de esa forma visualizar el comportamiento de la red. Para efectuar un estudio así, es de suma importancia realizar un buen modelado de la red a ser estudiada, para ello es fundamental recolectar la mayor cantidad de datos de la red real y plasmarlos en el software a utilizar [16].

El problema de flujo de carga permite calcular las condiciones de operación del sistema en régimen permanente. Esto se logra utilizando como datos la topología misma de la red, la generación disponible y las cargas en cada nudo. Como resultado se obtienen los perfiles de tensión de cada nudo y los flujos de potencia circulantes por las líneas y transformadores de la red [16].

Esta herramienta es la más utilizada dentro de los sistemas de potencia, tanto para planificación como operación de los mismos. También es parte fundamental de los análisis de seguridad del sistema, ya que es base de partida para determinar tensiones fuera de los límites aceptados y sobre cargas en las líneas y transformadores en consecuencia a un aumento del consumo o en el caso que se presentase alguna contingencia [16].

#### 3.2. Software de Simulación de Sistemas Eléctricos de Potencia.

##### 3.2.1. CYMDIST

CYMDIST es el paquete base para el análisis del sistema de distribución del software CYME [17]. Agrupa todas las herramientas de modelado y análisis

necesarias para realizar los diversos tipos de simulaciones involucradas en la planificación del sistema de distribución eléctrica [17].

Gracias al paquete del software CYMDIST podemos realizar los siguientes análisis:

- Flujo de carga desbalanceado
- Distribución y estimación de carga
- Análisis de fallas:
- Flujo de falla/cortocircuito
- Localizador de fallas
- Falla serie y falla simultánea
- Caídas de tensión
- Balance de carga
- Dimensionamiento y ubicación óptima del condensador
- Arranque de motor
- Análisis por lotes

Se pueden agregar módulos opcionales a CYMDIST a fin de extender la funcionalidad para realizar más análisis detallados y especializados [17].

### **Modelado y representación precisos**

Las capacidades de modelado del editor de red del software CYME contienen la representación detallada de todas las partes de una red de distribución, que incluye el sistema primario MV, el sistema secundario LV (radial o mallado) así con tema de subtransmisión [17].

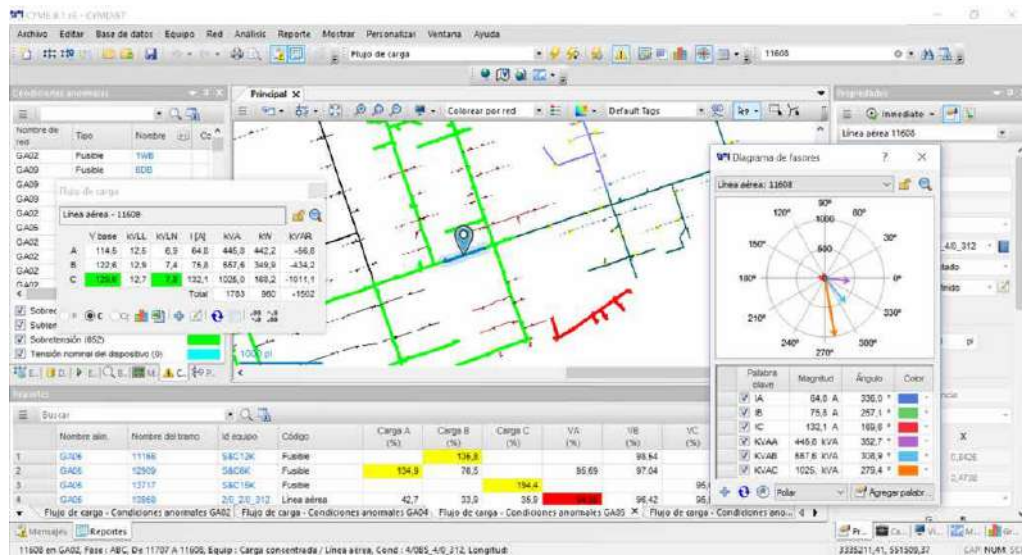


Figura 3.1: Ventana de Interfaz de Cymdist

El paquete base CYMDIST es una herramienta integral que proporciona a los ingenieros de distribución las aplicaciones clave para realizar estudios de planificación del sistema, simulaciones y análisis a diario [17].

### 3.2.2. ETAP

ETAP es un poderoso y completo software de simulación de sistemas de potencia, el cual cuenta con numerosos módulos orientados al óptimo diseño, planeación y operación de un sistema eléctrico en diversos tipos de industria [18]. Desde el lanzamiento de su primera versión en 1986, su casa desarrolladora, Operation Technology Inc, ubicada en la ciudad de Irvine-California, ha innovado aplicativos atendiendo las continuas realimentaciones y sugerencias de sus clientes alrededor del mundo, considerándose entre los Usuarios como una herramienta confiable, rápida y amigable a la hora de modelar y llevar diferentes análisis eléctricos [19].

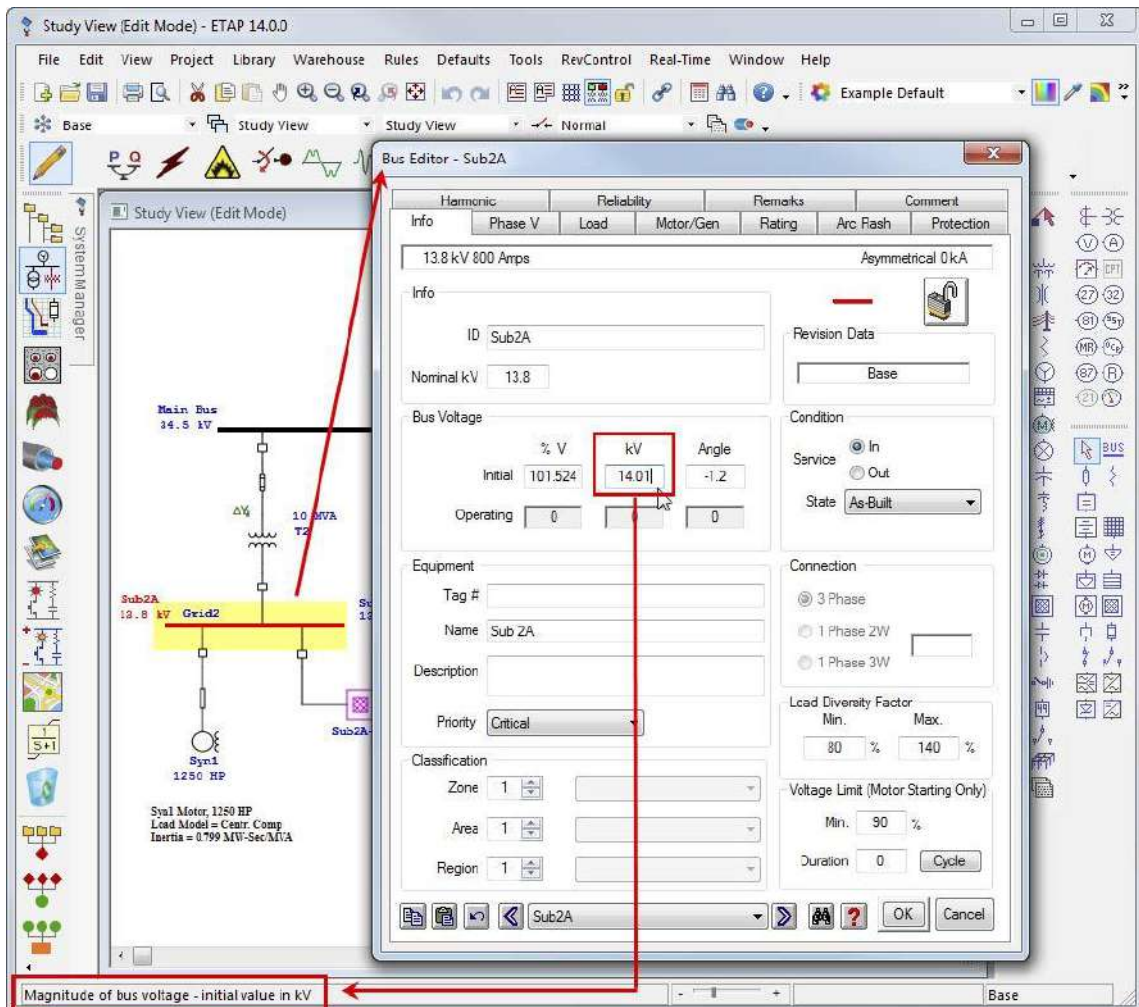


Figura 3.2: Ventana de Interfaz de ETAP (Bus Editor).

ETAP es un paquete empresarial completamente gráfico que se ejecuta en Microsoft® Windows® 2012, 2016, 7, 8, 8.1 y 10 sistemas operativos. ETAP es la herramienta de análisis más completa para el diseño y las pruebas de sistemas de potencia disponibles. Usando sus módulos de simulación fuera de línea estándar, ETAP puede utilizar datos operativos en tiempo real para monitoreo avanzado, simulación en tiempo real, optimización, energía sistemas de gestión y deslastre de carga inteligente de alta velocidad [19].

ETAP ha sido diseñado y desarrollado por ingenieros para ingenieros para manejar la diversa disciplina de los sistemas de energía para un amplio espectro de industrias en un paquete integrado con múltiples vistas de interfaz, como redes de CA y CC, canalizaciones de cables, rejilla de tierra, GIS, paneles, arco eléctrico, WTG, coordinación/selectividad de dispositivos de protección y control de CA y CC diagramas del sistema [19].

ETAP le permite crear y editar fácilmente diagramas unifilares gráficos (antiguos), cables subterráneos sistemas de canalización (UGS), sistemas de cable tridimensionales, coordinación avanzada de tiempo-corriente y parcelas de selectividad, esquemas de sistemas de información geográfica (SIG), así como cuadrícula de tierra tridimensional (GGS) [19].

### **3.2. Red Equivalente.**

Una red equivalente es una red que, en ciertas condiciones de uso, puede reemplazar a otra red sin efecto sustancial sobre el comportamiento eléctrico [20].

#### **Redes pasivas equivalentes**

Esto significa que, dos redes lineales y pasivas pueden decirse equivalentes sí, cuando se aplican tensiones idénticas (de cualquier valor) a terminales correspondientes de las dos redes, aparecen corrientes idénticas en terminales correspondientes de las dos redes [20].

#### **Redes activas equivalentes**

Las mismas ideas básicas aplicadas hasta ahora al caso de las redes pasivas son aplicables al caso de las redes que contienen fuentes de tensión o corriente, pero en tales casos necesitamos una nueva definición de equivalencia: Dícese que dos redes activas son equivalentes si producen la misma corriente en las cargas cuando éstas tienen el mismo valor arbitrario de impedancia [20].

### **3.4. Modelado de Líneas.**

Las representaciones de las líneas dependen en gran manera de su longitud y de la exactitud requerida. Existen tres clasificaciones amplias de longitud: corta, media y larga [18].

La línea o cable real es un circuito de constantes repartidas, es decir tiene resistencia, inductancia, capacidad y perditancia distribuidas por igual a lo largo de su longitud [18]. Excepto en el caso de líneas largas, la resistencia, inductancia, capacidad y resistencia de pérdidas totales de la línea se suponen concentradas para dar un circuito de constantes concentradas [18].

### **3.5. Modelado de Transformadores.**

El aumento de la demanda junto y el actual uso creciente de cargas no lineales, están generando efectos armónicos en la red que hacen que las empresas distribuidoras de energía eléctrica realicen estudios previos basados en los componentes armónicos para proyectar sus redes de distribución, para que estas puedan soportar el incremento de carga y los efectos provocados por los armónicos [21].

Si bien las pérdidas en los transformadores son uno de los componentes de mayor importancia dentro del sistema de distribución, los armónicos provocan otro de mayor importancia, el rápido deterioro de vida del transformador, los armónicos generan una elevación de corriente que se convierte en pérdidas y directamente en calentamiento, provocando una elevación de la temperatura esta elevación causa un deterioro en los componentes del transformador como son: papel aislante, aceite aislante, daños en los bobinados, etc. estos deterioros en una mayor disminución de pérdida de vida [21].

### **3.6. Modelado de Cargas.**

Los modelos de carga son una representación matemática de la relación existente entre la potencia activa y reactiva de la carga conectada a una barra y la tensión y frecuencia en la barra [22].

Los modelos de carga deben buscar cumplir con una correspondencia física y flexibilidad, esto quiere decir que las ecuaciones deben representar la realidad en todo instante de tiempo y además los modelos de carga deben ser capaces de definir el mayor número de tipos de cargas [22].

