



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA
TENSIÓN DEL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMÓN
MEDIANTE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

Autor

CRISTHIAN DANIEL CALLE PÁRRAGA

Director

ING. CRISTHIAN LAVERDE, MsC.

Santo Domingo, junio 2019

© Universidad UTE. 2019
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2300075641
APELLIDO Y NOMBRES:	Calle Párraga Cristhian Daniel
DIRECCIÓN:	Coop. Ierac 69
EMAIL:	cristhian151@hotmail.es
TELÉFONO FIJO:	022748002
TELÉFONO MÓVIL:	0967150854

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Planificación del sistema de distribución de media tensión del alimentador Rocío Puerto Limón mediante proyección de la demanda
AUTOR O AUTORES:	Cristhian Daniel Calle Párraga
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	18 de junio del 2019
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Cristian Laverde, Msc.
PROGRAMA	PREGRADO <input type="checkbox"/> X POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Electromecánico
RESUMEN:	<p>El siguiente trabajo de titulación trata sobre la planificación del sistema de distribución de media tensión del alimentador Rocío Puerto Limón perteneciente a la subestación El Rocío del área de concesión de CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo, dividiendo la investigación en tres partes, la primera es evaluar la condición actual del alimentador a demanda máxima mediante la utilización del programa computacional CYMDIST, mediante el análisis de FLUJO DE CARGA y reporte de CONDICIONES ANORMALES estableciendo los principales parámetros eléctricos logrando determinar las condiciones operativas actuales del alimentador. La segunda es la recopilación de los registros históricos a 4 años (2013-2017) de demanda máxima obtenidos mediante registros en la</p>

	cabecera del alimentador permitiendo determinar las tasas de crecimiento de carga anual, obteniendo la demanda máxima proyectada a 10 años en el alimentador en estudio. El tercero, con la demanda máxima proyectada se vuelve a establecer la condición operativa en la que se encuentra el alimentador y se plantea propuestas de mejora como la aplicación de BALANCE DE CARGA e instalación de REGULADORES DE VOLTAJE en el alimentador para mejorar el perfil de voltaje y disminuir las pérdidas técnicas en la red.
PALABRAS CLAVES:	Flujo de carga , demanda máxima , balance de carga , pérdidas técnicas, reguladores de voltaje

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f. 
 CALLE PÁRRAGA CRISTHIAN DANIEL
 C.I. 2300075641

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CALLE PÁRRAGA CRISTHIAN DANIEL**, C.I. 2300075641 autor del Proyecto titulado: **Planificación del sistema de distribución de media tensión del alimentador Rocío Puerto Limón mediante proyección de la demanda** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 18 de junio del 2019

f. 

CALLE PÁRRAGA CRISTHIAN DANIEL
C.I. 230075641

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título: **Planificación del sistema de distribución de media tensión del alimentador Rocío Puerto Limón mediante proyección de la demanda.** Para aspirar al título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**, fue desarrollado por **CALLE PÁRRAGA CRISTHIAN DANIEL**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Cristian Laverde MsC.
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I.0502662455

Santo Domingo, 13 junio de 2019

Yo, **LENÍN MARTÍNEZ** funcionario de CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo perteneciente al área de PLANIFICACIÓN estoy **CONFORME** con el trabajo realizado para CNEL EP denominado: **PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DEL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMÓN MEDIANTE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**, elaborado por el estudiante **CALLE PÁRRAGA CRISTHIAN DANIEL**.

El interesado puede hacer uso de la presente cómo mas lo crea conveniente, sin más que acotar me despido muy atentamente.



Ing. Lenín Martínez

Ing. Eléctrico del área de planificación

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia especialmente a mis padres Aracely Párraga y Eugenio Calle por todos los sacrificios realizados para apoyarme a la culminación de este objetivo en mi vida, por enseñarme que en la vida se necesita esfuerzo, dedicación e inteligencia para alcanzar nuestras metas, en fin, por brindarme siempre su cariño y por siempre estar ahí cuando los necesitaba.

A mi hermana Lisseth Calle de igual por brindarme su apoyo incondicional en los momentos que más necesitaba, y familia en general por siempre confiar en mi persona.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme lograr esta anhelada meta, a mis padres agradecer infinitamente por siempre brindarme su apoyo incondicional siempre confiando en mi persona y creer firmemente en mi capacidad para la culminación de esta etapa en mi vida, a mi hermana de igual forma por su valioso apoyo y entendimiento en los difíciles momentos que se presentaron a lo largo de mi vida estudiantil.

A todos los docentes que logre conocer en mi vida universitaria, siempre prestos para brindar valiosos conocimientos enriqueciendo mi vida tanto personal como profesional.

A mi director de tesis Ing. Cristian Laverde quien siempre estuvo pendiente en la culminación del trabajo de titulación, otorgándome su valioso tiempo para el desarrollo de este estudio.

Al departamento de planificación de CNEP Unidad de Negocio Santo Domingo por permitirme realizar mis practicas pre-profesionales y por brindarme las facilidades para realizar este trabajo de titulación, siempre prestos a brindarme su apoyo.

A mis compañeros y amigos, Adrián, Daniel, Jorge, Edgar, Estefanía, Magali y Estefano, por su amistad y estima en estos años que compartimos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.3.1. CONVENIENCIA	4
1.3.2. IMPACTO SOCIAL	4
1.3.3. IMPACTO TEÓRICO	4
1.3.4. IMPACTO METODOLÓGICO	4
1.3.5. VIABILIDAD	4
1.4. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5. OBJETIVOS	5
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	5
1.6. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	5
1.7. HIPÓTESIS	6
2. METODOLOGÍA	7
2.1. MATERIALES, EQUIPOS Y RECURSOS	7
2.1.1. PROGRAMA COMPUTACIONAL CYME	7
2.1.2. REQUERIMIENTOS DE EQUIPO Y SOPORTE LÓGICO	7
2.1.3. PAQUETE COMPUTACIONAL CYMDIST	8
2.1.4. INTEGRACIÓN GRÁFICA GEO REFERENCIADA CYMDIST	9
2.2. LEVANTAMIENTO DE DATOS	9
2.2.1. REGISTRO DE DEMANDA	9
2.2.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS)	10
2.3. MODELADO DEL ALIMENTADOR	10
2.3.1. FLUJO DE CARGA	11
2.3.1.1. Método caída de tensión desequilibrada	12
2.3.2. PÉRDIDAS TÉCNICAS	12
2.4. CONDICIONES OPERATIVAS DEL ALIMENTADOR	13
2.4.1. ESTADO ACTUAL	13
2.4.2. DEMANDA PROYECTADA	13
2.5. RECONFIGURACIÓN DEL ALIMENTADOR	13
2.5.1. BALANCE DE FASES DE LA RED	14
2.5.2. METODOLOGÍA PARA LA UBICACIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE	14
3. ANÁLISIS Y RESULTADOS	16
3.1. ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR	16
3.1.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS	16
3.1.2. TIPOS DE CONDUCTORES	17

3.1.3.	ANÁLISIS DE DEMANDA DEL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMÓN	17
3.1.4.	ANÁLISIS DE CURVA DE DEMANDA	18
3.1.5.	ANÁLISIS DE FACTOR DE CARGA	19
3.2.	ANÁLISIS DEL MODELADO DE LA RED	20
3.2.1.	CREACIÓN DE BASE DE DATOS	20
3.2.2.	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA	20
3.2.3.	CREACIÓN DE LA RED EN CYMDIST	21
3.2.4.	APLICACIÓN DE FLUJO DE CARGA EN CYMDIST	26
3.3.	ANÁLISIS DE FLUJO DE CARGA EN ESTADO ACTUAL	27
3.3.1.	CAÍDA DE VOLTAJE EN CONDICIÓN ACTUAL	28
3.3.1.1.	Caída de voltaje fase A	28
3.3.1.2.	Caída de voltaje fase B	28
3.3.1.3.	Caída de voltaje fase C	29
3.3.2.	PERFIL DE TENSIÓN DEL ALIMENTADOR.....	29
3.3.3.	RESUMEN DE CAÍDA DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMÓN EN CONDICIÓN ACTUAL	30
3.3.4.	PÉRDIDAS TÉCNICAS DEL ALIMENTADOR EN CONDICIÓN ACTUAL	30
3.4.	ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	31
3.4.1.	DETERMINACIÓN DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO	31
3.4.2.	INGRESO DE LA DEMANDA PROYECTADA A CYMDIST.....	32
3.5.	ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR CON DEMANDA PROYECTADA	34
3.5.1.	RESUMEN DE CAÍDA DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR	34
3.5.2.	PERFIL DE VOLTAJE CON DEMANDA PROYECTADA	35
3.5.3.	PÉRDIDAS TÉCNICAS CON DEMANDA PROYECTADA ...	35
3.5.4.	COMPARACIÓN DE CODICIÓN ACTUAL Y PROYECTADA	36
3.5.4.1.	Caída de voltaje	36
3.5.4.2.	Pérdidas técnicas.....	36
3.6.	NECESIDAD DE REGULADORES EN EL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMON	36
3.6.1.	INSTALACIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE EN CYMDIST.....	37
3.7.	PROPUESTA DE MEJORA DEL ALIMENTADOR	39
3.7.1.	BALANCE DE CARGA EN CYMDIST	39
3.7.2.	ANÁLISIS DE BALANCE DE CARGA	40
3.7.2.1.	Pérdidas técnicas mediante aplicación de balance de carga	41
3.7.3.	ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR CON LA INSTALACIÓN DE UN REGULADOR DE VOLTAJE	41

3.7.4.	ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR CON LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE.....	44
3.8.	COMPARACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORAS	46
3.8.1.	CAÍDA DE VOLTAJE	46
3.8.2.	PÉRDIDAS TÉCNICAS	47
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
4.1.	CONCLUSIONES	48
4.2.	RECOMENDACIONES	49
	BIBLIOGRAFÍA	50
	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1.	Límites de pérdidas técnicas	13
Tabla 2.	Límites de variación de voltaje.....	13
Tabla 3.	Resumen de características del alimentador Rocío Puerto Limón	16
Tabla 4.	Tipos de estructura utilizadas alimentador Rocío Puerto Limón	17
Tabla 5.	Distribución de conductores en el alimentador	17
Tabla 6.	Registro de demanda máxima	17
Tabla 7.	Demanda promedio	18
Tabla 8.	Demanda del alimentador por tipo de fase	24
Tabla 9.	Parámetros eléctricos del alimentador.....	24
Tabla 10.	Caída de voltaje por fase del alimentador en condición actual	30
Tabla 11.	Pérdidas en potencia en condición actual.....	31
Tabla 12.	Datos históricos del alimentador	31
Tabla 13.	Demanda Máxima Proyectada.....	32
Tabla 14.	Resumen de caída de voltaje por fase con demanda proyectada	35
Tabla 15.	Pérdidas del sistema con demanda proyectada	35
Tabla 16.	Comparación de caídas de voltaje estado actual y condición de demanda proyectada	36
Tabla 17.	Comparación de pérdidas en estado actual y proyectado	36
Tabla 18.	Secuencia de transferencia de carga entre fases	40
Tabla 19.	Pérdidas de potencia mediante aplicación de balance de carga.....	41
Tabla 20.	Corrientes por fase en nudo de origen.....	42
Tabla 21.	Capacidad del primer banco de reguladores monofásicos	42
Tabla 22.	Ajuste de taps del regulador de voltaje	43
Tabla 23.	Casos de subtensión de puntos más alejados respecto a la subestación.....	44
Tabla 24.	Pérdidas del sistema mediante ubicación del primer regulador.....	44
Tabla 25.	Corriente circulante por nudo de origen.....	45
Tabla 26.	Dimensionamiento de reguladores en CYMDIST	45
Tabla 27.	Ajuste de taps del segundo regulador de voltaje	45
Tabla 28.	Casos de subtensión de puntos más alejados respecto a la fuente con dos reguladores de voltaje.	45
Tabla 29.	Pérdidas de potencia con dos reguladores de voltaje.....	46
Tabla 30.	Comparación de casos de subtensión con la instalación de reguladores.....	47

Tabla 31.	Comparación de pérdidas de potencia según la aplicación de propuestas de mejora.	47
------------------	---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.	Interfaz CYMDIST	9
Figura 2.	Flujo de carga condiciones anormales de tensión	11
Figura 3.	Estructura del alimentador según sus ramales	16
Figura 4.	Curva de demanda del alimentador Rocío Puerto Limón por el año 2017	18
Figura 5.	Registro de curva de demanda máxima mensual	19
Figura 6.	Ingreso de parámetros al sistema	20
Figura 7.	Ingreso de parámetros al sistema	21
Figura 8.	Ingreso de la subestación El Rocío en modelación	21
Figura 9.	Ingreso de tipo de conductores en la red.	22
Figura 10.	Ingreso del tipo de estructura en CYMDIST	22
Figura 11.	Ventana propiedades de tramo	23
Figura 12.	Ventana característica de la carga.....	23
Figura 13.	Ventana de ingreso de demanda CYMDIST	24
Figura 14.	Ventana de distribución de carga en CYMDIST	25
Figura 15.	Ingreso de valores de método para distribución de carga. .	25
Figura 16.	Ventana flujo de carga CYMDIST	26
Figura 17.	Ingreso de parámetros para aplicar el análisis por flujo de carga.....	26
Figura 18.	Selección de red para análisis de flujo de carga.....	27
Figura 19.	Condiciones anormales de tensión en situación actual	27
Figura 20.	Caída de voltaje fase A con demanda actual.....	28
Figura 21.	Caída de voltaje fase B con demanda actual.....	29
Figura 22.	Caída de voltaje fase C con demanda actual	29
Figura 23.	Perfil de tensión en condición de demanda actual.....	30
Figura 24.	Aplicación de factores de carga.....	33
Figura 25.	Propiedades de red en condición de demanda proyectada. ...	33
Figura 26.	Condiciones anormales en condición de demanda proyectada	34
Figura 27.	Perfil de tensión con demanda proyectada.....	35
Figura 28.	Parámetros de ingreso en la instalación del regulador	37
Figura 29.	Propiedades del regulador	38
Figura 30.	Selección de toma por fase	38
Figura 31.	Instalación de un banco de reguladores monofásicos, CYMDIST.....	39
Figura 32.	Parámetros balance de carga CYMDIST.....	40
Figura 33.	Zona propuesta para la instalación del regulador de voltaje ...	41
Figura 34.	Condiciones anormales de tensión con un regulador	42
Figura 35.	Perfil de voltaje con instalación del primer regulador.....	43

Figura 36.	Ubicación de reguladores en el alimentador Rocío Puerto Limón	44
Figura 37.	Perfil de voltaje con la instalación de dos reguladores de voltaje	46

INDICE DE ANEXOS

PÁGINA

ANEXO 1.	REGISTRO DE DEMANDA MÁXIMA EN ARCHIVO MICROSOFT EXCEL.....	51
ANEXO 2.	COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2013.....	52
ANEXO 3.	COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2014.....	53
ANEXO 4.	COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2015.....	54
ANEXO 5.	COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2016.....	55
ANEXO 6.	REPORTE SUMARIO POR RED EN ESTADO ACTUAL.....	56
ANEXO 7.	REPORTE SUMARIO POR RED EN DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA	56
ANEXO 8.	REPORTE SUMARIO POR RED MEDIANTE APLICACIÓN DE BALANCE DE CARGA	57
ANEXO 9.	REPORTE SUMARIO POR RED CON INSTALACIÓN DE UN BANCO DE REGULADORES MONOFÁSICOS	57
ANEXO 10.	REPORTE SUMARIO POR RED CON INSTALACIÓN DE DOS BANCOS DE REGULADORES MONOFÁSICOS.....	58
ANEXO 11.	TABLA DE REGULADORES ESTANDARIZADOS CONFORME ANSI C57-15 Y NBR 11809.....	59
ANEXO 12.	PERFIL DE KVA MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE.....	60
ANEXO 13.	PERFIL DE KVAR MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE.....	61

RESUMEN

El siguiente trabajo de titulación trata sobre la planificación del sistema de distribución de media tensión del alimentador Rocío Puerto Limón perteneciente a la subestación El Rocío del área de concesión de CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo, dividiendo la investigación en tres partes, la primera es evaluar la condición actual del alimentador a demanda máxima mediante la utilización del programa computacional CYMDIST, mediante el análisis de FLUJO DE CARGA y reporte de CONDICIONES ANORMALES estableciendo los principales parámetros eléctricos logrando determinar las condiciones operativas actuales del alimentador. La segunda es la recopilación de los registros históricos a 4 años (2013-2017) de demanda máxima obtenidos mediante registros en la cabecera del alimentador permitiendo determinar las tasas de crecimiento de carga anual, obteniendo la demanda máxima proyectada a 10 años en el alimentador en estudio. El tercero, con la demanda máxima proyectada se vuelve a establecer la condición operativa en la que se encuentra el alimentador y se plantea propuestas de mejora como la aplicación de BALANCE DE CARGA e instalación de REGULADORES DE VOLTAJE en el alimentador para mejorar el perfil de voltaje y disminuir las pérdidas técnicas en la red.

Palabras claves: Flujo de carga, demanda máxima, balance de carga, pérdidas técnicas, reguladores de voltaje.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años se ha presenciado un notable crecimiento poblacional del Ecuador sin tomar en cuenta factores demográficos causando problemas estructurales en la misma. Un ejemplo notorio de esto es la situación actual de la cuarta ciudad más grande del Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas.

Siendo así que Puerto Limón y sus zonas aledañas, parroquias pertenecientes a Santo Domingo de los Tsáchilas se han visto afectadas de igual manera por este crecimiento poblacional. Estas parroquias cuentan con una subestación llamada El Rocío con una capacidad de 5 a 6,25 MVA con un factor de carga de 64,38%, dicha subestación está conformada por dos alimentadores denominados Puerto Limón y Bramadora, la cual como consecuencia del aumento demográfico en las zonas donde residen los alimentadores producen caídas de tensión que exceden el 8% en bajo voltaje, establecido en la regulación ARCONEL 005/18, esto en condiciones de demanda máxima. (Martínez, 2018).

Tomando en cuentas estos datos y el crecimiento demográfico se ha visto necesario plantear acciones que permitan mejorar la planificación del Sistema de Distribución de media tensión del alimentador Rocío Puerto Limón que permita tomar acciones correctivas necesarias para mejorar el perfil de voltaje en virtud de los índices establecidos por la ARCONEL 005/18.

Los Sistemas de Distribución siempre presentan cambios continuos por el crecimiento poblacional lo cual se refleja en equipos y herramientas utilizadas, obligando a realizar cambios a las Empresas Distribuidoras de Energía como las metodologías de diseño y operación, empleando herramientas computacionales (Ramírez Castaño)

La planificación del Sistema de Distribución representa que el planificador tenga un criterio técnico que le permita tomar decisiones por anticipado sobre acontecimientos esperados, razón por la cual se necesitan tener conocimientos de la condición operativa actual y en función del comportamiento de los parámetros eléctricos determinar las condiciones operativas futuras, con el objetivo de anticiparse a situaciones a largo plazo, permitiendo tomar decisiones que garanticen la operatividad de los sistemas de distribución. (Toapanta, 2009).

La importancia de los Sistemas de Distribución dentro de los sistemas eléctricos de potencia radica que estos permiten garantizar que el servicio eléctrico llegue hacia los usuarios finales siempre cumpliendo con los límites establecidos por las Regulaciones Nacionales. (Coello, 2016)

Un problema que se presenta en las redes, es la distribución de la potencia hasta los usuarios finales, debido a que estos se encuentran dispersos en distancias alejadas respecto a la subestación por lo que resultan ser sistemas complicados para su estudio. (Juarez Cervantes , 1995)

Los Sistemas de Distribución tienen como objetivo garantizar el servicio de energía eléctrica de forma continua y de calidad hacia los usuarios, debido al crecimiento demográfico las Empresas Distribuidoras deben planificar la expansión del sistema manteniendo los índices de calidad energética bajo los límites establecidos por las regulaciones. (Bastidas Alvear , 2003)

Dentro de la planificación de un Sistema de Distribución se debe considerar el crecimiento de la carga, a razón que las planificaciones no se hacen en carga actual por lo que se debe tomar en cuenta la carga futura para evitar modificaciones en la red a corto plazo y mediano plazo. (Zamora Machuca, 2013)

En los Sistemas de Distribución existen factores externos que de forma directa repercuten en la calidad y confiabilidad del servicio eléctrico, por lo tanto se debe realizar la planificación teniendo en cuenta el crecimiento de la demanda para que posteriormente se ejecute las configuraciones necesarias para garantizar la operatividad de los sistemas de distribución(Landázuri Paredes , 2016)

En virtud a las características demográficas los sistemas de distribución presentan mayores pérdidas de potencia, representando costos de operación afectando económicamente a las Empresas Distribuidoras de electricidad, por lo cual para suplir estas pérdidas existen diversos métodos como balance de carga, repotenciación de los conductores en la red, instalación de condensadores , aplicación de reguladores de voltaje, entre otros los cuales disminuyen de manera efectiva las pérdidas técnicas en las redes de media tensión. (Franco, Restrepo, & Tabares, 2006)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo disminuir la caída de voltaje y las pérdidas técnicas en el alimentador Rocío Puerto Limón basada en una demanda proyectada a mediano plazo?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. CONVENIENCIA

La planificación de la mejora de los índices de calidad del servicio eléctrico es un aspecto importante a tomar en cuenta, implicando la reducción de pérdidas técnicas y mejora de las condiciones operativas del alimentador Rocío Puerto Limón

1.3.2. IMPACTO SOCIAL

Se pretenderá mostrar los resultados del presente estudio al departamento de planificación de CNEL unidad de negocio Santo Domingo para que consideren las propuestas presentadas para mejorar los índices de calidad del servicio eléctrico en el alimentador y así de esta manera contribuir a un desarrollo eléctrico sostenible.

