



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO-METALÚRGICO
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ
FACULTAD DE METALÚRGIA ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero Eléctrico

***Tema: Impacto de las mejoras eléctricas en el Consejo Popular del Narajal
Municipio Mayarí.***

Autor: Ramón Antonio Leyva Elías

**Tutores: Ing. Raúl Beatón Lovaina
MsC Grabiél Hernández Ramírez**

2009

“Año del 50 Aniversario del triunfo de la Revolución”

Declaración de autoridad

Ramón Antonio Leyva Elías, autor de este trabajo de diploma titulado: “*Impacto de las mejoras eléctricas en el Consejo Popular del Narajal Municipio Mayarí.*”, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

PENSAMIENTO

[...]El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencias, tiene que ser un futuro de hombres de pensamientos...]

Fidel Castro.



DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Diploma en especial a mi madre Iraida Elías Batista y mi padre Ramón Leyva Tejeda, a mis amigos que siempre me apoyaron y en especial a mis tutores que siempre me dieron el frente durante la realización del trabajo.

Ramón Leyva Elías

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar y con todo mi corazón a mis padres Iraida y Ramón por el sacrificio y confianza depositada en mí para que pudiese llegar a lo que soy hoy, a mi hermano Roilán por el apoyo brindado, a los amigos que contribuyeron a que este sueño fuese realidad y a mi familia .

Agradezco a todos los compañeros de aula por toda la ayuda que me brindaron.

Agradezco a todos los profesores y de manera especial a mis tutores Ms.C. Gabriel Hernández e Ing. Raúl Beatón Lovaina por sus conocimientos brindados para garantizar el éxito de este trabajo.

Agradezco a Dios por haberme permitido nacer en esta Revolución Socialista y a nuestro eterno Comandante en jefe Fidel Castro Ruz por darme la oportunidad de forjarme como persona culta y preparada en la especialidad de Ingeniería Eléctrica.

Muchas Gracias a todos.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en un estudio minucioso de la red de distribución primaria del circuito 2 de la ciudad de Mayarí, con el objetivo evaluar el impacto de las mejoras eléctricas, para mejorar las condiciones actuales de la red, Este análisis abarca la actualización de los circuitos monolineales con su base de datos. Para lograr los resultados deseados analizamos las características generales del circuito, tanto técnicos como constructivas, se realizó el estudio de las pérdidas técnicas de energía, auxiliado por el software Radial 7,7 confeccionado para este propósito con el objetivo de establecer una comparación con las variantes propuestas. Por ultimo se hizo el análisis técnico-económico de la nueva variante para cada uno de los circuitos en cuestión y total, obteniéndose entre otros resultados un ahorro de energía de 239075kWh al año.

ABSTRACT

The present work consists on a meticulous study of the net of primary distribution of the circuit 2 of the city of Mayarí, with the objective to evaluate the impact of the electric improvements, to improve the current conditions of the net, This analysis embraces the upgrade of the circuits monolineal with its database. To achieve the wanted results we analyze the general characteristics of the circuit, so much technical as constructive, he/she was carried out the study of the technical losses of energy, aided by the Radial software 7,7 made for this purpose with the objective of establishing a comparison with the variants proposals. For I finish the economic analysis of the new variant it was made for each one of the circuits in question and total, obtaining you among other results an energy saving of 239075kWh a year.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL	I
1.1 Análisis de algunos conceptos importante a tener en cuenta para valorar la importancia de las mejoras eléctricas.	5
1.2 Partes fundamentales de un sistema eléctrico. Las redes eléctricas su clasifican según la configuración.	6
1.2.1 Configuración de las redes eléctricas	7
1.3 Característica del circuito primario Mayarí 2 del municipio Mayarí en redes eléctricas.	9
1.4 Análisis de los principales consumidores de energía eléctrica y sus características.	10
1.5 Número de interrupciones de los clientes.	11
1.6 Curva cronológica de carga	12
1.7 Conclusiones	14
CAPÍTULO 2: Materiales y Métodos	15
2.1 Introducción	15
2.2 Diseño de la investigación	15
2.3 Análisis del cambio	15
2.4 Elementos sobre redes	16
2.4.1 La estructura	16
2.4.2 El Conductor	16
2.4.3 Aisladores	17
2.4.4 Algunas características de los aisladores de pedestal para 13,8kV son:.....	17
2.4.5 Los aisladores de suspensión o de discos presentan las siguientes características.....	17
2.5 Análisis de las interrupciones del circuito Mayarí 2 hasta abril del 2009.	17
2.6 Flujos de carga, corridas con el Radial	19
2.6.1 Mediciones realizadas por el NULEC	23
2.7 Levantamiento Técnico del circuito.....	29
2.8 Consideraciones generales	32
2.9 Selección de materiales y accesorios	32
2.9.1 Recursos utilizados para la rehabilitación de circuito	32

2.9.2 Selección de postes.....	33
2.9.3 Selección de las crucetas	34
2.9.4 Selección de conductores.....	34
2.10 Conclusiones	36
CAPÍTULO 3: ANALISIS DE LOS RESULTADOS	37
3.3 Fundamentos de las mejoras.....	38
3.4 Metodología para el cálculo técnico económico del proyecto.	38
3.5 Análisis de los resultados experimentales en cuanto a pérdidas antes y después de la rehabilitación	42
3.6 Propuesta para la sustitución de transformadores.....	43
3.7 Valoración ecológica e impacto medio ambiental	46
3.8 Conclusiones	47
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	52

INTRODUCCIÓN GENERAL

En un mundo que se precipita a una severa crisis por la escasez de recursos energéticos no renovables y el alto consumismo de los países desarrollados encabezados por Estados Unidos con un 25% del mundial y su política neoliberal, esto hace pensar que si no se toman medidas para el ahorro de estos recursos o se buscan otras fuentes de energía en pocos años nuestro planeta quedará sumido en un caos, esto ha propiciado que nuestro comandante en jefe inicie una campaña mundial contra el consumismo y el ahorro de los recursos energéticos, a la que se denomina Revolución Energética cuyas bases son, el ahorro y la eficiencia, como principal estrategia.

Esta Revolución ha abarcado todas las esferas de la sociedad. Entre ellas la parte educativa con el Programa de Ahorro Energético en Cuba (PAEC) y la investigación para aprovechar otras fuentes de energía como la eólica, la solar, etc. Además de las inversiones hechas en la modernización de las termoeléctricas y la construcción de diferentes grupos electrógenos para abastecer a ciudades, poblados, industrias grandes y pequeñas, así como asegurar el suministro de energía a puntos vulnerables de la economía como hospitales, policlínicos panaderías, centros de elaboración, bombeo de agua a la población etc. Estas inversiones se realizan para garantizar un servicio eléctrico estable, e incluyen la entrega masiva de equipos más eficientes para la población.

Todo esto ha dado lugar a que la dirección del país acometa una serie de mejoras en las redes de distribución, urgidas de una revitalización para disminuir las pérdidas de corriente y prestar un servicio con calidad y eficiencia a nuestro pueblo.

Unos 262 millones de dólares ha destinado la dirección del Estado para cumplir un amplio programa que prevé la sustitución de 34014km de cables, que no tienen la capacidad necesaria para asegurar una distribución de energía segura. También se revisan el estado técnico y la capacidad de alrededor de 124 mil transformadores, de

los cuales deben sustituirse unos 12 mil 400, en un espacio de tiempo relativamente corto.

Otras de las acciones que se acometen dentro del plan de rehabilitación de redes en el país es la sustitución paulatina de más de 21 290km de líneas de distribución por conductores de superior calibre; el cambio de 116 134 postes y de cerca de 1 516 400 acometidas de viviendas. Igualmente se sustituirán 1 200 000 metros contadores por otros de tecnología de punta; 3 250 000 breakers, correspondientes a prácticamente la totalidad de las viviendas electrificadas, plan este último que se ha cumplido al 74 %. En medio de tal proceso se instalará el servicio a más de 108 000 nuevos clientes.

Según los estimados, los gastos de esta inversión se recuperarán en un período no mayor de tres años por las mejoras y la eficiencia que resultará de contar con redes de distribución en buen estado y capaces de cubrir las necesidades de los sectores estatal y residencial.

En nuestra provincia desde que comenzó el programa de rehabilitación de redes en el año 2005, se han ejecutado un total de 30597 acciones de un plan de 63573. Acciones que han sido muy importantes para la disminución de pérdidas en las redes eléctricas, mejorar el servicio a los clientes y fundamentalmente el ahorro de combustible. Entre estas acciones tenemos la reposición de shield en 9.4 Km. de líneas de 110kV y 3.500km en líneas de 33kV, se han construido 15.099km de líneas de 33kV, 159.361km de líneas de 13.2kV y 42.617km de líneas secundarias con 14622.0kVA convertidos. Se realizó el cambio de calibre primario en 135.249km de líneas de 33 kV, hubo reposición de neutro en 172.549km y retiro de 182 drop out y 582 grampas en caliente. Se realizó el cambio de 4632 postes primarios y 6344 postes secundarios. Hasta el momento la provincia ha instalado 7401 varillas de tierras, 272092 breakers, y 7966 grampas AMPACT, Se han instalado 95361 acometidas y se cambiaron 22762 metros contadores.

En nuestro municipio también se han llevado a cabo bastante de estas acciones, logrando éxitos y beneficios para el sistema. Ejemplo, Mayarí ha realizado un total de

3802 acciones ejecutadas entre las que figuran las siguientes. La reposición de 3.5km de shield en líneas de 33kV, construcción de 23.105km de líneas primarias y 0.310km de líneas secundarias. Se realizó el cambio de calibre primario de 9.272km, la conversión de 2515kVA de transformadores de 4.16 a 13.2kV del circuito Mayarí II y se repuso 13.0km de neutro. Además se procedió a cambiar 544 postes primarios, 966 postes secundarios y se le realizó mantenimiento a 479 bancos de transformadores con un balanceo de 168 transformadores. Se retiraron 58 abiertos de las líneas, se instalaron 1216 varillas de tierras, 31042 breakers, 1859 grampas AMPACT, se cambiaron 481 pararrayos y 8297 acometidas. Como mejoras se realizaron 249 cambios de calibre secundario, se dividieron 191 circuitos secundarios con la instalación de 191 transformadores. El cambio de 102 transformadores por otros de mayor capacidad, la reubicación de 68 transformadores al centro de carga, sustitución de 10 transformadores sobrecargados, cambio de 20 transformadores por mantenimiento y la eliminación de zonas de bajos voltajes de un total de 60.

El análisis de los datos aportados anteriormente y la evaluación de la evolución concreta de las redes eléctricas en el municipio Mayarí, nos aportan un caudal de conocimiento que consideramos un campo propicio para la aplicación e investigación científica sobre el impacto de las mejoras eléctricas en el municipio de Mayarí y en especial el Consejo Popular de el Naranjal.

Problema Científico: el estado técnico que tienen las redes eléctricas, alto índice de interrupciones en todos los niveles de voltaje, la sobrecarga de transformadores, el estado de los interruptores en aire entre otros provocan pérdidas de energía que afectan el servicio eficiente a los clientes.

Objetivo: Evaluar el impacto de las mejoras eléctricas en las redes de distribución en el Circuito Mayarí 2.

Para el cumplimiento de este objetivo se trazaron las siguientes **Tareas**.

- Búsqueda bibliográfica para el análisis del comportamiento del problema.
- Justificación teórica del problema a investigar

- Análisis del comportamiento de los diferentes parámetros eléctricos (interrupciones y pérdidas) en el circuito Mayarí 2 antes y después de las mejoras en las redes eléctricas.
- Análisis económico.

Campo de Acción: Mejoras eléctricas en el municipio de Mayarí.

Objeto de Estudio: el Consejo Popular del Naranjal, Circuito Mayarí 2.

Para realizar esta investigación nos plantearemos la siguiente **Hipótesis:**

Con el mejoramiento de las redes eléctricas de nuestro municipio se pueden obtener una mayor eficiencia y mejor uso de esta, con un ahorro de portadores energéticos y una mejor calidad del servicio prestado a los clientes.

Para darle cumplimiento a lo antes propuesto emplearemos diferentes Métodos de Investigación, tanto empíricos como teóricos.