El modelado de cargas depende del tipo de respuesta de la tensión y frecuencia para los casos de estudio descritos. Cada uno de los casos de estudio propuestos presenta exigencias únicas, las cuales deben ser consideradas a la hora de definir un modelo de cargas [22]

## CAPÍTULO 4

### Flujo de Potencia

#### 4.1. Definición.

Un flujo de potencia implica encontrar la solución a una serie de ecuaciones simultáneas lineales, dada la característica que tienen las relaciones, entre el voltaje y la corriente en cada barra, entre el requerimiento de potencia activa y reactiva en una barra de carga (barra PQ) o la capacidad de potencia generada y el tamaño de voltaje especificado en una barra de generación (barra PV) [23]. Con las circunstancias de operación de un sistema eléctrico y conforme con las potencias activa y reactiva que inyectan la generación y la carga en las barras de red de un SEP, se puede conocer las disposiciones eléctricas en estado permanente para estudiar su comportamiento [23].

El estudio de flujos de carga es de gran interés en la planeación de la red eléctrica y en el diseño de futuras expansiones de los sistemas eléctricos, asimismo en la mejora de las condiciones de operación de los sistemas eléctricos existentes. Los datos que se obtienen al realizar un estudio de flujos de potencia son la magnitud y el ángulo del voltaje en cada nodo del sistema, así como la potencia real y reactiva en todos los ramales [23].

Este estudio se lo realiza principalmente en la red de transmisión, ya que para el análisis se necesita considerar un sistema que esté operando de forma estable y balanceada dentro de la formulación tradicional. Entonces para el análisis de flujos se debe tener en cuenta que las cargas del sistema son de valores constantes. En general, el planteamiento de las ecuaciones de flujos de potencia se hace de acuerdo a tres tipos de barras del sistema, para las que se especifican valores iniciales [23].

## 4.2. Esquema Unifilar

El interés en este momento radica en la manera de representar la unión de estos componentes para modelar un sistema completo. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno, es rara vez necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito [24].

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema. La importancia de las diferentes piezas de un sistema varía con el problema bajo consideración, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza [24].

Según las Normas ANSI (Instituto Nacional de Normas Americanas) y la Norma IEEE del (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) han emitido un conjunto de símbolos estandarizados para los diagramas eléctricos utilizados. En la figura 4.1 se muestran algunos de los símbolos.

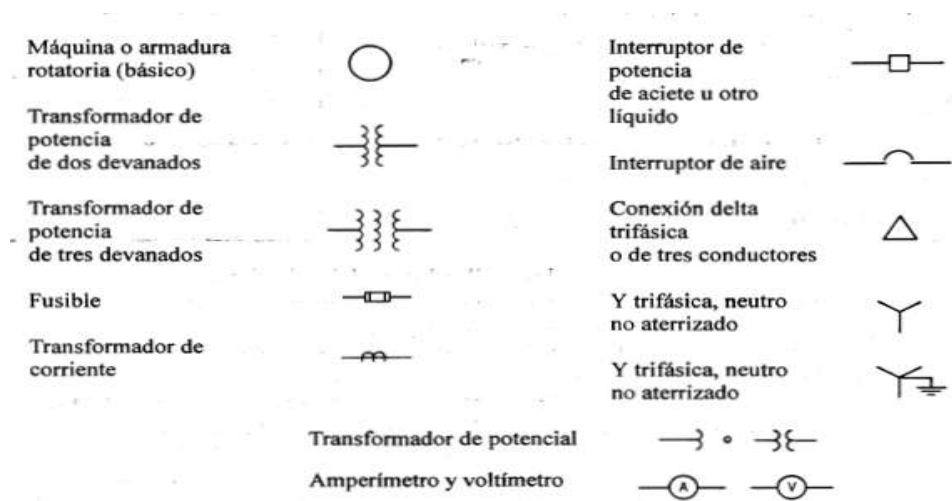


Figura 4.1: Símbolos utilizados en esquemas unifilares.

### 4.3. Métodos de resolución

Para la determinación del estado de un sistema eléctrico a través de un flujo de potencia, origina un conjunto de ecuaciones algebraicas alineales y a consecuencia de eso, se utilizan técnicas iterativas para estas soluciones.

#### 4.3.1. Método Gauss-Seidel (GS)

El método de Gauss-Seidel es un procedimiento numérico iterativo simple para los cálculos de un flujo de carga. Este método encuentra una solución al conjunto de ecuaciones, resolviendo repetidamente este conjunto de ecuaciones hasta que la solución se encuentre dentro de un límite de error aceptable. [23]

El método de Gauss-Seidel utiliza los valores calculados en una iteración determinada para calcular los valores de las incógnitas faltantes de la misma iteración. Estos valores calculados se utilizan para la siguiente iteración. Esto reduce considerablemente el número de iteraciones hasta alcanzar la convergencia total del flujo de potencia [23].

Algunas características que definen al método de Gauss-Seidel son:

- Es uno de los métodos más simples en el análisis de flujos de carga. Por su simplicidad es fácilmente manejable para el inicio del análisis de flujos de carga [23].
- Este método se utiliza para el estudio de flujos de potencia en sistemas eléctricos pequeños [23].
- Este método se puede utilizar en sistemas eléctricos de potencia grandes para obtener una primera solución aproximada, utilizándola como solución inicial para el método de Newton-Raphson. Sin embargo, la convergencia del método de Gauss-Seidel se vuelve cada vez más lenta a medida que el tamaño del sistema se expande; y por lo tanto no es muy común emplearlo para estudios prácticos de flujo de carga o para estudios de investigación que involucren flujos de potencia en redes complejas [23].

#### **4.3.2. Método Newton-Raphson (NR)**

Newton-Raphson es un método ampliamente conocido por sus excelentes características de convergencia (convergencia cuadrática), sobre todo en sus versiones desacopladas [23].

Gracias a que es posible realizar la convergencia cuadrática, matemáticamente hablando es superior al método de Gauss-Seidel, por consiguiente, es más eficiente. La cantidad de iteraciones suficientes para que el método Newton-Raphson llegue a una solución es independiente del tamaño del sistema, a diferencia del método de Gauss-Seidel donde el número de iteraciones dependen del tamaño del SEP en estudio [23]. El estudio de flujos de carga al ser resuelto mediante el método de Newton-Raphson transforma las ecuaciones no lineales en ecuaciones lineales [23].

### **III. RESUMEN EJECUTIVO**

#### **CAPITULO 5**

##### **5.1. Descripción del trabajo**

El presente proyecto de fin de grado consiste en el diseño del modelado de la red de baja tensión de la ANDE mediante el previo desarrollo de una aplicación móvil para recolección de datos de la red de BT orientado al alimentador COV1 de Coronel Oviedo.

##### **5.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas**

###### **5.1.1.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se llevó a cabo según el objeto y la extensión del estudio fue del tipo aplicada ya que el objetivo de este trabajo fue encontrar estrategias que puedan ser empleadas en el abordaje de un problema específico, en este caso el de desarrollar una herramienta tecnológica para optimizar el trabajo de recolección de datos para su uso en el rediseño del modelado de red de la ANDE.

La investigación fue del tipo experimental, ya que se evaluó la funcionalidad de la herramienta tecnológica desarrollada pudiendo así calibrar y evaluar los datos geográficos obtenidos, velocidad de almacenamiento de datos, cantidad de datos almacenados, y una buena presentación de los mismos a través de la herramienta. Además, se evaluó el modelado de red desarrollado mediante su utilización a la hora de realizar las simulaciones correspondientes.

### **5.1.1.2. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos**

La recolección de datos se realizó mediante entrevistas no estructuradas a los técnicos e Ingenieros de la ANDE encargados del área, a modo de obtener los datos actuales del alimentador y determinar los tipos de datos y nivel de detalle a relevar en baja tensión. Además, se recopiló la información necesaria haciendo uso de libros, internet y guías del tutor.

### **5.1.1.3. Fases Metodológicas**

Durante el proceso del trabajo se realizaron las siguientes fases:

- Fase 1: Diseño de la base de datos de la red de baja tensión de la ANDE.
- Fase 2: Desarrollo de un aplicativo para la recolección de datos.
- Fase 3: Relevamiento de datos de la red de baja tensión mediante el aplicativo.
- Fase 4: Diseño del modelado de la red de distribución de la ANDE mediante el software ETAP.
- Fase 5: Análisis de la condición actual de operación por medio de simulaciones con el modelado.
- Fase 6: Evaluación de resultados y emisión de reporte de la condición actual del sistema.

## **5.2. Justificación**

Con la realización de este proyecto de fin de grado se pretende aportar una herramienta tecnológica que permita optimizar el trabajo de recolección de datos de la red de baja tensión de la ANDE para así poder contar con una base de datos en menor tiempo y de manera más eficiente. Además, la ANDE podrá contar con un modelado de red más actualizada y detallada que le permitirá llevar

a cabo estudios y análisis que arrojen resultados más precisos de su sistema de distribución.

Es por ello que la empresa ANDE será el principal beneficiario por la realización de este proyecto de fin de grado, debido a que al contar con una base de datos de su red de baja tensión y con un modelado de red actualizado podrá realizar análisis de su red de distribución lo que le posibilitará tomar decisiones para avanzar hacia una red más eficiente y confiable. De esta manera también el usuario final se verá beneficiado con la realización del proyecto por la mejora del servicio que puede brindarle la ANDE al contar con un modelado de red más preciso y dinámico.

### **5.3. Finalidad del proyecto**

Con este proyecto se busca optimizar el proceso de recolección de datos y a su vez mejorar el servicio que la ANDE brinda a sus usuarios mediante el diseño del modelado de la red del sistema de distribución.

### **5.4. Metas**

Brindar una herramienta funcional para la recolección de datos de la red de distribución de baja tensión y ofrecer un modelado que sea de utilidad para el análisis de la red de ANDE.

### **5.5. Objetivos**

#### **5.5.1. Objetivos generales**

Recolectar datos de la red de baja tensión de la ANDE mediante el desarrollo de un aplicativo móvil para diseñar un modelado de red aplicado al Alimentador COV1 de Coronel Oviedo.

### **5.5.2. Objetivos específicos**

- Diseñar una base de datos dinámica de la red de baja tensión ajustado a las necesidades de ANDE.
- Desarrollar un aplicativo para la recolección de datos de líneas de distribución en baja tensión.
- Realizar la recolección de datos de la red de baja tensión de la ANDE mediante el aplicativo móvil.
- Diseñar el modelado de la red de distribución de la ANDE mediante el software ETAP.
- Analizar la condición actual de operación de la red por medio de simulaciones con el modelado.
- Evaluar los resultados obtenidos para emitir un reporte de las condiciones actuales de operación del sistema de distribución de la ANDE.

### **5.6. Beneficiarios**

Con este proyecto se beneficiará directamente la empresa ANDE como así también los usuarios de la zona.

### **5.7. Producto**

Los productos que se ofrecen al término de este proyecto es el GIS BT y el Modelado de la Red de Baja Tensión de alimentador COV1.

### **5.8. Localización física y cobertura espacial**

El proyecto abarca desde la salida de la Sub Estación hasta parte del barrio Conavi y Barrio Regina de la Ciudad de Coronel Oviedo. Ver Figura 5.1.

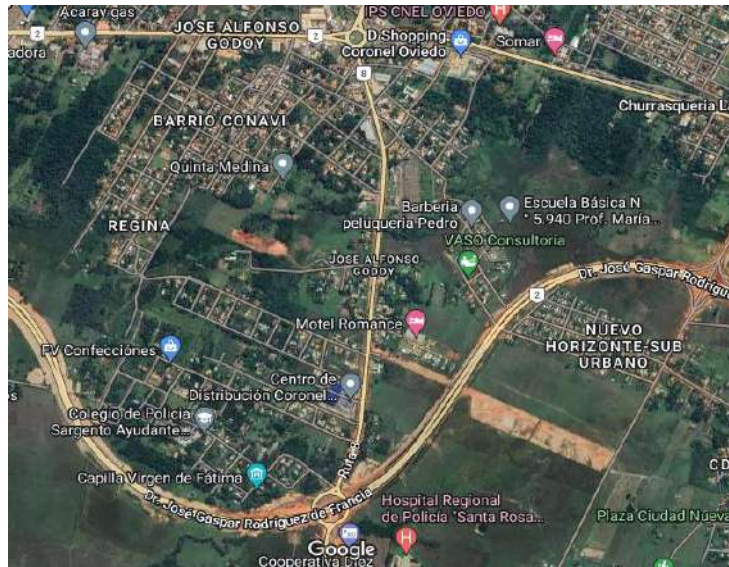


Figura 5.1: Ubicación Geográfica del alimentador COV1

### 5.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas

- Revisión de materiales bibliográficos y trabajos científicos para la elección de herramientas a utilizar.
- Recolección de datos actuales de la red de distribución de la ANDE.
- Desarrollo del aplicativo móvil.
- Recolección de datos con la aplicación móvil desarrollada.
- Diseño del modelado de red mediante los datos recolectados.
- Simulaciones y pruebas de funcionalidad del modelado.

### 5.10. Recursos necesarios

Para el abordaje final de este proyecto final de grado se tuvieron en cuenta varios recursos que se describen más abajo.

#### 5.10.1. Recursos humanos

Este proyecto final de grado fue elaborado por el alumno proyectista de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA de la carrera de Ingeniería en Electricidad, con el apoyo del Asistente de Proyecto Final de Grado, Ingeniera

tutora Ing. Elisa Rojas Girett, Ingeniero co tutor Ing. Alejandro Cano y personales técnicos del Departamento de Operaciones de la ANDE.