1.3.3. IMPACTO TEÓRICO

El presente proyecto mostrará conocimiento sobre la planificación del sistema de distribución el cual ayudará a mejorar el perfil de voltaje y la reducción de las pérdidas técnicas en la red, mejorando las condiciones operativas del alimentador en estudio.

1.3.4. IMPACTO METODOLÓGICO

El presente estudio usará una metodología técnica investigativa, la cual contribuirá en la búsqueda de datos que ayudarán a cumplir los objetivos planteados en la investigación.

1.3.5. VIABILIDAD

El estudio es viable, por un lado, la información será otorgada por CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo y mediante el uso del software CYMDIST el cual dispone de las herramientas necesarias para simular el comportamiento del alimentador en diversas situaciones, del cual se obtendrán los resultados requeridos para el desarrollo del estudio.

1.4. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

En virtud que el motivo de la investigación se centra en proponer una mejora en las condiciones operativas del alimentador Rocío Puerto Limón, los objetos de investigación serán las pérdidas técnicas en potencia y el

voltaje, los cuales serán estudiados a lo largo de la investigación a realizarse.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar las condiciones operativas del alimentador Rocío Puerto Limón bajo criterios técnicos considerando el crecimiento de la demanda a mediano plazo.

1.5.2. OBJETIVO ESPECIFICOS

- Obtener datos históricos de la demanda del alimentador para determinar los índices de crecimientos anual de la carga y establecer la demanda futura que se tendrá en el alimentador.
- Mediante la utilización del programa computacional CYMDIST, realizar la modelación del alimentador para dar un diagnostico general de la situación actual del sistema eléctrico estableciendo las condiciones operativas del alimentador.
- Proponer alternativas para mejorar las condiciones de servicio del área sujeto a estudio y desarrollar las más conveniente de acuerdo a la evolución prevista de la demanda.

1.6. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Analítico. - Este método servirá para la interpretación de los datos recopilados en el proceso de la investigación, así como para la elaboración de los resúmenes.

Inductivo. - Partimos del problema que es la necesidad de mejorar las condiciones operativas del alimentador Rocío Puerto limón, en virtud que presenta caídas de voltaje en la gran mayoría de sus ramales monofásicos y trifásicos de la red.

Estadísticos. - Se utilizarán para el análisis, elaboración de tablas y graficación de los datos de la condición operativa del alimentador para obtener un mejor entendimiento del presente trabajo investigativo, el tratamiento estadístico permite un verdadero proceso de síntesis y reorganización llevándonos finalmente a extraer resultados.

Sintético. - Se empleará en la recolección de la información para la realización de los resúmenes, análisis de la teoría y obtención de datos

estadísticos, por medio de la descomposición de la información en sus partes principales, extraer los conceptos y resultados prácticos más importantes.

1.7. HIPÓTESIS

Existen problemas en las condiciones operativas del alimentador Rocío Puerto Limón, así como un alto porcentaje de caída de voltaje y presencia de pérdidas técnicas lo que conlleva a perjuicios económicos para CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo.

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

2.1. MATERIALES, EQUIPOS Y RECURSOS

Para el desarrollo del presente estudio se utilizará el programa computacional CYME con su paquete computacional CYMDIST para redes de distribución y los diferentes tipos de análisis que este nos presenta, de los cuales nos servirán de apoyo para obtener resultados de la condición operativa actual y futuras del alimentador Rocío Puerto Limón.

2.1.1. PROGRAMA COMPUTACIONAL CYME

En la actualidad el complejo comportamiento y la gran cantidad de datos que se manejan en los Sistemas de Distribución dificultan que se realicen los análisis adecuados para mejorar las condiciones operativas de las redes.

El programa CYME está enfocado en modelar los sistemas de distribución y poder obtener los resultados necesarios para la toma de decisiones del planificador, el cual tiene las herramientas para modelar redes, monofásicas, bifásicas y trifásicas a detalle, parámetros requeridos para la modelación de los Sistemas de Distribución.

Este software posee entre sus características bibliotecas virtuales de equipos normalizados de la industria representando al usuario situaciones cercanas a la realidad para su estudio, entre sus características ofrece reportes personalizados para los diferentes tipos de análisis ofreciendo al planificador libertad para el manejo de las variables que requiera para su análisis, además se puede exportar los datos obtenidos a Microsoft Excel para el procesado de la información y manipulación de la misma, como el usuario requiera.

Este software cumple con una gran diversidad de análisis, permitiendo obtener los resultados en cualquier situación en la que se presente el caso de estudio, permitiendo realizar las simulaciones correspondientes para verificar el comportamiento de la red para proceder a realizar un análisis y tomar las decisiones con mayor grado de certidumbre.

2.1.2. REQUERIMIENTOS DE EQUIPO Y SOPORTE LÓGICO

El software CYME para su funcionamiento estable se debe instalar en Windows 7,8 o 8,1; o con Microsoft Server 2008 (CYME, 2019)

Los requerimientos recomendados mínimo de equipo son:

- Computadora Intel I5
- 2GB de memoria extendida
- 1 GB de espacio libre en el disco duro

2.1.3. PAQUETE COMPUTACIONAL CYMDIST

Para el análisis de los Sistemas de Distribución el software CYME tiene un paquete computacional base denominado CYMDIST este contiene las herramientas para el modelado y los distintos tipos de análisis para realizar las simulaciones del Sistema de Distribución en estudio.

El paquete base CYMDIST contiene las siguientes herramientas de análisis entre las principales (CYME, 2019):

- Flujo de carga
- Distribución de carga
- Análisis de fallas
- Coordinación de dispositivos de protección
- Balance de carga
- Ubicación de los condensadores
- Optimización de la configuración de las redes eléctricas
- Arranque de motor
- Flujo de carga con perfiles
- Análisis por lotes

El interfaz de CYMDIST es agradable para el usuario mostrando en la parte superior la barra de menú principal, por debajo tenemos la barra de herramientas básicas para la modelación de la red, en la parte central se gráfica la red implementada, en la parte baja de la pantalla se generan los reportes basados en la simulación de la red, en la parte izquierda se muestra una barra de exploración, tal como se muestra en la figura 1.

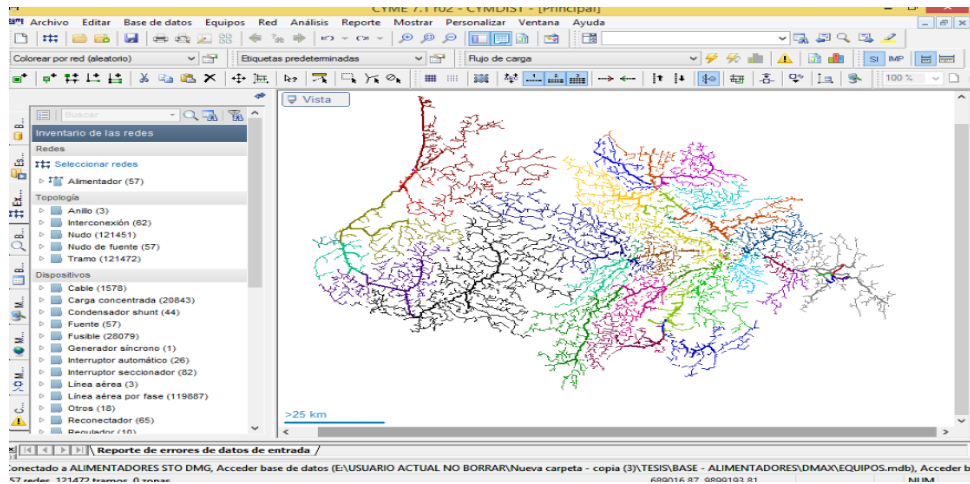


Figura 1. Interfaz CYMDIST
Fuente: CYME

2.1.4. INTEGRACIÓN GRÁFICA GEO REFERENCIADA CYMDIST

Como característica que tiene el programa computacional es la integración gráfica geo referenciada con la base de datos, permitiendo exportar e importar la información geográfica de una zona determinada en los siguientes formatos:

- DXF
- DWG

Esta opción facilita el ingreso de la información a la red ayudando a definir los parámetros de los equipos y sistema en general.

2.2. LEVANTAMIENTO DE DATOS

Se proyecta recopilar la información necesaria del alimentador en cuanto a los parámetros eléctricos mediante los registros de las lecturas, información que es obtenida por los medidores instalados en las cabecera del alimentador el cual registra cada 15 min las principales variables eléctricas que tiene el alimentador como son voltajes, corriente, potencia, factor de potencia y energía entre otros, la información puede ser exportada en archivo Microsoft Excel para manipulación del planificador.

2.2.1. REGISTRO DE DEMANDA

La demanda es la carga de un sistema eléctrico que se utiliza en un determinado momento y el lapso de tiempo en el cual se registra los valores se denomina intervalos de demanda, para el presente estudio los intervalos son cada 15 minutos por la configuración establecidas de los registradores ubicados en la cabecera del alimentador.

Mediante los registros de demanda cada 15 min, se pretende identificar el mes, día y hora en el cual se registró la demanda máxima del alimentador ,dato esencial para determinar las condiciones operativas a su vez identificar el crecimiento anual de la demanda para observar el comportamiento del alimentador.

Este registro se lo obtiene mediante en archivo Microsoft Excel mediante el uso de la herramienta filtrado de mayor a menor se obtiene el registro del mes, día, hora cuando surgió la condición de demanda máxima en el alimentador.

2.2.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS)

Mediante la implementación de información geográfica (GIS) se realiza el interfaz que permite extraer la topología de la red de medio voltaje. La cartografía de la red nos permite visualizar la información en formato DWG, SHAPE compatibles con CYMDIST que nos permite extraer mapas en el campo de visualización del software permitiendo desarrollar la ruta para la implementación de la red.

2.3. MODELADO DEL ALIMENTADOR

El modelado representa ingresar al software todos los datos acogidos en el levantamiento de la información hacia el programa computacional CYMDIST creando una base con los parámetros eléctricos, propiedades físicas para obtener resultados mediante la corrida de flujos y determinado la condición operativa actual de la red.

La red de media tensión de este alimentador, se modela desde la subestación hasta cada uno de los transformadores de distribución y cargas existentes en el alimentador, por lo cual se debe tener en cuenta tanto las características físicas y eléctricas del sistema como se muestra a continuación.

a) Características físicas:

- Conductores
- Reguladores
- Capacitores
- Transformadores

b) Características eléctricas

- Impedancias
- Capacidades de corriente
- Demanda

- Factores de potencia

2.3.1. FLUJO DE CARGA

Es un análisis utilizado en ingeniería para analizar los Sistemas de Distribución, para ello el análisis requiere de información como la demanda, factor de potencia, carga instalada, sección de los conductores, transposición de conductores, topología de la red, tipo de conexiones ya sea trifásica o monofásica, entre otras, basado en estas características en necesario realizar el flujo de carga. (Garces Ruiz, Granada, & Gallego, 2000)

Actualmente se requiere utilizar programas computacionales para ejecutar esta herramienta debido a la complejidad y gran cantidad de información que manejan los Sistemas de Distribución propio de sus configuraciones, para que el análisis sea fiable se requiere que los datos proporcionados sean de fuentes confiables para obtener datos de calidad y poder establecer un análisis lo más cercano a la realidad en el caso de estudio.

La aplicación de flujo de carga para el presente estudio se utilizó software CYMDIST para poder determinar las condiciones operativas de la red, para ello se necesita el valor de la demanda en condición máxima y mediante la aplicación de este análisis que nos ofrece CYMDIST, podemos establecer las condiciones anormales de tensión en las diferentes secciones de tramos de la red.

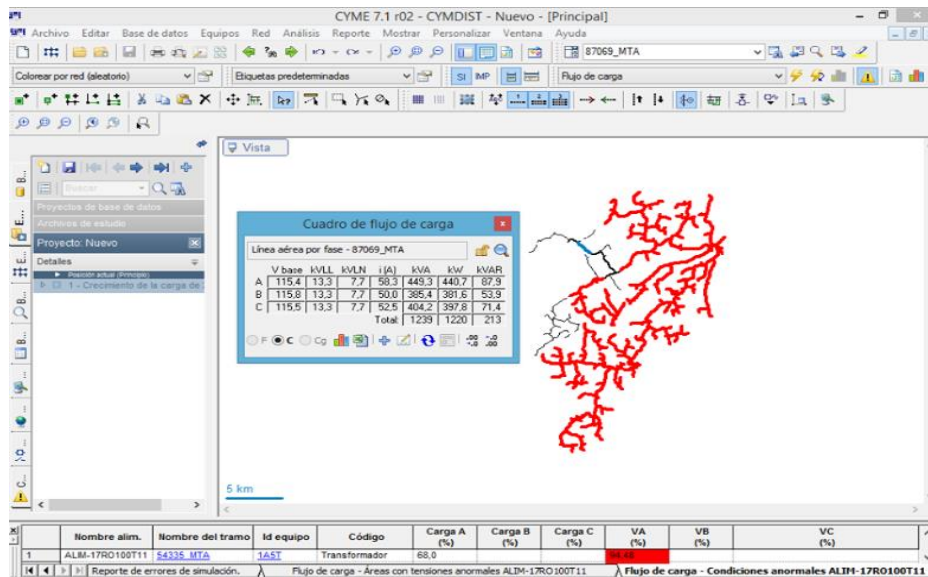


Figura 2. Flujo de carga condiciones anormales de tensión
Fuente: CYMDIST

2.3.1.1. Método caída de tensión desequilibrada

Cuando se trata de ramales monofásicos y se requiere obtener el flujo de carga por fase se usa el método de cálculo de “caída de tensión desequilibrada”, basado en las interacciones de corriente como algoritmo de resolución (Coello, 2016)

Mediante la aplicación del método mencionado se puede calcular los voltajes en las secciones de tramo, nodos, fuente, transformadores por cada fase, logrando determinar el peor tramo que presenta caída de voltaje, líneas sobrecargadas entre otros.

2.3.2. PÉRDIDAS TÉCNICAS

Las pérdidas en un sistema eléctrico son tanto de potencia como de energía y estas representan costo económico para las Empresas Distribuidoras, las principales pérdidas técnicas en los Sistemas de Distribución se producen tanto en los conductores como en los devanados y núcleos de los transformadores. (Ramirez Castaño)

Para el presente estudio para obtener los resultados de pérdidas técnicas en la red, se utilizó el programa computacional CYMDIST mediante la aplicación del reporte SUMARIO POR RED donde indica a detalle los elementos que presentan pérdidas de potencia para la red.

Los pasos para determinar las pérdidas técnicas en CYMDIST son los siguientes:

- Recopilación y levantamiento de la información del alimentador
- Captura de datos de posición geográfica en el campo y características de la red mediante software “ArcGis”
- Extracción de información topológica de la red de medio voltaje por medio del Arcmap para ser ingresado a CYMDIST
- Modelado de la red de medio voltaje en CYMDIST
- Ejecutar análisis por flujo de potencia
- Seleccionar reporte sumario por red

Mediante los pasos señalados se determinan las pérdidas técnicas del sistema a demanda máxima, ejecutando la simulación de la red de medio voltaje en el programa computacional CYMDIST.

2.4. CONDICIONES OPERATIVAS DEL ALIMENTADOR

2.4.1. ESTADO ACTUAL

Mediante el modelado de la red e ingreso de la demanda actual se procede a establecer la condición operativa del alimentador observando el comportamiento de los parámetros eléctricos a lo largo de la red.

En la tabla 1 y 2 se muestra las regulaciones Nacionales utilizadas para el presente estudio.

Tabla 1. Límites de pérdidas técnicas

ZONA PREDOMINANTE	PÉRDIDAS TOTALES
URBANA	12%
URBANA Y RURAL	14%
RURAL	16%

Fuente: Arconel 009/00

Tabla 2. Límites de variación de voltaje

NIVEL DE VOLTAJE	VARIACIÓN DE VOLTAJE
ALTO VOLTAJE	5%
MEDIO VOLTAJE	6%
BAJO VOLTAJE	8%

Fuente: Arconel 005/18

2.4.2. DEMANDA PROYECTADA

Para realizar la proyección de la demanda del alimentador, se posee las estadísticas de las demandas máximas registradas en la cabecera del alimentador cada 15 minutos en los últimos 4 años, para completar la proyección en 10 años se requiere observar la tendencia en la tasa de crecimiento anual de la carga del alimentador.

Una vez determinada la nueva demanda proyectada se procede a establecer las nuevas condiciones operativas del alimentador observando el comportamiento de los parámetros eléctricos en la red.

2.5. RECONFIGURACIÓN DEL ALIMENTADOR

Para la reconfiguración del alimentador en estudio se basa en los siguientes criterios:

- Se propone que el voltaje de suministro del alimentador este dentro de los límites existentes según lo establecido por la regulación del ARCONEL 005/18 en bajo voltaje y la 009/00 para límites de pérdidas técnicas.

- Las soluciones se presentan en condición de demanda máxima proyectada a 10 años.
- Se realiza flujo de carga mediante la aplicación del método de RED TRIFÁSICA DESEQUILIBRADA, para que la modelación sea por fase a razón que el sistema en estudio es desbalanceado.
- Se emplea la herramienta de BALANCE DE CARGA como método de reducción de pérdidas técnicas debido a su bajo costo e inutilización de equipos.
- Para el presente estudio se adopta una caída de voltaje máxima del 8% valores adoptados para alimentadores rurales.
- Se emplea reguladores de voltaje debido a la gran extensión del alimentador para compensar los casos de subtensión y reducción de pérdidas de potencia en la red.

2.5.1. BALANCE DE FASES DE LA RED

Entre las herramientas más eficientes para la reducción de pérdidas técnicas es la implementación de BALANCE DE FASES en redes trifásicas de los sistemas de distribución por ser de bajo costo y de fácil aplicación por parte de las Empresas Distribuidoras.

El BALANCE DE FASES consiste en transferir carga entre las fases, cabe mencionar que el balance total del sistema no se puede conseguir debido a las características individuales propias de los elementos que conforman el Sistema de Distribución. (Garcés Ruiz, Galvis Manso, & Gallego Rendón, 2006)

Para el presente estudio se utiliza el BALANCE DE FASES como método para reducción de pérdidas técnicas en el alimentador, el programa computacional CYMDIST posee la herramienta denominada "balance de carga" donde se la usa para determinar las cargas laterales que puedan conectarse a las otras fases existentes para para la transferencia de carga con el fin de minimizar pérdidas y equilibrar las corrientes en la red .Mediante la ejecución de los reportes podemos obtener los cambios que la simulación determinó para transferir carga y la mejora por cada cambio realizado.

2.5.2. METODOLOGÍA PARA LA UBICACIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE

Para determinar las posibles ubicaciones del regulador de voltaje en la red se plantea la siguiente metodología para el presente estudio.

- La determinación para la ubicación del regulador de voltaje debe ser en puntos sensibles de la red donde se produzca mayor compensación de voltaje en casos de subtensión, procurando la reducción de pérdidas técnicas del sistema, garantizando que la red este bajo los límites establecidos por la Regulación Nacional existente.
- En el alimentador Rocío Puerto Limón se corren los flujos en condición de demanda máxima proyectada para determinar los nodos que presenten condiciones anormales respecto al voltaje, convirtiendo estos nodos en “candidatos” para la ubicación de los reguladores de voltaje, se procede a correr los flujos con la instalación de los reguladores de voltaje en los nodos candidatos, verificando cual presenta mayor compensación de voltaje y mayor reducción de pérdidas técnicas en la red.
- Una vez seleccionado los nodos “ganadores” para la instalación de los reguladores se procede a correr los flujos en el sistema nuevamente, obteniendo la corriente que circula por los nodos mencionados, determinando la capacidad del regulador según los datos técnicos de la norma ANSI C57-15 y NBR 11809.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. ANALISIS Y RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR

Este alimentador es de tipo radial, sale de la subestación El Rocío del cual se deriva un alimentador denominado Rocío Puerto Limón de 13,38 kV, el cual está ubicado en zona rural y posee una longitud total de sus ramales de 273,92 km hasta su punto más alejado, de los cuales están repartidos 228,53 km en su ramal monofásico, 0,54 km en su ramal bifásico y 44,85 km en su ramal trifásico como se puede observar en la figura 3.