Entre los Empíricos:

La observación: Para ver el estado del problema antes y después de la mejora y tener una idea de este.

Entre los Teóricos:

Histórico – Lógico: Nos permitió realizar al análisis del problema desde una óptica histórica y según vayan ocurriendo los fenómenos, describirlos.

Análisis – Síntesis: Para analizar el problema en su totalidad y sintetizar lo más importante.

Matemático: Nos permitió realizar los diferentes cálculos del problema.

Modelación: Nos permitió realizar los gráficos para poder comparar el impacto del problema resuelto.

Con nuestro trabajo realizamos un análisis de los costos y beneficios logrados con la rehabilitación de las redes eléctricas y el cambio de voltaje en el Circuito Mayarí 2, del Consejo Popular Naranjal en el Municipio Mayarí.

CAPÍTULO I: Base teórico de la investigación.

1.1 Análisis de algunos conceptos importante a tener en cuenta para valorar la importancia de las mejoras eléctricas.

Se impone una reflexión en razón de esas dos clasificaciones a que son sometidas en nuestro país las pérdidas, entendidas estas como: la diferencia entre la energía que se compra y la energía que se vende, teniendo en cuenta la deducción de insumos, se hace una estimación de las pérdidas comerciales y el resto se considera como pérdidas técnica.

Pérdidas: Es el total de energía que no se factura. Es la energía que entra al municipio a través de los interruptores y no se factura.

Pérdidas técnicas: Incluye todo el proceso de transmisión, debido al tipo de conductor, transformador subutilizado, distancias en las líneas, sobrecalentamiento etc.

Pérdidas comerciales: Incluye todo lo que influye en la facturación de la energía consumida; mediciones, tenderas, mal promedio de facturación, mal estimado de consumo de tarifas fijas, error de lecturas, etc.

Pérdidas de distribución: Nivel de pérdidas a alcanzar en una UEB en un periodo de tiempo determinado optimizando las pérdidas técnicas y comerciales de cada subsistema de distribución, o sea, la meta a alcanzar, el mínimo nivel de pérdidas económicamente justificables. ([ver índice](#))

1.2 Partes fundamentales de un sistema eléctrico. Las redes eléctricas su clasifican según la configuración.

Estaciones generadoras

La producción de la energía eléctrica en un país, es sin dudas, una de las tareas más importantes para la vida económica, política y social del mismo, ya que su influencia abarca prácticamente todas las actividades humanas.

El proceso de transformación o conversión desde las diversas formas de energía eléctrica, se realiza en las plantas eléctricas, pudiendo ser de diferentes tipos dependiendo entre otros factores del combustible o fuente primaria de energía empleada, pero su principio general de operación es el mismo: el accionamiento de un motor primario-turbina de vapor, hidráulica, etc.-que ponen en funcionamiento un generador.

Existen diversos tipos de plantas, cuyas características más sobresalientes radican fundamentalmente en la sección del accionamiento primario, puesto que en su parte eléctrica, básicamente no existen diferencias sustanciales.

Atendiendo a la forma en que se realiza el proceso de transformación energética, las plantas pueden dividirse en los siguientes tipos:

- Plantas térmicas.
- Plantas electronucleares
- Plantas hidráulicas.
- Plantas eólica

De estas podemos encontrar dentro del municipio una central termoeléctrica (Lidio Ramón Pérez) de 500 MW, la cual brinda servicio a casi la mitad del país², También están instaladas baterías diesel en dos subestaciones de 110/34.5kV y grupos electrógenos de generación de electricidad que cubren gran parte de la energía demandada en el municipio. En los mismos se transforma la energía mecánica (cinética) en energía eléctrica mediante un sistema motor primario-generador.

Subestaciones de transformación.

Son las encargadas de elevar el voltaje de generación para transmitirlo a grandes distancias, el municipio cuenta con una subestaciones de 110kV, 1 circuito a 110kV, 7 circuitos a 33kV que alimentan 55 subestaciones de ellas 21 son de distribución con un total de 29 circuitos, 13 circuito son a 4.16kV y 16 a 13.2kV, entre estos 16 se encuentra el circuito de mayarí 2.y también bajarlo a diferentes niveles para su distribución y/o consumo

1.2.1 Configuración de las redes eléctricas

- **Líneas de transmisión y subtransmisión.**

Son los enlaces entre las estaciones generadoras y los sistemas de distribución y grandes consumidores industriales, en Cuba actualmente hay 220kV y 110kV en transmisión, en subtransmisión generalmente 33kV.

- **Líneas de Distribución**

Son las encargadas de conectar las cargas individuales de un área dada (pueblo, industria, etcétera) con las líneas de transmisión y subtransmisión.

En Cuba en líneas primarias de 2,4kV, 4,16kV, 6,7kV, 13,8kV y, en los secundarios de 230, 460, 230/115, 400/230, 200/115, 120/208 y en el caso especial network. Por su ubicación pueden ser aéreas, soterradas o mixtas.

Las líneas de transmisión manejan los mayores bloques de energía, enlazan las estaciones generadoras con los sistemas de subtransmisión y con otros sistemas, en estos están a los mayores niveles de voltaje. Las líneas que sirven de unión entre dos sistemas se denominan de enlace.

Este tipo de conexión entre los sistemas eléctricos reporta beneficios como reducción de los costos de operación al reducir el número de generadores necesarios. Mejora el factor de carga del sistema. Aumenta las facilidades de mantenimientos.

- **Líneas de Transmisión**

Comprende tensiones de 110kV y 220kV, es el valor nominal de las redes cubanas a la cual se realiza la transmisión a lo largo de todo el País con el sistema electroenergético nacional, esta se realiza de forma aérea, En el mundo hay diversos niveles tales como: 345kV, 500kV, 765kV etcétera; 220-110kV conexión estrella aterrada al neutro.

- **Líneas de Subtransmisión**

Se establece para tensiones con valores de 33kV y 66kV de forma aérea este último tiende desaparecer, pues no se instalan nuevos equipos de 33 es conexión delta (Δ); 66kV es de conexión estrella con neutro aterrado.

Las líneas de subtransmisión: Son aquellas que partiendo de una fuente de energía cualquiera (planta o sistema eléctrico (S/E)) alimenta sistemas de distribución, industriales o urbanos en los que el voltaje se reduce a los niveles de voltajes requeridos. Puede haber subtransmisión a diferentes niveles de voltajes, por lo que esta definida por la función que realice.

Las líneas de distribución: Son las encargadas de conectar las cargas individuales de un área dada (pueblo, ciudad, industria, etcétera a las líneas de subtransmisión.

Clasifican según su configuración de las redes.

- Radiales.
- Con lazo.
- Con malla o red

Estas redes de distribución aumentan su costo en confiabilidad del servicio en el mismo orden en que aparecen enumeradas.

Distribución radial: Red radial es aquella en la que la corriente tiene una sola trayectoria desde la subestación de transmisión o subtransmisión hasta los primarios de los transformadores de distribución o hasta la carga dada. El mismo posee ventajas como bajo costo inicial de inversión relativamente y simplicidad.

Este a su vez tiene desventajas como falta de continuidad del servicio ante perturbaciones y fallas, debe saberse que más del 80 % en líneas son temporales y pueden desaparecer solas.

Las redes de distribución con lazo en el primario se utilizan donde la zona de densidad de la carga (kW/m²) es media o algo grande.

Redes con mallas (network) existen dos versiones uno con malla en el secundario y el otro con malla en primario este sistema de distribución es el mas confiable y de mejores características de regulación de voltaje pero es mas costoso se usa exclusivamente en zonas de gran densidad de carga y es generalmente soterrado. ([ver índice](#))

1.3 Característica del circuito primario Mayarí 2 del municipio Mayarí en redes eléctricas.

El municipio Mayarí es alimentado a través de los interruptores 4035 y 4040 desde la subestación Nipe 110/34.5kV y los interruptores 4460, 4465, 4470, 6390 y 6415 desde la subestación Nicaro 110/34.5kV con un total de 21 subestaciones de distribución internas al municipio. La línea del interruptor 6415 es expresa para la fábrica de Tubos Plásticos Microjet y un ramal para alimentar a Cayo Saetía y cuatro barrios a 19.9kV. La línea del interruptor 6390 es expresa para la fábrica de Níquel. Todas las líneas a 33kV presentan enlace con otras líneas.

Las principales cargas del municipio son la fábrica de Níquel Rene Ramos Latour, la Termoeléctrica de Feltón y el Transportador de Pinares.

Las dos subestaciones de la cabecera municipal cuentan con doble alimentación desde líneas de 33kV de diferentes subestaciones a través del desconectivo 6001

El circuito de Mayarí 2 esta posee una distancia de 15.9 kilómetros de líneas, la cual se alimenta de una subestación de 33kV a 4.16kV luego de la rehabilitación se transforma de 33kV a 13.8kV, este alimentaba antes de la rehabilitación 37 transformadores en la actualidad 84 transformadores de ellos (4 de 10kV 3 de 15kV, 5 de 25kV, 49 de 37.5kV, 19 de 50kV y 4 de 100kV). Este circuito comenzó la rehabilitación a partir del 2006, culminando esta con la instalación de un NULEC los cuales sustituyeron los interruptores drop-out, este consta con un total de 2165 clientes. En el se encuentra

instalado un seccionalizador que es un interruptor en aire de los principales consumidores del circuito podemos mencionar a la unidad militar Tránsito de la división del naranjal, en la calle Martí Panamericana en la avenida Maceo Doña yuya, la pizzería entre otros. ([ver índice](#))

1.4 Análisis de los principales consumidores de energía eléctrica y sus características

Clasificación de los consumidores.

- Residenciales
- Industriales
- Comercial y servicios

Estas distintas categorías son en función de la necesidad de suministro que tenga cada consumidor, lo cual puede verse a continuación.

Primera categoría

Aquellos consumidores para los cuales la interrupción del servicio origina peligro para la vida de las personas, considerables pérdidas a la economía nacional, deterioro de equipos, etcétera.

Segunda categoría

Se agrupan aquellos consumidores para los cuales la interrupción del suministro de energía eléctrica acarrea dificultades para la producción, el transporte, en el normal desarrollo de las actividades de una cantidad significativa de habitantes.

Tercera categoría

Todos los consumidores restantes para ellos se permiten una interrupción de tiempo necesario para efectuar las reparaciones o cambios de los elementos dañados en la red. Las redes eléctricas se clasifican en dos grandes grupos redes de transmisión y subtransmisión y de distribución atendiendo a su nivel de voltaje. ([ver índice](#))

1.5 Número de interrupciones de los clientes.

La UEB Mayarí consta con un total de 42967 clientes, a ella pertenece la unidad de Cueto con 10741 clientes y la unidad de Mayarí con 32226 clientes. Dentro de Mayarí se encuentra el circuito Mayarí 2 con 2165 clientes, siendo este nuestro objeto de estudio.

Número de interrupción usuario-eficiencia (frecuencia): NIU

$$NIU = \frac{\sum CI}{NTC}$$

ecuación 1.1

CI: Número de clientes interrumpidos

NTC: Número total de clientes

TIU: Tiempo de interrupción usuario-calidad.

$$TIU = \frac{\sum CI * TI}{NTC}$$

ecuación 1.2

TI: Tiempo de interrupción.

TIUF: Tiempo de interrupción por usuarios interrumpidos.

$$TIUF = \frac{TIU}{NIU}$$

ecuación 1.3

IDR: Índice de disponibilidad de las redes.

$$IDR = \frac{NTC(8760 - \sum CI * TI)}{NTC(8760)}$$

ecuación 1.4

[\(ver índice\)](#)

1.6 Curva cronológica de carga

La operación propiamente dicha de un sistema eléctrico está vinculada muy estrechamente con las características de los consumidores. La operación del sistema eléctrico debe ser tal que garantice de forma continua y sin interrupciones toda la energía eléctrica que es demandada. Debe destacarse que la energía eléctrica no se almacena, por tanto, siempre debe haber un equilibrio entre la oferta y la demanda. La forma de trabajo y el comportamiento de los consumidores determinan la operación del sistema eléctrico. Habrá, por tanto momentos donde existan mayor y menor consumo de energía eléctrica.