### **5.10.2. Recursos materiales**

- Notebook	Propia
- Impresora	Propia
- Agenda	Propia
- Medio de transporte	Propia
- Celular	Propia
- Software para desarrollo de App (Libre)	Google
- Software para desarrollo de modelado y simulaciones	FCyT

### **5.11. Factibilidad técnica**

- Se mejora el sistema de la información de la ANDE.
- Se disminuye el tiempo en la recolección de datos.
- Se evita las pérdidas de los datos recolectados.
- Almacenamiento de los datos en la nube en tiempo real.
- Mejoras en la toma de decisiones mediante el conocimiento de las condiciones actuales de la red mediante simulaciones.

### **5.12. Factibilidad económica**

#### **5.12.1. Beneficios**

##### **5.12.1.1. Ahorro en horas hombre.**

Al contar con el GIS BT se evita largas horas de trabajo para digitalizar los datos recabados, ya que la digitalización se realiza en tiempo real.

#### **5.12.1.2. Ahorro en Combustible.**

Una vez se cuente con un modelado completo de la red BT los estudios para los proyectos de mejoras o mantenimientos, ya no serán necesarias largos viajes para conocer el estado de la red.

## IV. INGENIERÍA DE DISEÑO

### CAPÍTULO 6

#### 6.1. Relevamiento y recolección de datos.

El primer paso para el desarrollo del presente proyecto de fin de grado es la adquisición de datos de las condiciones actuales del alimentador COV1 de Coronel Oviedo, para el cumplimiento de esta etapa se recurrió a la visita al Centro de Operaciones Regional Centro de la ANDE y mediante entrevistas al personal de turno de dicha institución se pudo obtener las informaciones correspondientes.

##### 6.1.1. Área de Influencia

El alimentador COV1 suministra energía eléctrica a parte el barrio Conavi y parte del Barrio Regina de la ciudad de Coronel Oviedo

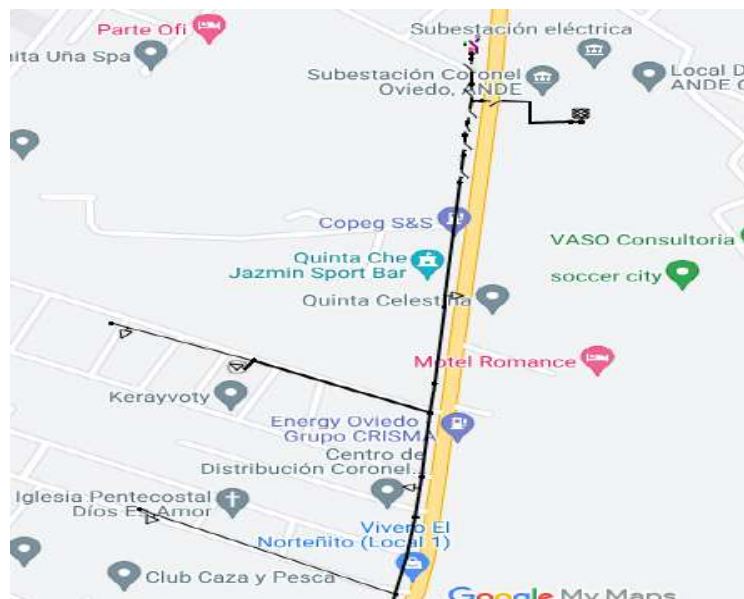


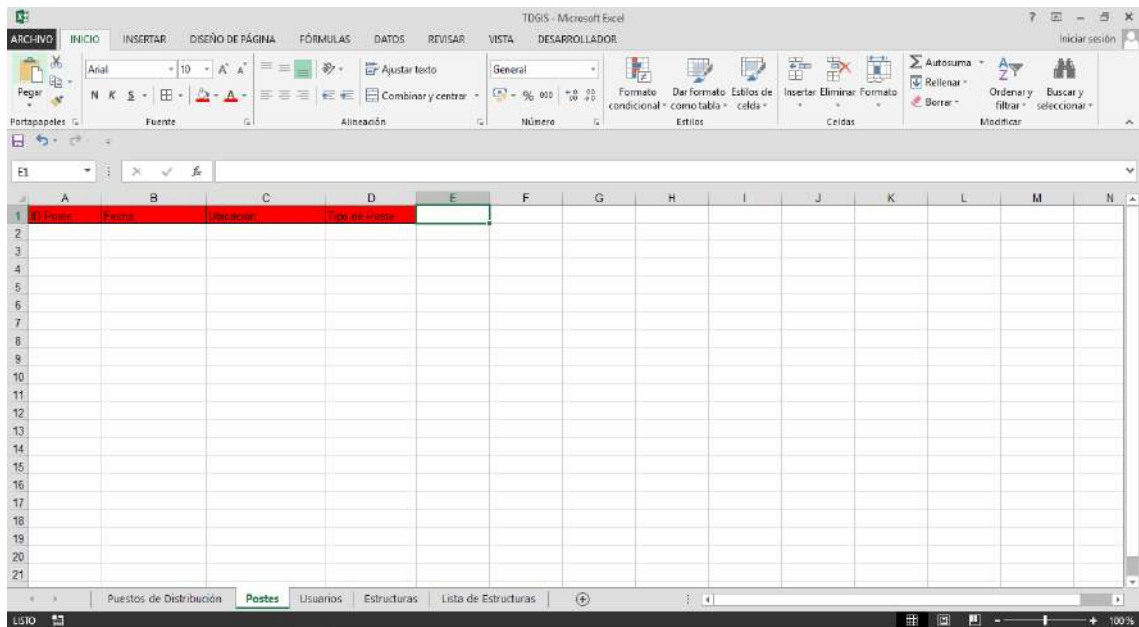
Figura 6.1: Zona de Influencia Alimentador COV1

Los datos del alimentador se pueden observar en la siguiente tabla:



Esta tabla consiste en una hoja de cálculo sheets denominada Puestos de Distribución en donde se relaciona datos como Identificador de Puesto de Distribución, un código de puesto de distribución asignado por el departamento de operaciones de la división de gestión regional centro de la ANDE. También consiste en obtener datos de la ciudad, la fecha en que fue cargada o actualizada los datos, numero de transformador, marca, potencia nominal, parámetros eléctricos, posición del TAP, ubicación, grupo de conexión, alimentador al que corresponde y observaciones.

### b. Tabla de Postes.



The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet has a header row with four columns: 'Fecha', 'Fecha', 'Ubicación', and 'Tipo de Poste'. The first row is highlighted in red. The spreadsheet is open in a window titled 'TODIS - Microsoft Excel'. The ribbon at the top includes 'ARCHIVO', 'INICIO', 'INSERTAR', 'DISEÑO DE PÁGINA', 'FÓRMULAS', 'DATOS', 'REVISAR', 'VISTA', and 'DESARROLLADOR'. The status bar at the bottom shows 'Puestos de Distribución' and 'Postes'.

Figura 6. 3: Tabla de Postes

La figura muestra la tabla postes la cual está diseñada para almacenar datos de los tipos de postes que se encuentran en el campo, además consiste en un Identificador de postes, fecha de carga o actualización, la ubicación y el tipo de poste. Los tipos de postes se encuentran en una lista desplegable acorde a los normalizados por la ANDE para su uso en campo.



#### d. Tabla de Estructuras.

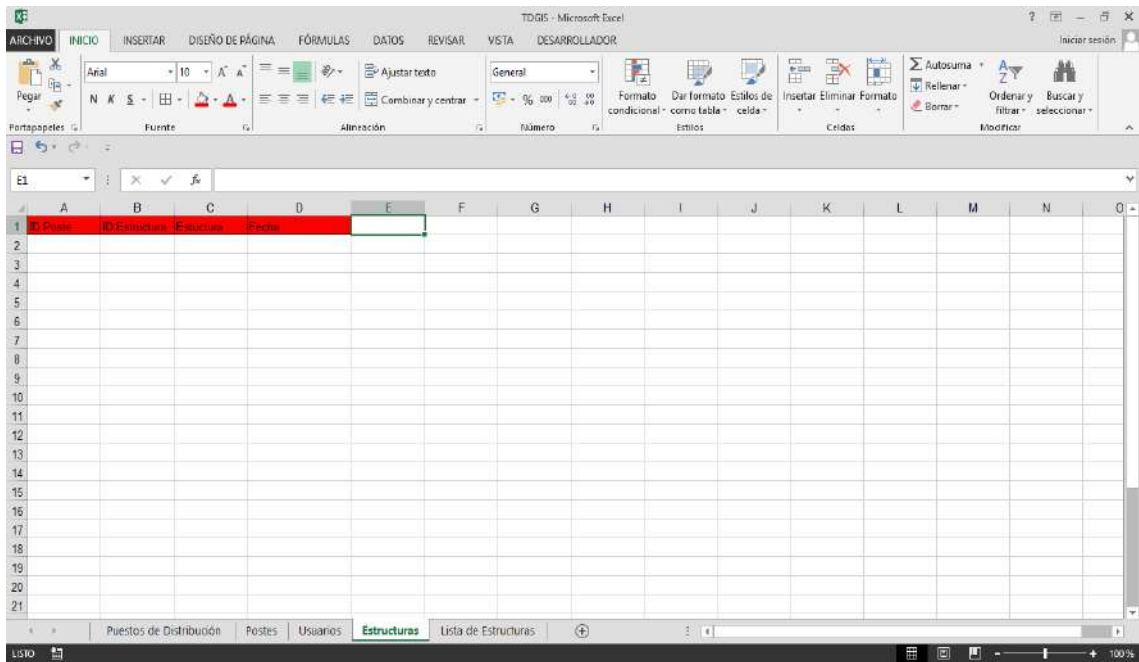


Figura 6.5: Tabla de Estructuras

Aquí se puede observar mediante la figura 4 la tabla denominada Estructuras, esta se centra en el relevamiento del tipo de estructuras utilizadas en el campo, ésta se encuentra asociado a la tabla 2 Postes (ver figura 2) para poder así obtener la información correspondiente de las estructuras con las que cuenta cada poste.

### e. Lista predeterminada de estructuras.

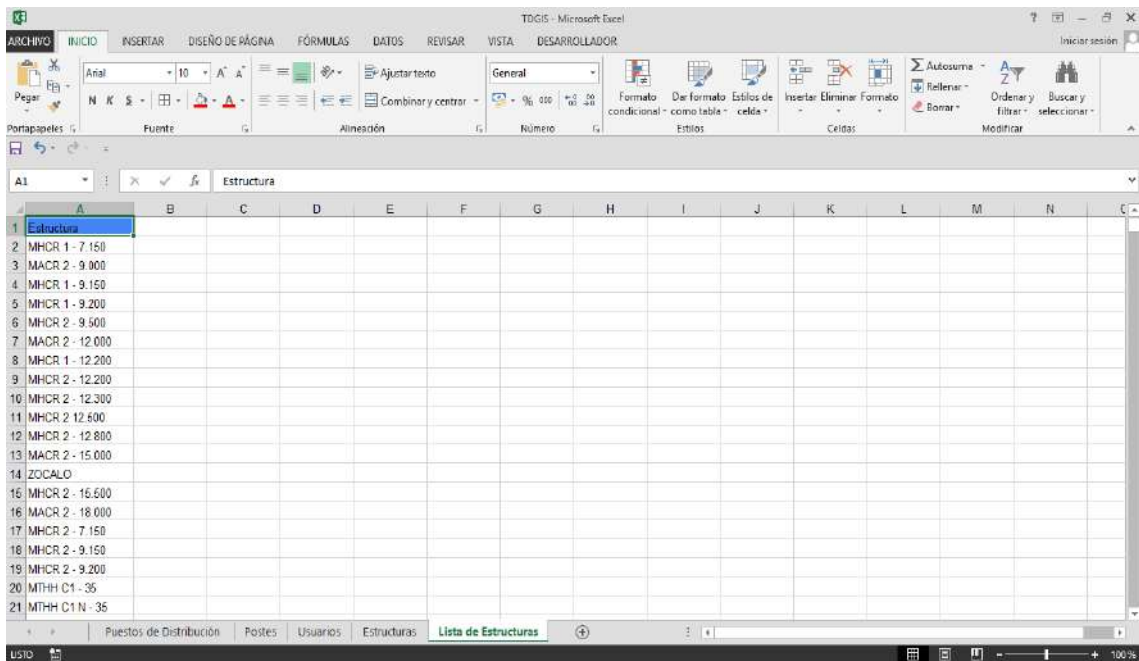


Figura 6.6: Lista de Estructuras

Por último, la figura 5 denominada Lista de Estructuras, muestra una lista preestablecida de toda la estructura utilizada por la ANDE que a su vez alimenta como una lista desplegable a la tabla 4 específicamente en el tipo de estructura. En relación a esta tabla se debe mencionar que la figura 5 es solo ilustrativa, ya que esta lista cuenta con un total de 1.234 estructuras preestablecidas, todas ellas son utilizadas gracias a la información obtenida por el Departamento de Proyectos Regional Centro de la ANDE.