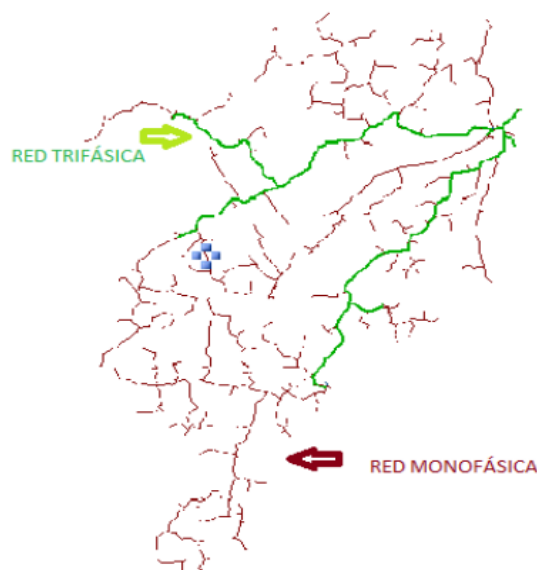


Figura 3. Estructura del alimentador según sus ramales
Fuente: CYMDIST

El alimentador posee conectados 535 transformadores de los cuales están repartidos en 530 monofásicos y 5 trifásicos todos instalados a lo largo de la red.

Tabla 3. Resumen de características del alimentador Rocío Puerto Limón

Total longitud (km)	273,92
Tensión de fuente (kv)	13,38
Transformadores monofásicos	530
Transformadores trifásicos	5

Fuente: Base de datos CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo

3.1.1. TIPOS DE ESTRUCTURA

Este alimentador se compone de líneas aéreas radiales instalados en postes de hormigón de 12m de altura, de los cuales las estructuras que predominan en su gran mayoría son las mostradas en la tabla 4.

Tabla 4. Tipos de estructura utilizadas alimentador Rocío Puerto Limón

Estructura	Descripción	Nomenclatura
Monofásicas	Estructura 13.8 KV 3F Centrada Pasante	EST-1CP
Bifásicas	Estructura 13.8 KV 2F Centrada Pasante	EST-2CP
Trifásicas	Estructura 13.8 KV 1F Centrada Pasante	EST-3CP

Fuente: Base de datos CYMDIST

3.1.2. TIPOS DE CONDUCTORES

Los conductores utilizados para el transporte de energía de este alimentador son del tipo de aleación de aluminio con alma de acero tipo ACSR, en los circuitos primarios por lo general utilizan el conductor de tipo ACSR desnudos en calibres 4/0,2/0,1/0 y para derivaciones monofásicas 2 AWG y 4 AWG.

Los conductores que conforman el alimentador se distribuyen de la siguiente forma como se indica en la tabla 5.

Tabla 5. Distribución de conductores en el alimentador

Tipos de tramos	Conductores	Red
Troncales principales	4/0 AWG	Trifásica
	2/0 AWG	
	1/0 AWG	
Derivaciones	2 AWG	Monofásica
	4 AWG	

Fuente: Base de datos CYMDIST

3.1.3. ANÁLISIS DE DEMANDA DEL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMÓN

Para la obtención de la demanda del alimentador se utilizaron los registros del año 2017 datos disponibles hasta la fecha, información obtenida en la cabecera del alimentador proporcionados por CNEL EP Unidad de Negocio Santo domingo, archivo proporcionado en Microsoft Excel con registros de demanda del alimentador cada 15 minutos del alimentador, se procedió a filtrar los datos de mayor a menor y se determinó el día el cual se registró la mayor demanda.

En la tabla 6 se puede observar que el alimentador el 10 de julio de 2017 tuvo su pico más alto.

Tabla 6. Registro de demanda máxima

DÍA	DEMANDA MÁXIMA
10 DE JULIO DEL 2017 -18:45	1181 ,72 kW

Fuente: Base de datos CNEL EP Unidad de Negocio Santo domingo

En el anexo 1 se muestra el registro de valores en formato Microsoft Excel del día y hora en el cual se registró de la demanda máxima.

Para el presente estudio mediante los registros de demanda del alimentador se pudo promediar los valores de demanda totales del año 2017 y obtener la demanda promedio como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Demanda promedio

DEMANDA MÁXIMA	DEMANDA PROMEDIO
1181,72 KW	736,55 KW

Fuente: Base de datos CNEL EP Unidad de Negocio Santo domingo

3.1.4. ANÁLISIS DE CURVA DE DEMANDA

En las siguientes figuras se muestra las curvas de demanda anual y mensual del alimentador Rocío Puerto Limón mostrando el comportamiento del alimentador.

En la figura 4 se presenta la curva anual en el último año de datos disponible.

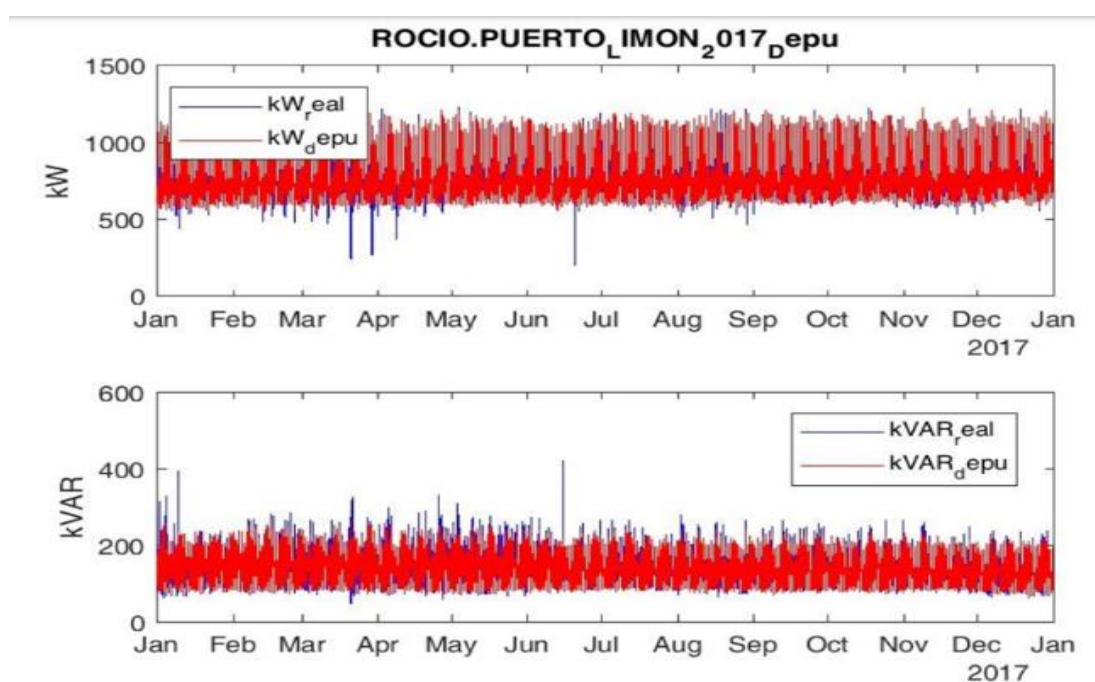


Figura 4. Curva de demanda del alimentador Rocío Puerto Limón por el año 2017

Fuente: CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo

En el anexo 2, 3, 4 y 5 se presenta las curvas de demanda anual de los años 2013, 2014, 2015 y 2016 información disponible para el estudio.

En la figura, 5 se presenta la curva de demanda en el día que se presentó el registro de la demanda máxima en el alimentador, observando un comportamiento de tipo residencial, es decir el registro de demanda máxima se la obtuvo en horas pico (06:45 pm) con una demanda de 1181,72 KW en su pico más alto.

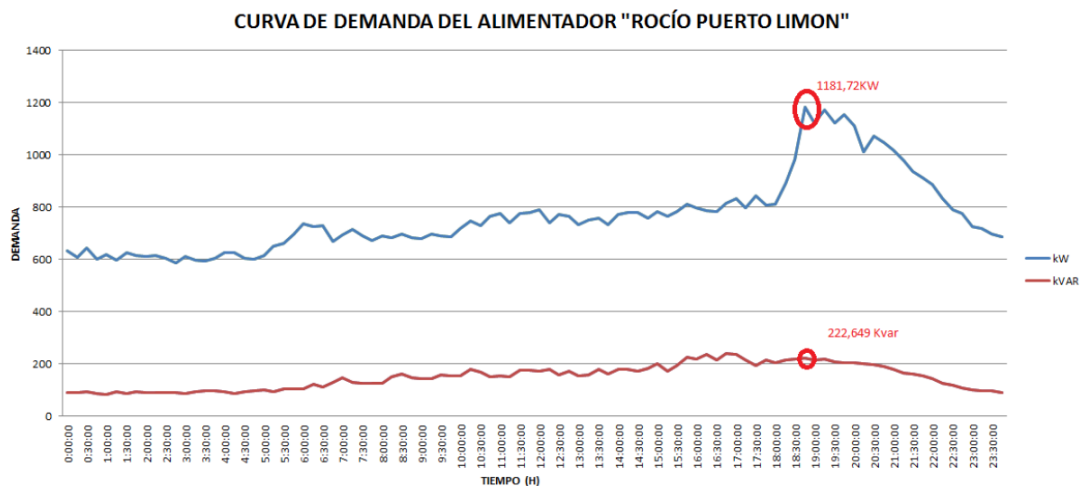


Figura 5. Registro de curva de demanda máxima mensual
Fuente: Autor

3.1.5. ANÁLISIS DE FACTOR DE CARGA

El valor obtenido nos indicará el tiempo que se mantendrá la demanda máxima durante cierto periodo, es decir si el factor de carga es elevado la curva de carga tiene pocos cambios, si el factor de carga es bajo sufre variaciones en el sistema (Ramirez Castaño), por lo tanto se puede establecer la operatividad de la red, dependiendo el caso puede variar de 0% hasta 100%, es decir entre más cercano este al 100% menor variaciones de la demanda tendrá la red.

Por lo tanto, el factor de carga es la relación de la demanda promedio con respecto a la demanda máxima del mismo periodo como se muestra en la ecuación 1.

$$F_c = \frac{\bar{D}}{D_{\max}} = \frac{\text{Demanda Promedio}}{D_{\max} T} \quad [1]$$

Donde:

F_c = factor de carga

\bar{D} = Demanda promedio [kW]

D_{\max} = Demanda máxima del sistema [kW]

T = Periodo de tiempo considerado

Mediante la aplicación de la ecuación 1 y los datos de demanda anteriormente mostrados se determinó que el factor de carga es de 62,3%, es decir que el alimentador posee variaciones en su demanda durante el día convirtiéndose en un sistema poco inestable.

3.2. ANÁLISIS DEL MODELADO DE LA RED

Para el presente estudio el nivel de voltaje de media tensión determinado, es de 13,38 KV, el cual se modela desde la subestación hasta cada uno de los transformadores a lo largo de la red.

3.2.1. CREACIÓN DE BASE DE DATOS

Previamente se debe constar con los archivos “Equipo y Redes” para este estudio fue proporcionado por CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo, una vez adquirido los archivos se procede a crear la nueva base de datos en CYMDIST, donde se almacenará todas las modificaciones realizadas en el alimentador para el estudio. Creada la base de datos automáticamente aparecerá la conexión con la base en la parte lateral izquierda en la sección base de datos, la base creada fue denominada como ALIMENTADORES STO DMG, como se puede ver en la figura 6.

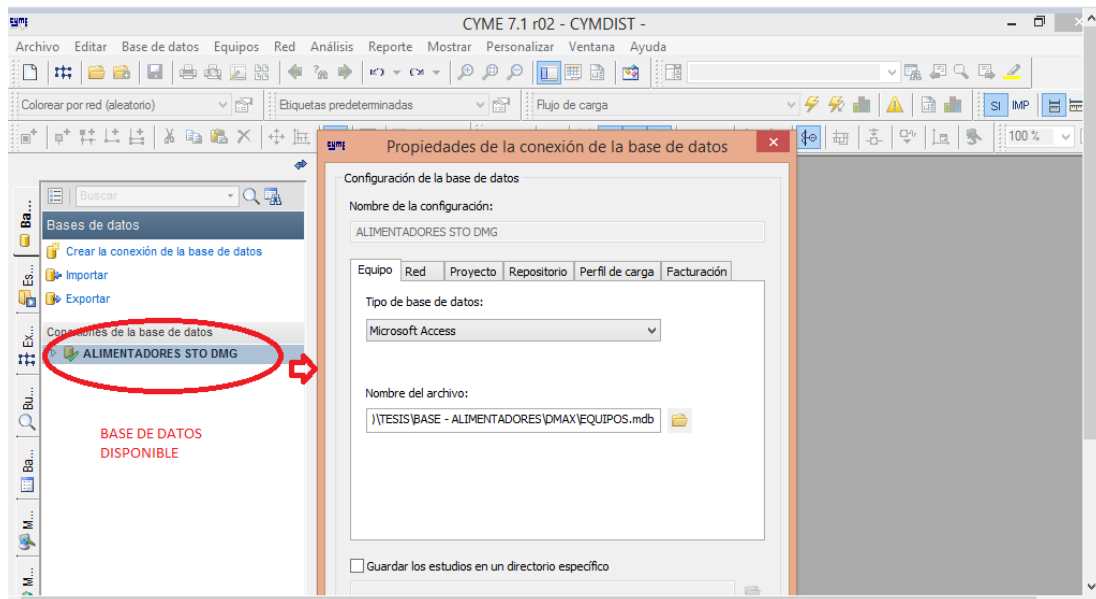


Figura 6. Ingreso de parámetros al sistema
Fuente: base de datos, CYMDIST

3.2.2. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA

Para empezar con la modelación del sistema se debe tener en cuenta cuales son los parámetros eléctricos a ingresar a CYMDIST como son: frecuencia en la que funciona el sistema, potencia base, tensión base, temperatura ambiente como se muestra en la figura 7.

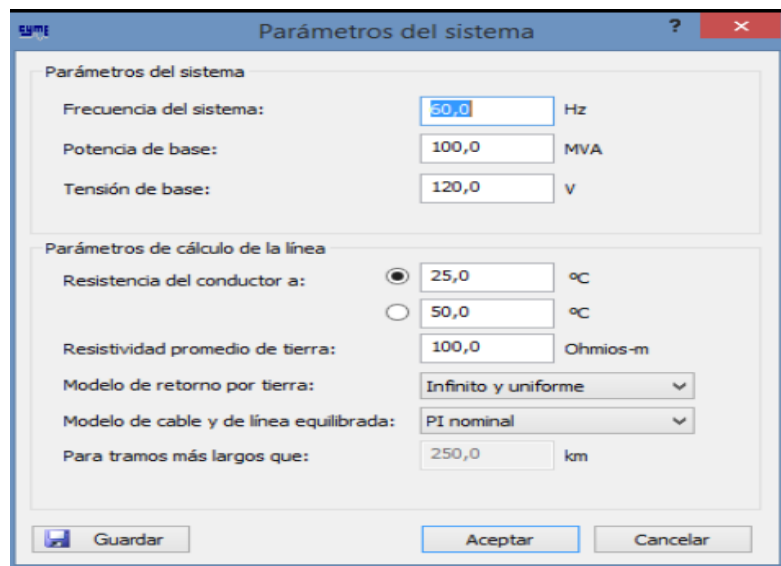


Figura 7. Ingreso de parámetros al sistema
Fuente: Base de datos, CYMDIST

3.2.3. CREACIÓN DE LA RED EN CYMDIST

Para la creación del alimentador se necesita ingresar la siguiente información:

a. Subestaciones

La base de datos de las subestaciones fue creada por CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo en CYMDIST obteniendo los parámetros ya establecidos para la modelación de red para el presente estudio como se muestra en la figura 8.

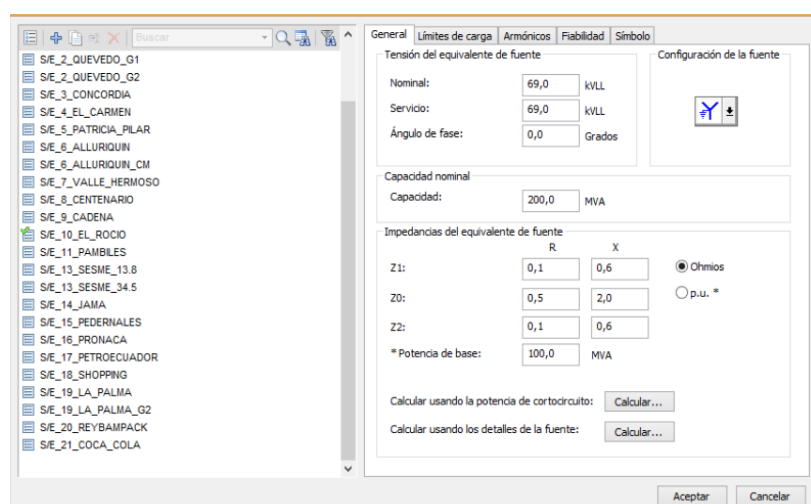


Figura 8. Ingreso de la subestación El Rocío en modelación.
Fuente: base de datos ,CYMDIST.

b. Conductores

En la base de datos creada en CYMDIST se encuentra cargado los conductores implementados en el presente estudio como se puede ver en la figura 9.

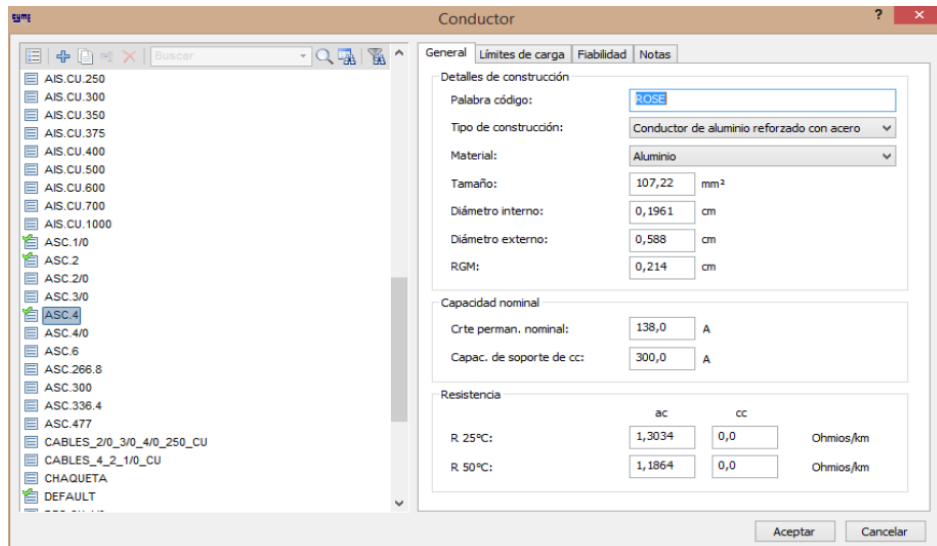


Figura 9. Ingreso de tipo de conductores en la red.
Fuente: base de datos, CYMDIST

c. Tipo de estructura

Como se indicó anteriormente las estructuras presentes en el alimentador son 1CP, 2CP, 3CP, se selecciona el tipo de estructura utilizada para el presente estudio como se muestra en la figura 10.

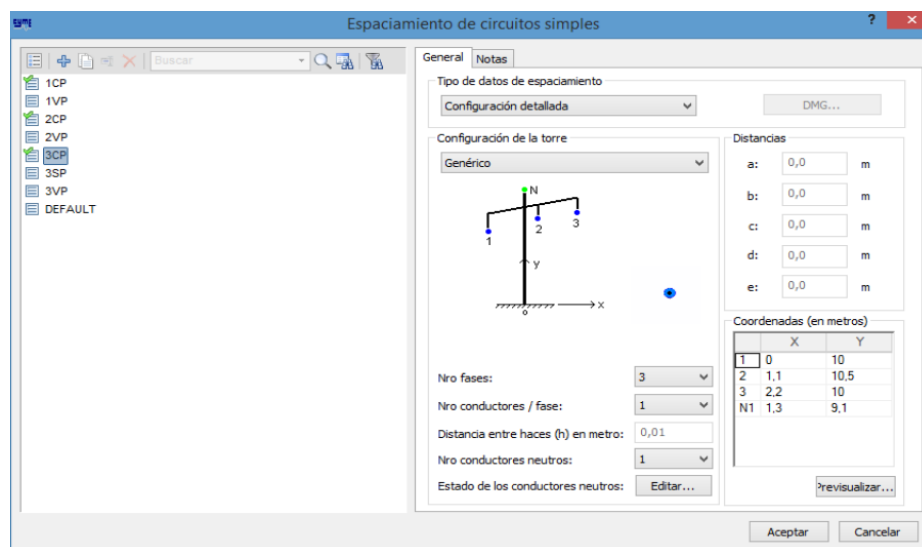


Figura 10. Ingreso del tipo de estructura en CYMDIST
Fuente: base de datos, CYMDIST

d. Propiedades del tramo

Una vez establecido los tipos estructuras y conductores tenemos la base de datos creada para determinar las propiedades de cada tramo presente en el alimentador, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Ventana propiedades de tramo
Fuente: base de datos, CYMDIST

e. Carga

Estas son ubicadas en el lado de baja del transformador, representando una carga concentrada en el sistema como se indica en la figura 12.