Este comportamiento de la demanda durante el día reflejado en forma tabular o gráfica determina lo que se conoce con el nombre de curva cronológica o de carga diaria que no es mas que la demanda en las diferentes horas del día.

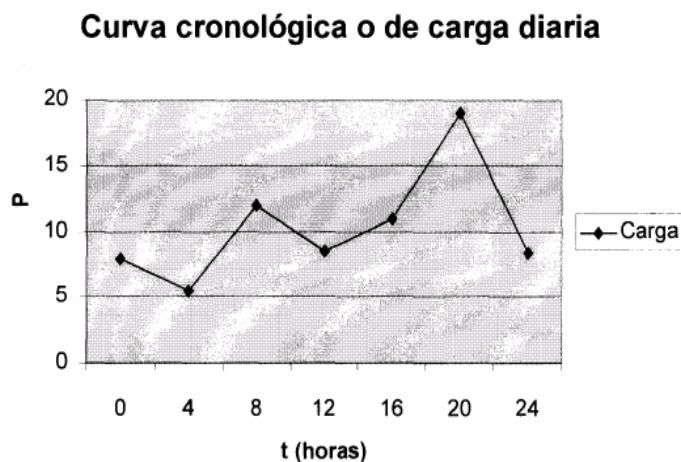


Fig. 1.1 Curva característica de la Demanda en función del tiempo

Esta curva tiene dos puntos fundamentales, el denominado de mínima o valle de la madrugada y el de máxima o pico de las horas de la noche. La relación entre el valor de mínima demanda de potencia y máxima demanda se denomina “factor de carga” del sistema (F_c).

$$F_c = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$$

Donde:

$P_{mín}$: Es la potencia mínima generada.

$P_{máx}$: Es la potencia máxima generada.

Si existe una gran diferencia entre ambos puntos es índice de que el sistema eléctrico es poco eficiente con compleja operación, pues como se había señalado antes, el sistema eléctrico debe garantizar siempre la energía demandada, por tanto habrá, en ciertas horas del día un menor número de plantas generando y en otras un mayor número de ellas debe señalarse que una unidad generadora tiene un punto óptimo de trabajo que es la carga si la operamos fuera de esto se gasta mas combustible por kW*h generado también el proceso de arranque y parada provoca grandes gasto de combustible, además de que se incrementa el índice de averías, roturas ,etcétera . Por ello el tener que operar fuera del punto óptimo, o el tener que apagar y encender unidades incrementa los costos del sistema eléctrico y por ende el costo del kW generado.

Nuestra curva de carga presenta una baja demanda en el horario de la madrugada debido a la demanda solamente del alumbrado publico, industrial con turnos nocturno y con otros menores .Con el despertar de la población y su incorporación al trabajo, comienza el incremento de la demanda que llega a su valor máximo sobre las 10:00 horas, este pico se denomina industrial pues se encuentra en plena operación todo el sistema industrial, de servicios y comercial, sobre las 12:00 horas por detención de la actividad laboral (hora de almuerzo) baja, luego asciende nuevamente pero nunca como en el pico de la mañana ,sobre las 15.00 horas comienza a descender, pues gran cantidad de consumidores paran o recesan sus actividades, hasta que producto de la necesidad de iluminación artificial empieza a subir vertiginosamente la demanda hasta el valor máximo (denominado pico eléctrico) entre las 18:00 y 22:00 horas, cercano a las 20:00 horas. Sobre las 22:00 horas comienza a disminuir la demanda residencial, por retirarse la población a dormir. Este ciclo se repite diariamente.

Las curvas de cargas pronostican y ello permite la planificación del sistema eléctrico, a corto, mediano y largo plazo. [\(ver índice\)](#)

1.7 Conclusiones

En este capítulo se ha logrado establecer la metodología de la investigación, para llevar a cabo el presente trabajo de ingeniería y así poder resolver los problemas existentes y al mismo tiempo se llevará a darle cumplimiento a los objetivos propuestos. [\(ver índice\)](#)

CAPÍTULO 2: Materiales y Métodos

2.1 Introducción

En este capítulo se hará un análisis sobre circuito mayarí 2 antes de las mejoras y luego de estas, lo cual aportara datos técnicos a tener en cuenta que permitirán realizar la selección de los distintos dispositivos y accesorios para el diseño de las líneas de distribución primarias tratadas en el presente trabajo.

2.2 Diseño de la investigación

En aras de facilitar un trabajo investigativo, adecuado para obtener mejores resultados y eficacia en la investigación, se diseñaron los siguientes pasos, que permitieron ahorrar tiempo y recursos humanos.

- Intercambio con especialistas de la Empresa Eléctrica de Mayarí.
- Solicitud de mapas y planos a las empresas de Geocuba y Planificación física (ver anexo 2) con el objetivo de tener una ubicación más exacta por que calles se encuentran las redes de distribución de 3.18kV
- Ubicación en el mapa las Imágenes eléctricas en cuestión de estudios.
- Ubicación de materiales y accesorios posibles a sustituir.
- Estudio teóricos de las redes de tensión a sustituir.
- Cálculo y selección de aditamentos para las nuevas redes del circuito.
- Valoración técnico económica de la propuesta.

2.3 Análisis del cambio

El presente trabajo esta encaminado al análisis del impacto que tienen las mejoras realizadas en el circuito Mayarí 2 el cual a tenido un amplio desarrollo en el ámbito económico y el acelerado crecimiento demográfico del mismo obligo al sistema ha realizar unas mejoras para de esta forma ofrecer una energía con calidad, por lo que se hizo necesario con urgencia pasar a la realización de los proyectos de mejoras y con esto mejorar la calidad de distribución del suministro eléctrico. Además de mejorar considerablemente las pérdidas técnicas se logró instalar una subestación de 2500kVA, esta subestación se instala debido a que por la parte de alta se alimenta desde otra

subestación de 33/13,8 kV y con este mayor voltaje se logra aminorar las pérdidas y la sobrecarga de los transformadores mayormente. [\(ver índice\)](#)

2.4 Elementos sobre redes

Con el cambio de tensión de transmisión la rigidez dieléctrica de los materiales eléctricos y dieléctricos varía y su tensión de ruptura evidentemente no es igual por eso a la hora de diseñar las redes estos materiales y accesorios deben seleccionarse adecuadamente en función del voltaje, en lo adelante se realizará esta selección de los principales elementos de las líneas

2.4.1 La estructura

Es la encargada de soportar el peso de las líneas, los aisladores y conductores. Estas pueden ser de acero, hormigón, madera o plásticas aunque el material a utilizar depende de muchos factores como la abundancia en el país del mismo, la importancia de la carga, el voltaje y factores ambientales, en Cuba se utilizan las estructuras de madera y hormigón. Existen diferentes tipos de estructuras como las del tipo A, B, C, D, E y las combinaciones de ellas de acuerdo a las características del circuito, por ejemplo para tramos de Líneas curvas se utiliza el tipo B, porque este tipo de estructura permite mantener un adecuado aislamiento y una distancia constante entre las líneas a pesar de la curvatura y para tramos de líneas rectas del sistema se dispone la utilización del tipo A.

2.4.2 El Conductor

En la distribución puede aparecer en forma de cable y en los alimentadores secundarios en forma de alambres. En este caso se encuentran fundamentalmente conductores de aluminio reforzado con acero y en menor proporción de cobre. Los primeros son conductores de aluminio trenzados en capas simétricas sobre un alma de acero con una tensión mecánica de rotura de 340-380N*mm. Por su parte los conductores de cobre por su característica son los más estables, es cuatro veces más fuerte a la tensión mecánica que el aluminio pero por su alto costo inicial nos obliga a utilizarlo solamente cuando su uso sea imprescindible, por esta razón el conductor más utilizado es el aluminio.

[\(ver índice\)](#)

2.4.3 Aisladores

Su función principal es aislar los conductores de las estructuras y de tierra, existen dos grupos fundamentales de pedestal o de suspensión

Los aisladores están compuestos por materiales tales como vidrio, porcelana o plásticos resistentes a cambios atmosféricos.

2.4.4 Algunas características de los aisladores de pedestal para 13,8kV son:

- 102mm de ancho
- 292mm de altura
- 7,7Kg. de peso
- 34,5 de voltaje máximo
- 241mm de distancia del arco

2.4.5 Los aisladores de suspensión o de discos presentan las siguientes características

- Un peso de 3,4Kg.
- 215mm de distancia del arco.
- El mismo tipo de aislador puede servir para diferentes niveles de voltaje solo variando el número de unidades.

Crucetas: son diseñadas para soportar una carga vertical, en este caso el aislador de pedestal, se construyen principalmente de acero galvanizado y/o madera y su longitud dependen del nivel de voltaje donde se valla a utilizar. Para 13,8kV estas poseen una longitud de 8 pies (2,43m) mientras que para 4,16kV son de 4 pies (aproximadamente 1,21m), aunque esto podría estar en dependencia del número de hilos en la línea de distribución.

2.5 Análisis de las interrupciones del circuito Mayarí 2 hasta abril del 2009.

Tomando en cuenta las expresiones antes mostradas en el capítulo 1 y los reportes de interrupciones del despacho, los cuales son archivados por el jefe de despacho pudimos determinar los valores de las interrupciones los cuales se muestran en la siguiente tabla.

[\(ver índice\)](#)

Tabla 1 Nivel de interrupciones por años

Años	Interrupciones primarias total	Interrupciones secundarias total	Interrupciones en los servicios total
2002	23	37	39
2003	11	44	66
2004	7	31	63
2005	0	25	74
2006	8	77	57
2007	7	28	27
2008	9	32	30
2009	2	10	8

En la tabla se puede apreciar con claridad el comportamiento de las interrupciones en el circuito de Mayarí 2 se tomaron en cuenta los reportes a partir del año dos mil dos que se encontraban almacenados en la base de datos de la empresa eléctrica hasta abril del dos mil nueve analíticamente se puede ver en la tabla como luego de la rehabilitación van disminuyendo las interrupciones y aun mas claramente en el grafico se toman en cuenta las interrupciones en el primario, en el secundario y en servicio a los clientes.

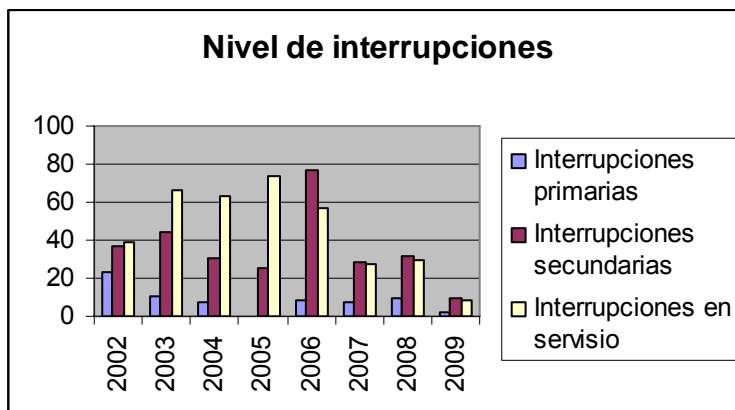


Gráfico 1 Nivel de interrupciones por años

[\(ver índice\)](#)

2.6 Flujos de carga, corridas con el Radial

El estudio del flujo de carga consiste en calcular la distribución de las potencias activas y reactivas, las pérdidas en líneas, así como la determinación de los voltajes en nodos y barras de la red para una condición o régimen dado; también ante la entrada o salida de una unidad generadora, línea de transmisión o ante el crecimiento de una cierta carga en el sistema, además, Permite comparar variantes de desarrollo.

Estos estudios de flujos de carga se pueden clasificar dependiendo de complejidad del sistema en:

- Flujos de carga en sistemas de lazo.
- Flujos de carga en sistemas complejos.
- Flujos de cargas en sistemas radiales.

Este último sistema tiene la característica de que partiendo de una fuente (S/E o planta generadora) recorre toda una región, teniendo la alimentación por un solo extremo pudiendo tener ramales, en este caso solo se encuentra este tipo de sistema. Por el crecimiento de los sistemas de la realización manual de los estudios de flujos de cargas se convierten en un grave problema por lo amplio y voluminoso de los cálculos necesarios para realizarlos, esta realidad ha obligado a buscar medios que faciliten la solución de este problema. Los analizadores de redes son los primeros en excelentes soluciones, obteniendo un resultado fiel a las situaciones reales.