### 6.3. Diseño de la aplicación utilizando plataforma AppSheet

El desarrollo de la aplicación es fundamental en el proceso de elaboración de este proyecto de fin de grado ya que para el rediseño del modelado de red es necesario contar con datos actualizados de la red de baja tensión, esto podrá ser posible gracias al aplicativo móvil desarrollado.

Para esta fase se ha optado por la utilización de la plataforma AppSheet por las ventajas que esta ofrece, primeramente, se destaca que esta plataforma es libre y gratuita, además posibilita utilizar toda la cartera de herramientas que la compañía Google ofrece. Otra ventaja es que el desarrollo del aplicativo en AppSheet solo requiere de conocimientos básicos de programación.

En el apartado 6.3.2 se podrá observar con mayor detalle el proceso de desarrollo y puesta en marcha del aplicativo.

### **6.3.1. Drive**

Es un servicio de almacenamiento gratuito que ofrece la Empresa Google. Esta servirá como el espacio en la nube que alojará los datos relevados en campo. Para el acceso a este servicio es requerida una cuenta de correo de Gmail el cual será del autor de este proyecto. El servicio de Drive utilizado será la versión gratuita, pudiendo ser expandido la memoria de almacenamiento si el volumen de datos así lo requiere.

El Drive al ser parte de la cartera de herramienta de Google requiere el uso de la herramienta Sheets el cual sirve como base de datos donde irán los datos de relevamiento. Esto gracias a una previa configuración en el diseño para la utilización de la plataforma AppSheet.

### **6.3.2. Diseño de la aplicación**

El aplicativo móvil surge de la necesidad de la optimización de la recolección de datos de la red de baja tensión de la ANDE. Anteriormente los funcionarios encargados del levantamiento de datos realizaban el trabajo de manera manual utilizando papel, esto suponía un mayor tiempo en horas hombre producción, además existía el riesgo de pérdidas de datos.

Ante tal situación se llevó a cabo el diseño de una herramienta que permita realizar los trabajos de manera más rápida y confiable.

El diseño consistió en el enlace entre la base de datos generada anteriormente en Sheets y la plataforma AppSheet de tal forma a generar una interfaz fácil de utilizar para el operario.

El nombre asignado para la app fue "GIS BT" (Sistema de Información Geográfica en Baja Tensión)

#### 6.4. Interfaz de usuario de GIS BT

En este apartado se detallará la interfaz al cual el usuario estará expuesto, cabe destacar que su utilización es bastante sencilla a pesar de que algunos apartados de la app están en inglés.

La App consta de 3 ventanas principales, Estructuras y Postes, Puesto de Distribución y Usuarios estos pueden observarse en la representación 1 de la figura 6.7.

The screenshot shows the main interface of the GIS BT app. At the top, there is a title bar with a menu icon (5) and the text "Postes y Estructuras". To the right of the title bar are search, check, and refresh icons. Below the title bar is a table with three columns: "Tipo de Poste ↑", "Estructuras", and "Fecha" (4). The table contains several rows of data. At the bottom of the screen is a navigation bar with three items: "Postes y Estructuras" (selected), "Puestos de Distribución", and "Usuarios". A red circle with a plus sign (+) is located at the bottom right of the table area (2). Red arrows point to various elements: (1) points to a row in the table, (2) points to the plus sign, (3) points to a row in the table, and (4) points to the table header.

Tipo de Poste ↑	Estructuras	Fecha
A° 12	Estructuras (4)	22/3/2023 18:07:54
A° 12	Estructuras (3)	22/3/2023 18:34:59
A° 12	Estructuras (4)	22/3/2023 18:36:38
A° 12	Estructuras (3)	22/3/2023 18:39:38
A° 12	Estructuras (2)	22/3/2023 18:46:49
A° 12	Estructuras (2)	22/3/2023 18:53:41
A° 12	Estructuras (3)	28/3/2023 17:33:27
H°A° 7,5/150	Estructuras (1)	22/3/2023 18:11:32
H°A° 7,5/150	Estructuras (2)	22/3/2023 18:20:13

Figura 6.7: Interfaz Principal

El punto 2 indica la apertura de una ventana que se utilizará para la carga de datos. Una vez presionada, éste nos dirige a la ventana de la figura 6.8. En la figura 6.7 también puede observarse otros apartados a tener en cuenta, el 3 muestra los botones de Búsqueda, Marca y Recarga. Mientras que el punto 4 muestra los títulos de las columnas principales. Por último, en el apartado 5 tenemos el botón que nos señala la información de la app, ver figura 6.9.

The image shows a mobile application form titled "Postes Form". It contains three input fields, each highlighted with a red box and a circled number: 1. "Fecha" (Date) with the value "03/04/2023 06:48:43 p. m." and a calendar icon. 2. "Ubicación\*" (Location) with a location pin icon. 3. "Tipo de Poste\*" (Post Type) with a dropdown arrow. At the bottom, there are "Cancel" and "Save" buttons.

Figura 6.8: Interfaz de Carga de Datos de Postes

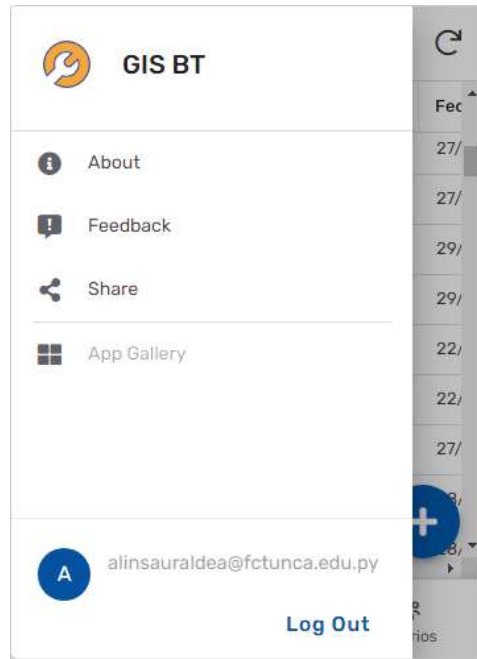


Figura 6.9: Interfaz de Información de la App

En las figuras 6.10 y 6.11 se ven la interfaz principal de las ventanas “Puestos de Distribución” y la de los “Usuarios”.

Cód de PD	Ciudad	Fecha	Marca	Pote
COV S/C1	Coronel Oviedo	24/11/2022 16:55:38	TRAFOPAR	25
COV33	Coronel Oviedo	19/8/2022 15:09:57	TRAFOPAR	100
SENASA JOSE M.ALFONSO GO...	Coronel Oviedo	19/1/2023 8:56:40		45
COV NUEVO	Coronel Oviedo	19/1/2023 16:54:15	TRAFOSUR	25
COV NUEVO 2	Coronel Oviedo	19/1/2023 16:55:00	TRAFOPAR	100
COV354	Coronel Oviedo	19/1/2023 11:45:07	TRAFOPAR	25
COV270	Coronel Oviedo	31/3/2023 21:49:35	TRAFOPAR	100

Postes y Estructuras | **Puestos de Distribución** | Usuarios

Figura 6.10: Interfaz de Puestos de Distribución.

NIS	Usuario	Limitadora	Cód de PD	Fase	X
2.950.982	VAZQUEZ ARCE GUILLERMO	25	COV NUEVO	R	554
2.345.254	SEGOVIA GONZALEZ SIXTO	10	COV NUEVO	R	554
2.315.514	DUARTE BRITZ NARCISO RA...	10	COV NUEVO	R	554
2.231.958	TORRES ROTELA MARCELINO	10	COV NUEVO	R	554
2.342.277	LEITE AYALA SEBASTIAN	10	COV NUEVO	S	554
2.317.352	AVALOS MARTINEZ LORENZO	10	COV NUEVO	R	554
2.136.834	FLORENTIN PEREZ ROSALBA	10	COV NUEVO	R	554
2.227.485	OVELAR PEREZ GENARO	10	COV NUEVO	R	554
2.222.748	GIMENEZ CHAVEZ RIGINIO	10	COV NUEVO	R	554

Postes y Estructuras | Puestos de Distribución | **Usuarios**

Figura 6.11: Interfaz de Usuarios.

Una vez presionada el botón “Añadir” vista en la figura 6.8 en la ventana de Estructuras y Postes, podemos observar 3 puntos de carga de datos. El 1 guarda la hora y fecha, el 2 realiza la carga de la ubicación del poste y el 3 abre una lista desplegable el cual muestra los diferentes tipos de postes utilizados por la ANDE, ver figura 6.12. La interfaz mostrada en esta figura nos genera la opción de seleccionar el tipo de poste o buscar directamente el tipo de poste en el punto 1, una vez seleccionada se almacena el dato presionando en el punto “DONE”.

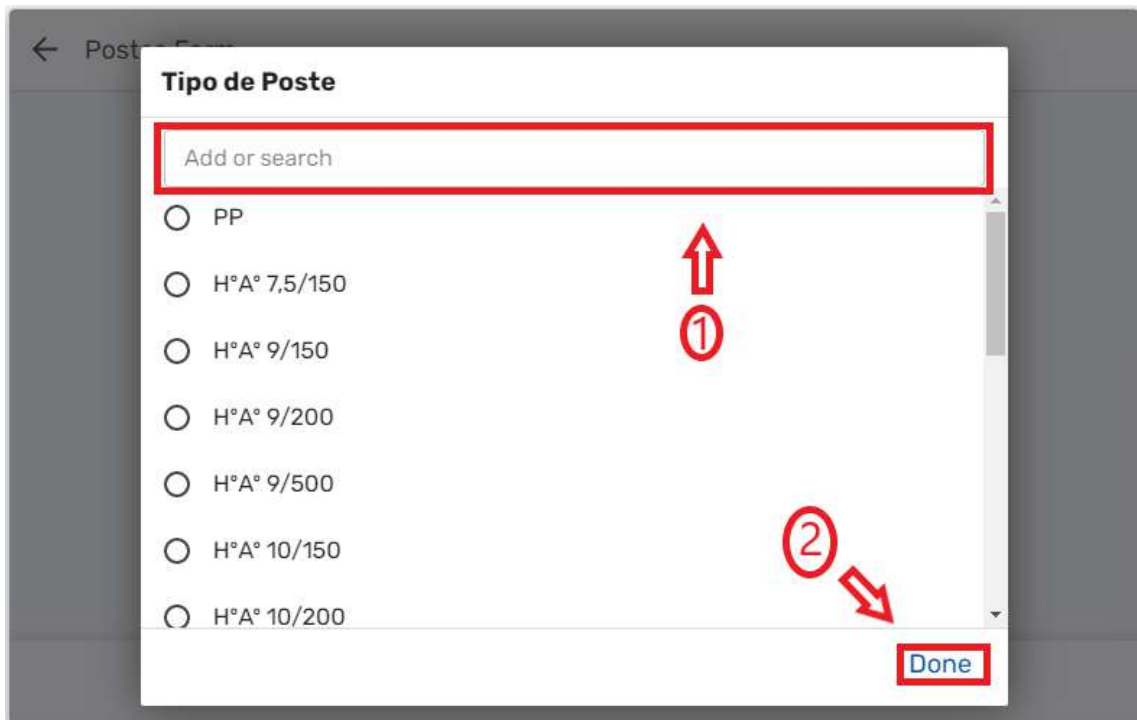


Figura 6.12: Interfaz Añadir Tipo de Poste.

Para la carga de estructuras se presiona en la opción 1 “Add”, ver figura 6.13. una vez realizada ese paso aparecerá una extensa lista desplegable de los diferentes tipos de estructuras utilizadas en ANDE, estas estructuras están almacenadas en la base de datos descrita en la figura 6.6.

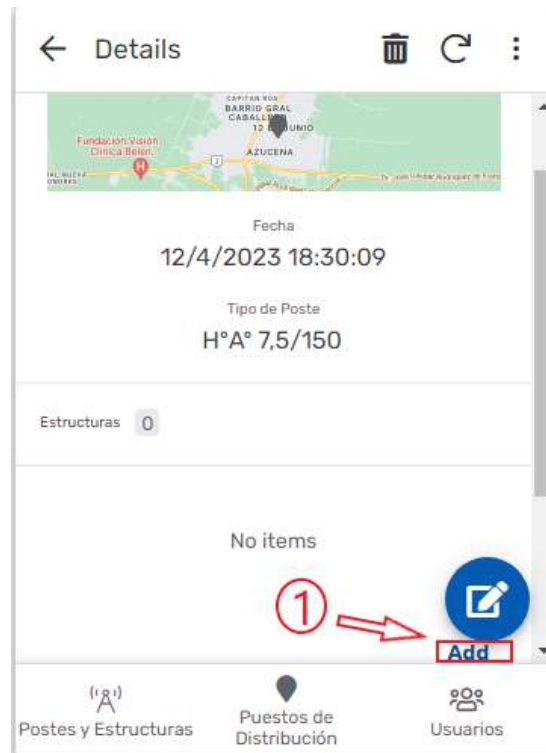


Figura 6.13: Interfaz Añadir Estructura.