	A	B	C	Total	
Potencia real:	1,27	0,0	0,0	1,27	kW
Potencia reactiva:	0,33	0,0	0,0	0,33	kvar
Consumo:	331,0	0,0	0,0	331,0	kWh
Capacidad conectada:	5,01	0,0	0,0	5,01	kVA
Clientes:	3,0	0,0	0,0	3,0	

Figura 12. Ventana característica de la carga
Fuente: base de datos, CYMDIST

f. Simulación de la red

Para obtener los datos que requiere para iniciar la simulación, se consideraron las lecturas máximas recopilados mensualmente cada 15 minutos registrados en la cabecera del alimentador, y los datos anteriormente calculados como se indica en la tabla 8 y 9.

Tabla 8. Demanda del alimentador por tipo de fase

FASES	DEMANDA
A	434,47 kW
B	358,03 kW
C	389,22 kW

Fuente: CNEL EP Unidad de negocio Santo Domingo

Tabla 9. Parámetros eléctricos del alimentador

FACTOR DE CARGA	62,30%
VOLTAJE DE LA FUENTE	13,38 kV

Fuente: CNEL EP Unidad de negocio Santo Domingo

La fuente requiere de estos valores para configurar el alimentador en estudio donde aparece la venta “propiedades de la red” y llenamos con la información recopilada como se muestra en la figura13.

The screenshot shows the 'Propiedades de la red' window with the 'Demanda' tab selected. The 'Demanda' section has a checked box for 'Ingresar la demanda de la red'. The 'Modelo de carga' is set to 'DEFAULT'. The 'Conectado' checkbox is checked, and the unit is 'kVA-FP'. There are input fields for phases A, B, and C, each with a 'Total' checkbox. The 'Pérdidas' field is set to 0,0 W por fase. The 'Datos aguas abajo' section has input fields for A (434,47), B (358,03), C (389,22), and Total (1181,72), with a unit dropdown set to 'kVA reales'. The 'Pérdidas anuales' section shows the formula $\text{Factor de pérdidas} = k * \text{FdC} + (1-k) * \text{FdC}^2$ and input fields for 'Factor de carga' (62,3%) and 'Constante k' (0,15). Buttons for 'Factores...', 'Perfiles...', 'Aceptar', and 'Cancelar' are visible.

Figura 13. Ventana de ingreso de demanda CYMDIST

Fuente: base de datos, CYMDIST

g. Distribución de carga

Una vez determinado los parámetros del sistema, procedemos a distribuir la carga en el alimentador como se muestra en la figura 14.

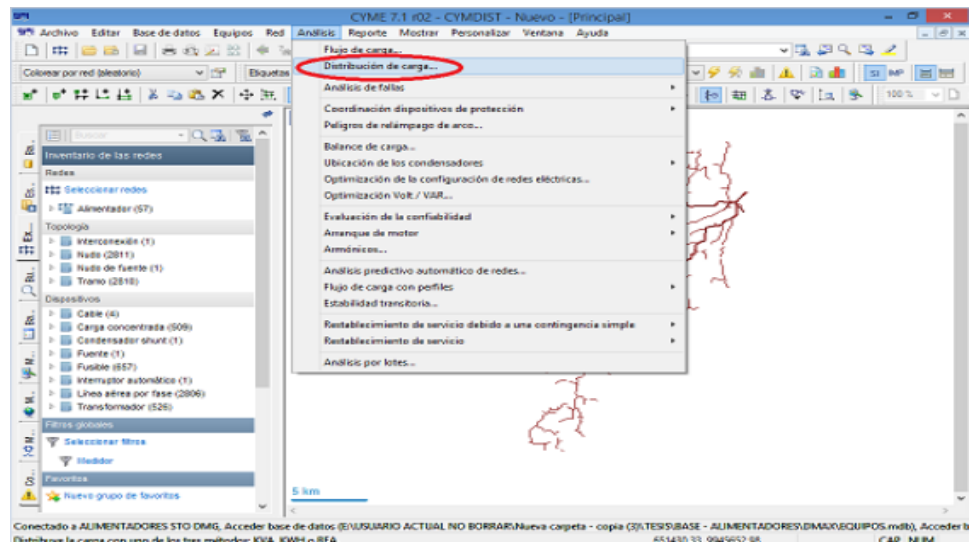


Figura 14. Ventana de distribución de carga en CYMDIST
Fuente: base de datos, CYMDIST

Luego de seleccionar en el menú “Distribución de Carga” nos aparece una ventana como se indica en la figura 15, el cual nos permite escoger la red donde vamos hacer el análisis, seleccionamos el método de distribución kVA CONECTADOS y presionamos EJECUTAR.

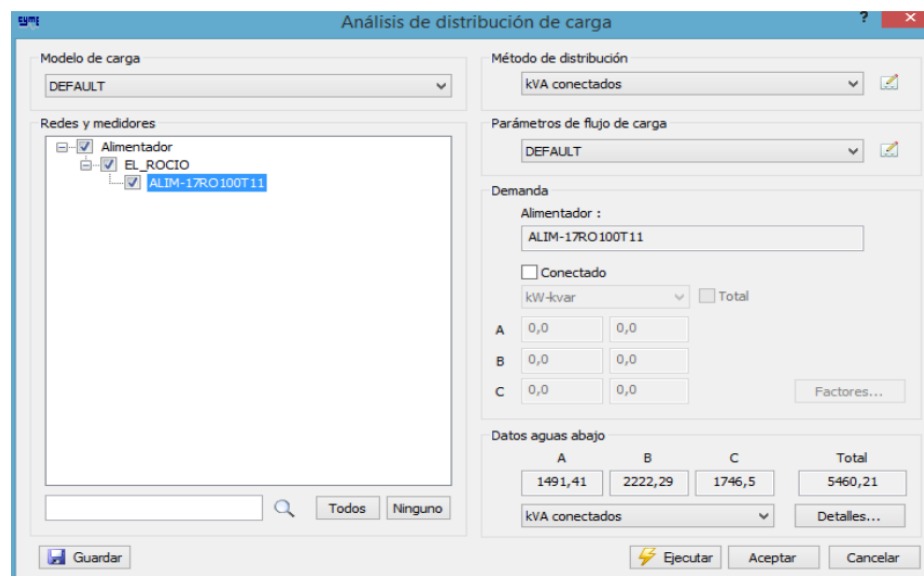


Figura 15. Ingreso de valores de método para distribución de carga.
Fuente: base de datos, CYMDIST

Al momento de utilizar el método de distribución “kVA conectados” divide la carga total obtenida en los registros, a cada uno de los transformadores

dependiendo de la capacidad de que estos tengan, distribuyendo la carga a cada nodo donde hay un transformador.

3.2.4. APLICACIÓN DE FLUJO DE CARGA EN CYMDIST

Para poder realizar el análisis en CYMDIST primero se debe ingresar al menú principal ubicado en la parte posterior, después seleccionamos la pestaña de ANÁLISIS como se indica en la figura 16.

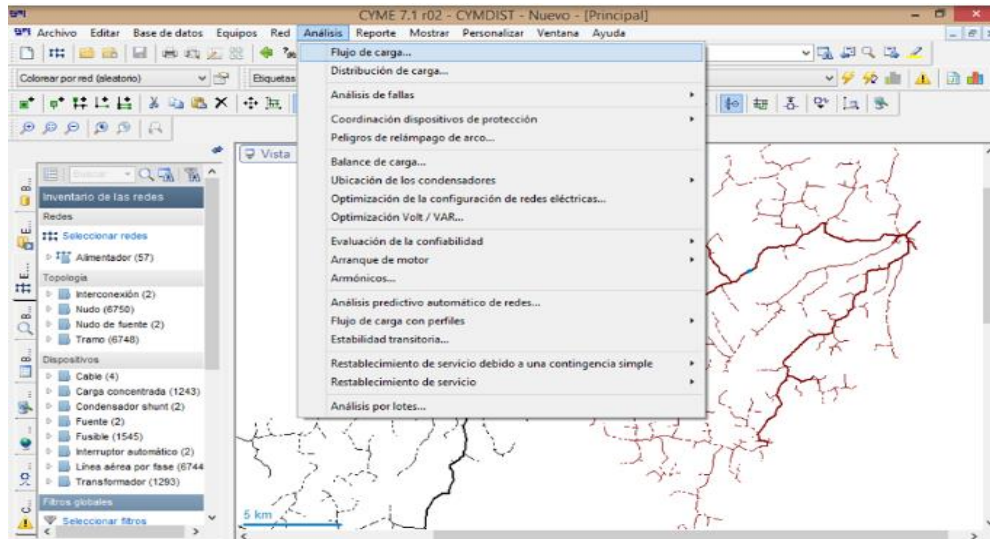


Figura 16. Ventana flujo de carga CYMDIST
Fuente: base de datos, CYMDIST

Una vez seleccionado FLUJO DE CARGA aparecerá una ventana auxiliar la cual nos pedirá escoger el método de cálculo, número de iteraciones como se indica en la figura 17.

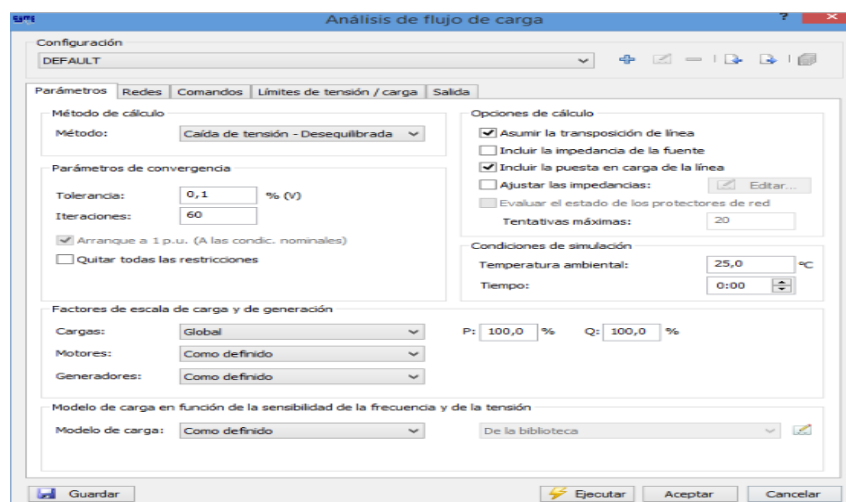


Figura 17. Ingreso de parámetros para aplicar el análisis por flujo de carga
Fuente: base de datos, CYMDIST

Definido el método de cálculo escogemos la red el cual se va a realizar el análisis como se indica en la figura 18, posteriormente seleccionamos los reportes de salida que el planificador crea necesario y ejecutamos.

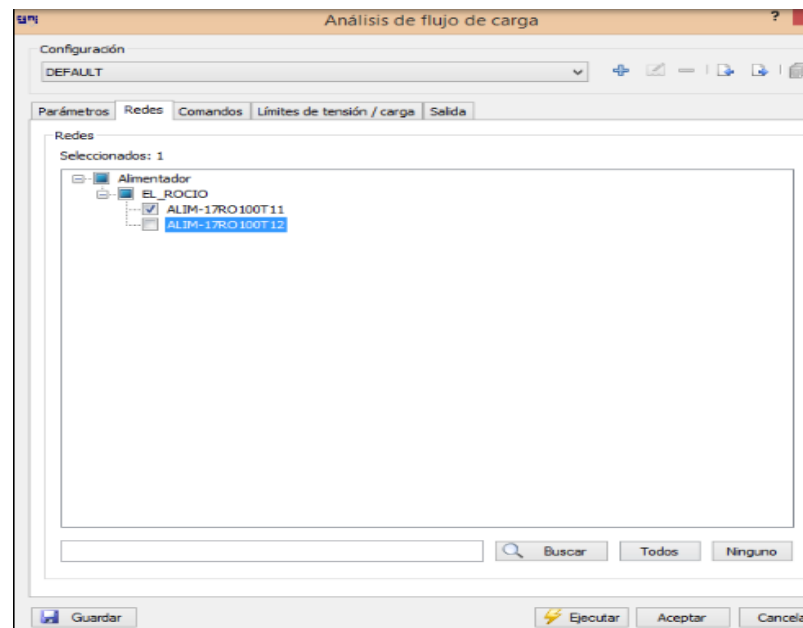


Figura 18. Selección de red para análisis de flujo de carga
Fuente: base de datos, CYMDIST

Una vez realizado los pasos anteriores se podrá observar el comportamiento de las variables en el sistema como voltajes, corrientes, potencia en todos los tramos del alimentador.

3.3. ANÁLISIS DE FLUJO DE CARGA EN ESTADO ACTUAL

Después de la corrida de flujos en el alimentador las redes que se presentan de color rojo muestran condiciones anormales de tensión en el alimentador en condición actual, en primera instancia se visualiza que el alimentador en la mayoría de sus ramales monofásicos presentan casos de subtención como se indica en la figura 19.



Figura 19. Condiciones anormales de tensión en situación actual
Fuente: flujo de carga, CYMDIST

3.3.1. CAÍDA DE VOLTAJE EN CONDICIÓN ACTUAL

Se presenta los casos que presentan caídas de voltaje más altos, mostrando el peor caso de subtensión por fase como referencia para establecer la condición actual del alimentador.

3.3.1.1. Caída de voltaje fase A

Como se puede ver en la figura 20, el transformador de código 131790_MTA conectada a la fase A presenta un voltaje base de 103,8 V representando una caída de voltaje del 13,50% lo cual está por debajo de la ARCONEL 005/18 que admite en bajo voltaje $\pm 8\%$.

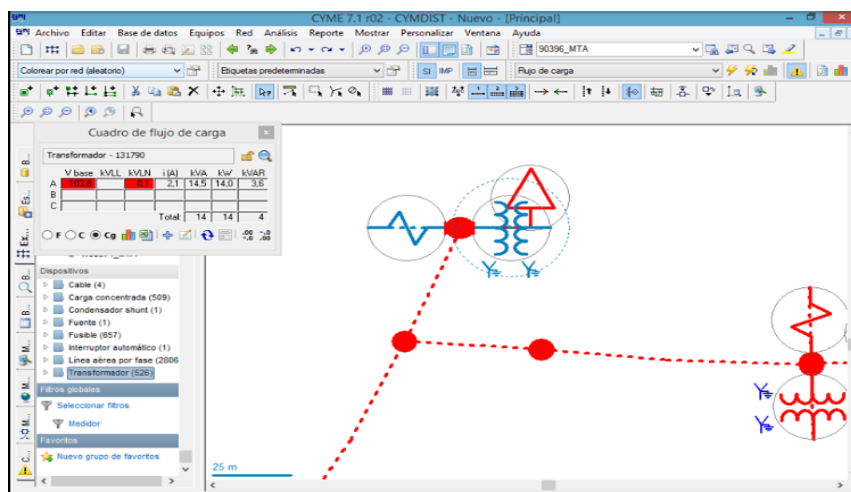


Figura 20. Caída de voltaje fase A con demanda actual
Fuente: base de datos, CYMDIST

3.3.1.2. Caída de voltaje fase B

Como se puede ver en la figura 21, el nudo denominado IMTA_L_61807 conectada a la fase B presenta un voltaje base de 99,7 V representando una caída de voltaje del 16,91% el cual no cumple con la Regulación ARCONEL 005/18 que admite en bajo voltaje $\pm 8\%$.

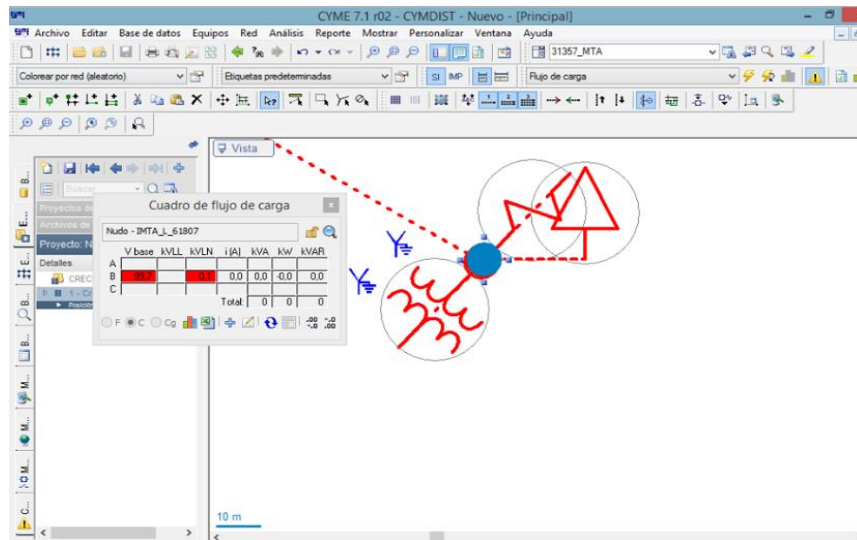


Figura 21. Caída de voltaje fase B con demanda actual
Fuente: base de datos, CYMDIST

3.3.1.3. Caída de voltaje fase C

Como se puede ver en la figura 22, el transformador de código 118196_MTA conectada a la fase C presenta un voltaje base de 109,4 V representando una caída de voltaje del 8,83% el cual no cumple la Regulación ARCONEL 005/18 que admite en bajo voltaje $\pm 8\%$.

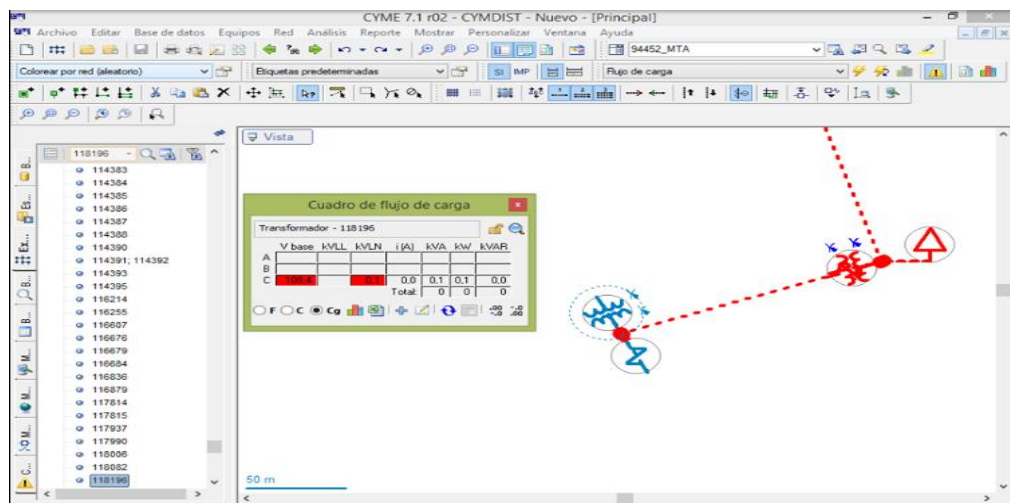


Figura 22. Caída de voltaje fase C con demanda actual
Fuente: base de datos, CYMDIST

3.3.2. PERFIL DE TENSIÓN DEL ALIMENTADOR

Para tener un panorama general de cómo se encuentra el perfil de voltaje en el alimentador CYMDIST nos da la opción de graficar el comportamiento de la cada una de las fases desde la fuente hacia los puntos más alejados de la red, observando que la fase B está por debajo de los 100V, verificando que no cumple con la Regulación Nacional como se puede ver en la figura 23.