En este caso se utiliza el Software Radial 7.7 creado en la universidad central “Marta Abreu” de Las Villas concebido para realizar, de forma amistosa, prácticamente todos los estudios relacionados con las redes eléctricas radiales de distribución. Está programado usando técnicas de programación orientada a objetos y requiere para su ejecución configuraciones mínimas, prácticamente disponibles en cualquier PC. En este trabajo fue usado para el cálculo de los circuitos eléctricos de distribución primarios, el cual nos permitió determinar las pérdidas técnicas de las redes de distribución primarios, y fue el programa fue creado por el Doctor Profesor Titular Leonardo Casa Fernández.

[\(ver índice\)](#)

Tabla 2. Resultado de la corrida de flujo del circuito Mayarí 2 antes de la rehabilitación.

Concepto	valor	U/M
Potencia activa de las cargas	733	kW
Potencia reactiva de las cargas	445	kVar
Pérdidas activas en líneas	35	kW
Pérdidas reactivas en líneas	49	kvar
Pérdidas de cobre en transf.	16	kW
Pérdidas de hierro en transf.	8	kW
Pérd. totales de potencia activa	59	kW
% de pérdidas de potencia	7	%
Factor de potencia del circuito	0.86	
Energía activa de las cargas	12	MWh
Energía reactiva de las cargas	6	MVarh
Pérdidas de energía en líneas	720	kWh
Pérdidas de energ.Cu en Transformador	400	kWh
Pérdidas de energía Fe transformador	190	kWh
Pérdidas totales de energía	1309	kWh
% de perdida de energía	10	%

A continuación se pueden mostrar una imagen tomada desde el programa Radial 7.7 de los transformadores sobrecargados que tubo el circuito antes de la rehabilitación entre los que se encuentran un total de 16 transformadores de 37 que en aquel entonces tenía, los cual se pueden ver una tabla a continuación tabla 3 donde se dan la cantidad correspondientemente de la potencia. Entre los transformadores subcargados no se muestran pues no hay ninguno en esta condición.

Tabla 3 transformadores sobrecargados

Cantidad de transformadores	kVA
2	15
1	5
1	10
7	25
5	50

Se muestra una toma de imagen de la sobrecarga de los transformadores desde el programa del radial 7.7



Nodo(s)	Unidad(es) (kV.A)	Demanda (kV.A)	Tipo de Conexión	Fase(s)
TRANSFORMADORES			SOBRECARGADOS	
No6	Transformador (25)	52	Fase-Neutro	B
No17	Transformador (50)	89	Fase-Neutro	A
No19	Transformador (50)	59	Fase-Neutro	A
No11	Transformador (25)	33	Fase-Neutro	A
No9	Transformador (15)	31	Fase-Neutro	B
No4	Transformador (25)	46	Fase-Neutro	A
No2	Transformador de Fuerza (15)	51	Estrella Abierta	A
No7	Transformador de Fuerza (25)	43	Estrella Abierta	C
No14	Transformador de Fuerza (10)	34	Estrella Abierta	A
No14	Transformador de Alumbrado (25)	34	Estrella Abierta	C

Figura 1. Transformadores sobrecargados antes de la rehabilitación

Luego de la rehabilitación del circuito se introdujo de una serie de mejoras al circuito de Mayarí 2 para eliminar esta sobrecarga de los transformadores dentro de las cuales se puede mencionar como fundamentales la división de circuito que en este caso no en mas que disminuir la cantidad de cliente de los transformadores instalando mas transformadores en dependencia de la carga. Como ente circuito corresponde a zona urbana aproximadamente cada cuatrocientos metros se instalo un transformador en dependencia de la carga así es entonces su potencia activa para los clientes, el circuito cuenta en la actualidad con un total de 84 transformadores instalados. La tabla que a continuación se muestra refleja claramente el reporte tomado del radial de las perdidas luego de la rehabilitación del circuito

[\(ver índice\)](#)

Tabla 4 Resultado de la corrida de flujo del circuito Mayarí 2 después de la rehabilitación.

Concepto	valor	U/M
Potencia activa de las cargas	1856	kW
Potencia reactiva de las cargas	140	kVar
Pérdidas activas en líneas	14	kW
Pérdidas reactivas en líneas	18	kvar
Pérdidas de cobre en transf.	21	kW
Pérdidas de hierro en transf.	11	kW
Pérd. totales de potencia activa	45	kW
% de pérdidas de potencia	2	%
Factor de potencia del circuito	1	
Energía activa de las cargas	29	MW/h
Energía reactiva de las cargas	3	Mvar/h
Pérdidas de energía en líneas	146	kW.h
Pérdidas de energ.Cu en Transformador	248	kW/h
Pérdidas de energía Fe transformador	259	kW/h
Pérdidas totales de energía	654	kW/h

A continuación se muestran los transformadores sobrecargados en el circuito de los cuales solo podemos ver que son tres solamente y subcargados ninguno de este circuito.

Resultados del Estudio de Cargabilidad de los transformadores				
Fichero Salir				
<div> <div>Guardar</div> <div>Vista Previa</div> <div>Imprimir</div> <div>Notas</div> <div>Salir</div> </div>				
Nodo(s)	Unidad(es) (kV.A)	Demanda (kV.A)	Tipo de Conexión	Fase(s)
	TRANSFORMADORES		SOBRECARGADOS	
No6	Transformador de Fuerza (10)	22	Delta Abierta	AB
No65	Transformador de Fuerza (10)	28	Delta Abierta	BC
No77	Transformador de Fuerza (25)	58	Delta Abierta	BC
	TRANSFORMADORES		SUBCARGADOS	
-	-	Ninguno	-	-

Figura 2. Transformadores sobrecargados

Estos datos obtenidos a través del RADIAL corresponden al circuito antes mencionados. Nos permiten llegar a la conclusión de antes en Pérdidas totales de energía se perdía en la subestación de 1600kV unos 1309 kW*h y después de la rehabilitación las perdidas totales de energía son de 654 kW*h y el transformador para este valor trabaja a un 85% de su potencia. La diferencia de 655kWh es lo que se gana cada día con la rehabilitación lo cual al mes de trabajo ahorramos unos 239075 kWh los esquemas monolineales del mismo, para mas información pueden verse en lo Anexos 1 y 2.

2.6.1 Mediciones realizadas por el NULEC

Luego de la rehabilitación se instalaron NULEC para el circuito en análisis con lo cual se pueden obtener valiosas mediciones que nos permiten tener un valor real de en este caso de corriente en cada fase así como potencia activa y reactiva entre otras estos interruptores poseen la ventaja de que almacenan los datos que luego pueden ser descargados por una computadora para monitorearlos y analizarlos con estos datos podemos llegar a ver aun mas como se comporta los valores de corriente dentro del circuito en cada línea A, B, C, las perdidas activas y reactivas y los niveles de voltajes a una fecha y hora determinada las mediciones del NULEC solo son almacenadas hasta una semana las mediciones fueron tomadas al asar por meses y los meses que falta del 2008 faltan por los problemas del ciclón que obligo a los compañeros de la empresa eléctrica a descuidar las toma de los mismos y también por problemas que presento la PC en aquellos momentos con la interfase que se le daño .

Tabla 5 Mediciones del NULEC de corrientes 2008

hora	Meses	Ia	Ib	Ic
11:30	30-Enero	34	27	37
10:55	27-febrero	34	30	35
10:45	11-marzo	33	25	34
10:38	2-abril	31	26	34
8:41	6-mayo	30	22	36
10:33	18-junio	36	26	35
8:00	2-julio	35	25	35

En la tabla se puede apreciar con claridad el comportamiento de las corrientes por fase en el circuito de Mayarí 2 en el año dos mil ocho que se almacenaron en la base de

datos de la empresa eléctrica analíticamente se puede ver en la tabla como luego de la rehabilitación van disminuyendo los excesos de corrientes por la sobre carga y mas claramente en el grafico se ve el comportamiento de las mismas donde queda claro que la corriente I_c es la mayor y su valor predominante esta por los 40 kA, le sigue la en un valor promedio de los 35 kA y por ultimo I_b la cual no pasa los 30 kA. ([ver índice](#))

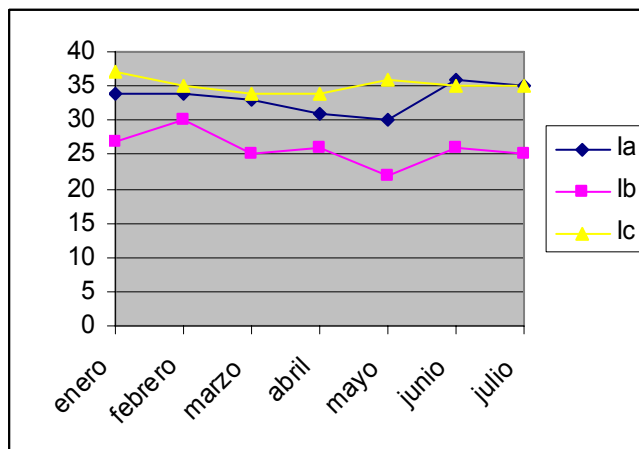


Gráfico 2. Correspondiente a la tabla XXX de corrientes 2008

Mediciones correspondientes a la potencia reactiva en la subestación de 2500KV realizadas por el NULEC

Tabla 6. Correspondiente a perdidas2008

hora	Meses	potencia activa kVA	potencia reactiva kVar
11:30	30-Enero	1226,57	621,07
10:55	27-febrero	1221,38	614,15
10:45	11-marzo	1140,07	548,41
10:38	2-abril	1124,5	576,09
8:41	6-mayo	1039,73	544,95
10:33	18-junio	1185,05	707,57
8:00	2-julio	1119,31	619,34

En la tabla se puede apreciar con claridad el comportamiento de las potencias activas y reactivas en el circuito de Mayarí II en el año dos mil ocho en los meses que se analizan y que fueron almacenaron en la base de datos de la empresa eléctrica analíticamente se puede ver en la tabla como la potencia activa tiene un valor un poco mas que el doble de la potencia reactiva y mas claramente en el grafico se ve el comportamiento de las mismas

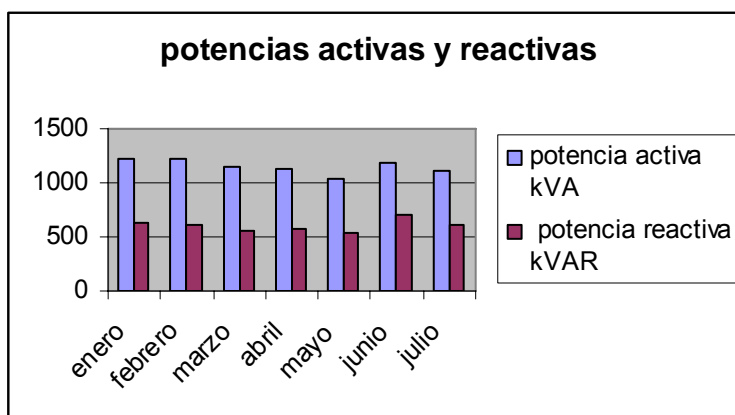


Gráfico 3. Comportamiento de las potencias

Tabla 7. El factor de potencia 2008

Hora	Meses	Meses	Factor de potencia
11:30	30-Enero	enero	0,89
10:55	27-febrero	febrero	0,89
10:45	11-marzo	marzo	0,9
10:38	2-abril	abril	0,89
8:41	6-mayo	mayo	0,88
10:33	18-junio	junio	0,85
8:00	2-julio	julio	0,87

En la tabla se puede apreciar el comportamiento del factor de potencia en el circuito de Mayarí II en el año 2008 que se conoce por la base de datos de la Empresa Eléctrica. Durante este periodo también se pudo determinar por los dato en la línea primaria el cuales fueron las oscilaciones de los valores, mínimo de 0.85 hasta y máximo de 0.9 la gráfica que a continuación se muestra refleja los valore de los mismos

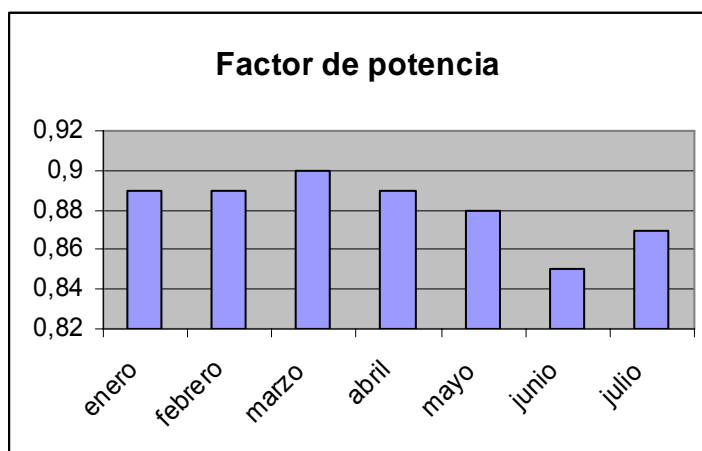


Gráfico 4 El factor de potencia 2008

En la tabla que a continuación se muestra se puede apreciar el comportamiento los niveles de voltaje en el circuito de Mayarí 2 en el 2008 que se conoce por la base de datos de la empresa eléctrica.