Al término de este proceso la app mostrará los datos cargados de la siguiente manera, ver figura 6.14.

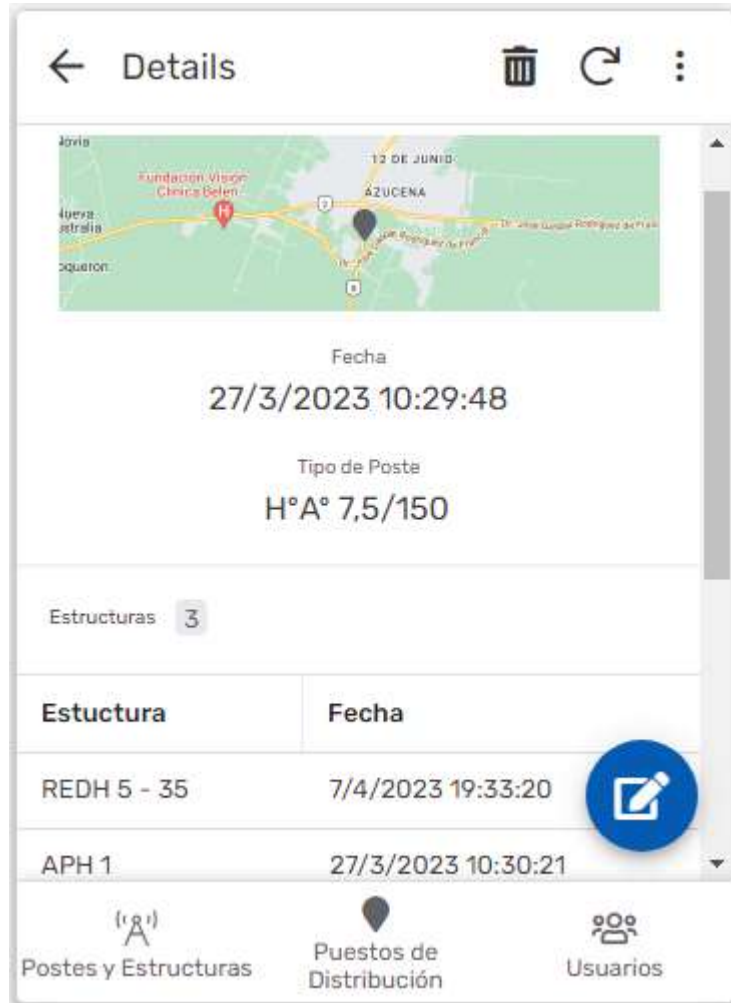


Figura 6.14: Interfaz Vista de Datos Almacenados.

Claramente se observa la ubicación y el tipo de poste, las estructuras y la hora y fecha de la carga de datos.

Para la carga de puesto de distribución (Transformadores) véase Figura 6.10, se presiona el botón Añadir ubicado en la esquina inferior derecha de la ventana. Una vez realizado este paso nos aparecerán los siguientes puntos de cargas de datos, ver figura 6.15.

The image shows a mobile application form titled "New Slice Form". It features four input fields: "Cód de PD\*", "Ciudad\*", "Fecha", and "Marca". The "Fecha" field is pre-filled with "03/04/2023 06:52:24 p. m.". Red annotations (circles 1, 2, 3 and rectangles) highlight the first three fields. The form has "Cancel" and "Save" buttons at the bottom.

Figura 6.15: Interfaz de Carga de Puesto de Distribución.

En esta interfaz la aplicación nos pedirá cargar los siguientes datos; código de PD, ciudad, la fecha y hora, estas pueden observarse en la imagen. Además de estas se deberá cargar la marca, la potencia nominal, grupo de conexión, ubicación, posición de TAP, alimentador y número de transformador. Una vez hecha la carga total de los datos, podremos ver los datos almacenados de la siguiente manera, ver figura 6.16.



Figura 6.16: Interfaz Vista de Datos Almacenados de un PD.

Al presionar en la ventana de ubicación, tendremos la vista de cada Puesto de Distribución con su respectiva zona de influencia, ver Apéndice A.2.

Para la ventana de usuarios vista en la figura 6.11. se procede de la misma manera que los anteriores. Al presionar añadir se despliega la siguiente interfaz, ver figura 6.18.

The image shows a mobile application form titled 'Usuarios Form'. It contains four input fields, each highlighted with a red box and a circled number: 1. A numeric input field labeled 'NIS' containing the value '10'. 2. A text input field labeled 'Usuario'. 3. A text input field labeled 'Medidor'. 4. A dropdown menu labeled 'Cód de PD'. At the bottom of the form are two buttons: 'Cancel' and 'Save'.

Figura 6.18: Interfaz de Carga de Usuarios

En los puntos señalados se cargan los datos que la aplicación requiere. Una vez terminado procedemos a ver la interfaz de usuarios almacenados, ver Figura 6.19.



Figura 6.19: Interfaz Vista de Datos Almacenados de Usuarios.

El GIS BT esta enlazado con Google Maps lo cual brinda la función del trazado de la ruta desde tu ubicación actual hasta el puesto de distribución o poste seleccionado, véase un ejemplo en la figura 6.20.

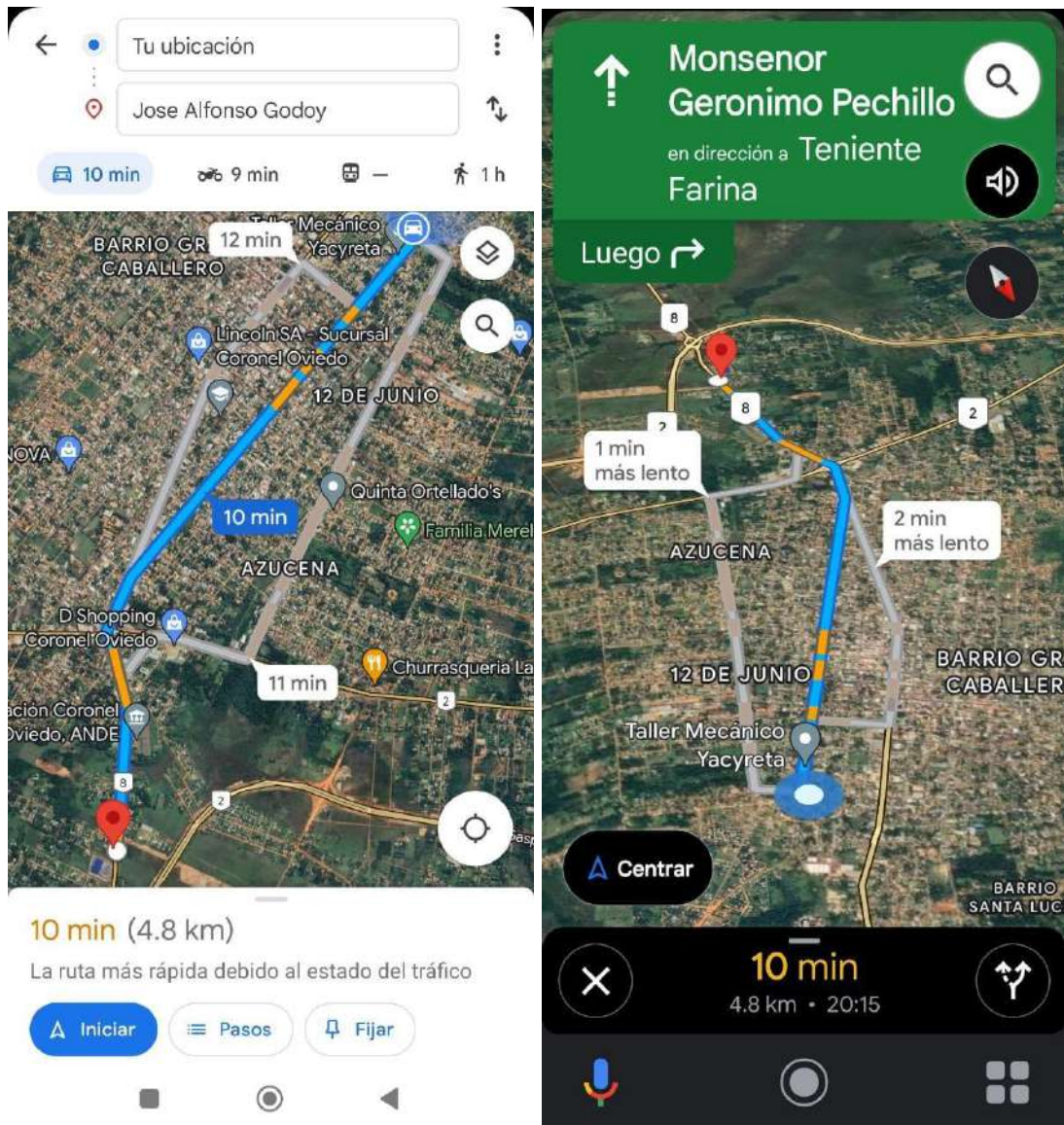


Figura 6.20: Vista Trazado de Ruta por Google Maps

Alexis Loreto Insauralde Aquino  
Gustavo Ariel Leguizamón Franco

### 6.5. Flujograma del manejo de la información.

El uso de la aplicación estará principalmente destinado a la COREDIS (Control de Redes de Distribución) la cual corresponde a la Sección Proyectos de ANDE cuyo papel es la de la recolección de datos a nivel país.

Una vez realizada la recolección de datos en su totalidad, éstas serán de utilidad para la toma de decisiones por parte de la ANDE para mejorar la calidad del producto y del servicio que brinda a los usuarios.

En la siguiente figura se podrá observar un flujograma que describirá la manera en que la aplicación móvil será utilizada y a su vez el uso que la ANDE hará de los datos recolectados.

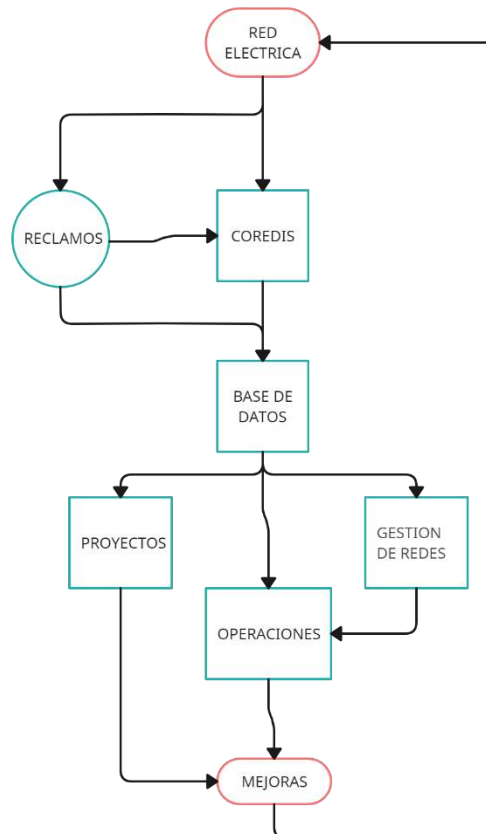


Figura 6.21: Flujograma del manejo de la información

Antes de comenzar a describir el flujograma, se debe tener en cuenta que el flujo de la información empezará a fluir únicamente luego de que la COREDIS haya concluido con la recolección de datos.

Una vez que el relevamiento de datos esté completado se tendrá la condición actual de la red de baja tensión, éste puede observarse como punto de partida de nuestro flujograma.

La Sección Reclamos de la ANDE es la encargada de los trabajos de mantenimiento y mejoras de la red eléctrica, estos trabajos surgen de todos los reclamos hechos por los usuarios, es por ello que los datos recolectados estarán a disposición de dicha Sección. Esto se debe a que, si ocurriese algún tipo de evento que requiera ser atendido la base de datos dará información detallada a los operarios para atender adecuadamente el evento en cuestión he ir al campo equipados adecuadamente. Normalmente los trabajos de mantenimiento y/o mejora cambian la configuración de la red haciendo que ésta varíe con respecto a la base de datos actual, por consiguiente, estos cambios deben ser informados a la COREDIS para que la base de datos sea actualizada constantemente.

La información almacenada de la red también estará a disposición de las siguientes dependencias de la ANDE: Sección Proyectos, Departamento de Operaciones y Gestión de Redes.

En Proyectos estos datos serán de utilidad para efectuar un análisis mucho más analítico y preciso de las condiciones actuales de la red y así llevar a cabo algún proyecto de mejoras si los resultados obtenidos así lo determinan.

El departamento de Operaciones podrá utilizar los datos a fin de contar con una representación más precisa y fidedigna de la carga en baja tensión, para luego representarlo en su red eléctrica de media tensión. Con esto se podrá conocer más a detalle el nivel de la calidad del producto y servicio que la ANDE ofrece a

los usuarios y por ende las medidas paliativas para que su servicio sea de excelencia.