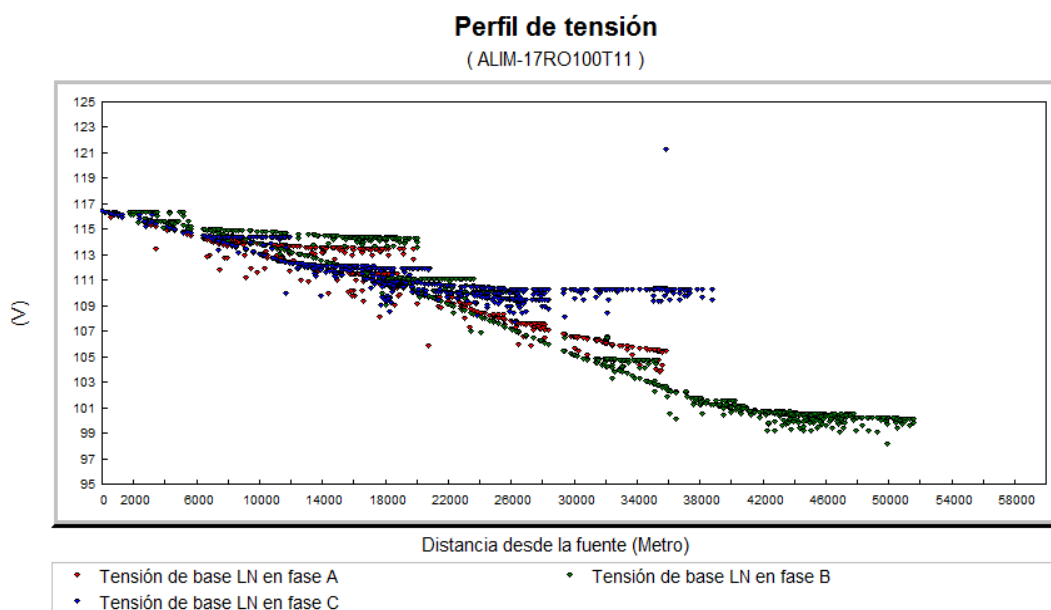


Figura 23. Perfil de tensión en condición de demanda actual
Fuente: Flujo de carga, CYMDIST

3.3.3. RESUMEN DE CAÍDA DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMÓN EN CONDICIÓN ACTUAL

Como se muestra en la tabla 10, los datos obtenidos mediante la aplicación del análisis de flujo de carga, se puede observar que el punto que presenta mayor porcentaje de caída de voltaje es el nudo denominado “IMTA_L_61807” alcanzando un valor de 16,91% conectado en la fase B y localizado a una distancia de 38877,393 m respecto a la fuente.

Tabla 10. Caída de voltaje por fase del alimentador en condición actual

Fase	Código	Descripción	Distancia respecto a la fuente	Voltaje base	Caída de voltaje
A	131790_MTA	Transformador	28290 m	103,8V	13,50%
B	IMTA_L_61807	Nudo	38877,393 m	99,7V	16,91%
C	118196_MTA	Transformador	23906,434m	109,4V	8,83%

Fuente: Base de datos, CYMDIST

3.3.4. PÉRDIDAS TÉCNICAS DEL ALIMENTADOR EN CONDICIÓN ACTUAL

Los datos obtenidos en la tabla 11 se usó el método CAÍDA DE TENSIÓN DESEQUILIBRADA para el análisis de flujo de carga y reporte “sumario por red” simulando las pérdidas más significativas en el sistema, correspondiente a las pérdidas en las líneas 69,21 kw debido a la gran extensión de sus ramales monofásicos.

Las pérdidas en vacío de la red se presentan por las variaciones de voltaje y ocurren principalmente en los transformadores y máquinas eléctricas, debido a las corrientes de Foucault y ciclos de histéresis producidos en las corrientes de excitación (Martinez, 2018), influyendo en las pérdidas en las líneas, en la tabla 11 se observa que las pérdidas en vacío por parte del transformador son 21,61 kW.

Tabla 11. Perdidas en potencia en condición actual

PÉRDIDAS DEL SISTEMA	kW
Pérdidas en líneas	69,21
Pérdidas en cables	0
Pérdidas de carga del transformador	21,51
Perdidas en vacío del transformador	21,61
Pérdidas totales	112,33

Fuente: Reporte sumario por red , CYMDIST

En el Anexo 5, se presenta el reporte sumario por red, mediante aplicación de flujo de carga.

3.4. ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo tiene registros de demanda del alimentador desde el año 2013 hasta el 2017, información que es requerida para observar el comportamiento del alimentador, determinar la tendencia y poder proyectar la demanda hasta el 2027 mediante las tasas de crecimiento de carga anual, información solicitada por CYMDIST.

3.4.1. DETERMINACIÓN DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO

Para el estudio se requiere el ingreso de las tasas de crecimiento de carga, debido a que el programa computacional no admite cambios en la demanda actual, por lo cual para el ingreso de la demanda proyectada requiere que sea por tasas de crecimiento.

En la tabla 12 se muestra los datos históricos de registro de demanda máxima desde el año 2013 al 2017 información disponible para el presente estudio.

Tabla 12. Datos históricos del alimentador

DATOS HISTÓRICOS			
AÑO	FECHA	HORA	DEMANDA MÁXIMA(kw)
2013	12/24/2014	19:45	1041,50
2014	12/17/2013	19:00	1095,37
2015	25/02/2015	19:00	1159,27
2016	21/11/2016	19:00	1168,53
2017	03/05/2017	18:45	1181,72

Fuente: CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo

Contando con la información histórica del alimentador en demanda máxima utilizamos la ecuación del interés compuesto.

$$TC = \left[\frac{P_n}{P_o} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \quad [2]$$

T_c = Tasa de crecimiento

P_n = Dato de demanda máxima del año n.

P_o = Dato de demanda máxima del año inicial

n = Enésimo año de estudio

A continuación, mediante la aplicación de la ecuación 2 se determina que la tasa anual de crecimiento de la carga es de 3.20%. Con la tasa de crecimiento anual determinamos los valores de demanda máxima proyectada hasta el año 2027 como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Demanda Máxima Proyectada

AÑO	DEMANDA PROYECTADA(kw)
2018	1219,54
2019	1258,56
2020	1298,83
2021	1340,40
2022	1383,29
2023	1427,55
2024	1473,24
2025	1520,38
2026	1569,03
2027	1619,24

Fuente: CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo

3.4.2. INGRESO DE LA DEMANDA PROYECTADA A CYMDIST

Para la aplicación de las tasas de crecimiento de carga en CYMDIST, nos dirigimos hacia el menú principal en el interfaz de CYMDIST en la pestaña red se despliega distintos tipos de aplicaciones de las cuales seleccionamos “crecimiento de carga” y escogemos la pestaña “aplicar factores”, de la cual se desplegará una ventana auxiliar que solicitará que ingresemos la tasa de crecimiento carga anual calculada, para este estudio es 3,20% y año que se requiere para obtener la demanda máxima proyectada el cual corresponde para el año 2027 como se muestra en la figura 24.

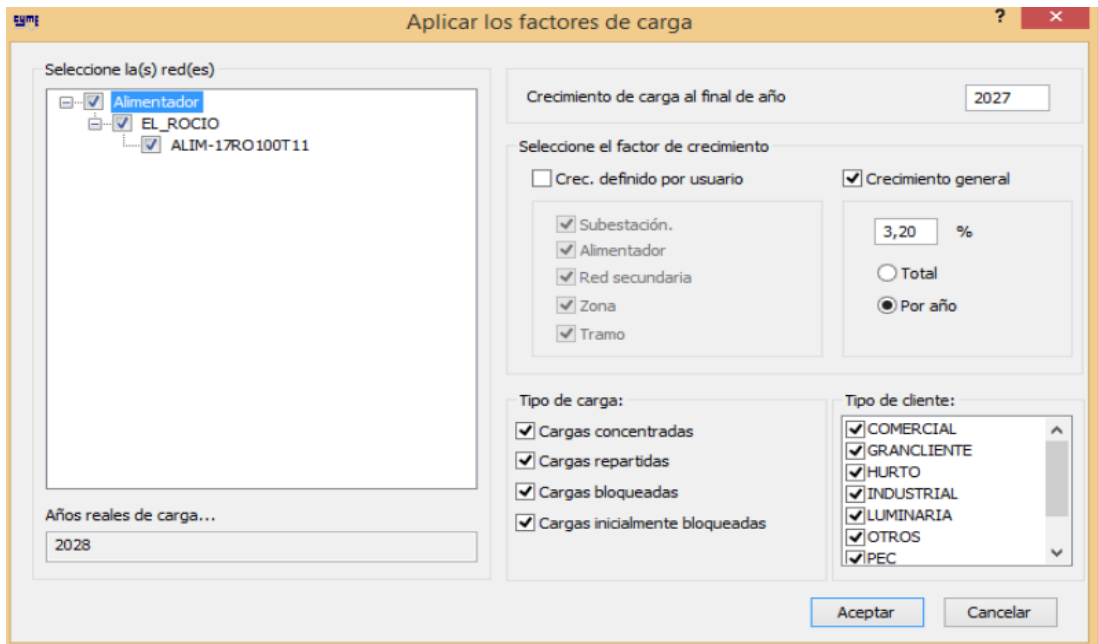


Figura 24. Aplicación de factores de carga
Fuente: base de datos CYMDIST

Una vez ingresado los parámetros para el crecimiento de carga, automáticamente CYMDIST nos proporciona la demanda proyectada para el año 2027 valor que para el presente estudio 1619,24 kW como se muestra en la figura 25, cabe mencionar que la tasa de crecimiento es general incluye todas las cargas utilizadas en el estudio ya sea residencial, comercial, industrial.

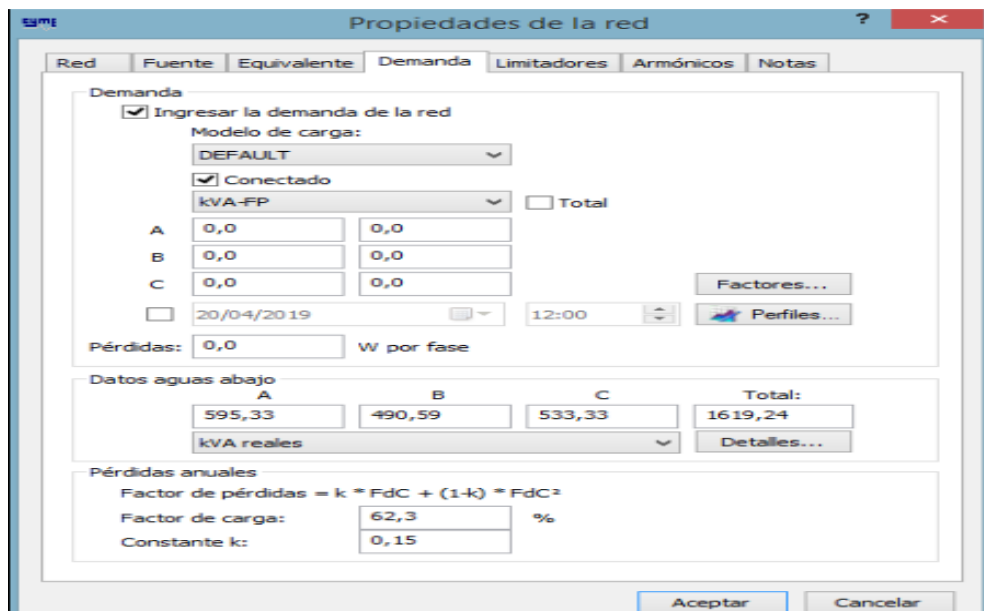


Figura 25. Propiedades de red en condición de demanda proyectada.
Fuente: base de datos, CYMDIST

3.5. ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR CON DEMANDA PROYECTADA

Determinado la demanda máxima proyectada e ingresada a CYMDIST, se procede a evaluar nuevamente las condiciones operativas en las que se encuentra el alimentador mediante el análisis de flujo de carga, seleccionamos la herramienta “mostrar condiciones anormales” y observamos que secciones de tramos han sido afectadas por el incremento de la demanda como se muestra en la figura 26.

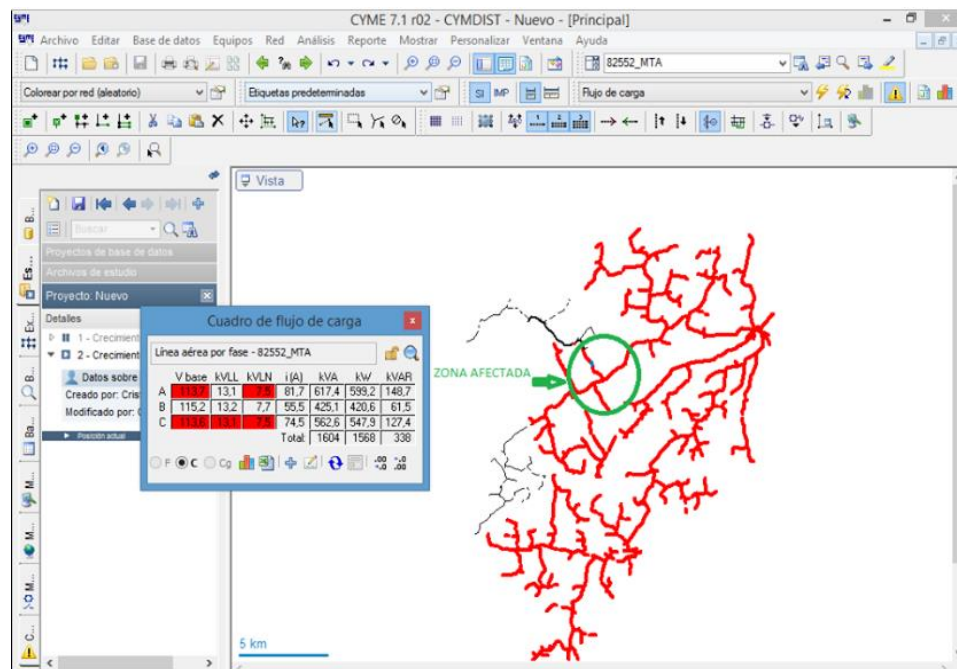


Figura 26. Condiciones anormales en condición de demanda proyectada
Fuente: base de datos, CYMDIS

Como se pudo observar en la figura 26, la zona afectada por la demanda proyectada presenta condiciones de subtensión en bajo voltaje en 2 de sus fases A y C respectivamente, cuando anteriormente en estado de demanda actual en la misma zona no presentaba subtensión en las fases mencionadas.

3.5.1. RESUMEN DE CAÍDA DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR

Mediante la aplicación del análisis de flujo de carga se obtiene los datos mostrados en la tabla 14, donde se puede observar los puntos que presentan caídas de voltaje más significativas en la red con la demanda máxima proyectada en el año 2027 mostrando que todas las fases no cumplen los límites establecidos por la Regulación ARCONEL 005/18 excediendo el 8% de caída de voltaje.

Tabla 14. Resumen de caída de voltaje por fase con demanda proyectada

Fase	Código	Descripción	Distancia respecto a la fuente	Voltaje base	Caída de voltaje
A	131790_MTA	Transformador	28290 m	98,6 v	17,83%
B	IMTA_L_61807	Nudo	38877,393 m	100,3 v	16,41%
C	118196_MTA	Transformador	23906,434 m	105 v	12,50%

Fuente: Base de datos, CYMDIST

3.5.2. PERFIL DE VOLTAJE CON DEMANDA PROYECTADA

En la figura 27, se puede observar que con el incremento de la demanda proyectada, tanto la fase A como la fase C están por debajo de los 100 V en los tramos más alejados respecto a la fuente, incumpliendo con la Regulación Nacional.

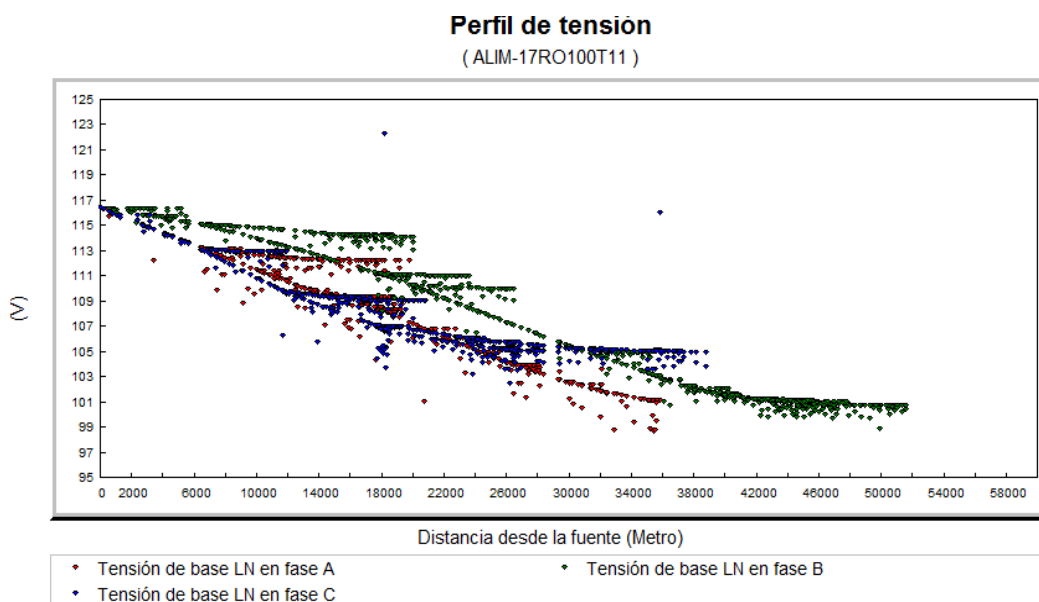


Figura 27. Perfil de tensión con demanda proyectada

Fuente: Flujo de carga, CYMDIST

3.5.3. PÉRDIDAS TÉCNICAS CON DEMANDA PROYECTADA

En la tabla 15, se muestra los resultados de pérdidas totales en kW cuando se incrementa la demanda proyectada, el cual aumenta obteniendo un valor de 162,61 kW distinto cuando el regulador opera en condición actual.

Tabla 15. Pérdidas del sistema con demanda proyectada

PERDIDAS DEL SISTEMA	kW
Pérdidas en líneas	109,39
Pérdidas en cables	0,00
Pérdidas de carga del transformador	31,30
Pérdidas en vacío del transformador	21,92
Pérdidas totales	162,61

Fuente: reporte sumario por red, CYMDIST

3.5.4. COMPARACIÓN DE CODICIÓN ACTUAL Y PROYECTADA

3.5.4.1. Caída de voltaje

En la tabla 16, se puede observar que mediante el ingreso de la demanda proyectada en los puntos más alejados respecto a la subestación, las caídas de voltaje incrementan significativamente en las fases A y C tomando el comportamiento esperado, en virtud que se mantuvo los parámetros iniciales de voltaje, en tanto la fase B debido a los límites establecidos en la modelación no puede presentar mayor caída de voltaje que la mostrada en condición actual, por lo que el software redistribuye las cargas y calcula el voltaje en condición de demanda proyectada.

Tabla 16. Comparación de caídas de voltaje estado actual y condición de demanda proyectada

Fase	Codigo	Descripción	Distancia	V.base actual	V.base proyectado	Caída de voltaje actual	Caída de voltaje proyectado
A	131790_MTA	Transformador	28290 m	103,8V	98,6V	13,50%	17,83%
B	IMTA_L_61807	Nudo	38877.393m	99,7V	100,3V	16,91%	16,41%
C	118196_MTA	Transformador	23906,434m	109,4V	105V	8,83%	12,50%

Fuente: flujo de carga, CYMDIST

3.5.4.2. Pérdidas técnicas

En la tabla 17, se presenta la comparación de las pérdidas del sistema en estado actual y proyectado presentando el incremento de las pérdidas totales del sistema de 50,28 kW, a razón del incremento de la zona que presentan condiciones anormales de tensión y por ende mayor incremento de las pérdidas técnicas con el ingreso de la demanda proyectada.

Tabla 17. Comparación de pérdidas en estado actual y proyectado

Pérdidas del sistema	kW	
	ACTUAL	PROYECTADO
Pérdidas en líneas	69,21	109,39
Pérdidas en cables	0	0
Pérdidas de carga del transformador	21,51	31,3
Perdidas en vacío del transformador	21,61	21,92
Pérdidas totales	112,33	162,61

Fuente: reporte sumario por red, CYMDIST

3.6. NECESIDAD DE REGULADORES EN EL ALIMENTADOR ROCÍO PUERTO LIMÓN

El alimentador Rocío Puerto Limón en su estado actual no tiene instalado en su red ningún tipo de compensación, sin embargo debido al crecimiento de la demanda y a lo extenso de sus ramales monofásicos que sirven a usuarios descentralizados de las zonas pobladas, los niveles de tensión han

bajado a tal punto que están por debajo de la Regulación del ARCONEL 005/18 presentando una caída de voltaje superior al 8% en bajo voltaje. (FONSECA AMAYA, 2003)

Mediante la proyección de la demanda en condición máxima, se observó que los niveles de voltaje sobrepasan significativamente los límites establecidos por la regulación ARCONEL 005/18 llegando a tener en el punto más alejado de la fase A una caída de voltaje del 17,83%, por tal razón es necesario la implementación de reguladores de voltaje de tal forma que los niveles ingresen en los límites tolerables.

Cabe mencionar que la implementación de reguladores trifásicos constituye un problema a largo plazo, esto se debe que si ocurre una falla en cualquiera de las fases instaladas se deberá cambiar la totalidad del equipo, lo contrario de los reguladores monofásicos que solo se cambiará el equipo en la fase afectada permitiendo que la regulación sea independiente y de mayor accesibilidad para el mantenimiento.

3.6.1. INSTALACIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE EN CYMDIST

Para instalar un regulador de voltaje a la red en el programa CYMDIST se debe ir a la parte superior del menú principal en la pestaña “equipos” seleccionamos regulador y se genera automáticamente una ventana donde escogemos “agregar” y llenamos los parámetros básicos como capacidad, tipo de construcción, tensión nominal entre otros como se muestra en la figura 28.