Tabla 8 Niveles de voltajes en el circuito

hora	Meses	Va línea	Vb línea	Vc línea
11:30	30-Enero	14145.6	14192.4	13962
10:55	27-febrero	14034.8	13943.0	13729
10:45	11-marzo	13788.8	13747.28	13513.4
10:38	2-abril	13646.8	13632.9	13471.8
8:41	6-mayo	13581.01	13485.8	13769.2
10:33	18-junio	14072.9	13998.4	13896.24
8:00	2-julio	14046.9	13958.5	13776.7

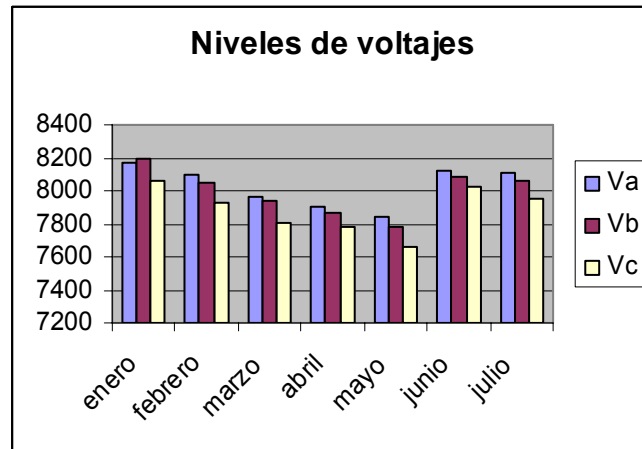


Gráfico 5 Niveles de voltaje

Luego de un análisis de las mediciones se toma en cuenta el valor de mayor carga para realizar una comparación y determinar si el transformador recibe una sobrecarga lo cual se puede apreciar fácilmente que el transformador en el horario de mayor carga no se encuentran sobrecargado por corriente y no sufre bajos voltajes pues se puede ver que tomando el menor valor registrado en el 2008 este aumento no sobrepasa los 42 kA de la corriente media del circuito la cual solo sube el doble. La tensión medida caída de tensión tomando un valor mínimo de una línea es solo de 12807 kV.

Tabla 9 Corriente en horario pico

Hora	la	lb	lc
9/2/09			
14:41	57	47	64

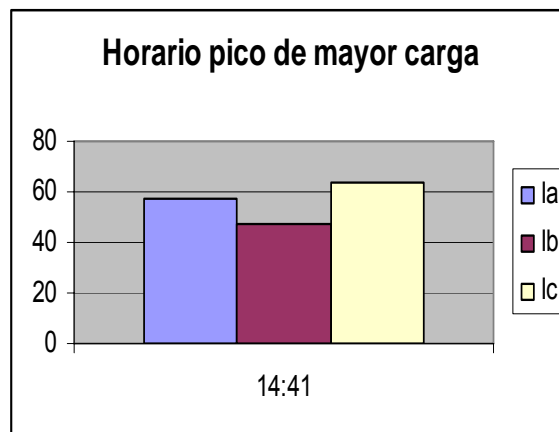


Gráfico 6 Corriente en horario pico

Tabla 10 Valores de tensión en horario de mayor carga [\(ver índice\)](#)

Hora	Va	Vb	Vc
9/2/09	Línea	Línea	Línea
14:41	12942	12807	12863

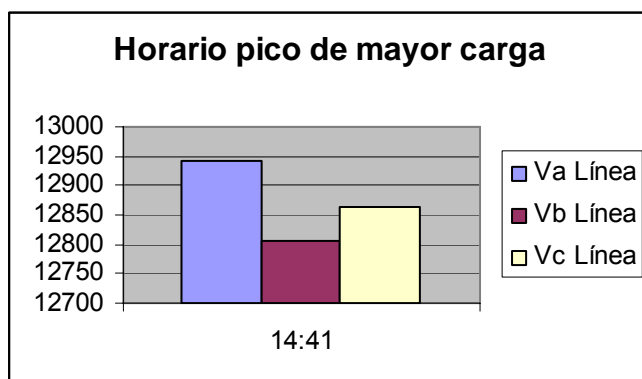


Gráfico 7 Tensión en el horario de mayor carga

Tabla 10. Factor de potencia

Hora	Fp
9/2/09	
14:41	0.92

Para analizar los valores de potencia activa y reactiva se tomaron los valores que a continuación se ven.

Tabla 11. Relaciones de potencia

Hora	kVA	kVar
9/2/09		
14:41	1253	448

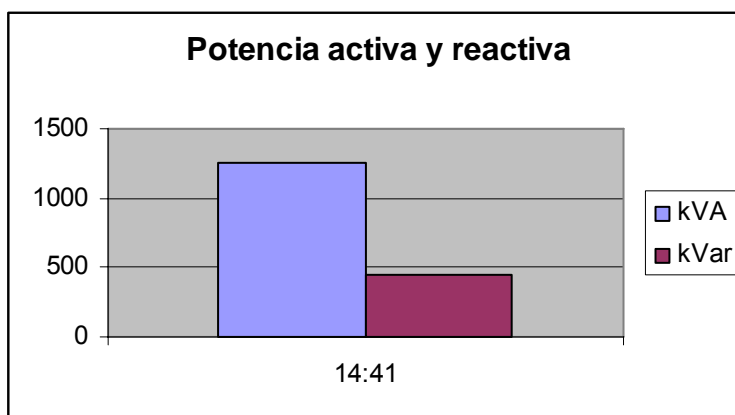


Gráfico 8. Relación de Potencia

2.7 Levantamiento Técnico del circuito.

Para saber con certeza el estado técnico del funcionamiento actual de las redes en estudio se procedió al estudio de campo o levantamiento que consistió en el recorrido físico por la Ciudad para detectar el trayecto de la línea través de ésta, al tiempo que se verificaba su estado físico, la cantidad de postes, transformadores, bancos de condensadores y el tipo de material de los conductores por tramos de estos y su longitud.

El trabajo de levantamiento es bastante tedioso y engorroso, porque consiste fundamentalmente en la inspección ocular del personal técnico que realiza el trabajo, pero el resultado obtenido y su actualización permite no solo conocer mejor el sistema sino también programar mejor los mantenimientos al tener la ubicación exacta de cada elemento de sistema con las direcciones postales de urbanización, elemento este que sin dudas ahorra tiempo y recursos y ante cualquier avería ofrece mayor operatividad técnica. ([ver índice](#))

Tabla 12. Composición por tipo de material de conductores en el circuito Mayarí 2

Tipo de materi	Distancia Km	Res espesifi	Resi. De line
cobre 2	4,731	0,58	2743,98
cobre 4	0,876	0,91	797,16
cobre 6	0,25	1,42	355
aluminio 35mm	2,138	0,65	1389,7
aluminio70mm	0,62	0,33	204,6

En la tabla 13 se pueden observar los levantamientos de los bancos de transformadores del circuito después de la rehabilitación.

Tabla 13 Ubicación exacta de los bancos de transformadores del circuito 2 de Mayarí luego de la rehabilitación.

No	No postes	Dirección	kV
1	MB-123	Calle-E Rpto Militar	37.5
2	MB-124	Ave Lecuzay (Circulo Inf)	37.5
3		Ave Lecuzay (Circulo Inf)	10
4	MB-860	Comunidad Militar	37.5
5	MB-861	Calle-61 Ave Lecuzay	37.5
6	MB-862	Ave Lecuzay	37.5
7	MB-125	Politécnico Informática	37.5
8	MB-126	Ave Lecuzay (A/Publico)	50
9	MB-127	C/ Rene Ramos Latour	50
10		C/ Rene Ramos Latour	37.5
11	MB-839	Calle 57 Ave Lecuzay	37.5
12	MB-840	Ave Lecuzay # 41	37.5
13	MB-841	Calle Rene R. Latour	37.5
14	MB-128	Coronel Desp. Loma Caridad	37.5
15	MB-129	Coronel Desp. Tienda	37.5
16	MB-842	Calle 63 Coronel Desp	37.5
17	MB-130	Coronel Desp. (Bilbao)	37.5
18		Coronel Desp. (Bilbao)	37.5
19	MB-843	Coronel Desp. Salida	37.5
20	MB-844	Calle 45 Coronel Desp	37.5
21	MB-845	Calle 36 Coronel Desp	37.5
22	MB-131	General Portdo (Guicho)	37.5
23	MB-132	General Portdo (Pachuli)	37.5
24	MB-846	Calle General Portuondo	37.5
25	MB-133	Calle 40 Loma Rebelde	37.5
26	MB-847	Calle 40 Loma Rebelde	37.5
27	MB-848	Calle 79 Loma Rebelde	37.5
28	MB-134	Calle 42 Loma Rebelde	50
29	MB-849	Calle 79 Loma Rebelde	37.5
30	MB-850	Calle 75 Loma Rebelde	37.5

31	MB-851	Calle 42 Equin Calle 71	37.5
32	MB-135	Calle 69 Loma Rebelde	37.5
33	MB-136	General Port (Casa Luisito)	50
34	MB-852	General Portuondo Final	37.5
35	MB-137	Calle 36 Loma los Chivos	25
36	MB-787	Calle 36 Loma los Chivos	25
37		Calle 36 Loma los Chivos	37,5
38	MB-139	Rpto la Division	37.5
39	MB-853	Rpto la Division	37.5
40	MB-854	Rpto la Division (Final)	37.5
41	MB-141	Calle 36 a la Derecha	37.5
42	MB-855	Calle 36 Final	37.5
43	MB-142	Calle 36 a la Izquierda La Cañona	37.5
44	MB-856	Calle 36 Finca Deus	37.5
45	MB-143	Coronel Despaine Vinera	50
46		Coronel Despaine Vinera	10
47	MB-144	Calle Juan G Soto Inicio	50
48	MB-857	Calle Tito Herrera	37.5
49	MB-858	Soto Frente Suegro Vetí	37.5
50	MB-146	Soto por el Consultorio	37.5
51	MB-147	Valenzuela el Puente	50
52		Valenzuela el Puente	37.5
53	MB-859	Leyte Vidal Bomba 2 Ceiba	50
54		Leyte Vidal Bomba 2 Ceiba	37.5
55	MB-148	Calle Martí	37.5
56	MB-149	Calle Martí Panamericana	15
57		Calle Martí Panamericana	15
58		Calle Martí Panamericana	15
59	MB-150	Calle Carlos M. Cespedes	50
60	MB-151	C M Cespedes C inder	25
61		C M Cespedes C inder	100
62	MB-152	Cespedes # 117 (A/P)	25
63	MB-153	Cespedes # 137	50
64	MB-154	Cine	37,5
65		Cine	100
66	MB-156	Leyte Vidal # 158 (BANDEC)	25
67	MB-157	Pizzeria	25
68		Pizzeria	50
69	MB786	Leyte vidal	50
70	MB-158	A. Maceo # 11 DoñaYuya	15

71		A. Maceo # 11 DoñaYuya	37,5
72	MB-159	Optica	25
73	MB-646	Sala de video	10
74	MB-750	Ave Lecusay (Paneque)	37.5
75	MB-838	Comunidad Tamarindo	37.5
76	MB-758	Plaza de Mayari	50
77	MB-772	Bombeo Pizzeria Mayari	50
78		Bombeo Pizzeria Mayari	50
79	MB-909	Trasbase de la div. Del Naranjal	37,5
80		Trasbase de la div. Del Naranjal	37,5
81		Trasbase de la div. Del Naranjal	37,5
82	MB917	Leyte Vidal	50
83		Leyte Vidal	50
84	MB784	Construcciones militares	75

2.8 Consideraciones generales

Se considera línea de distribución primaria toda aquella que soporta conductores cuya operación sea de 1 hasta 34,5kV. En las líneas aéreas se utilizan conductores desnudos, los postes deben quedar verticales después que el conductor haya sido tensado, los postes de hormigón que quedan empotrados en terrenos salinos o de alta contaminación se deben impermeabilizar con recubrimiento asfáltico, resinoso, etcétera.