Por su parte los personales de Gestión de Redes se encargarán de almacenar los datos que a ellos les corresponden para posteriores trabajos de mejoras.

De esta manera se puede observar que las mejoras realizadas son el punto de inicio nuevamente de flujo de la información.

Si la ANDE cumple con este flujograma se podría decir que finalmente el manejo de la información en la institución está oficialmente en condiciones de poder realizar inversiones que apunten a una red eléctrica inteligente (Smart Grid) puesto que contar con una base de datos completa de su sistema eléctrico es el primer paso para la creación de dicho tipo de red.

## **6.6. Diseño del Modelado de Red de Baja Tensión de la ANDE.**

Los datos recolectados con el GIS BT han sido el punto de partida para el diseño de un modelado para la ANDE, con él se pretende llevar a cabo el análisis del flujo de potencia de la red BT del alimentador COV 01 de la Estación COV para conocer sus condiciones actuales de operación.

Para el desarrollo del modelado se ha optado por el Software ETAP debido a las ventajas que ella ofrece. Además, la Facultad de Ciencias y Tecnologías tiene un convenio con la empresa desarrolladora del Software (Power World Simulator) el cual nos han facilitado el acceso a dicho programa.

### **6.6.1. Red Equivalente**

Inicialmente realizaremos un Equivalente Thevenin que representará al sistema de potencia de la Estación COV. Ver figura 6.22.

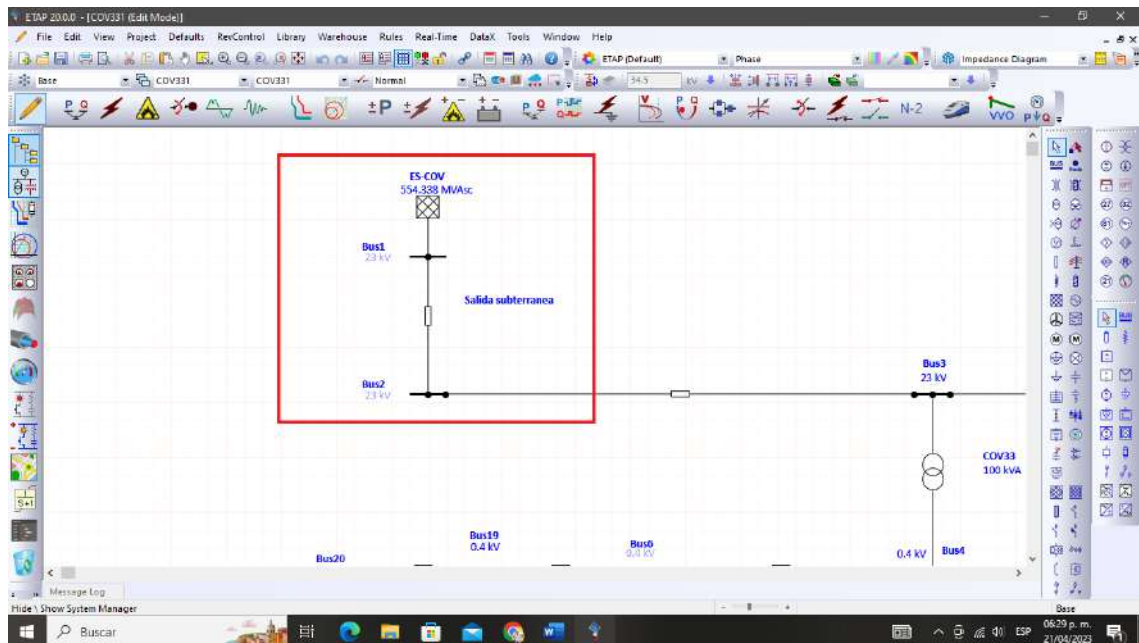


Figura 6.22: Circuito Equivalente Estación COV.

Para lograr esto se ha hecho una petición a los funcionarios del Centro de Operaciones Regional Centro de la ANDE quienes nos han proporcionado los datos requeridos luego de simular el flujo de potencia del sistema, los datos utilizados son: la Tensión en el punto de conexión del resultado de flujo de potencia, también las Impedancias obtenidas tanto de Secuencia Positiva, Negativa y Cero y por último la Potencia de Cortocircuito obtenido en ese punto.

### 6.6.2. Cálculo del factor de utilización de los transformadores.

El factor de utilización será de utilidad para poder hallar la potencia efectiva de cada tramo de la red de baja tensión. Para hallar dicho factor se realizará el siguiente calculo en cada Puesto de Distribución existente:

$$f_u = \frac{\text{Potencia Máxima}}{\text{Potencia Instalada}}$$

La potencia instalada se obtiene de la suma algebraica de todas las potencias totales de cada tramo. Las cargas utilizadas para este cálculo son las de las

llaves limitadoras de los usuarios, estos datos se obtuvieron mediante personal de ANDE encargado del manejo del Sistema Open.

Para este cálculo se procedió al uso de un archivo Excel para la carga de datos de los usuarios y así obtener el valor requerido. Ver Apéndice A.1.

La Potencia Instalada nos da un valor de 243,08 KW.

Para la potencia máxima se ha obtenido mediante un analizador de redes que fue montado a la salida de los transformadores, estas herramientas de medición se encargaron de proporcionar tanto la corriente máxima como la tensión máxima de operación de la red durante 3 días de acoplamiento a ella.

Carga del PD			
	Corriente	Tensión	Potencia
Fas1	189.3	237.06	44.875458
Fas2	147.05	236.79	34.8199695
Fas3	137.95	237.98	32.829341
<b>Potencia Maxima</b>			<b>112.5247685</b>

Figura 6.23: Cálculo Potencia Máxima

Con un total de 31 usuarios conectados al transformador COV 33 se obtuvo un valor de la Potencia máxima de 112.5247 KW.

Por ende, el valor del factor de utilización nos da un valor aproximado a:

$$f_u = \frac{112.5257 \text{ KW}}{243,08 \text{ KW}} = 0,46291$$

Este método de cálculo fue la misma que se llevó a la práctica para los demás transformadores, los resultados finales se verán a continuación.

Transformador	Potencia Máxima	Potencia Instalada	Factor de Utilización
COV 33	112.5257 KW	243.08 KW	0,46291
COV 270	71.248 KW	122.64 KW	0.58096
COV N	24.38 KW	64.50 KW	0.37799
COV 354	29.7 KW	33.79 KW	0.87907
COV N2	71.248 KW	136.90 KW	0.52045

Tabla 6.2: Valores de Factor de Utilización

### 6.6.3. Cálculo de la Potencia Efectiva de Cada Tramo.

Este cálculo será de utilidad para hallar los valores a emplear para representar la potencia efectiva de los usuarios de cada tramo, esto es necesario ya que es poco probable que se utilice el cien por ciento de la potencia total instalada por simultaneidad. De esta manera se busca que los resultados sean la más fehaciente posible.

El procedimiento se verá a continuación:

Primero hallaremos la Corriente Efectiva con la siguiente formula:

$$I_{ef} = f_u \times \sum I_{in}$$

Donde:

$I_{ef}$  es la Corriente Efectiva

$f_u$  es el factor de utilización del transformador

$I_{in}$  es la Corriente Individual de la limitadora de cada usuario

Por lo tanto, la formula puede interpretarse de la siguiente manera: La corriente Efectiva es igual a el factor de utilización multiplicado por la sumatoria de las Corrientes Individuales.

$$I_{ef} = 0,46291 \times 61,66666 A$$

$$I_{ef} = 28,546 A$$

Este resultado corresponde al tramo 1 del COV33. Para los demás valores se han realizado el mismo procedimiento visto anteriormente. Los resultados se verán a continuación.

PD	N° de Tramo	Corriente Efectiva (A)
COV 33	Tramo 1	28,546
	Tramo 2	32,558
	Tramo 3	28,855
	Tramo 4	52,463
	Tramo 5	28,546
COV 270	Tramo 1	22,657
	Tramo 2	58,484
	Tramo 3	13,524
	Tramo 4	12,588
COV N2	Tramo 1	43,718
	Tramo 2	18,563
	Tramo 3	19,083
	Tramo 4	12,144
	Tramo 5	1,735
	Tramo 6	13,011
COV 354	Tramo 1	16,995
	Tramo 2	10,549
	Tramo 3	4,395
	Tramo 4	13,186
COV N	Tramo 1	2,016
	Tramo 2	3,780
	Tramo 3	3,780
	Tramo 4	5,796
	Tramo 5	1,20
	Tramo 6	1,260
	Tramo 7	13,859
	Tramo 8	5,292

Tabla 6.3: Valores de Corriente Efectiva.

Una vez obtenida la Corriente Eficaz se hará el cálculo de la Potencia Eficaz.

$$P_{ef} = \frac{\sqrt{3} \times I_{ef} \times V}{1000}$$

Donde:

$P_{ef}$  Potencia Eficaz

$I_{ef}$  Corriente Eficaz

$V$  Tensión Nominal

Utilizando los datos del Tramo 1 del COV 33 se obtiene:

$$P_{ef} = \frac{\sqrt{3} \times 28,546 \text{ A} \times 380 \text{ V}}{1000}$$

$$P_{ef} = 18,788 \text{ kVA}$$

Este es el valor de la Potencia Eficaz que utilizaremos para la carga del tramo 1, ver figura 6.25.

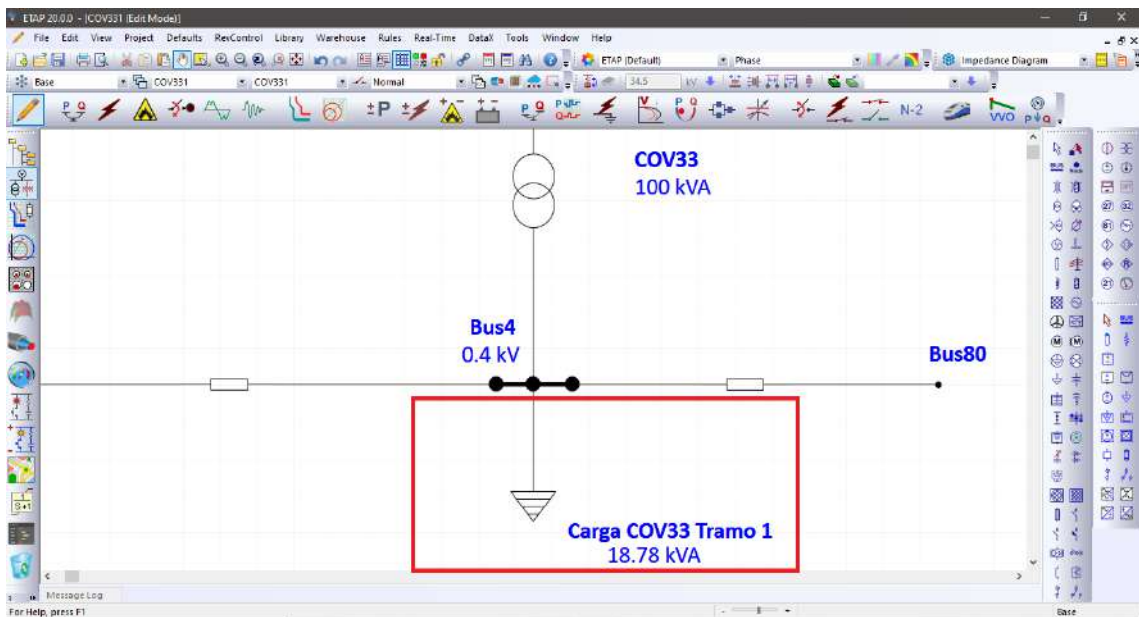


Figura 6.24: Potencia Eficaz del Tramo 1 del COV 33.

Par los demás tramos, los cálculos han sido los mismos, los resultados se ven a continuación:

PD	N° de Tramo	Potencia Efectiva (kVA)
COV 33	Tramo 1	18,788
	Tramo 2	21,428
	Tramo 3	18,991
	Tramo 4	34,529
	Tramo 5	18,788
COV 270	Tramo 1	14,912
	Tramo 2	38,492
	Tramo 3	9,559
	Tramo 4	8,285
COV N2	Tramo 1	28,773
	Tramo 2	12,217
	Tramo 3	12,560
	Tramo 4	7,992
	Tramo 5	1,142
	Tramo 6	8,563
COV 354	Tramo 1	11,186
	Tramo 2	6,943
	Tramo 3	2,893
	Tramo 4	8,679
COV N	Tramo 1	1,327
	Tramo 2	2,488
	Tramo 3	2,488
	Tramo 4	3,815
	Tramo 5	0,829
	Tramo 6	0,829
	Tramo 7	9,122
	Tramo 8	3,483

Tabla 6.4: Valores de Potencia Efectiva.

Estos resultados han sido cargados en el modelado, concluyéndose así los requerimientos mínimos para la realización de los análisis de flujo de potencia.

#### 6.6.4. Análisis de Flujo de Potencia

Realizaremos el Flujo de Potencia en Cada Puesto de Distribución conectado al Alimentador COV1 para obtener un reporte de las condiciones actuales de operación de ese sistema. El parámetro a tener en cuenta para este proyecto será la de la calidad del producto brindado por parte de la ANDE a los usuarios.

##### 6.6.4.1. Flujo de Potencia PD COV 33

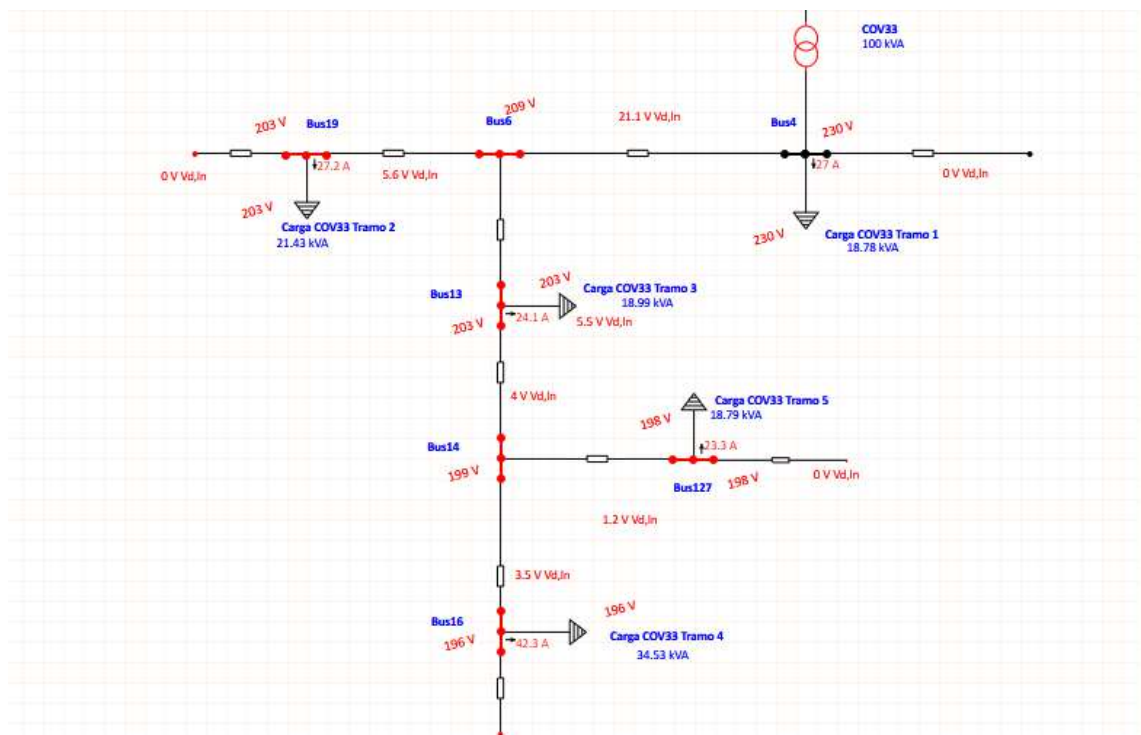


Figura 6.25: Flujo de Potencia COV33

Este Flujo de Potencia indica una considerable reducción de la Tensión conforme la Carga se aleja del Transformador.

En la salida del PD se ve una Tensión de 230V y como el tramo 1 está a una distancia no muy lejana del mismo la tensión no presenta variaciones. En los

tramos 2 y 3 se observa una tensión de 203V lo que indica una disminución de la tensión en un 11.74%. En el tramo 4 la tensión disminuye hasta los 196V, lo que significa una disminución del 14,78%. Para el tramo 5 se muestra una disminución del 13,91%, ya que el valor obtenido es de 198V.

Con estos resultados y teniendo en cuenta el reglamento de ANDE el cual permite una variación en un  $\pm 10\%$  , se concluye que este PD tiene problemas considerables de baja tensión.

Para dar una alternativa de solución a este problema, con el modelado se ha realizado una simulación con la finalidad de encontrar una solución a corto plazo que no involucre una inversión alta. Es por ello que se ha hecho el traslado del PD a una ubicación considerada más apropiada. Con esto, los resultados son los siguientes.

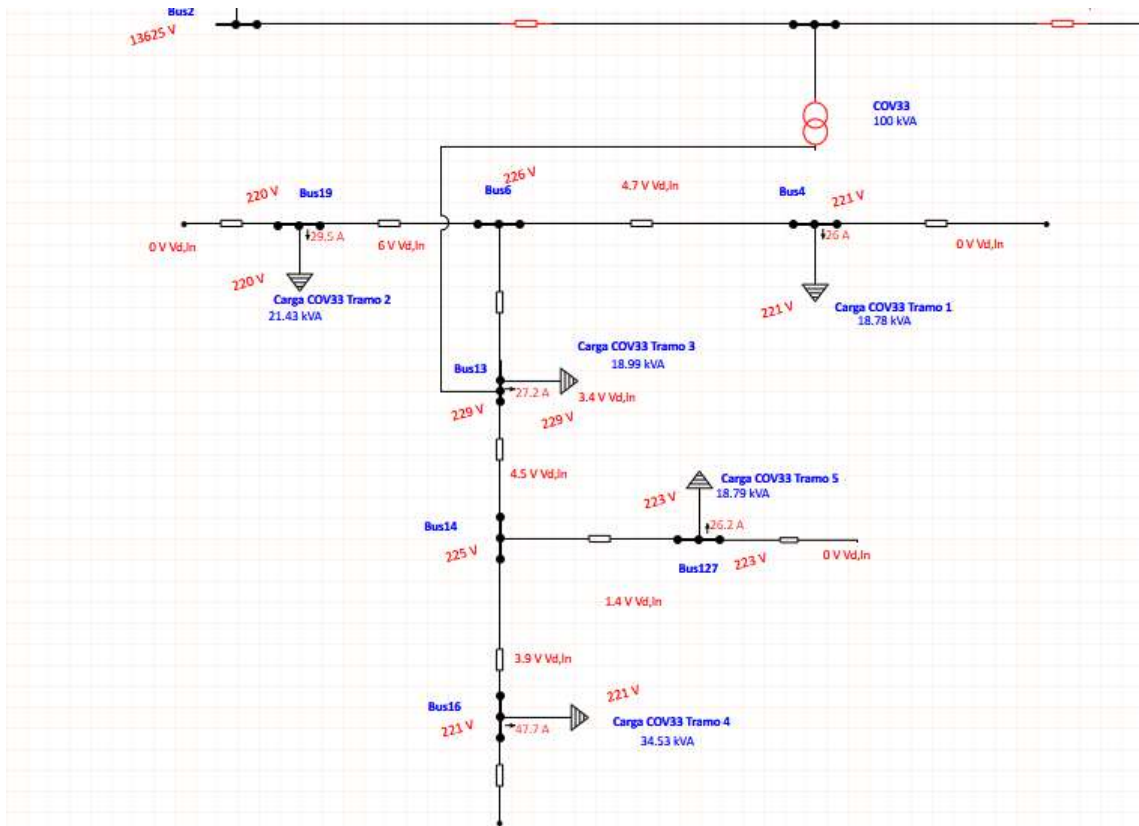


Figura 6.26: Flujo de Potencia COV 33 modificado.

En esta figura se ve como la salida del PD en este caso está conectada al Bus 13 cerca del tramo 3. Hecho esto, los resultados son los siguientes:

Carga por Tramo	Tensión
Tramo 1	222V
Tramo 2	220V
Tramo 3	229V
Tramo 4	221V
Tramo 5	223V

Tabla 6.5: Valor de la Tensión por Tramos - COV33

Con esta nueva disposición el flujo arroja valores aceptables de la Tensión. Lo que indica que un simple traslado del PD es suficiente para solucionar el problema de sub-tensión de esa zona, así poder brindar a los usuarios un producto de mayor calidad.

#### 6.6.4.2. Flujo de Potencia COV 270

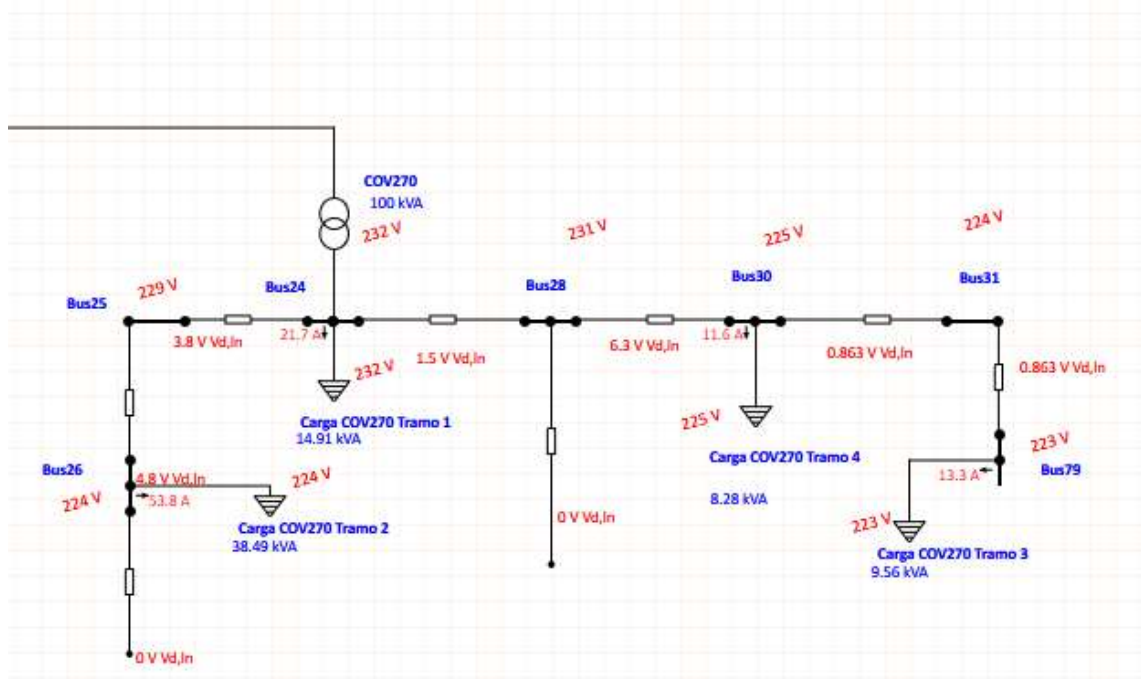


Figura 6.27: Flujo de Potencia COV270.

Los resultados de este análisis demuestran que este PD opera en un centro de carga adecuado, ya que los valores en las cargas están en los valores permitidos.

### 6.6.4.3. Flujo de Potencia COV N2.

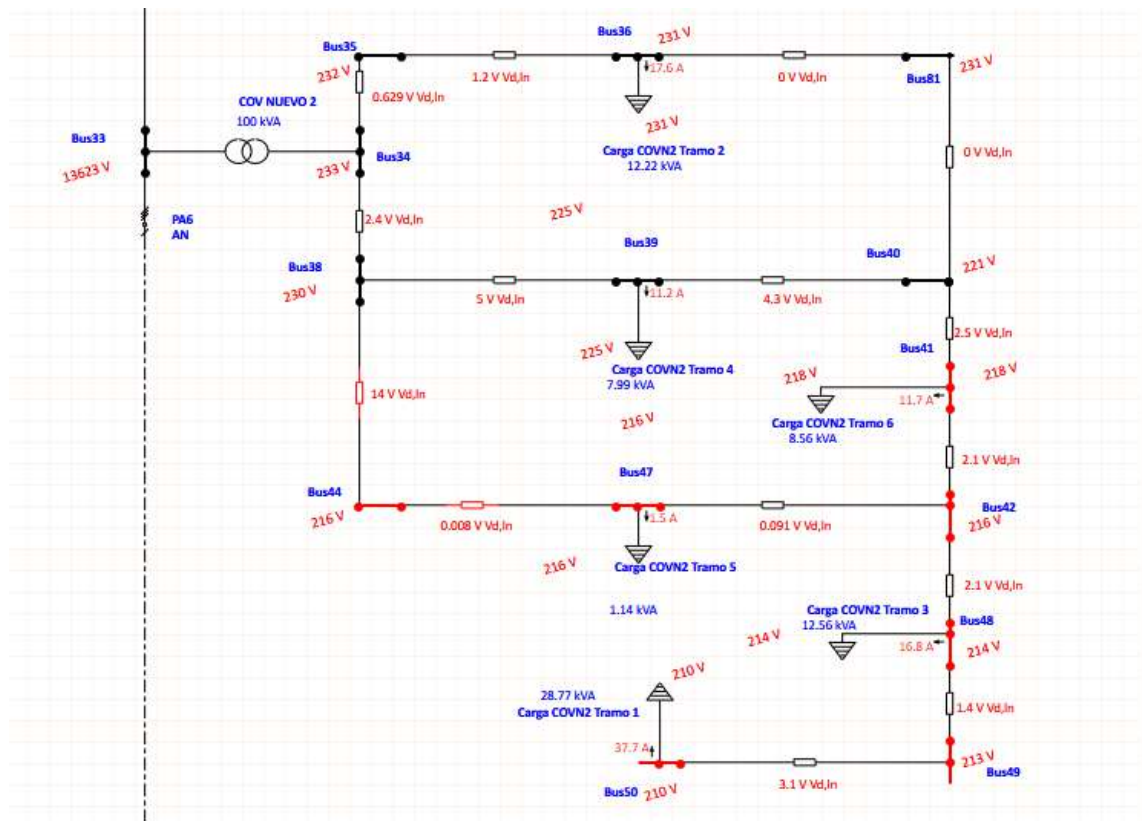


Figura 6.28: Flujo de Potencia COV N2

Los resultados de este flujo indican que aparentemente los valores de tensión están en valores nominales según reglamento, pero en el tramo 1 que se encuentra más alejado del PD el valor del voltaje es solo de 210V. Este valor puede ir en decrecimiento si tenemos en cuenta las cargas de las conexiones clandestinas presentes en la red.

Una posible alternativa es la del aumento del TAP con lo cual se obtendría un aumento de la tensión, pero esta alternativa requiera un cuidado especial ya que en época de poca demanda desciende el valor de la corriente con la cual la tensión aumentará provocando así un problema de sobre tensión.

Además, como el PD se encuentra conectado en el sostén del final de la línea trifásica es imposible hacer un cambio de ubicación sin un proyecto ejecutivo de extensión de línea y alivio de carga. Es por ello que se recomienda la realización de un proyecto ejecutivo para evitar problemas en épocas de mayor demanda de energía.

#### 6.6.4.4. Flujo de Potencia COV354

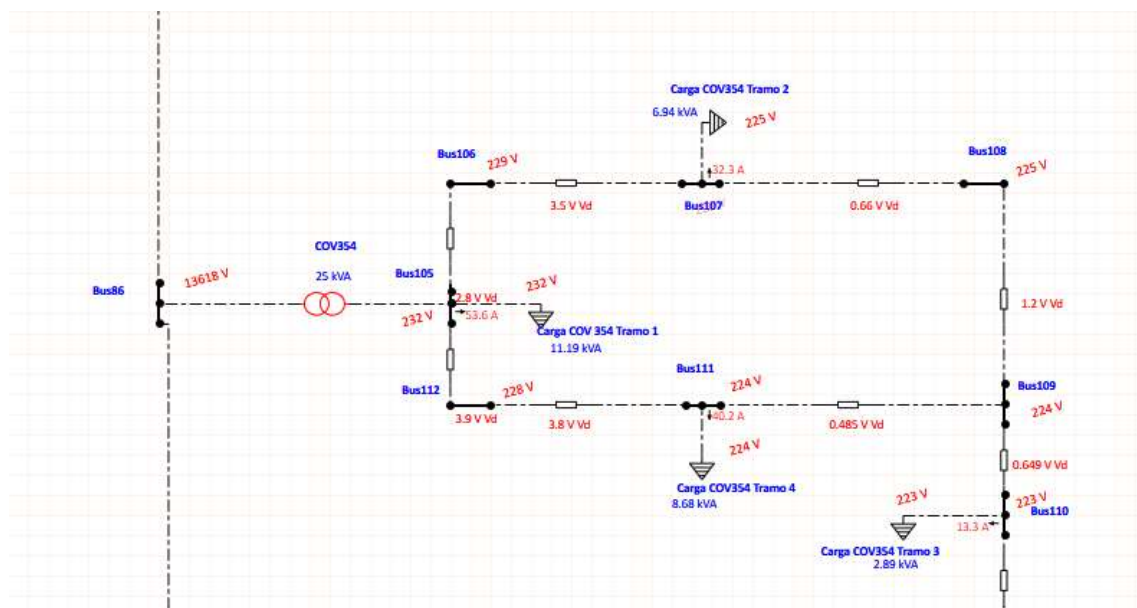


Figura 6.29: Flujo de Potencia COV354

Los resultados de este análisis también demuestran que este PD opera en un centro de carga adecuado esto puede verse gracias a que las tensiones en cada tramo están en un valor óptimo.

### 6.6.4.5. Flujo de Potencia COVN

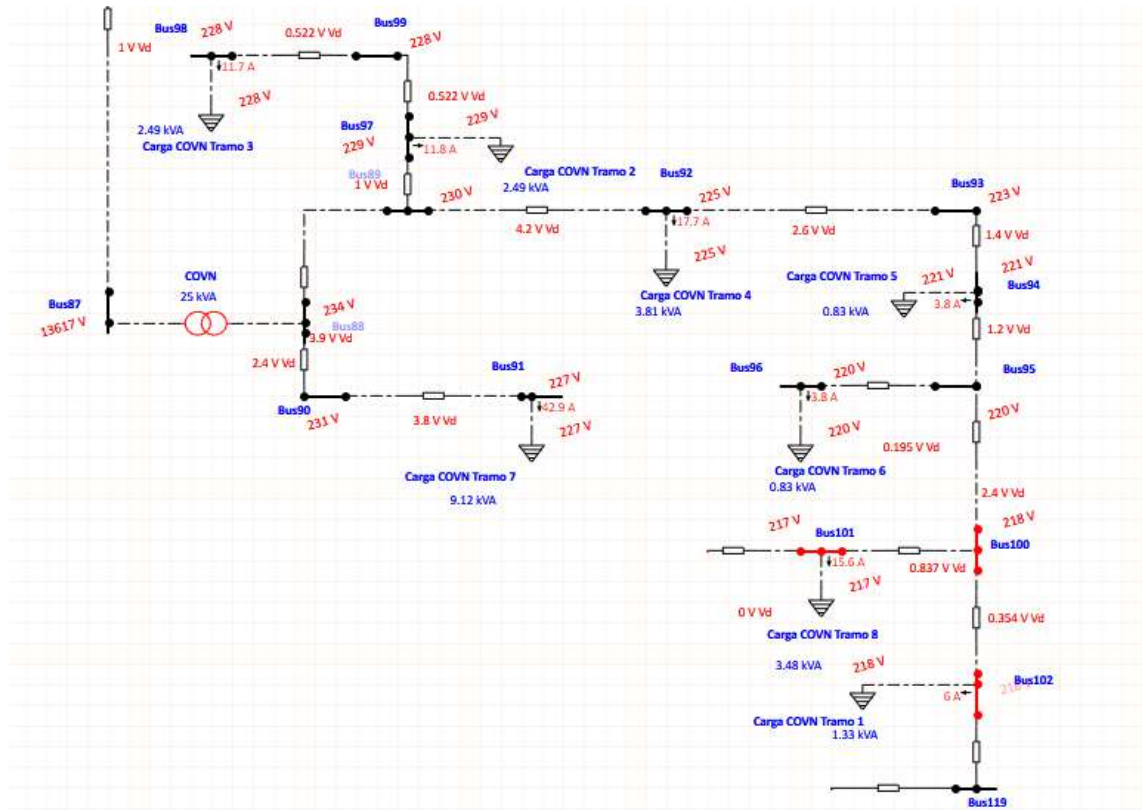


Figura 6.30: Flujo de Potencia COVN

Esta simulación nos indica que este sistema está operando en valores óptimos según reglamento ANDE.

## V. CONCLUSIONES

Se realizó el levantamiento de los datos de la red de Baja Tensión del Alimentador COV1 correspondiente a la Estación Coronel Oviedo (ESCOV).

La recolección se realizó mediante el desarrollo de la aplicación móvil GIS BT desarrollada por los responsables de este proyecto.

El modelado de la red de Baja Tensión se diseñó a través del programa ETAP.

Para ello se utilizaron datos recolectados con la GIS BT y también gracias a los datos proveídos por personal de ANDE de la ESCOV.

Con las simulaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

**PD COV33:** Necesita alivio de carga o traslado del Puesto de Distribución a una ubicación óptima.

**PD COV270:** Su operación está en niveles óptimos.

**PD COV N2:** Requiere un proyecto de alivio de carga para evitar inconvenientes a corto plazo.

**PD COV354:** Su operación está en niveles óptimos.

**PD COV N:** Su operación está en niveles óptimos.

## VI. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en el proyecto final de grado se dan las siguientes recomendaciones:

- Instruir a los usuarios del GIS BT para su correcta utilización.
- Como el sistema de GOOGLE MAPS tiene una precisión de  $\pm 5m$  se podría utilizar un GPS centimétrico como complemento al trabajo de geocalificación de los distintos postes y puestos de distribución recolectados en el GIS BT.
- Que los datos recolectados en la base de datos puedan ser actualizados correctamente y en forma, para así evitar una desactualización que afecte futuros proyectos.
- Para los datos de las cargas de los usuarios, se recomienda a la ANDE un levantamiento de campo que verifique y actualice correctamente la base de datos del sistema OPEN, con esto se podrá contar con resultados exactos en los análisis de flujo de potencia.
- Mantener en constante actualización el modelado para que los resultados siempre arrojen resultados precisos.

## **VII. APÉNDICE**

### **Apéndice A: Diseño de Ingeniería.**

## **Apéndice A.1: Sistema Georreferenciada**

Alexis Loreto Insaualde Aquino  
Gustavo Ariel Leguizamón Franco

Figura A.1: Vista General de Postes y Estructuras de la red de baja tensión del alimentador COV1.



Figura A.2: Vista General de Puesto de Distribución del Alimentador COV1.



## **Apéndice A.2: Cálculos de Parámetros Técnicos**

Alexis Loreto Insaualde Aquino  
Gustavo Ariel Leguizamón Franco



Figura A.4: Hoja de Excel para Cálculo de la Red Equivalente del Sistema de Potencia de la Estación Coronel Oviedo (ES-COV)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2		R	0.05031													
3		X	1.04851		X/R	20.841										
4																
5		RO	0.0246													
6		XO	0.18164		XO/RO	7.38374										
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. E. P. Tillner, «Universidad Nacional de Asuncion - Facultad de Ingenieria,» [En línea]. Available: <http://www.ing.una.py/?p=44303>.
- [2] I. Lara, Sistemas de Distribución, Mexico, 1990.
- [3] A. J. Pansini, Distribution System Coonsiderations, 2007.
- [4] M. Perez, Proyecto de Tesis. Redes de Distribución Aereas compactas en Media Tensión, 2009.
- [5] ANDE, Reglamento de Baja Tensión, Asunción-Paraguay, 1975.
- [6] ANDE, Reglamento de Media tensión, Asunción-Paraguay, 1975.
- [7] ANDE, Procedimiento de Elaboración de Proyectos de Lineas de Distribución de Media y Baja Tensión, Asunción-Paraguay, 20016.
- [8] E. S. A. Lazo, Estudio de Coordinación de Protecciones en alta y media tensión en la Estación Machala propiedad de la Corporación Nacional de Electricidad S.A, Regional de Oro, 2010.
- [9] «Universidad Nacional de Tucuman,» [En línea]. Available: <https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Curvas-de-Carga-y-Generaci%C3%B3n.pdf>.
- [10] «Tecsa,» [En línea]. Available: <https://www.tecsagro.com.mx/blog/tipos-de-postes-electricos/>.
- [11] J. Hajar, Análisis, Diseño y Selección de Alternativas de Iluminación para Alumbrado Público con Nuevas Tecnologías, Lima-Peru, 2018.
- [12] M. Melendez. [En línea]. Available: [https://www.electricistasdelafuentemadrid.com/blog/que-es-acometida-electrica/..](https://www.electricistasdelafuentemadrid.com/blog/que-es-acometida-electrica/)

- [13] L. Herazo, «An Incubator,» [En línea]. Available: [https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/..](https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/)
- [14] R. G. Duque, Python para todos.
- [15] Google, «Support.google,» [En línea]. Available: <https://support.google.com/a/answer/10100275?hl=es..>
- [16] V. R. Z. Enciso, Modelado del Sistema Interconectado de Transporte Eléctrico Paraguayo, Sevilla, 2019.
- [17] Eaton, CYME International T&D, Cleveland.
- [18] B. WEEDY, Sistemas Eléctricos de Gran Potencia.
- [19] S. B. M. YEPES, MANUAL PARA EL USO DE LAS HERRAMIENTAS BÁSICAS DEL SOFTWARE, BOGOTA, 2015.
- [20] I. P. C. Ing. Fernando Ubiría, Teoremas de Red.
- [21] S. G. M. M. Hernández Rubén, Modelamiento de los Transformadores de Distribución para Estudios de Armónicos, Comportamiento de las Protecciones de Sobrecorriente, Pérdidas de Energía y Disminución del Tiempo de Vida.
- [22] M. L. Q. Lucas, MODELOS DE CARGA Y SUS EFECTOS EN ESTUDIOS, Santiago De Chile, 2013.
- [23] E. R. T. Yanez, Simulación de Flujos de Potencia en Sistemas Electricos de Potencia usando métodos completos, desacoplados y linealizados, Quito-Ecuador, 2019.
- [24] W. D. S. J. J. Grainger, Análisis de Sistemas de Potencia, México: McGRAW-HILL.