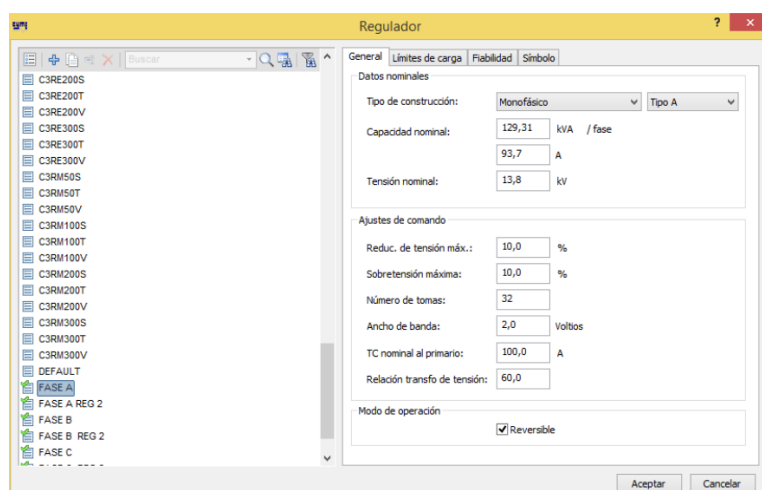


Figura 28. Parámetros de ingreso en la instalación del regulador
Fuente: base de datos, CYMDIST

Una vez creado el equipo procedemos a realizar las maniobras para la conexión del regulador en la red como se indica a continuación:

- Desconectar línea aérea por fase del nudo destino

- Agregamos regulador por fase
- Conectamos el regulador por fase a la línea aérea y nudo destino

Una vez conectado el regulador en el nodo de origen seleccionamos el regulador y se desplegara una ventana denominada propiedades del tramo elegiremos el estado “conectado”, el tipo de conexión del regulador, en la sección “ID fase” seleccionamos los equipos creados para la compensación de voltaje por cada fase como se indica en la figura 29.

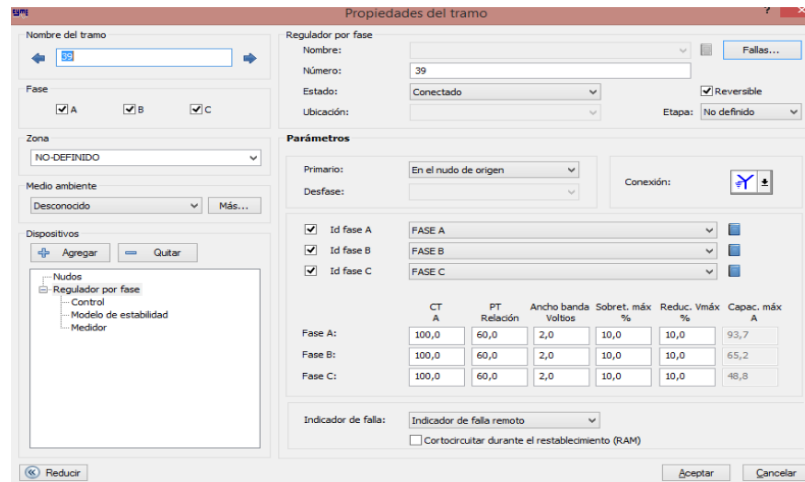


Figura 29. Propiedades del regulador

Fuente: base de datos, CYMDIST

Del cuadro de dialogo posee varias opciones escogemos la que dice control en la sección “estado” seleccionamos conectado, en el modo seleccionamos sin modo de inversión debido que para el estudio solo necesitamos aumentar el voltaje y no disminuirlo, en la sección de la toma seleccionamos las fases en las que se aplicará la regulación y la tensión deseada en el nodo elegido como se indica en la figura 30.

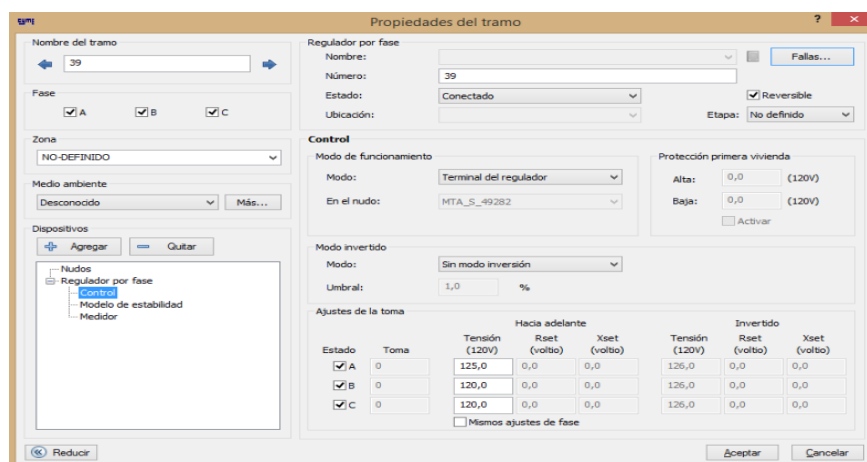


Figura 30. Selección de toma por fase

Fuente: base de datos CYMDIST

Después de haber realizado los pasos propuestos se habrá modificado correctamente según las necesidades del presente estudio, en la figura 31 se muestra la instalación del banco de reguladores monofásicos en CYMDIST.

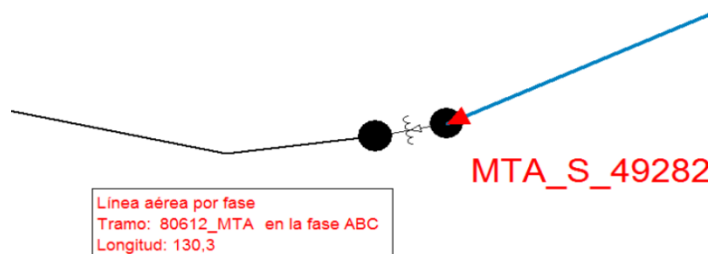


Figura 31. Instalación de un banco de reguladores monofásicos, CYMDIST.
Fuente: Base de datos, CYMDIST

3.7. PROPUESTA DE MEJORA DEL ALIMENTADOR

Mediante la información recopilada, estableciendo las condiciones operativas del alimentador en condición de demanda máxima proyectada, se plantea las siguientes propuestas de mejoras.

3.7.1. BALANCE DE CARGA EN CYMDIST

A continuación, se detallan la secuencia a seguir para realizar el balance de carga en el alimentador en estudio:

1. En la parte superior en el menú principal en la pestaña análisis se desplegará una ventana que tienes varias opciones de análisis de las cuales escogeremos “balance de carga”
2. Se despliega una ventana donde nos pedirá escoger la ubicación donde se deberá realizar el análisis en este caso seleccionamos el ALIM-17RO 100T11 código establecido por CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo para el alimentador Rocío Puerto Limón.
3. En la misma ventana nos pide el ingreso de los objetivos de la aplicación del análisis, para el presente estudio será la de equilibrar corrientes con una corriente mínima de 5 A y un factor mínimo de desequilibrio del 1%.
4. Escogemos las restricciones para el análisis, para este caso solo seleccionaremos ignorar cables subterráneos a razón de que no existen en la red

5. Por ultimo ejecutamos para iniciar el análisis de balance de carga.

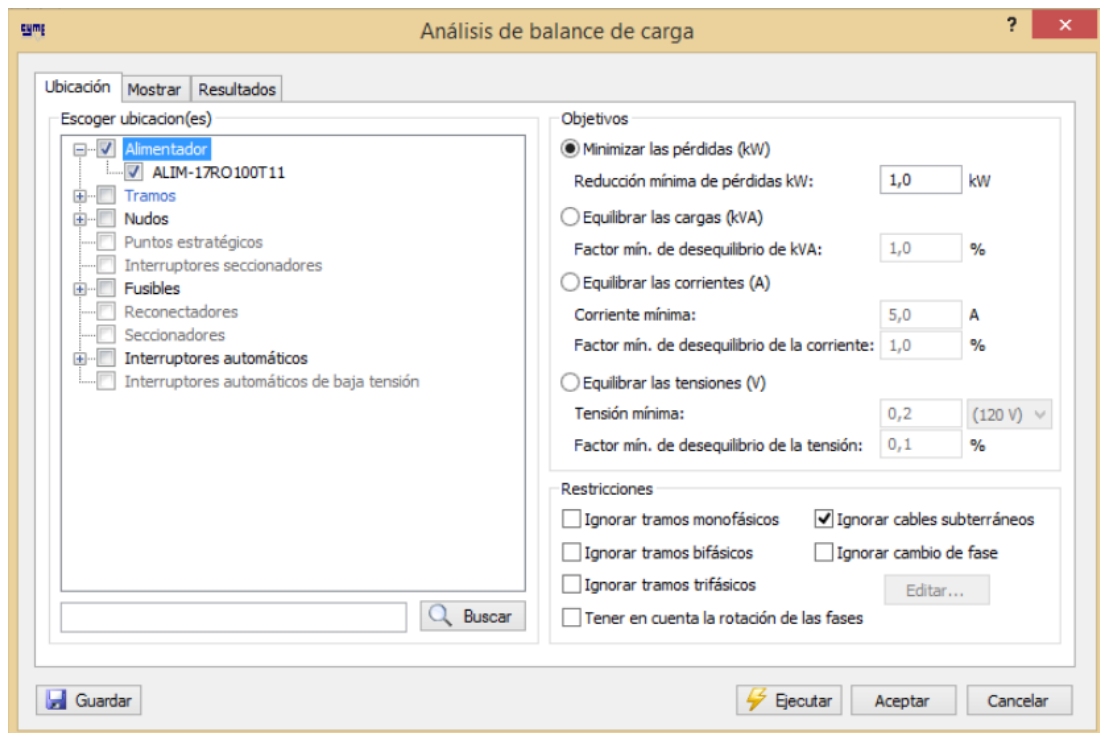


Figura 32. Parámetros balance de carga CYMDIST
Fuente: base de datos, CYMDIST

3.7.2. ANÁLISIS DE BALANCE DE CARGA

Mediante la implementación del análisis de “balance de carga” en CYMDIST el reporte muestra la secuencia que el simulador realiza las transferencias de carga de fase a fase, observando que llega a tener una reducción de pérdidas técnicas en la red obteniendo un total 130,77 kW mediante las acciones descritas en la tabla 18.

Tabla 18. Secuencia de transferencia de carga entre fases

Nombre del tramo	Cambio de fase (kVA)			Momento	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C	Ineutro (A)	Pérdidas totales (kW)
	A	B	C		(kVA)	(kVA)	(kVA)	(A)	(A)	(A)		
*46180_MTA	a B		Ningún cambio	Antes	637,75	453,33	582,3	82,56	58,69	75,39	22,37	161,62
	23,33			Después	609,43	459,71	581,55	78,9	59,51	75,29	18,92	142,38
*78670_MTA	a B		Ningún cambio	Antes	609,43	459,71	581,55	78,9	59,51	75,29	18,92	142,38
	4			Después	603,07	459,63	581,37	78,07	59,5	75,26	18,27	136,01
*86756_MTA	a B			Antes	603,07	459,63	581,37	78,07	59,5	75,26	18,27	136,01
	53,67			Después	540,22	508,45	578,12	69,94	65,82	74,84	7,5	132,65
*20005_MTA			a A	Antes	540,22	508,45	578,12	69,94	65,82	74,84	7,5	132,65
			168,61	Después	700,42	514,19	383,17	90,68	66,57	49,61	37,96	130,77

Fuente: Análisis balance de carga, CYMDIST

3.7.2.1. Pérdidas técnicas mediante aplicación de balance de carga

Las pérdidas obtenidas mediante la modelación e ingresada la demanda proyectada se encuentran resumidas en la tabla 19, donde se especifican los valores de pérdidas en potencia activa.

Tabla 19. Pérdidas de potencia mediante aplicación de balance de carga

PÉRDIDAS DEL SISTEMA	kW
Pérdidas en líneas	100,32
Pérdidas en cables	0,00
Pérdidas de carga del transformador	9,54
Pérdidas en vacío del transformador	20,91
Pérdidas totales	130,77

Fuente: Reporte sumario por red, CYMDIST

3.7.3. ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR CON LA INSTALACIÓN DE UN REGULADOR DE VOLTAJE

A razón que los problemas de voltaje empiezan a una distancia respecto a la fuente de 2706,595 m se considera instalar un regulador de voltaje en esta zona para observar la incidencia del equipo en la tensión y pérdidas de potencia del alimentador en las zonas adyacentes como se muestra en la figura 33.

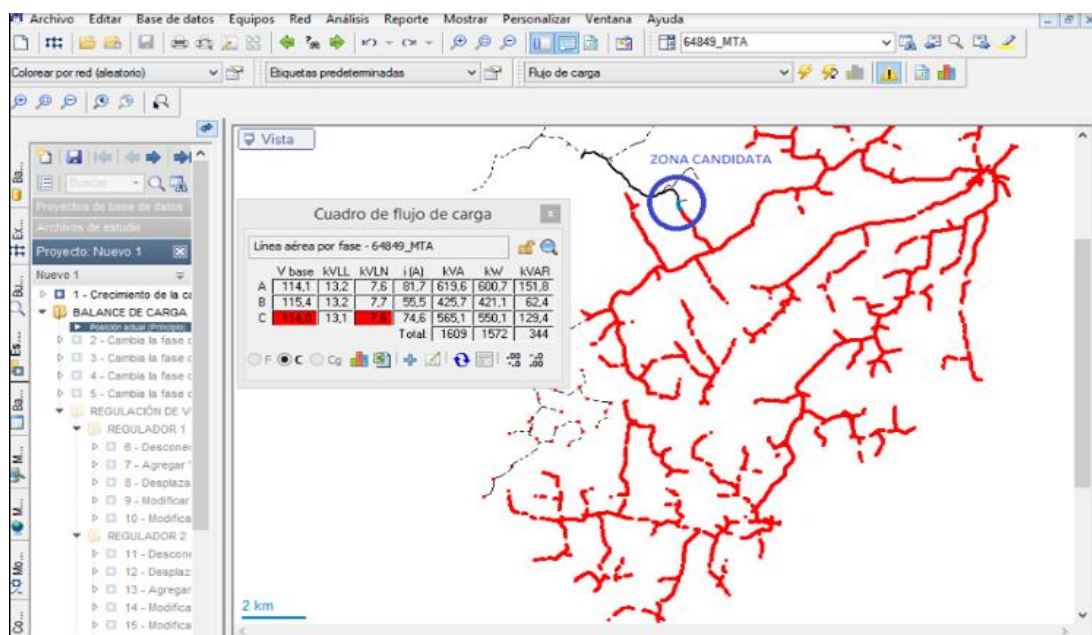


Figura 33. Zona propuesta para la instalación del regulador de voltaje

Fuente: flujo de carga, CYMDIST

La instalación del regulador se realiza a partir de un nudo de origen es decir que a partir de ese punto afectara la regulación en el sistema, por tal motivo se toma los valores de corriente que circulan por el nudo de origen como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Corrientes por fase en nudo de origen

NUDO DE ORIGEN	NUDO DESTINO	CORRIENTE		
		FASE A	FASE B	FASE C
38	MTA_S_49282	93,7 A	65,2 A	48,8 A

Fuente: flujo de carga, CYMDIST.

Una vez determinado los valores de corriente por cada fase en el nodo de la instalación se procede a dimensionar los equipos según ingresando estos valores de corriente y tensión nominal ya conocidos a CYMDIST, el software nos proporciona la capacidad del equipo en kVA como se indica en la tabla 21, los datos técnicos de los reguladores normalizados se especifican en la norma ANSI C57-15 y NBR 11809 en el anexo 11.

Tabla 21. Capacidad del primer banco de reguladores monofásicos

FASES	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	CAPACIDAD NOMINAL		TENSÓN NOMINAL
		kVA	A	
A	MONOFÁSICO	129,31	93,7	13,8KV
B	MONOFÁSICO	89,98	65,2	13,8KV
C	MONOFÁSICO	67,34	48,8	13,8KV

Fuente: Propiedades de reguladores, CYMDIST

En la figura 34, se presenta el comportamiento que tiene el alimentador cuando se ha colocado el regulador en la zona propuesta, se puede observar que el perfil de voltaje ha mejorado significativamente a lo largo de las tres fases, y presenta nuevamente problemas de caída de voltaje en la línea aérea por fase -19890 ubicada a los 10930,266 m desde la distancia del regulador ubicado.

	V base	kVLL	kVLN	i(A)	kVA	kW	kVAR
A	114,9	13,2	7,6	52,7	403,0	395,6	76,7
B	114,3	13,1	7,6	56,2	427,3	423,0	60,6
C	116,2	13,5	7,7	29,1	224,3	223,5	19,7
Total					1054	1042	157

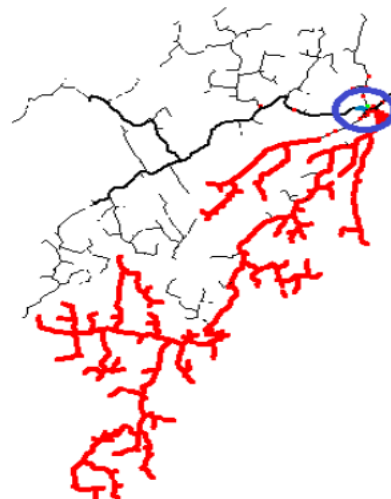


Figura 34. Condiciones anormales de tensión con un regulador

Fuente: flujo de carga, CYMDIST

El ajuste de la toma (taps) en los reguladores por fase, se realiza para elevar el nivel de voltaje en la zona propuesta, se muestra en la tabla 22 que cada

fase posee un nivel de toma distinto esto es a razón que el alimentador posee un desbalance y un alto grado de conexiones monofásicas.

Tabla 22. Ajuste de taps del regulador de voltaje

FASE	TOMA TAP	VOLTAJE DESEADO (V)	ANCHO DE BANDA (V)
A	14	125	2
B	11	120	2
C	10	120	2

Fuente: propiedades de reguladores, CYMDIST.

Mediante la figura 35 del perfil del voltaje con la instalación del primer regulador se observa que ha 2706,595 m respecto a la fuente se produce la compensación, produciendo que en los ramales aledaños no presenten casos de subtensión, hasta una distancia de 12089,830 m de la instalación del regulador donde la fase B presenta nuevamente casos de subtensión, esto se debe a la gran extensión de su ramal.

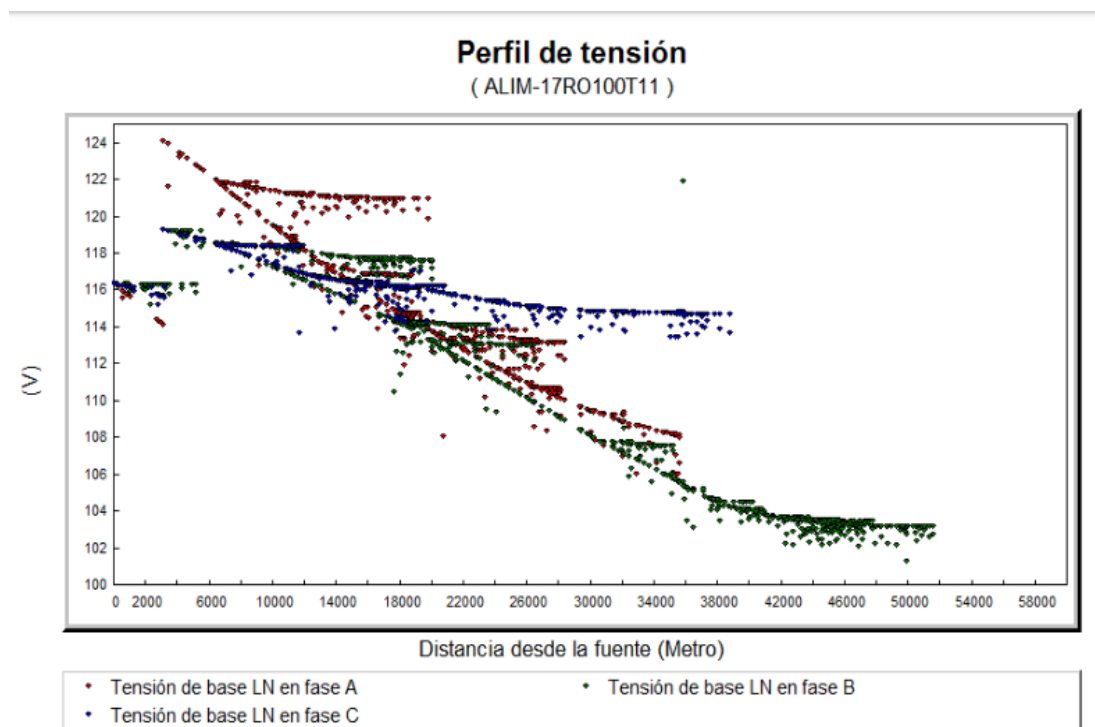


Figura 35. Perfil de voltaje con instalación del primer regulador
Fuente: flujo de carga, CYMDIST

Se puede observar en la tabla 23, que mediante la instalación del primer regulador los puntos más alejados respecto a la fuente, mejoran su perfil de voltaje, pero aun no cumplen con los límites establecidos por la regulación del ARCONEL 005/18 la fase A y B superan el 8% permitido en bajo voltaje por lo que la compensación no es suficiente por ende se propone la instalación de un segundo regulador de voltaje.