2.9 Selección de materiales y accesorios

Para la selección de los materiales accesorios fue necesario la revisión de el circuito objeto de estudio, apoyados en el personal de inversiones de las OBE del municipio Mayarí y la de la provincia Holguín y el Manual de Redes de Distribución de la unión eléctrica, por lo que se determinó sustituir los siguientes materiales y accesorios. ([ver índice](#))

2.9.1 Recursos utilizados para la rehabilitación de circuito

- Postes de hormigón o madera de 11m
- Aislador de pedestal de 15 kV
- Tirantes planos galvanizados
- Crucetas de 8 pies

- Tornillos de $\frac{1}{2}$ x 12
- Tornillos de 518x 12
- Tornillos de $\frac{1}{2}$ x 1 $\frac{1}{2}$
- Bancos de transformadores
- Conductor de cobre 2/0

2.9.2 Selección de postes

Para la selección de postes fue necesario tener en cuenta una serie de requisitos en los que se encuentran, no se permite la utilización de postes que tengan una flecha mayor de 1,4cm*m de desviación, no se utilizaran postes que tengan huecos producto de un nudo con una profundidad mayor del 10 por ciento del diámetro del poste, el valor del momento útil esta incluido el momento del viento sobre el poste, el valor del momento está calculado con respecto a 40cm por debajo de la superficie de la tierra, el valor de carga útil esta dado a 10 cm del tope del poste.

Tabla 14 Datos del poste de altura 11 m

	Momento util(KN/m)	Eje mayor		Eje menor	
Zona	Carga util (KN)	Tipo terreno	de terreno	tipo terreno	de terreno
		A	B	A	B
1	Momento	61,0	63,00	31,00	34,00
	Carga	6,55	67,75	3,30	3,65
2	Momento	62,00	65,0	33,00	35,00
	Carga	6,65	7,00	3,35	3,75
3	Momento	64,00	66,00	34,00	36,00
	Carga	6,90	7,10	3,65	3,85

Tabla 15. Coeficientes de seguridad para aisladores y pines

Tipo de herraje	condiciones de calculo	
	n2 0 n4	n3
Herraje Aislador de alfier o pedestal	2	2,5
Aislador de disco o bola	2	2,5
Aislador de bola	2,5	3
Aislador de tensor o bola	0	2,5

2.9.3 Selección de las crucetas

El tipo de cruceta a utilizar depende de los niveles de voltaje a transmitir y del tipo de estructura, en el caso de las estructuras de 13,8kV se utilizan las de 8 pies, en las de 4,16kV las de 4 pies, aunque en las estructuras del tipo A depende de la cantidad de hilos del ramal, este tipo de crucetas están diseñadas para soportar grandes tensiones y resistencias mecánicas, ya que no solo de admitir el peso de las líneas sino que tiene en cuenta la instalación de cualquier otro accesorio o equipo como transformadores, banco de condensadores y la esporádica actividad de linieros y especialistas del ramo en su trabajo de reparación o mantenimiento. [\(ver índice\)](#)

Tabla 16 Momento máximo de trabajo de las crucetas con tirantes y angulares en V.

Tipo de angular	Longitud (mm)	Elemento auxiliar	Elemento auxiliar	Elemento trabajo
63x63x6	2450	Tirante plano	813	1,9
75x50x8	2450	Tirante plano	813	1,8
63x63x6	2450	Angular en V	1524	3,06
75x75x6	2670	Angular en V	1524	1,9
75x75x6	2670	Tirante L	3060x50x5	3,3

2.9.4 Selección de conductores

La selección de conductores depende además del nivel de tensión a utilizar de las cargas que debe alimentar por lo que se plantea que al seleccionar los conductores es relativo a los consumidores y su curva de carga y la información que se debe poseer de los mismos para realizar el cálculo de la corriente por los elementos de la red, la selección que se realiza de los conductores, es decir, su sección debe cumplir con ciertas exigencias mínimas en cuanto a su capacidad en amperes; su sección f debe ser mayor o igual que la necesaria para soportar la corriente nominal.

$f \geq f_{\text{nom carga}}$.

Donde: f es la sección del conductor.

También se debe tener en cuenta las exigencias relativas a los esfuerzos o tensiones mecánicas a las que estará sometido el conductor una vez tensado por los equipos correspondientes por lo cual debe cumplirse que:

$F \geq F_{\text{nom.mecánica}}$ [\(ver índice\)](#)

Existen tablas para cada caso donde se puede obtener la información de acuerdo a la selección que se tenga realizada de un conductor.

Es igualmente importante contar con el factor calentamiento, es decir el paso de una corriente por un conductor provoca pérdidas calóricas (efecto joule) que elevan la temperatura del mismo; es obligado chequear la tolerancia del conductor seleccionado y su tolerancia máxima de soportar corrientes debido a sobrecargas o cortocircuito, por diferentes causas:

$F \geq F_{\text{nom. sobrecarga}}$.

Existe según el caso, también la consideración de los factores de correcciones para el caso en que las temperaturas a las que se encuentran los conductores no sean las del medio ambiente, 25° C en general; también si es el caso de cables soterrados, etcétera. Para selección de los conductores existen diferentes métodos según el nivel de voltaje existente, en bajo voltaje, hasta unos 1000 volt, hay varios como por ejemplo “El de la carga de voltaje “.en mediano y alto voltaje, hasta 220 KV se usan el de limitado densidad de corriente”

El método de la densidad económica de las corrientes.

Los costos totales en las inversiones de una línea se incrementan con el aumento de la sección de los conductores, ya sea para líneas aéreas o cables soterrados aunque a su vez disminuyen algunos gastos de explotación (pérdidas)

2.10 Conclusiones

En este capítulo se aborda sobre los elementos a tener en cuenta para la selección de los accesorios, elementos fundamental a tener en cuenta para implantar las mejoras el nuevo diseño del sistema que fue sustituido garantiza una estructura confiable de la energía transmitida, establecen normas y medidas tabuladas en las tablas ofrecidas para en función de la tensión en cuestión realizar una adecuada selección. [\(ver índice\)](#)

CAPÍTULO 3: ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El presente capítulo tiene como objetivos desarrollar las propuestas de mejoras para dar solución al problema del alto por ciento de pérdidas que tiene el circuito 2 de la OBE, tomando la variante más económica y factible. Se realizarán los cálculos en cuanto a valoración económica del trabajo a realizar para efectuar dichas mejoras donde intervienen los gastos de transporte, la compra de accesorios, etc.

3.1 Medidas para la disminución de las pérdidas de energía.

Medidas primarias

- Conversión de Voltaje
- Cambio de calibre primario de 70mm en mal estado por otro de 78 mm (aluminio)
- Instalación de interruptores NULEC o seccionalizadores
- Reubicación de interruptores o seccionalizadores
- Balanceo de circuito primario
- Completamiento de las fases primarias
- Sustitución de pararrayos por otro de mayor confiabilidad
- Sustitución de portafusibles

Medidas Secundarias

- Cambio de calibre secundario
- División de circuito secundario
- Aumento de capacidad en transformadores
- Reubicación de transformador en el centro de carga
- Sustitución de transformadores sobrecargados

Medidas en los servicios

- Cambio de acometida

- Cambio de metro contador
- Cambio de breakers

Las medidas que se toman al respecto en la actualidad se dividen en organizativas y técnicas pudiéndose mencionar las mejoras del voltaje de trabajo en la alimentación del circuito radial, la disminución del tiempo de operación de los consumidores por esquema de emergencias durante reparaciones y por averías. [\(ver índice\)](#)

Las medidas técnicas: Para la disminución de las pérdidas de energía incluyen entre otras la instalación de transformadores eliminando las sobrecargas y los bajos voltajes así como la sobrecarga debido a la demanda de los consumidores y por lo tanto reduciendo la corriente circulante y las pérdidas en el circuito.

3.3 Fundamentos de las mejoras

Como se explicó en el capítulo anterior a cerca de la Revolución Energética que encamina el país por la crisis de los portadores energéticos, se puede llegar a la conclusión de que una vez realizada la rehabilitación del circuito 2 de el naranjal de Mayarí en las que se puede mencionar, el cambio de la subestación de 4,16 kV a 13,8 kV como principal elemento, las líneas de distribución con los cambios de calibre y división de circuitos para evitar la sobrecarga de transformadores y las demás mejoras a las que nos referimos anteriormente se pudo aportar un ahorro al país en diferentes aspectos.

Estas medidas técnicas son las más aplicadas actualmente en la rehabilitación de redes, lo que se puede ver en la disminución de pérdidas y aumento de la capacidad de carga en las redes eléctricas. [\(ver índice\)](#)

3.4 Metodología para el cálculo técnico económico del proyecto.

En la confiabilidad del Sistema Electroenergético Nacional, ocupa una parte importante de las redes eléctricas, de ahí la necesidad de elegir variantes de esquemas de la red en proceso de proyección, así como los regímenes de explotación partiendo del criterio de racionalidad económico y garantía del suministro eléctrico.

Para la selección de la variante optima se realiza de acuerdo su sustitución reciproca, es decir, las variantes comparadas según los índices económicos realizados deben poseer el mismo grado de confiabilidad y calidad de la energía.

Entre los métodos que existen para comparar alternativas de inversión están.

- Método del valor actual neto (VAN)
- Método del valor del futuro
- Método del periodo de reembolso
- Método de la tasa interna de retorno (TIR)

Para este análisis se escogió el método del VAN y el TIR, a continuación definiremos todos los conceptos para la mejor comprensión de la valoración económica.

El VAN es un método practico, los gastos o entradas futuras se transforman en unidades monetarias del tipo equivalentes actual , este método es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos, de esta forma es fácil observar la ventaja económica de la alternativas sobre otra.

El VAN se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos (in) generados durante la vida útil del proyecto, es decir del saldo entre los ingresos y los gastos anuales que impliquen derogaciones de efectivos

Para la utilización del VAN es necesario una tasa de actualización(a). Esta tasa debe reflejar el costo de oportunidad de capital que expresa la garantía del rendimiento mínimo. En otras palabras una tasa similar a la que se obtendrían con cualquier otra alternativa de inversión. Para el cálculo de esta tasa generalmente se utiliza la tasa de interés existente sobre préstamos a largo plazo en el mercado de capitales

El Valor Actual Neto (VAN) se calcula mediante la determinación en cada año de todos los ingresos en efectivo y de salidas anuales como ingresos, desde que se incurre en el primer gasto en el proceso inversionista, hasta que se concluye la vida útil estimada de

operación o funcionamiento del proyecto. Estos saldos anuales positivos y negativos, se actualizan en los momentos del primer gasto, de la forma siguiente:

$$VAN = \sum inj_j \cdot A_j \quad \text{ecuación 3.1}$$

donde (inj_j): Es el saldo entre los ingresos y el gasto en los años.

(A_j) es el factor de actualización de los años.

El factor de actualización se puede obtener de las tablas de actualización o de las siguientes formas:

$$A_j = \frac{1}{(1+i)^j}$$

$$\text{ecuación 3.2}$$

donde i es tasa de actualización (para nuestro trabajo es de 12%

j : 1, 2, 3 cada año del proyecto que se genera en ingresos en efectivo.

A los efectos de selección del proyecto el criterio será siempre mayor o igual a cero para que el proyecto sea rentable.

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella que el valor anual neto de un proyecto es cero, es decir que el valor actual neto del flujo de ingresos es igual al valor neto del flujo de egresos.

La TIR se calcula en esencia igual que el VAN, la única diferencia es que se estiman tasas de actualización a que el VAN es igual a cero en un proceso de actualizaciones sucesivas.

El procedimiento general consiste en utilizar aquellas tasas de actualización que aproximen lo más posible el VAN a cero, hasta llegar a que este sea negativo. La TIR

se encontrará entre dos tasas, por supuesto que mientras mayor sea la aproximación a cero mayor será la exactitud obtenida no debiendo la diferencia intertasas de (+-) 2%.

Si se quiere una buena aproximación, el valor de la tasa interna de retorno se puede hallar mediante la interpolación entre ambas tasas o por la formula siguiente:

$$TIR = I_1 + VAN_p (I_2 - I_1) / VAN_p + VAN_n$$

ecuación 3.3

donde:

I1: es la tasa de actualización del VAN que es positivo. [\(ver índice\)](#)

VANp: Es el VAN positivo a la tasa de actualización de I1

I2: es la tasa de actualización en que el VAN es negativo.

VANn: es el VAN negativo a la tasa de actualización I2.

La TIR representa la rentabilidad general del proyecto, el criterio de selección es que la TIR debe ser mayo o igual a aquella tasa que garantice un rendimiento mínimo para la inversión realizada, o sea mayor que el 12%.

La relación (B\C) consiste en establecer una relación entre los resultados derivados de la inversión (flujo de cajas anuales) y el costo de la misma.

La mejor inversión será aquella que presente una relación (B/C) superior, cuyo resultado es el número de unidades monetarias que el proyecto restituye por cada moneda invertida.

El flujo de cajas no es más que todas las corrientes de cobro y pago que se producen en el tiempo.

Aunque en este caso no hubo necesidad de cálculo del VAN y el TIR por el corto tiempo de amortización de este proyecto, [\(ver índice\)](#)

3.5 Análisis de los resultados experimentales en cuanto a pérdidas antes y después de la rehabilitación

Al analizar las pérdidas técnicas que se obtuvieron en el circuito de Mayarí 2 realizando la corrida, de los dos circuitos el existente antes de la rehabilitación y después se observó, que existen grandes diferencias entre sus pérdidas lo que se pudo demostrar.

Luego de un análisis del Circuito Mayarí 2 antes y después se determinó que:

Pérdidas Totales de energía (kW)

4,16 kW 1309 kWh

13,8 kW 654 kWh

Existiendo un ahorro de las pérdidas de 655 kWh diario en el circuito

Existiendo un ahorro de las pérdidas de $655 \times 30 = 19650$ kWh, al mes

Existiendo un ahorro de las pérdidas de $655 \times 365 = 239075$ kWh, al año

Por lo que el ahorro en cuanto a pérdidas totales de energía en el circuito al año son de 239075 kWh, lo que representa teniendo en cuenta que cada vez que se genera 1 kW se emplean 0.15 CUC

Con las mejoras le ahorramos al país en \$CUC al año en Mayarí 2 = $0.15 \times 365 \times 655$ kWh = \$35861.25

En este trabajo se valoró el costo de la inversión teniendo en cuenta, que la rehabilitación se realizó llevando a cabo una serie de proyectos realizados por los ingenieros de la oficina de proyectos provincial de Holguín y aprobado por la dirección financiera y administrativa de la misma, los proyectos se comienzan a llevar a cabo, a partir del 2006 por la OBE de Mayarí que es la encargada de ejecutar los mismos. En el proceso de mejora de Mayarí 2 se aprobaron 17 proyectos para efectuar la rehabilitación del circuito. Para analizar el costo de la inversión en esos momentos se tomó en cuenta los siguientes valores de los proyectos en Moneda Libremente

Convertible (MLC) y en CUC los cuales son de sumo interés para el análisis ya que nos da un costo técnico de la inversión. Esta serie de valores fueron sumados en su totalidad para poder obtener los valores reales que se muestran a continuación

Tabla 17. Valores de proyectos

Costos en proyectos	MN	CUC
Materiales	409088.51	296789.91
Transporte y uso de equipos	25264.38	18513.34
Metros y transformadores	67928.6	81528.6
Valor total	502281.49	396831.85

La subestación, que asciende a \$ 166 294.22 CUC

Estos costos por proyectos son archivados como un proyecto que fue ejecutado

Ejemplo:

Tabla 18. Muestreo para archivo

Preliminar	PET
791215	142197
T horas invertidas	proyecto
20	
Días brigada	93.79

PET: Proyecto en ejecutado o código del proyecto

3.6 Propuesta para la sustitución de transformadores.

La propuesta se tomo en cuenta la sobrecarga luego de la rehabilitación de tres transformadores lo cual nos lleva a la siguiente desición.

- En el nodo 6 del circuito el cual tiene instalado un transformador de 10 kVA en su fase de fuerza AB que esta sometido a una sobrecarga de 22 kVA se decidió sustituirlo por otro transformador de 25 kVA.
- En el nodo 65 del circuito el cual tiene instalado un transformador de 10 kVA en su fase de fuerza BC que esta sometido a una sobrecarga de 28 kVA se decidió sustituirlo por otro transformador de 37.5 kVA.
- En el nodo 77 del circuito el cual tiene instalado un transformador de 25 kVA en su fase de fuerza BC que esta sometido a una sobrecarga de 58 kVA se decidió sustituirlo por otro transformador de 75 kVA.

Tabla 18. Costo de los transformadores de la propuesta

Descripción	tipo	tasa	Valor total
Transformador 25kVA	AFI	6%	308.48
Transformador 37.5kVA	AFI	6%	803.01
Transformador 75kVA	AFI	6%	898.86

AFI: Activo fijo

Tasa: Depreciación del valor del transformador

Valor total: Costo del transformador

El costo del proyecto teniendo en cuenta los valores que a continuación se muestran y la suma de los tres transformadores es:

Tabla 19. Costo de la propuesta

Costos en proyectos	MN
Materiales	2010
Seguridad social	893.46
Fuerza de trabajo	1786.93
Transporte y uso de equipos	1486.14
Total del costo estimado	6176.53
Costo total	6176.53
Valor total	6176.53

ANÁLISIS FINANCIERO DE LA REHABILITACIÓN CIRCUITO MAYARÍ 2

Tasa de descuento **6%**

AÑO	GASTOS	INGRESOS	RESULTADO	VA
0	6.177		-6.177	-6.177
1		12.500	12.500	11.792
2	0	12.050	12.050	10.724
3	0	210	210	176
4	0	6.222	6.222	4.928
5	0	5.455	5.455	4.076
	6.177	36.437	30.261	VAN = 25.521

Resumen de la inversión 1	
Rta. contable	5,89927516
Rta. contable media	1,17985503
Plazo de recuperación	1,00
VAN	25.521
TIR	178,88%

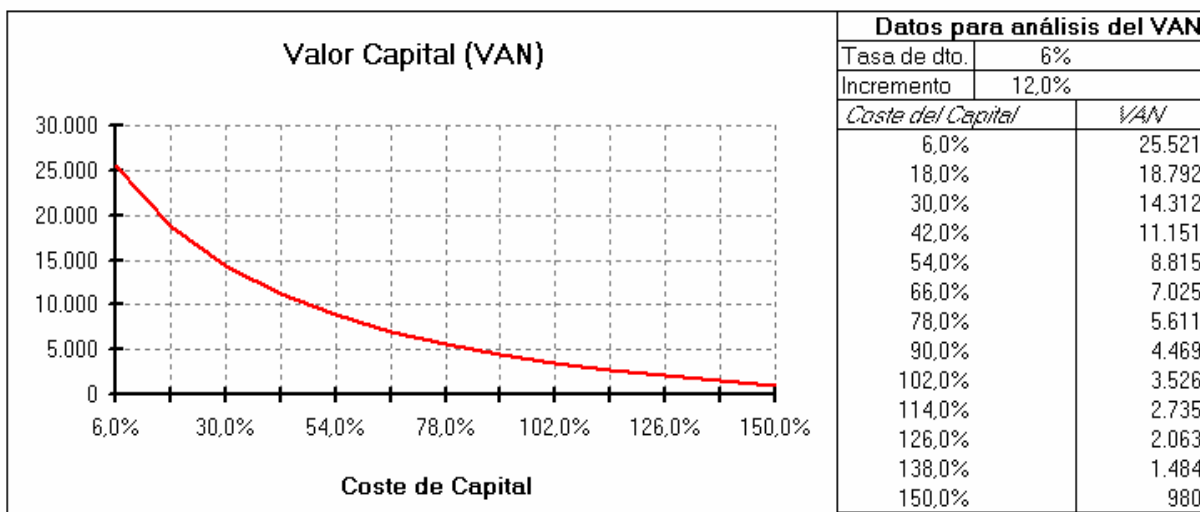


Figura 9. Costo de la propuesta

La figura que anteriormente se muestra fue creada en el programa EXCEL el cual hace referencia a las expresiones que se muestran en acápite 3.4 Metodología para el cálculo técnico económico del proyecto con lo cual se refleja gráficamente el descenso del valor actual neto, el resultado de la relación ingresos-gastos

Con este costo total del proyecto podemos ver que la inversión se amortiza en 1 años

El ahorro por concepto de pérdidas totales es de energía 624kWh representando ante el circuito actual rehabilitado un ahorro de 30kWh más al día. Este valor aumentaría en materia de ahorro anual en \$37503.5CUC anteriormente con las mejoras que anualmente tiene se ahorra \$35861 lo que representaría con esta nueva propuesta un ahorro en CUC de \$1642.5 anuales

3.7 Valoración ecológica e impacto medio ambiental

La energía eléctrica no contamina cuando es consumida, pero su producción y distribución si causan impactos en el medio ambiente. Como se puede observar en la figura 3.1 al desarrollar la energía eléctrica se instalan líneas de distribución que ocupan grandes espacios y por su cercanía al terreno conlleva a la deforestación ya que las líneas y los árboles no pueden estar ligados entre si , donde se instalan se provoca un impacto visual negativo y la perturbación y desaparición de la vida de las especies de la región, esta deforestación se lleva a cabo cada día por la empresa eléctrica para evitar el peligro que las mismas representan en caso de vientos lluvias y etcétera, contribuyendo al calentamiento global atmosférico. Ahorrar energía también significa conservar la naturaleza.



Figura 10. Vista general de una línea de 13.8 kV

La generación de energía eléctrica en el mundo entero sigue dependiendo en gran parte de los combustibles fósiles como petróleo, gas, carbón y otros, los cuales son sumamente contaminantes. Una de las amenazas más graves para el medio ambiente

mundial procede de esta contaminación: las emisiones en rápido aumento de los denominados gases “de invernadero”, en especial el dióxido de carbono (CO_2) considerado por muchos científicos como el principal responsable del recalentamiento de la tierra. Aunque los gobiernos se han comprometido con la tendencia mundial hacia una reducción de las cantidades de CO_2 producidas por cada unidad de energía consumida, relativamente pocos países han logrado reducir la producción de gases de invernadero mediante el paso a los combustibles no fósiles.

En el presente trabajo de ingeniería se ve que tiene su influencia también en el medio ambiente la conversión de un voltaje inferior a uno superior, tal es así que para generar 1kw de electricidad se expulsan 0.8kg de dióxido de carbono al medio ambiente.

Al realizar este trabajo en el municipio de Mayarí, provincia de Holguín se dejan de expulsar al medio ambiente 191260kg de dióxido de carbono por el concepto de ahorro en las pérdidas. [\(ver índice\)](#)

3.8 Conclusiones

En este capítulo se realiza el análisis económico de la inversión para tener el basamento a la hora de invertir, encontrar el beneficio o ahorro después de una rehabilitación en la línea al sistema, da una visión de cuanto puede ser el aporte económico, se encontró las pérdidas en el circuito y su evaluación monetaria, el costo por concepto de inversión en el circuito y una valoración ecológica y social del trabajo.