Tabla 23. Casos de subtensión de puntos más alejados respecto a la subestación

Fase	Codigo	Descripción	Distancia respecto a la fuente	Voltaje base	Caída de voltaje
A	131790_MTA	Transformador	28290 m	105,9 V	11,75%
B	IMTA_L_61807	Nudo	38877.393 m	102,7 V	14,41%
C	118196_MTA	Transformador	23906,434 m	113,1V	5,75%

Fuente: flujo de carga, CYMDIST

En la tabla 24, se obtiene los resultados de pérdidas de potencia mediante la ubicación del primer regulador el cual las pérdidas se reducen significativamente obteniendo pérdidas totales de 138,09 kW.

Tabla 24. Perdidas del sistema mediante ubicación del primer regulador

PERDIDAS DEL SISTEMA	kW
Pérdidas en líneas	104,91
Pérdidas en cables	0,00
Pérdidas de carga del transformador	10,05
Perdidas en vacío del transformador	23,13
Pérdidas totales	138,09

Fuente: Reporte sumario por red, CYMDIST

3.7.4. ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR CON LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE

Dado el nivel crítico de voltaje se procede a instalar un segundo regulador de voltaje en el sistema, para poder mejorar el perfil de voltaje mediante el análisis de flujo de carga en CYMDIST se determinó la zona donde empezaban nuevamente las condiciones de subtensión es en la línea aérea por fase -19890 conectado en el nudo MTA_S_46040 ubicado a los 10930,266 m desde la distancia de la instalación del primer regulador, en la figura 36 se muestra la ubicación geográfica de los reguladores de voltaje.



Figura 36. Ubicación de reguladores en el alimentador Rocío Puerto Limón

Fuente: Flujo de carga, CYMDIST.

Para el dimensionamiento del segundo regulador mediante la corrida de flujos se determina el nudo de origen para la instalación del segundo

regulador y las corrientes que circulan por dicho nudo como se puede ver en la tabla 25.

Tabla 25. Corriente circulante por nudo de origen

NUDO DE ORIGEN	NUDO DESTINO	CORRIENTE		
		FASE A	FASE B	FASE C
41	MTA_S_46040	52,7 A	56,2 A	29.1

Fuente: Flujo de carga ,CYMDIST

Se ingresa los valores de corriente y tensión nominal conocidos automáticamente nos proporcionará la capacidad de los equipos como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Dimensionamiento de reguladores en CYMDIST

FASES	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	CAPACIDAD NOMINAL		TENSÓN NOMINAL
		KVA	A	
A	MONOFÁSICO	72,73	72,3	13,8KV
B	MONOFÁSICO	77,56	56,2	13,8KV
C	MONOFÁSICO	40,16	29,1	13,8KV

Fuente: Flujo de carga, CYMDIST.

El ajuste de la toma (taps) para la instalación del segundo regulador cambia en este caso la fase B por tener un mayor grado de conexiones monofásicas en este último tramo del alimentador posee un tap mayor respecto a las fases A y C como se indica en la tabla 27

Tabla 27. Ajuste de taps del segundo regulador de voltaje

FASE	TOMA	VOLTAJE DESEADO	ANCHO DE BANDA
	TAP	(V)	(V)
A	8	120	2
B	10	125	2
C	5	120	2

Fuente: propiedades de reguladores, CYMDIST.

Mediante la implementación del segundo regulador en la tabla 28, se observa que todos los casos presentados cumplen con los límites establecidos por la regulación ARCONEL 005/18 estando por debajo del 8% establecido en bajo voltaje.

Tabla 28. Casos de subtensión de puntos más alejados respecto a la fuente con dos reguladores de voltaje.

Fase	Codigo	Descripción	Distancia respecto a la fuente	Voltaje base	Caída de voltaje
A	131790_MTA	Transformador	28290 m	117,4 V	2,16%
B	IMTA_L_61807	Nudo	38877,393 m	111 V	7,50%
C	118196_MTA	Transformador	23906,434	124,2 V	0,00%

Como se puede ver en la figura 37 el perfil de voltaje mejora mediante la implementación del segundo regulador a una distancia de 10452 m del

primer regulador observando que todos los puntos están por arriba de los 110 V cumpliendo de esta forma con la regulación Nacional.

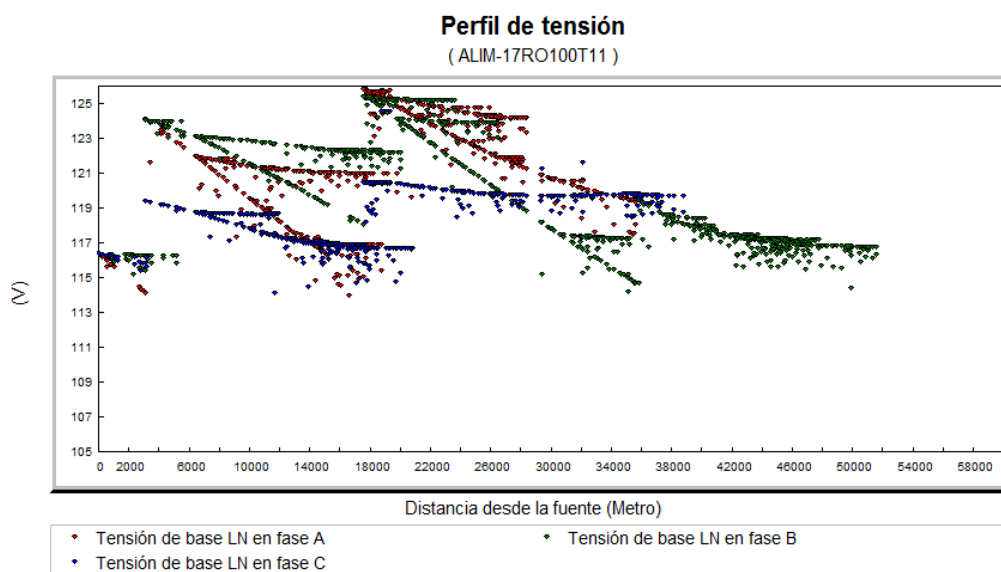


Figura 37. Perfil de voltaje con la instalación de dos reguladores de voltaje
Fuente: flujo de carga, CYMDIST

En la tabla 29 se muestra las pérdidas totales que alcanzan un total de 153 kW por la instalación del segundo regulador en la red.

Tabla 29. Perdidas de potencia con dos reguladores de voltaje

PERDIDAS DEL SISTEMA	kW
Pérdidas en líneas	117,3
Pérdidas en cables	0
Pérdidas de carga del transformador	9,42
Pérdidas en vacío del transformador	26,28
Pérdidas totales	153

Fuente: Reporte sumario por red, CYMDIST

3.8. COMPARACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORAS

3.8.1. CAÍDA DE VOLTAJE

Como resumen se muestra las acciones propuestas para mejorar el perfil de voltaje en 3 escenarios, el primero sin regulador (RV), segundo con un regulador (1 RV) y tercero la instalación de 2 reguladores (2 RV) en los casos propuestos por fase.

En la tabla 30, se puede observar que en el caso de la instalación de 2 reguladores en la red no presenta casos de subtensión, cumpliendo con la Regulación Nacional existente.

Tabla 30. Comparación de casos de subtensión con la instalación de reguladores

fase	código	descripción	distancia	método propuesto		
				sin rv	con 1 rv	con 2 rv
A	131790_MT A	Transformador	28290 m	17,83%	11,75%	2,16%
B	IMTA_L_61 807	Nudo	38877,393 m	16,41%	14,41%	7,50%
C	118196_MT A	Transformador	23906,434 m	12,50%	5,75%	0,00%

Fuente: flujo de carga, CYMDIST

3.8.2. PÉRDIDAS TÉCNICAS

A continuación, se presenta en la tabla 31 el resumen de pérdidas técnicas de la red según las metodologías propuestas, observando que el método más eficiente es el de balance de carga (BC) obteniendo un total de pérdidas de 130,77 kW lo cual es aplicable al sistema por ser un método de bajo costo por la inutilización de equipos, cabe mencionar que el balance de carga propuesto para este estudio solo disminuye las pérdidas técnicas de la red, no representa ningún cambio significativo en los niveles de voltaje, por lo cual después de aplicar balance de carga se procede a la instalación de reguladores de voltaje (RV), el cual se detecta un incremento en las pérdidas totales debido a que el funcionamiento de un regulador es parecido a la de un transformador, el cual genera consumo de energía y por ende genera pérdidas, por lo tanto es factible la instalación de un regulador de voltaje en la red por la relación de disminución de caída de voltaje y pérdidas técnicas caso contrario si se instala dos reguladores se incrementan las pérdidas técnicas considerablemente por lo tanto no es factible su instalación.

Tabla 31. Comparación de pérdidas de potencia según la aplicación de propuestas de mejora.

Pérdidas del Sistema	MÉTODO PROPUESTO (kW)			
	SIN RV	BC	CON UN RV	CON DOS RV
Pérdidas en líneas	109,39	100,32	104,91	117,3
Pérdidas en cables	0	0	0	0
Pérdidas de carga del transformador	31,3	9,54	10,05	9,42
Pérdidas en vacío del transformador	21,92	20,91	23,13	26,28
Pérdidas totales	162,61	130,77	138,09	153

Fuente: Reporte sumario por red, CYMDIST

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Una vez culminado el proceso de recolección y análisis de datos se determinó, que hasta el año 2017 el alimentador no cumple con los límites de voltaje establecidos por la Regulación Nacional.
- Mediante la proyección de la demanda a 10 años se restableció nuevamente las condiciones operativas del alimentador, determinando que la caída de voltaje y las pérdidas técnicas aumentaron incumpliendo los límites establecidos por la Regulación Nacional, por lo tanto, se planificó las propuestas de mejora de las condiciones operativas del alimentador mejorando la calidad de energía suministrada hacia los usuarios finales.
- Como primera propuesta se aplicó BALANCE DE CARGA como método de optimización de las condiciones operativas del alimentador, estableciendo la reducción de pérdidas técnicas de potencia activa, convirtiéndolo en una propuesta viable por la inutilización de equipos y fácil aplicación por las empresas distribuidoras.
- Como segunda propuesta de mejora de las condiciones operativas del alimentador se aplicó la instalación de un BANCO DE REGULADORES MONOFÁSICOS, ubicado a 2706,595 m desde la fuente, determinando la reducción de caída de voltaje en zonas cercanas en la instalación del regulador.
- Con la implementación de un primer regulador se logra reducir las pérdidas técnicas de potencia activa en comparación del alimentador en condición de demanda proyectada.
- Como tercera propuesta de mejora se aplicó la instalación de un segundo BANCO DE REGULADORES MONOFÁSICOS de voltaje ubicado a 10930,266 m del primer banco de reguladores, estableciendo la reducción de las caídas de voltaje en toda la red, cumpliendo de esta forma con los límites establecidos por la regulación Nacional.
- Con la instalación del segundo regulador se determinó el aumento de las pérdidas técnicas de potencia activa, por lo que no es viable su aplicación.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un balance de carga e instalación del primer banco de reguladores monofásicos debido que son las propuestas que representaron mayor reducción de pérdidas de potencia activa, obteniendo mejora de la calidad del servicio eléctrico.
- Se recomienda repotenciar la línea a nivel de subtransmisión de 69 kV debido a que ocasiona niveles bajos de voltaje en la cabecera de la subestación El Rocío, produciendo caídas de voltaje en la mayoría de ramales monofásicos y trifásicos del alimentador Rocío Puerto Limón
- Se recomienda analizar el dimensionamiento de los transformadores de distribución ya que representan el mayor porcentaje de pérdidas en la red.
- Debido a la gran extensión de los ramales monofásicos en el alimentador Rocío Puerto Limón se recomienda una parte de ellos volverlos trifásicos debido a que mejoraría el voltaje de la zona como la reducción de las pérdidas técnicas.
- En un futuro se debe considerar que las Empresas Distribuidoras analicen mayor tipo de inversión en la planificación de sus redes para mejorar las condiciones operativas teniendo en consideración criterios tanto técnicos como económicos.
- Es importante considerar un análisis económico para el presente estudio para poder determinar en qué tiempo se recuperará la inversión realizada por la implementación de las propuestas mencionadas en la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

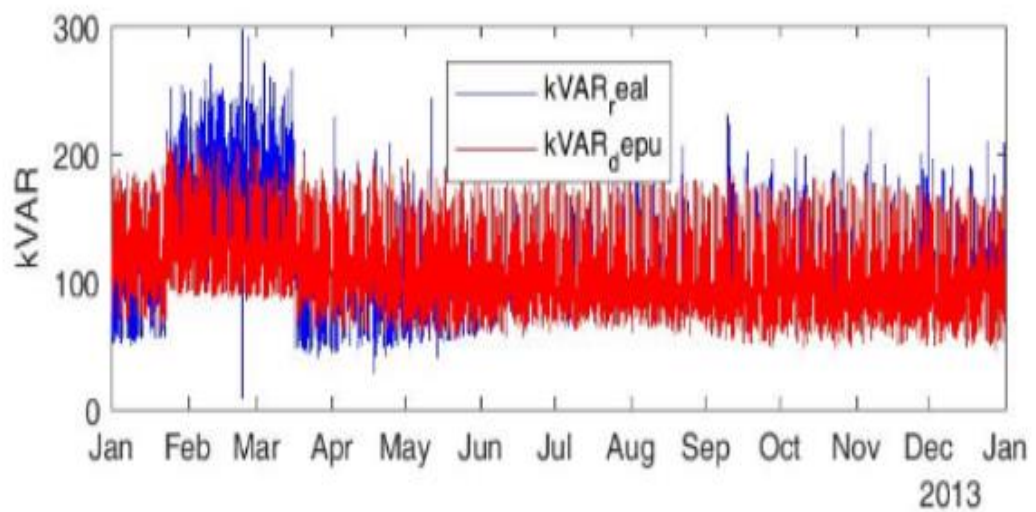
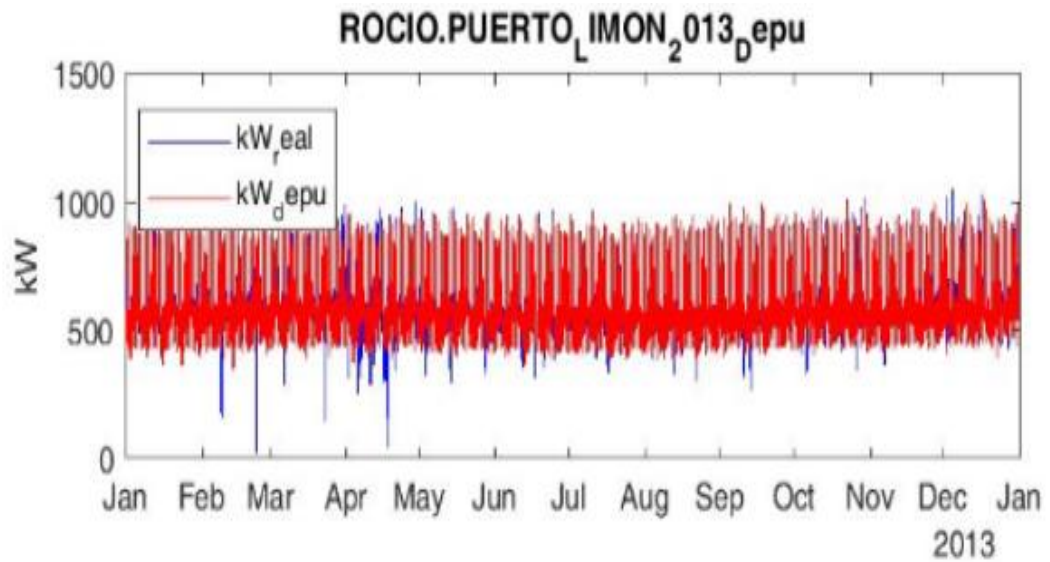
- CYME. (14 de FEBRERO de 2019). Obtenido de CYME:
<http://www.cyme.com/es/software/requirements/>
- Bastidas Alvear , E. R. (2003). *PLANEAMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA AGROINDUSTRIAL DEL SECTOR LAS GOLONDRINAS(QUININDÉ)*. QUITO.
- Coello, R. (2016). *Estudio técnico para mejorar las condiciones operativas de los alimentadores de la subestación Calpi-San Juan, de la EERSA*. Quito.
- FONSECA AMAYA, C. A. (2003). *CAPACITORES EN MEDIA TENSIÓN, APLICADOS EN LA SUBESTACIÓN LOJA*. QUITO.
- Franco, J. F., Restrepo, Y. S., & Tabares, P. (2006). Repotenciación de alimentadores primarios para la reducción de pérdidas. *Scientia et Technica*, 19-24.
- Garcés Ruiz, A., Galvis Manso, J., & Gallego Rendón, R. (2006). Solución al problema de balance de fases y reconfiguración de alimentadores primarios bajo un modelamiento trifásico usando Simulated Annealing. *Scientia Et Technica*, 37-42.
- Garces Ruiz, A., Granada, M., & Gallego, R. A. (2000). Flujo de carga trifásico para sistemas radiales de distribución. *Scientia et Technica*, 19-24.
- Juarez Cervantes , J. D. (1995). *SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA* . México D.F.
- Landázuri Paredes , V. V. (2016). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PILOTO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE ALIMENTADORES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A. CUENCA* .
- Martinez, L. (2018). *Estudio de perdidas técnicas* . Santo Domingo de los Tsáchilas .
- Ramirez Castaño, S. (s.f.). *Redes de Distribución de Energía*. Manizales.
- Zamora Machuca, J. A. (2013). *Proyección espacial de la demanda eléctrica del canton Cuenca, provincia del Azuay perteneciente a la Centro Sur C.A. mediante la ayuda de la herramientas del CYMDIST, GIS y estadísticos*. Cuenca.