CONCLUSIONES

Luego de haber concluido nuestro trabajo hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- Se aumenta la flexibilidad del sistema al poder realizar transferencias de cargas entre los circuito cercanos.
- Se logra actualizar el monolineal del circuito después de la realización del trabajo.
- Con la ejecución del proyecto se logra un ahorro de 239075 kWh anual.
- Con las mejoras, se disminuye las pérdidas de energía y las caídas de voltajes, teniendo una mayor calidad en el servicio a los consumidores.

RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente trabajo investigativo se pasara a hacer referencia a las siguientes recomendaciones.

- Presentar el proyecto de mejoras para obtener el financiamiento por parte de la unión de la Empresa Eléctrica (UNE).
- Una vez aprobado el financiamiento del proyecto llevar a cabo la realización del mismo para mejorar la calidad del circuitos Mayarí 2.
- Estudiar la factibilidad de este tipo de mejora para su aplicación en aquellos municipios de nuestra provincia donde sea necesario.
- Establecer mecanismos que permitan mantener sobre esta base un buen programa sostenible de mejoras. [\(ver índice\)](#)

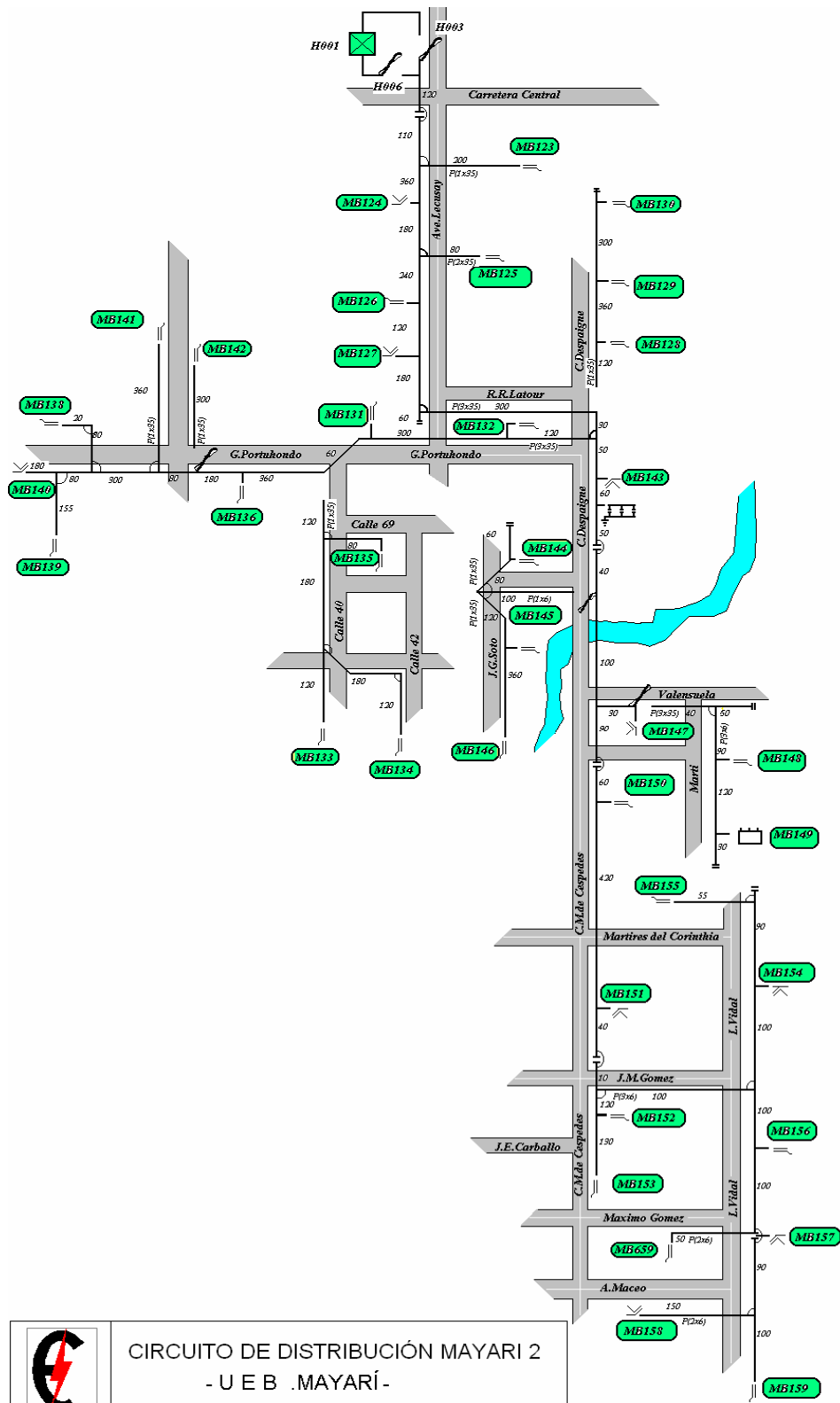
BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta Peña, P. *Estudio de Pérdidas Primarias y Secundarias en el circuito Poblado Urbano Noris*. Trabajo de Diploma. ISMM. 1998.
2. Almiral Mesa, J. *Temas de Ingeniería Eléctrica*. Tomo I. Félix Varela. 2003.
3. Almiral Mesa, J. *Temas de Ingeniería Eléctrica*. Tomo II. Félix Varela. 2004
4. Aquino Tamayo, A. *Programa para el análisis de redes eléctricas de estructuras variables*. Calidad de la energía. Revista de Ingeniería Electroenergética. No 3, 1994.
5. Billinton, R. *Power System Reliability Evaluation*.
6. Características de Materiales para Lineas Aéreas de 33Kv y menores.
7. Casas Fernández, L. *Sistemas Electroenergéticos*. ISPJAE 1991.
8. D. Stevenson William Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencias.
9. De Oliveira, P.M. *Análisis Comparativo de los Métodos e Asignación de Pérdidas Eléctricas en Redes de Distribución con Generación distribuida*. 2002.
10. Feodorov, A.A. y E Rodríguez López. *Suministro Eléctrico de Empresas Industriales*. Pueblo y Educación. 1980.
11. Fitzgerald, A.E y D E Higginbotman. *Basic Electrical Engineering*. Instituto Cubano del Libro. 1975.
12. HAUG RAMIRES CARLOS, *Redes y Sistemas Eléctricos*. 1988.
13. <http://www.electricaweb.com>
14. <http://www.elprisma.com>
15. <http://www.energuia.com>.
16. Laurencio Matos, C. *Estudio de pérdidas eléctricas de los circuitos de Moa*. Trabajo de Diploma. ISMM. 2005.
17. LLAMO LABORI HECTOR, SILVIO. *Transmisión de la Energía Eléctrica mediante Corriente Alterna* Editorial Ediciones. La Habana 1985.
18. Llamo Laborí, H S. *Transmisión de la Energía Eléctrica mediante Corriente Alterna*. ISPJAE. 1985.
19. Manual de REDES y Sistemas de UE 1996.
20. Mazorra Soto, J. *Suministro Eléctrico Industrial*. Facultad de Energética ISPJAE.

21. Miranda Bernal, H R. *Estudio para la Disminución de las Pérdidas de energía eléctrica en el municipio de Sagua de Tánamo*. Trabajo de Diploma. ISMM. 2004.
22. Molina Mayo, J. *Estudio de Circuito 21 de la OBE Moa para la asimilación del incremento de cargas*. Trabajo de Diploma. ISMM. 2005.
23. Revista de Ingeniería. 4 de 1987. Ciudad de La Habana.
24. Seminario sobre la planificación de Redes de Distribución. E.N.E.L-UNE. La Habana 1997.
25. Zaborszky, J. *Electric Power Transmisión*.

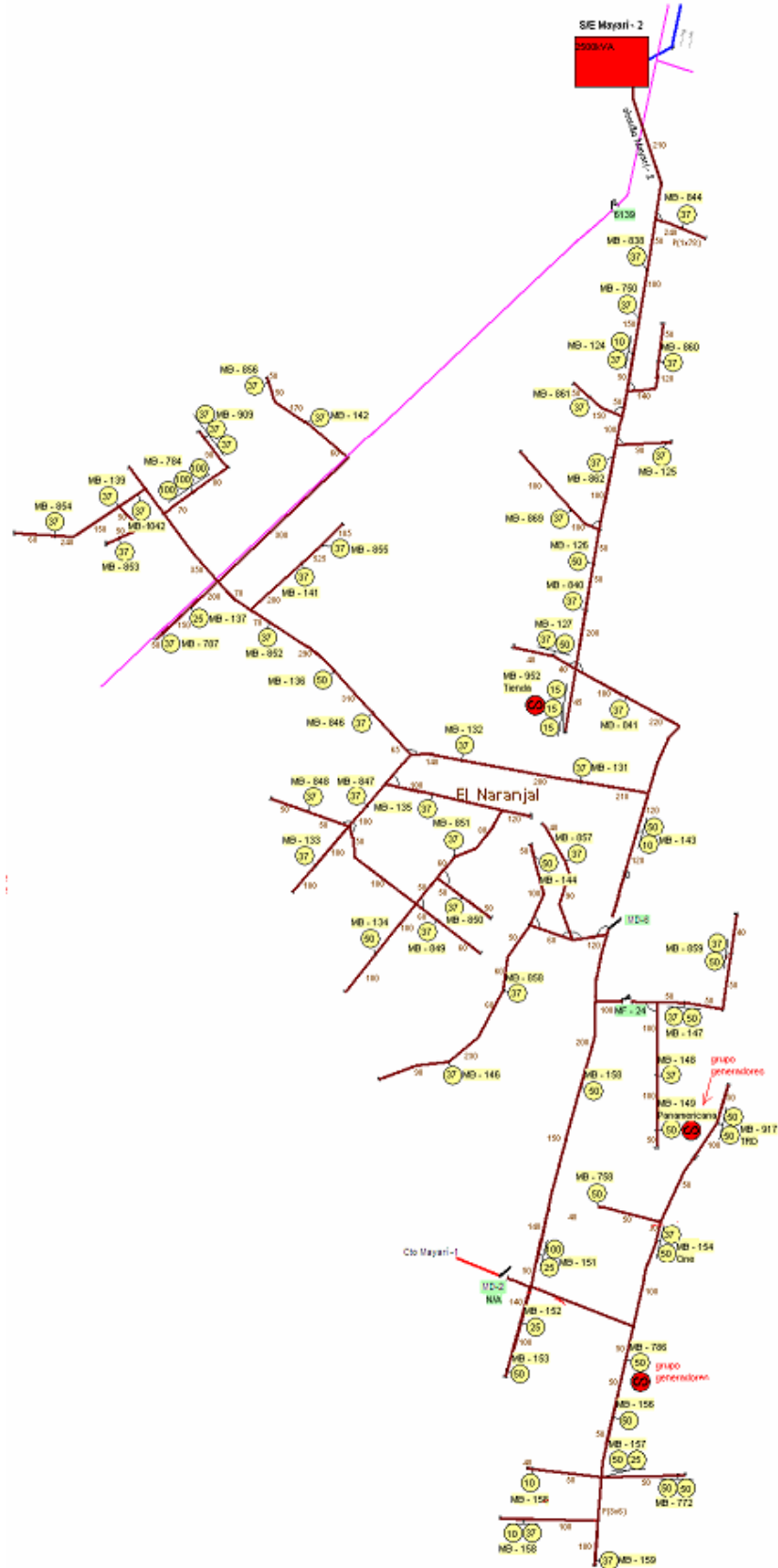
ANEXOS

ANEXO 1



(ver índice)

ANEXO 2 [\(ver índice\)](#)



ANEXO 3



[\(ver índice\)](#)

ANEXO 4 NULEC



[\(ver índice\)](#)

Anexo 5



[\(ver índice\)](#)

ANEXO 6

ESTRUCTURA DE ENTRADA A SUBESTACIÓN



[\(ver índice\)](#)

ANEXO 7

INTERRUPTOR EN AIRE



[\(ver índice\)](#)