ANEXOS

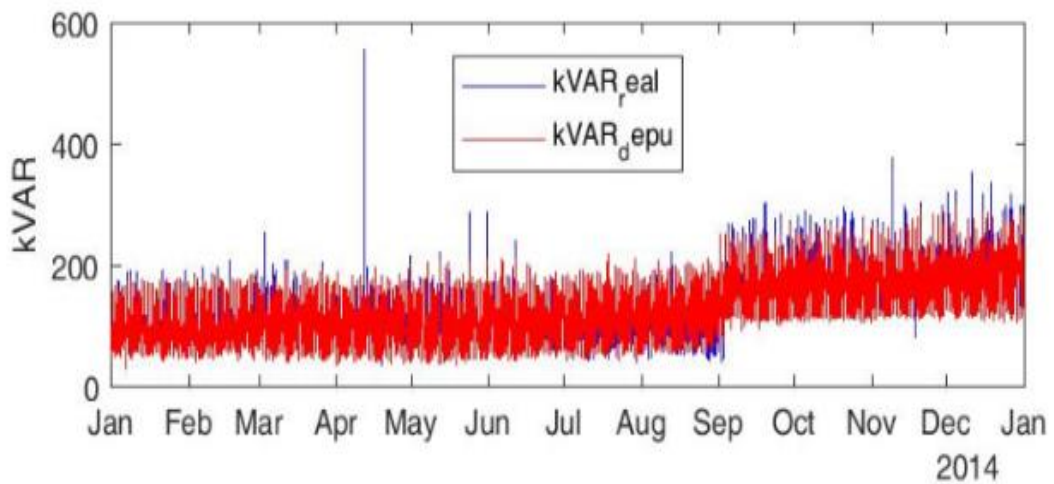
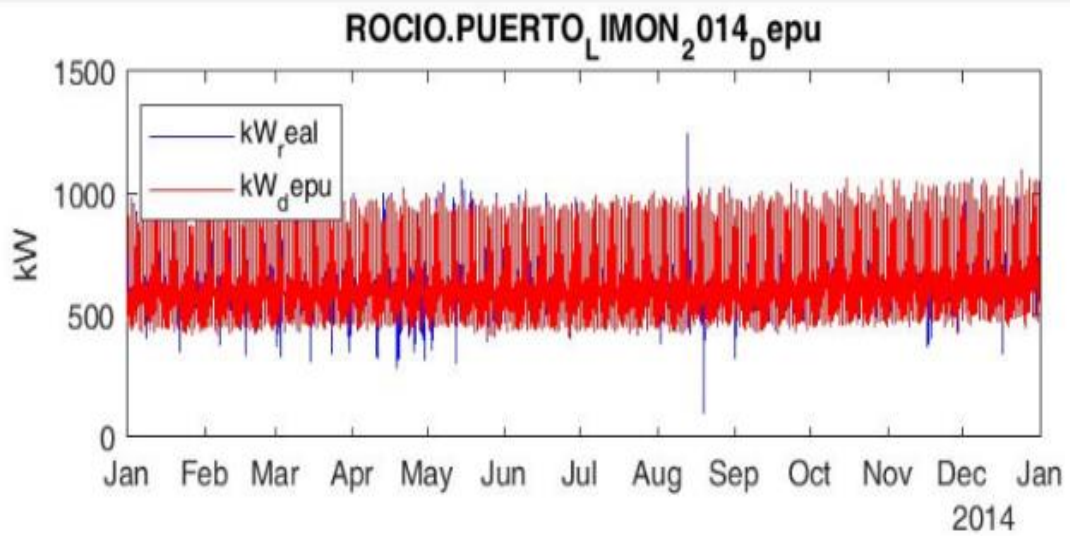
ANEXO 1. REGISTRO DE DEMANDA MÁXIMA EN ARCHIVO MICROSOFT EXCEL

fechas	Anio	Mes	Dia_x_mes	Hora	Cuarto_horario	Dia_x_semana	kW_cor	kVAR_cor
10/07/2017 16:30	2017	7	10	16	30	2	782,9388269	216,0158527
10/07/2017 16:45	2017	7	10	16	45	2	812,2826234	239,5542189
10/07/2017 17:00	2017	7	10	17	0	2	833,4850158	236,8623325
10/07/2017 17:15	2017	7	10	17	15	2	794,5232545	215,2904444
10/07/2017 17:30	2017	7	10	17	30	2	841,2186585	194,9867838
10/07/2017 17:45	2017	7	10	17	45	2	807,0628357	215,8895985
10/07/2017 18:00	2017	7	10	18	0	2	810,3102416	204,6071225
10/07/2017 18:15	2017	7	10	18	15	2	887,1990051	215,406752
10/07/2017 18:30	2017	7	10	18	30	2	982,787384	218,4448947
10/07/2017 18:45	2017	7	10	18	45	2	1181,720509	222,6491139
10/07/2017 19:00	2017	7	10	19	0	2	1120,566071	214,8563741
10/07/2017 19:15	2017	7	10	19	15	2	1170,223511	217,3285501
10/07/2017 19:30	2017	7	10	19	30	2	1119,433258	209,3309828
10/07/2017 19:45	2017	7	10	19	45	2	1151,98169	204,8383463
10/07/2017 20:00	2017	7	10	20	0	2	1109,16684	204,7326475
10/07/2017 20:15	2017	7	10	20	15	2	1009,935516	200,0895942
10/07/2017 20:30	2017	7	10	20	30	2	1070,284637	197,7108198
10/07/2017 20:45	2017	7	10	20	45	2	1045,504028	191,0467046
10/07/2017 21:00	2017	7	10	21	0	2	1016,427063	180,3423799
10/07/2017 21:15	2017	7	10	21	15	2	977,1587219	164,8143347
10/07/2017 21:30	2017	7	10	21	30	2	933,5237122	161,1615082
10/07/2017 21:45	2017	7	10	21	45	2	908,4995728	153,1118838
10/07/2017 22:00	2017	7	10	22	0	2	885,8535156	141,9622674
10/07/2017 22:15	2017	7	10	22	15	2	830,6823425	127,0994089

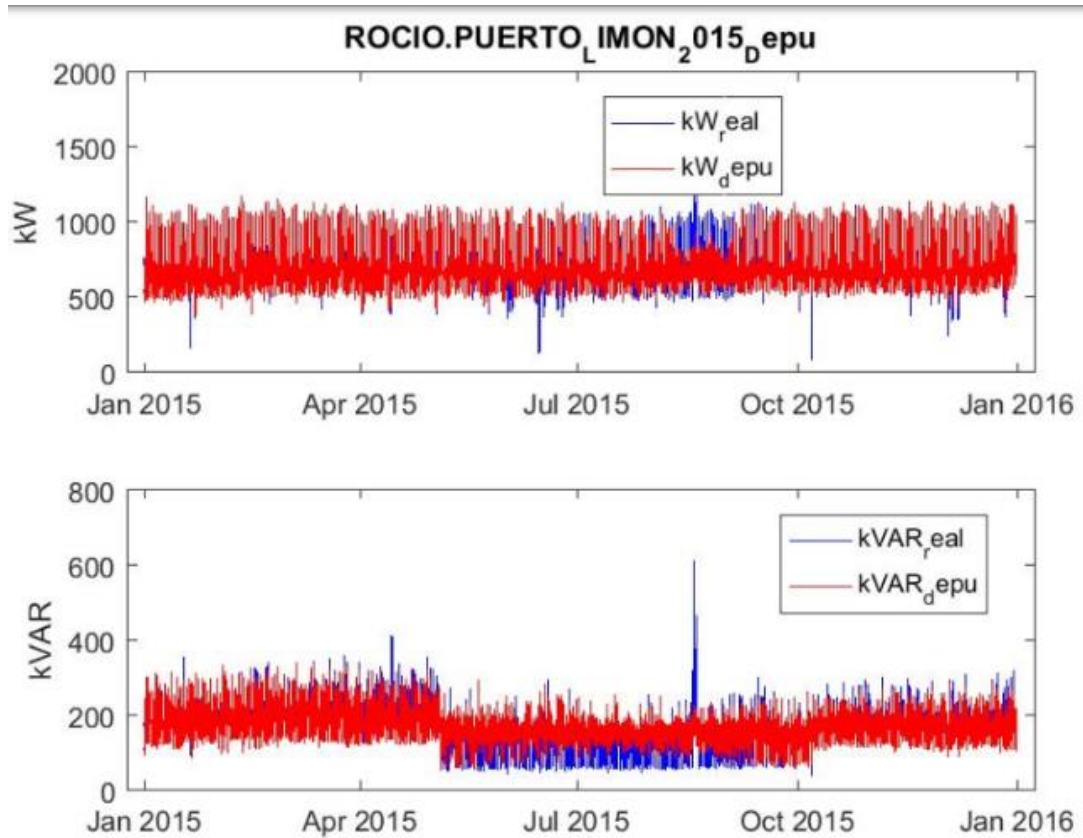
ANEXO 2. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2013



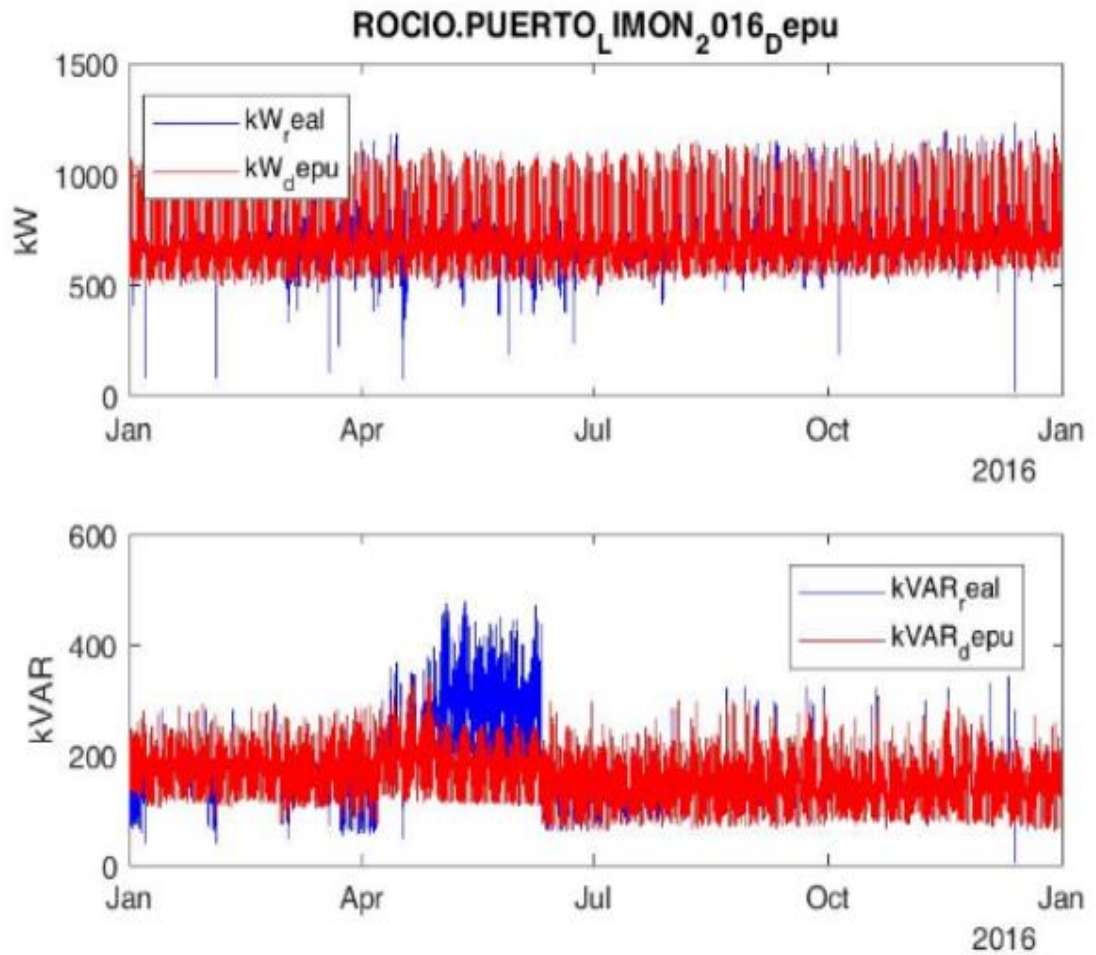
ANEXO 3. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2014



ANEXO 4. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2015



ANEXO 5. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ALIMENTADOR EN EL AÑO 2016



ANEXO 6. REPORTE SUMARIO POR RED EN ESTADO ACTUAL

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1236,05	218,53	1255,22	98,47
Generadores	0	0	0	0
Producción total	1236,05	218,53	1255,22	98,47
Carga leída (no regulada)	1151,22	265,9	1181,52	97,43
Carga utilizada (regulada)	1145,65	264,63	1175,82	97,43
Condensadores shunt (regulados)	0	-95,82	95,82	0
Reactancias shunt(reguladas)	0	0	0	0
Motores	0	0	0	0
Cargas totales	1145,65	168,8	1158,02	98,93
Capacitancia del cable	0	-0,31	0,31	0
Capacitancia de la línea	0	-59,25	59,25	0
Capacitancia shunt total	0	-59,56	59,56	0
Pérdidas en las líneas	69,21	77,54	103,94	66,59
Pérdidas en los cables	0	0	0	46,63
Pérdidas de carga del transformador	21,51	28,64	35,82	60,06
Pérdidas en vacío del transformador	21,61	0	21,61	100
Pérdidas totales	112,34	106,18	154,58	72,67

ANEXO 7. REPORTE SUMARIO POR RED EN DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1627,8	380,45	1671,67	97,38
Generadores	0	0	0	0
Producción total	1627,8	380,45	1671,67	97,38
Carga leída (no regulada)	1577,44	364,34	1618,97	97,43
Carga utilizada (regulada)	1494,57	346,97	1534,32	97,41
Condensadores shunt (regulados)	0	-92,13	92,13	0
Reactancias shunt(reguladas)	0	0	0	0
Motores	0	0	0	0
Cargas totales	1494,57	254,84	1516,14	98,58
Capacitancia del cable	0	-0,3	0,3	0
Capacitancia de la línea	0	-57,67	57,67	0
Capacitancia shunt total	0	-57,98	57,98	0
Pérdidas en las líneas	109,39	128,13	168,48	64,93
Pérdidas en los cables	0	0	0	0
Pérdidas de carga del transformador	31,3	51,08	59,91	52,25
Pérdidas en vacío del transformador	20,92	0	20,92	100
Pérdidas totales	161,62	179,22	241,33	66,97

ANEXO 8.

REPORTE SUMARIO POR RED MEDIANTE APLICACIÓN DE BALANCE DE CARGA

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1559,03	355,92	1599,15	97,49
Generadores	0	0	0	0
Producción total	1559,03	355,92	1599,15	97,49
Carga leída (no regulada)	1556,76	359,61	1597,75	97,43
Carga utilizada (regulada)	1434,71	333,25	1472,9	97,41
Condensadores shunt (regulados)	0	-93,02	93,02	0
Reactancias shunt(reguladas)	0	0	0	0
Motores	0	0	0	0
Cargas totales	1434,71	240,23	1454,68	98,63
Capacitancia del cable	0	-0,3	0,3	0
Capacitancia de la línea	0	-57,84	57,84	0
Capacitancia shunt total	0	-58,14	58,14	0
Pérdidas en las líneas	101,32	122,69	159,12	63,68
Pérdidas en los cables	0	0	0	-65,88
Pérdidas de carga del transformador	10,54	42,74	44,02	23,94
Pérdidas en vacío del transformador	20,88	0	20,88	100
Pérdidas totales	132,74	165,43	212,1	62,58

ANEXO 9.

REPORTE SUMARIO POR RED CON INSTALACIÓN DE UN BANCO DE REGULADORES MONOFÁSICOS

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1618,04	354,81	1656,48	97,68
Generadores	0	0	0	0
Producción total	1618,04	354,81	1656,48	97,68
Carga leída (no regulada)	1556,76	359,61	1597,75	97,43
Carga utilizada (regulada)	1489,49	345,6	1529,06	97,41
Condensadores shunt (regulados)	0	-103,07	103,07	0
Reactancias shunt(reguladas)	0	0	0	0
Motores	0	0	0	0
Cargas totales	1489,49	242,52	1509,11	98,7
Capacitancia del cable	0	-0,34	0,34	0
Capacitancia de la línea	0	-63,52	63,52	0
Capacitancia shunt total	0	-63,86	63,86	0
Pérdidas en las líneas	104,91	125,84	163,83	64,03
Pérdidas en los cables	0	0	0	16,02
Pérdidas de carga del transformador	10,05	40,84	42,06	23,9
Pérdidas en vacío del transformador	23,13	0	23,13	100
Pérdidas totales	138,08	166,68	216,45	63,8

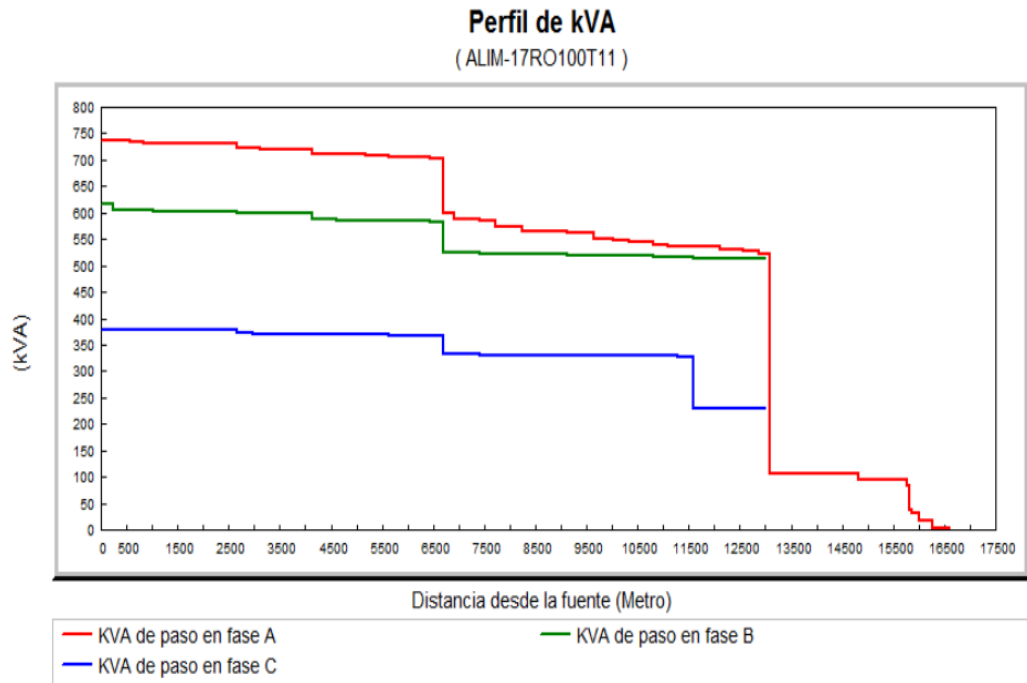
ANEXO 10.
REPORTE SUMARIO POR RED CON INSTALACIÓN
DE DOS BANCOS DE REGULADORES
MONOFÁSICOS

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1693,09	356,94	1730,3	97,85
Generadores	0	0	0	0
Producción total	1693,09	356,94	1730,3	97,85
Carga leída (no regulada)	1556,76	359,61	1597,75	97,43
Carga utilizada (regulada)	1551,68	358,41	1592,54	97,43
Condensadores shunt (regulados)	0	-119,41	119,41	0
Reactancias shunt(reguladas)	0	0	0	0
Motores	0	0	0	0
Cargas totales	1551,68	239,01	1569,98	98,83
Capacitancia del cable	0	-0,38	0,38	0
Capacitancia de la línea	0	-70,65	70,65	0
Capacitancia shunt total	0	-71,02	71,02	0
Pérdidas en las líneas	117,3	139,41	182,19	64,38
Pérdidas en los cables	0	0	0	0
Pérdidas de carga del transformador	9,42	38,34	39,48	23,86
Pérdidas en vacío del transformador	26,28	0	26,28	100
Pérdidas totales	153	177,75	234,53	65,24

ANEXO 11.
TABLA DE REGULADORES ESTANDARIZADOS
CONFORME ANSI C57-15 Y NBR 11809

Tensión Nominal del Sistema	Tensión Nominal del Regulador (V)	Conexión del Banco de Reguladores	Nivel Básico de Impulso (kV)	Potencia Nominal del Regulador (kVA)	Corriente de Línea (A)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Altura (mm)	Parte activa con tapa (mm)	Tanque con aceite (mm)	Peso total (mm)
4160	2400	Estrella con neutro a tierra	60	50	200	940	940	1700	420	490	910
				75	300	940	940	1700	425	500	925
				100	400	970	1200	1700	500	570	1070
				125	500	1040	1150	1700	550	600	1160
				167	668	1100	1350	1700	600	700	1300
				250	1000	1100	1450	2160	840	930	1770
				333	1332	1100	1700	2160	850	1250	2100
				50	100	870	940	1700	350	430	780
8320	4800	Estrella con neutro a tierra	75	75	150	940	1000	1700	450	520	970
				100	200	940	1100	1700	460	540	1000
				125	250	990	1100	1750	560	560	1125
				167	334	1100	1250	1750	580	700	1280
				250	500	1100	1350	1850	865	900	1765
				333	668	1100	1500	1850	925	1025	1950
				38.1	50	900	990	1550	360	400	760
				57.2	75	900	1120	1550	380	470	850
13200	7620	Estrella con neutro a tierra	95/110(*)	76.2	100	990	1170	1550	360	490	850
				114.3	150	940	1270	1650	500	600	1100
				167	219	1100	1450	1750	600	830	1430
				250	328	1100	1300	2100	800	1000	1800
				333	438	1100	1750	1900	850	1225	2075
				416	546	1100	1550	2400	1480	2000	3480
				509	668	1100	1800	2500	1530	2050	3580
				667	875	1100	1930	2540	1590	2650	4240
				833	1093	1450	2060	2540	1890	3200	5090
				13800	13200	Triángulo	95/110(*)	69	50	940	990
138	100	990	1250					1650	530	580	1110
207	150	1050	1350					1800	730	750	1480
276	200	1100	1400					1800	850	940	1790
414	300	1100	1600					1900	1110	1200	2300
552	400	1100	1700					2450	1670	2500	4170
24940	14400	Estrella con neutro a tierra	150/200(*)					72	50	940	1150
				144	100	1020	1270	1850	650	710	1360
				216	150	1100	1400	2100	800	900	1700
				288	200	1100	1450	2100	850	1030	1880
				333	231	1100	1850	2100	850	1300	2150
				432	300	1100	1600	2700	1600	2450	4050
				576	400	1100	1800	2700	1650	2840	4490
				667	463	1100	1950	2700	1700	3000	4700
				833	578	1550	2260	2700	1900	3400	5300
				34500	19920	Estrella con neutro a tierra	150/200(*)	100	50	1990	1100
200	100	1100	1450					1900	700	800	1500
333	167	1100	1500					2100	1120	1200	2320
400	201	1100	1850					2100	1010	1380	1390
667	334	1100	1850					2800	2300	3000	5300
833	418	1100	1960					2800	2550	3500	6050
34500	33000	Triángulo	150/200(*)	330	100	1200	1670	2705	1025	1225	2250
				495	150	1200	1785	2250	1300	1550	2850
				663	201	1340	2130	2620	1600	1910	3510
				825	250	1893	2191	2675	1895	2275	4170

ANEXO 12. PERFIL DE KVA MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE



ANEXO 13.

PERFIL DE KVAR MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE

