

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO Y FINANCIERO PARA  
LA PUESTA EN MARCHA DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 110-13,8  
VERSALLES

Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero Mecánico.

ROLANDO CABRERA MARTÍNEZ.

**Matanzas, 2020**

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO Y FINANCIERO PARA  
LA PUESTA EN MARCHA DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 110-13,8  
VERSALLES

Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero Mecánico.

Autor: ROLANDO CABRERA MARTÍNEZ.

Tutor: Dr.C. Yanán Camaraza Medina

**Matanzas, 2020**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a darle el uso que estime más conveniente. Además, a la Empresa Eléctrica de Matanzas a poner en práctica los resultados expuestos por la investigación realizada.

---

Rolando Cabrera Martínez

## **Dedicatoria**

A mi madre Kathiuska Martínez Benítez, por ser mi guía y compañera en el camino hasta aquí.

A mi padre Rolando Luis Cabrera Tremol por su apoyo en cada uno de mis pasos.

A mi sobrina Gabriela Ramírez Cabrera para que le sirva de inspiración en sus estudios y su formación.

## **Agradecimientos**

A mi madre por darme la vida, colmarme de valores y procurarme todo lo necesario de camino a cumplir mis metas.

A mi padre Rolando Luis por siempre pensar en mí y guiarme por el camino correcto.

A mi hermana Laura por darme su apoyo y cariño.

A mi abuelita Amadita quien con mucho cariño cada día me inculcó algo importante durante mi formación.

A mi abuelo Rodolfo por ayudarme en mi transcurso de la carrera y brindarme todos sus conocimientos.

A todo el resto de mi familia por estar siempre presente cuando la necesité.

A mi tutor, Dr.C. Yanán Camaraza por transmitirme sus conocimientos y ayudarme con la investigación cuando lo menos que tenía era tiempo.

A mis compañeros de aula por compartir cinco años de carrera sobrados de tropiezos y aciertos.

## Hoja de Firmas

Este trabajo de diploma ha sido revisado y aprobado por las instancias correspondientes y para que así conste se firma la presente.

Tutor:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Organismo: \_\_\_\_\_

Oponente:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Organismo: \_\_\_\_\_

Presidente:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Organismo: \_\_\_\_\_

Vocal:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Organismo: \_\_\_\_\_

Vocal:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Organismo: \_\_\_\_\_

## **Resumen**

En este trabajo se efectúa un estudio de factibilidad técnico-económico y financiero, para evaluar la instalación y puesta en marcha de la subestación eléctrica Versailles 110/13,8kV. Se revisa el estado actual del arte y se comprueba que el proyecto supuesto se sitúa en las tendencias actuales de perfeccionamiento energético. Se efectúa un levantamiento actual de redes y su estado técnico, comprobándose los altos índices de pérdidas eléctricas y descapitalización. En el proyecto de micro localización se optimizó la ubicación de la subestación (SE), considerado aspectos ambientales y económicos. El balance financiero realizado arrojó que el proyecto de construcción de la SE 110/13,8 kV Versailles es técnica, económica y financieramente viable, al garantizar la confiabilidad del servicio eléctrico en la zona y generar ahorros durante el período evaluado que superan los 1 608 MMCUC con un rendimiento sobre la inversión de un 23,5 % y un período de recuperación simple de la inversión de 8,6 años acorde a inversiones de infraestructura eléctrica. El proyecto garantiza un flujo favorable para el país, dado que propicia una recuperación compuesto de la inversión de 11,9 años con ahorros superiores a los 0,5 MMUSD.

## **Abstract**

In this work, a technical-economic and financial feasibility study is carried out to evaluate the installation and commissioning of the electric substation 110/13,8 kV Versailles. The current state of the art is reviewed and it is verified that the project is in accordance with the current trends of energy improvement. A survey of networks and their technical status is developed in order to check the high rates of electrical losses and decapitalization. In the micro location project, the location of the substation (SE) was optimized, considering environmental and economic aspects. The financial balance proved that the project is technically, economically and financially viable. It guarantees the reliability of the electric service in the area. It generates savings during the evaluated period that exceed 1 608 MMCUC with a return on investment of 23,5% and an Investment Recovery Period of 8,6 years. The project guarantees a favorable flow for the country, because it encourages a recovery of the investment of 11,9 years with savings of more than 0,5 MMUSD.



## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| CAPÍTULO 1 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO .....   | 4  |
| <b>1.1 Dimensionamiento de subestaciones eléctricas.</b> .....  | 4  |
| <b>1.1.1 Definiciones y términos utilizados.</b> .....  | 4  |
| <b>1.2. Clasificación de subestaciones eléctricas.</b> .....  | 5  |
| <b>1.3. Equipos de maniobra de una subestación eléctrica.</b> .....                                     | 7  |
| <b>1.4. Principales dispositivos y elementos que componen una subestación eléctrica</b> .....           | 8  |
| <b>1.5. Consideraciones generales de diseño de una subestación eléctrica.</b> .....                     | 13 |
| <b>1.5.1. Criterios de diseño de subestaciones eléctricas.</b> .....                                    | 14 |
| <b>1.5.2. Esquemas de subestaciones eléctricas más comunes.</b> .....                                   | 17 |
| <b>1.5.3. Medidas de seguridad en instalaciones eléctricas.</b> .....                                   | 21 |
| <b>1.5.4. Criterios medioambientales de diseño de subestaciones eléctricas.</b> .....                   | 22 |
| CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS.....   | 25 |
| <b>2.1 Antecedentes y situación actual.</b> .....   | 25 |
| <b>2.2 Estado actual de la demanda eléctrica en la zona y proyectos de crecimiento previstos.</b> ..... | 25 |
| <b>2.2.1 Política para la instalación de la nueva S/E Versalles 110-13,8kV.</b> .....                   | 27 |
| <b>2.2.2 Esquema perspectivo.</b> .....   | 28 |
| <b>2.3 Descripción técnica del proyecto.</b> .....  | 29 |
| <b>2.3.1 Entidades ejecutores del proyecto</b> .....  | 30 |
| <b>2.3.2 Compatibilización con la defensa</b> .....   | 30 |
| <b>2.3.3 Micro localización</b> .....   | 31 |
| <b>2.3.4 Premisas para la evaluación técnico-económica y financiera del proyecto.</b> .....             | 31 |
| <b>2.7 Diferentes criterios de selección para alternativas de inversión.</b> .....                      | 32 |
| <b>2.7.1 Valor del dinero invertido a través del tiempo.</b> .....                                      | 32 |
| <b>2.7.2 Período de recuperación de la inversión.</b> .....   | 32 |
| <b>2.7.3 Valor actual neto (VAN) y depreciación.</b> .....  | 33 |

|   |    |
|---|----|
| <b>2.7.4 Tasa interna de retorno (TIR)</b> .....                            | 33 |
| <b>2.7.5 Relación Costo - Beneficio (RCB)</b> .....                         | 34 |
| <b>2.7.6 Costo de ciclo de vida</b> .....                                   | 34 |
| <b>2.7.7 Costo nivelado de la energía</b> .....                             | 34 |
| <b>CAPÍTULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....                            | 36 |
| <b>3.1 Estudio económico-financiero</b> .....                               | 36 |
| <b>3.2 Indicadores económicos</b> .....                                     | 36 |
| <b>3.3 Costo de inversión</b> .....   | 36 |
| <b>3.4 Costos de Operación y Mantenimiento</b> .....                        | 38 |
| <b>3.5 Ingresos o Ahorros del proyecto</b> .....                            | 38 |
| <b>3.6 Flujo de caja del proyecto sin financiamiento</b> .....              | 39 |
| <b>3.7 Flujo del proyecto con financiamiento</b> .....                      | 40 |
| <b>3.8 Forma de pago del crédito comercial</b> .....                        | 41 |
| <b>3.9 Análisis de sensibilidad</b> .....                                   | 42 |
| Conclusiones.....   | 44 |
| Recomendaciones.....  | 45 |
| <b>ANEXOS</b> .....   | 46 |
| Anexo 1: Calculo de los ahorros e ingresos del proyecto.....                | 46 |
| Anexo 2: Estado de resultados en divisas y moneda total.....                | 47 |
| Anexo 3: Flujo de caja en divisas y moneda total.....                       | 48 |
| Anexo 4: Depreciación.....  | 49 |
| Anexo 6: Desglose de los valores de inversión.....                          | 50 |
| Anexo 5: Cálculo del costo de las pérdidas por concepto de combustible..... | 51 |
| Bibliografía.....   | 52 |



## **INTRODUCCIÓN**

Las subestaciones eléctricas son parte esencial en el sistema eléctrico, pues intervienen en la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía a los lugares de consumo. Gracias a las subestaciones eléctricas, el consumo de los energéticos se hace de forma racional, los usuarios pueden tener seguridad y continuidad en el suministro de energía, y los costos por el abastecimiento disminuyen. Son esenciales dentro del sistema de potencia ya que son instalaciones con un conjunto de dispositivos y circuitos que tienen la finalidad de modificar las variables de tensión y corriente y de dar un medio de interconexión y despacho entre las líneas del sistema.

La ciudad de Matanzas, ubicada al noroeste de la provincia del mismo nombre, se asienta en las márgenes de los ríos San Juan y Yumurí y sobre algunas elevaciones de moderadas a suaves que circundan la bahía a la cual rodea la urbe y en la cual desembocan ambos ríos. Tiene una población de 153 400 habitantes que constituyen el 22 % del total de la provincia, ellos se agrupan en: 58 225 consumidores residenciales con un consumo promedio mensual de 230,6 kWh. Además de 2 140 consumidores estatales y 110 clientes Industriales con un consumo promedio de 4,7MWh.

Estos consumidores reciben la energía eléctrica a través de dos subestaciones de 110/13,8 kV y de ocho subestaciones de 34,5 kV a voltajes de 13,8 kV y 4,16 kV, más otras 14 expresas a clientes Industriales. Las subestaciones de 34,5 kV a menores se alimentan a su vez de ocho líneas de 34,5 kV que atraviesan o bordean la ciudad desde dos subestaciones de 110/34,5 kV ubicadas en la periferia: Guanábana 110/34,5 kV y la subestación de salida de la planta José Martí en la zona Industrial.

Las pérdidas eléctricas en la ciudad Matanzas son actualmente del orden del 20,5% de la energía consumida, lo que asciende a 9,1GWh anuales, sin embargo, la media nacional es el 15,4%, situando a la ciudad de Matanzas entre los peores índices del país.

La demanda eléctrica de la ciudad en este momento asciende a 64,1 MW en horario pico y el consumo promedio mensual a 32,1 GWh. Las subestaciones de 110/13,8 kV que alimentan gran parte de esta carga están al 71,1% de su capacidad en el caso de Matanzas I (Naranjal) y al 69,8% Matanzas II (Cocal), en ambas existen zonas de crecimiento y desarrollo de la ciudad sobre todo en la última de ellas.

Actualmente en condiciones de avería o de salida de servicio por mantenimiento u otra causa de una de las dos subestaciones de 110/13,8 kV no es posible dar cobertura a toda su carga desde la otra subestación por lo cual se producen afectaciones al servicio a determinadas zonas de la ciudad, ya sea por manipulaciones o por condiciones de carga o de voltaje, lo cual genera el siguiente **problema científico**: *La zona de Versalles se encuentra actualmente desprotegida ante una avería del sistema electro energético nacional, por no contar con la infraestructura requerida para garantizar el suministro eléctrico.*

Mientras que el **objetivo general** de este trabajo consiste en: *realizar un estudio de factibilidad técnico-económico y financiero que demuestre la efectividad del proyecto de Instalación y puesta en marcha de la SE 110/13,8 kV Versalles.*

Este objetivo general se desglosa en los siguientes **objetivos específicos**:

- Demostrar la factibilidad técnico-económica y financiera del proyecto. Realizar un levantamiento y reubicación de las cargas existentes, evitando así la entrada de otras subestaciones de 34,5/13,8 kV en el centro urbano.
- Reducir pérdidas en las redes de subtransmisión con la salida de dos subestaciones de 34,5/13,8 kV y la descarga parcial de estos alimentadores a media tensión.
- Realizar un estudio de balance de cargas entre las tres subestaciones de 110/13,8 kV de manera que estén entre el 60% y 70% de su capacidad como máximo.
- Optimizar las trazas de los circuitos actualmente existentes desde el punto de vista de pérdidas eléctricas mínimas y que permitan suplir los incrementos de carga del centro de la ciudad y de las áreas de desarrollo según pronósticos para los próximos 20 años.

- Eliminar la casi totalidad de las líneas de 34,5 kV del centro de la ciudad, como ha orientado la UNE, algunas de las cuales están en uso conjunto con la red de 13,8 kV y presentan condiciones de peligrosidad por su proximidad a viviendas.

En este trabajo se formuló la siguiente **hipótesis de investigación**: *La instalación y puesta en marcha de la SE Versailles 110/13,8 kV permite garantizar la cobertura a la demanda existente en la zona, ante condiciones de avería o de salida de servicio por mantenimiento de una de las dos subestaciones de 110/13,8 kV existentes en la ciudad.*

## **CAPÍTULO 1 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO**

En este capítulo se realiza una revisión del estado del arte acerca de la temática a tratar con el objetivo de presentar los fundamentos teóricos del trabajo así como los elementos fundamentales para la instalación y puesta en marcha de la SE Versailles 110/13,8 kV que permite garantizar la cobertura a la demanda existente en la zona.

### **1.1 Dimensionamiento de subestaciones eléctricas.**

#### **1.1.1 Definiciones y términos utilizados.**

En el presente trabajo de diploma serán empleados un grupo importante de términos, los cuales son explicados a continuación:

**Diseño:** Reto creativo que parte de la concepción, traza y disposición de elementos que caracterizan un objeto u obra.

**Subestación eléctrica:** Nodo de un sistema eléctrico de potencia, dotado de equipos de maniobra con los cuales se hace posible modificar la topología de dicho sistema para atender consignas operativas, aislar eventuales condiciones de falla o adelantar tareas de mantenimiento.

**Ingeniería preliminar:** Ingeniería que define un marco conceptual del diseño con el fin de hacer recomendaciones y presupuestar opciones. El diseño o ingeniería preliminar abarca solamente aspectos fundamentales que inciden sobre la viabilidad de la subestación, ofreciendo como resultado aspectos técnicos y económicos para el desarrollo de la Ingeniería Básica.

**Ingeniería básica:** Ingeniería que define filosofía y generalidades de los requerimientos de equipos incluyendo especificaciones técnicas y memorias de cálculo. Incluye conceptos, criterios y metodología para llevar a cabo la subestación. Como resultado se obtienen especificaciones y planos.

**Ingeniería de detalle:** Es la ingeniería que sirve para la construcción y montaje de la subestación. Incluye la definición de los siguientes aspectos:

- Características técnicas de los equipos a utilizar
- Ubicación detallada de los equipos
- Número definido de equipos
- Conexionado externo y alambrado en el interior de los gabinetes de los equipos, [1].

## **1.2. Clasificación de subestaciones eléctricas.**

Las subestaciones se clasifican de acuerdo a su nivel de tensión, a su configuración y a su función (véase la figura 1.1):

### **Clasificación según su función:**

- De Generación
- De Transformación
- Mixta (Generación y Transformación)
- De Compensación (Capacitiva Serie y Capacitiva paralelo).

### **Clasificación según su operación:**

- De corriente alterna.
- De corriente directa.

### **Clasificación según la función que desempeñan:**

- Subestaciones elevadoras
- Subestaciones reductoras
- Subestaciones de enlace para Interconectar líneas.
- Rectificadora (convertir corriente alterna a corriente directa).
- Subestaciones en anillo.
- Subestaciones radiales.
- Subestaciones de switcheo.

**Subestaciones elevadoras:** Este tipo de subestaciones se usa normalmente en las centrales eléctricas cuando se trata de elevar los voltajes de generación a valores de voltajes de transmisión.

**Subestaciones reductoras:** En estas subestaciones, los niveles de voltaje de transmisión se reducen al siguiente, o de subtransmisión a distribución o



eventualmente a utilización. Estas son subestaciones que se encuentran en las redes de transmisión, subtransmisión o distribución y constituyen el mayor número de subestaciones en un sistema eléctrico.

**Subestaciones de Enlace:** En los elementos eléctricos, se requiere tener mayor flexibilidad de operación para incrementar la continuidad del servicio y consecuentemente la confiabilidad, por lo que es conveniente el uso de las llamadas subestaciones de enlace.

**Subestaciones en Anillo:** Estas subestaciones se usan con frecuencia en los sistemas de distribución para interconectar subestaciones que están interconectadas a su vez con otras.

**Subestaciones Radiales:** Cuando una subestación tiene un solo punto de alimentación y no se interconecta con otras, se denomina radial.

**Subestaciones de Switcheo:** En estas subestaciones no se tienen transformadores de potencia, ya que no se requiere modificar el nivel de voltaje,[2].

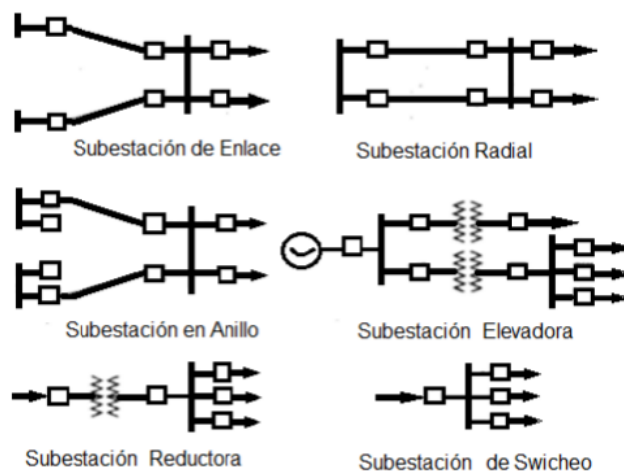


Figura 1.1 Esquemas de subestaciones eléctricas según la función que desempeñan.

**Fuente:** Elaboración propia

### Clasificación según el tipo de instalación:

- **Tipo intemperie:** Son instalaciones de sistemas de alta y muy alta tensión generalmente, y están habilitadas para resistir las diversas condiciones atmosféricas.
- **Tipo interior:** Son instalaciones para operar bajo techo.

- **Tipo blindada:** Son una variante del tipo interior, se instalan en edificios que disponen de espacios reducidos para alojarlas. Sus componentes deben estar bien protegidos, [3].

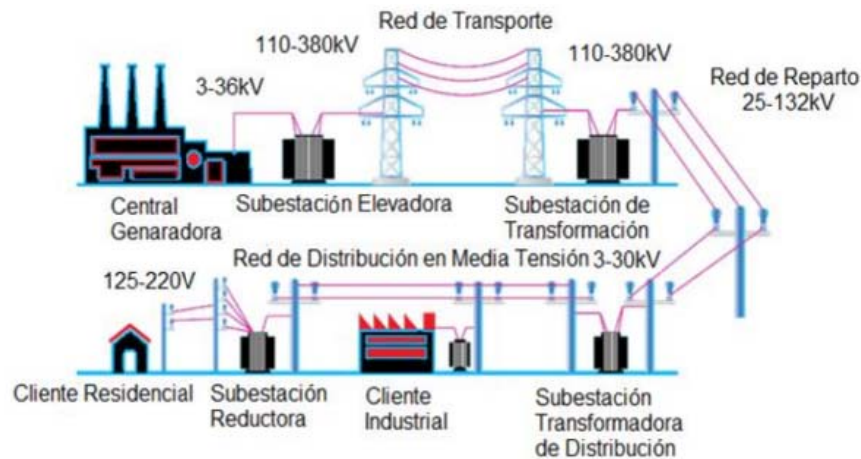


Figura 1.2 Esquema general de un sistema eléctrico.

**Fuente:** Hernández, et al. [16].

### 1.3. Equipos de maniobra de una subestación eléctrica.

Los equipos de maniobra son dispositivos con los cuales se realizan las operaciones en las subestaciones para la formación, división o paso de la electricidad. Son elementos bioestables, es decir, sus estados posibles son: Abierto o cerrado.

Los equipos de maniobra son básicamente tres:

- Interruptor
- Seccionador
- Cuchilla de puesta a tierra

La diferencia fundamental entre ellos y que caracteriza su empleo, radica en sus capacidades para abrir o cerrar circuitos.

**Interruptor:** Es el equipo más robusto y puede abrir circuitos energizados en condiciones normales o de falla. Opera con tensión y con corriente de carga o de cortocircuito, [23].

**Seccionador:** Puede abrir circuitos energizados pero sin carga. Opera con tensión pero sin corriente. En condición cerrado debe poder soportar corrientes de carga o de cortocircuito inclusive, mientras el interruptor abre el circuito.

**Cuchilla de puesta a tierra.** Es el equipo más sencillo y sólo se emplea como elemento de protección para aterrizar circuitos durante trabajos de mantenimiento. Opera sin tensión y sin corriente.

#### **Disposición física del seccionador e interruptor.**

La agrupación: Seccionador - interruptor - seccionador, conforma un conjunto operativo al cual se lo denomina como campo o bahía. Esta composición busca facilitar las tareas de mantenimiento del principal equipo de la subestación que es el interruptor.

En dependencia de los requerimientos, los campos pueden ser clasificados en:

- De generación
- De línea
- De transformación
- De acople de barras
- De compensación: capacitiva e inductiva.

Los elementos de uniones a líneas, transformadoras y compensadoras, componen derivaciones algunas veces llamadas templas.

Cuando se utilizan dos o más nodos o barrajes no adyacentes en una subestación, a los campos que unen esos barrajes se les denomina diámetros, con los cuales se facilita alimentar por una o más vías las derivaciones asociadas, [1].

### **1.4. Principales dispositivos y elementos que componen una subestación eléctrica**

En una subestación eléctrica se encuentran muchos dispositivos, los cuales cumplen funciones distintas. A continuación se mencionaran los equipos más importantes de una subestación, [5].

**Transformador de potencia:** Es el elemento más importante de la subestación ya que es el encargado de elevar o disminuir los niveles de tensión. Estas máquinas presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, por lo que la potencia que entra a la máquina es mayor a la que sale. Los transformadores usados en las subestaciones son los sumergidos en aceite mineral, los transformadores secos no son utilizados como transformadores de potencia ya que

generalmente se fabrican para tensiones que no exceden los 15kV. Los transformadores de potencia son fabricados con capacidades por encima de los 500 kVA. Las relaciones de transformación típicas de los transformadores de potencia son de 230 kV/34,5kV, 138kV/34,5kV

**Interruptores:** Son de suma importancia en la subestación ya que deben operar para la desconexión de carga, para la interrupción de corrientes de falla, para cierre con corrientes de falla, etc. Los interruptores constan de muchos elementos como los aisladores terminales donde generalmente se encuentran los transformadores de corriente (TC), las válvulas para el llenado, descarga y muestreo del fluido aislante de los dispositivos, conectores a tierra, placa de datos, el gabinete que es donde están los dispositivos mecánicos como el compresor, resortes, bobinas de disparo y los equipos de control, protección y medición, [24-25].

Su maniobra puede ser local o remota. Por si solo no puede operar, sobre el actúan, por medio de un conjunto de entradas y salidas, las unidades de control y protección.

Ya que operan bajo carga necesitan una cámara de extinción de arco eléctrico; los medios de extinción de arco más utilizados son el aceite y el hexafluoruro de azufre soplado a alta presión. Si los interruptores están ubicados en un módulo de línea, es común que sean de accionamiento monopolar, esto para permitir apertura y recierre en una sola fase, [25-26].

**Seccionadores:** Son usados para maniobra sin carga en la subestación. Poseen una capacidad de interrupción del arco eléctrico casi nula, por lo que se podrían destruir de inmediato con una falla por arco eléctrico. Su aplicación típica es ubicarlas a ambos lados de un interruptor para aislarlo, una vez que el interruptor esté abierto. Su accionamiento puede ser manual o motorizado.

**Los tipos de seccionadores más comunes son:**

**Seccionador de línea:** Se usa para aislar la línea de transmisión de los interruptores para que de esta manera no haya presencia de tensión en la línea. Se le denota con el nombre x89L-3, donde x es el número de módulo de línea del cual forma parte. Si el módulo es de transformador, en la notación antes mencionada se la cambia la letra L por una T, [27].

**Seccionador de barra:** Se ubica entre la barra y el interruptor de barra. Aísla eléctricamente al interruptor de la barra, se le denota con el nombre x89L-2'para módulo de línea. Si el módulo es de transformador, en la notación antes mencionada se le cambia la letra L por una T.

**Seccionador de puesta a tierra:** Se encuentran únicamente en módulos de línea y generalmente forma parte del seccionador de línea. Su función es no permitir que la línea tenga presencia de tensión por inducción una vez que esta está aislada.

**Seccionador de derivación:** Usado en el esquema de barras partida con interruptor para sustituirlo y así mantener la continuidad del servicio. Como este seccionador es común a todos los módulos de la subestación, la transferencia de disparos de las protecciones se hace a través de este seccionador.

**Seccionador de medio diámetro:** Utilizados en el esquema de doble barra con interruptor y medio. Se ubican en ambos lados del interruptor de medio diámetro de reserva. Cuando un módulo sale de operación, se utiliza un módulo de reserva.

#### **Transformador de potencial y transformador de corriente (TC y TP):**

**Transformadores de potencial:** Reduce la tensión de la línea del orden de los kV a niveles bajos de tensión para alimentar equipos de control y medición, este nivel de tensión es generalmente 120 V. Hay dos tipos de TP, los inductivos y capacitivos. Los de tipo inductivo responden muy rápidamente a cambios de tensión, esta característica lo hace ideal para ser utilizado en el esquema de protección. El de tipo capacitivo es apto para teleprotección, debido a que permite filtrar y sintonizar determinadas frecuencias, este tipo de TP no es el adecuado para el esquema de protección debido a que no detecta rápidamente los cambios de tensión, [28].

#### **Los parámetros más importantes de los TP son:**

**Tensión Primaria:** Se usa el voltaje estándar inmediato superior al de la línea en que se conectará.

**Tensión Secundaria:** Generalmente es de 120 V.

**Carga:** Es la cantidad de dispositivos conectados al TP para ser alimentados en baja tensión.

En la tabla 1.1 se proporcionan los principales datos de precisión y calibración para el uso de transformadores de potencial

Tabla 1.1 Precisiones para transformadores de potencial

| Precisión (%) | Utilización  |
|---------------|--|
| 0,1           | Aparatos de medición y calibraciones   |
| 0,2-0,3       | Mediciones de laboratorio, vatímetros y alimentación de wathorímetros de sistemas de potencia y distribución |
| 0,5-0,6       | Alimentación de wathorímetros de facturación en circuitos de distribución e industriales                     |
| 1,2           | Alimentación de bobinas de potencial de los aparatos de medición, indicadores o registradores                |
| 3,5           | Alimentación a las bobinas de relevadores de tensión, frecuencímetros y sincronoscopios                      |

**Fuente:** Elaboración propia

**Transformadores de corriente:** Transforma niveles altos de corriente a valores pequeños para alimentar equipos de medición y control, generalmente el valor para alimentar estos equipos es de 5 A. Se da un pequeño desfase entre la corriente del primario con respecto a la del secundario Se caracterizan por tener tensión variable, la carga del secundario aumenta cuando aumenta la impedancia en el circuito secundario (mayor cantidad de equipos), [13].

Hay varios tipos:

**TC para medición:** La precisión para estos efectos debe estar garantizada desde el 10% de la corriente nominal hasta un 120% del valor de la misma, esto debido a que se deben saturar para valores altos de corriente para proteger a los equipos.

**TC para protección:** Deben tener precisión de hasta 20 veces la corriente nominal, esto debido a que debe operar bajo falla (No debe saturarse en valores altos de corriente)

**TC para protección y medición:** El diseño es una combinación de los TC para protección y medición, los núcleos son de alta precisión en cuanto a los niveles de saturación.

Los parámetros más importantes de los TC son:

**Corriente primaria:** Las corrientes del circuito primario están normalizadas con ANSI-C-57. Se usa la corriente normalizada superior a la corriente circulante en este circuito.

**Carga en el secundario:** Suma de la impedancia total en el secundario que será la suma de los dispositivos y alimentadores, [6].

En la tabla 1.2 se proporcionan los principales datos de precisión y calibración para el uso de transformadores de corriente.

Tabla 1.2 Precisiones para transformadores de corriente

| Precisión (%) | Utilización  |
|---------------|--|
| 0,1           | Aparatos de medición y calibraciones   |
| 0,2-0,3       | Mediciones de laboratorio, vatímetros y alimentación de wathorímetros de sistemas de potencia y distribución |
| 0,5-0,6       | Alimentación de wathorímetros de facturación en circuitos de distribución e industriales                     |
| 1,2           | Alimentación de bobinas de potencial de los aparatos de medición, indicadores o registradores                |
| 3,5           | Alimentación a las bobinas de relevadores de tensión, frecuencímetros y sincronoscopios                      |

**Fuente:** Elaboración propia

Los elementos principales que conforman una subestación son, [4]:

**Transformador:** Es una máquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante, opera bajo el principio de inducción electromagnética y tiene circuitos eléctricos que están enlazados magnéticamente y aislados eléctricamente.

**Interruptor de potencia:** Interrumpe y restablece la continuidad de un circuito eléctrico. La interrupción se debe efectuar con carga o corriente de cortocircuito, [29].

**Restaurador:** Es un interruptor de aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptivas bajas. Los restauradores están contruidos para funcionar con tres operaciones de recierre y cuatro aperturas con un intervalo entre una y otra; en la última apertura el cierre debe ser manual, ya que indica que la falla es permanente.

**Cuchillas fusibles:** Son elementos de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tienen dos funciones: una como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y otra como elemento de protección. El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión, [29-30].

**Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba:** Sirven para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general se operan sin carga, pero con

algunos aditamentos se puede operar con carga hasta ciertos límites.

**Pararrayos:** Se encuentra conectado permanentemente en el sistema, descarga la corriente a tierra cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud. Su operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuando se alcanza el valor para el cual esta calibrado o dimensionado, [16-17].

**Transformadores de instrumento:** Existen dos tipos: transformadores de corriente (TC), cuya función principal es cambiar el valor de la corriente en su primario a otro en el secundario; y transformadores de potencial (TP), cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos valores sirven como lecturas en tiempo real para instrumentos de medición, control o protección que requieran señales de corriente o voltaje.

**Barras o buses:** Son las terminales de conexión por fase, [7, 8].

### **1.5. Consideraciones generales de diseño de una subestación eléctrica.**

Muchos factores influyen para la correcta selección del tipo de subestación para una aplicación dada. El tipo de subestación más apropiado depende de factores tales como el nivel de tensión, capacidad de carga, consideraciones ambientales, limitaciones de espacio en el terreno y necesidades de derecho de vía de la línea de transmisión. Además, los criterios de dimensionamiento pueden variar entre sistemas,[16-17].

Con el continuo aumento general en el precio de equipo, mano de obra, terrenos y adaptación de los mismos, el esfuerzo debe centrarse en criterios de selección que suplan las necesidades del sistema a los mínimos costos posibles. En vista que el precio de los transformadores, interruptores y seccionadores, impacta el precio global de la subestación, la configuración seleccionada resulta determinante, [18].

La selección de niveles de aislamiento y prácticas de coordinación afecta el precio en forma considerable. El descenso de un nivel en el nivel básico de aislamiento (*basic insulating level* - BIL) puede reducir el precio del equipo eléctrico. Es esencial un cuidadoso análisis de opciones. Una subestación debe ser confiable, económica, segura y con un dimensionamiento tan sencillo como sea posible; este último debe proporcionar un alto nivel de continuidad de



servicio, contar con medios para futuras ampliaciones y flexibilizar su operación y mantenimiento, sin interrupciones en el servicio ni riesgos para el personal. La orientación física de las rutas de líneas de transmisión influye en la ubicación y disposición de la barra en subestaciones. El lugar seleccionado debe ser tal que se pueda lograr un arreglo conveniente de las líneas, [9].

### **1.5.1. Criterios de diseño de subestaciones eléctricas.**

**Seguridad:** La seguridad es una consideración panorámica durante la fase de diseño de detalle, si no se pone suficiente atención a los aspectos de seguridad, entonces el personal puede ser puesto en riesgo durante la operación y mantenimiento del sistema, puede ocurrir también una falla catastrófica del equipo y una falla en el suministro de la energía, por lo que se deben seguir estrictamente todos los requerimientos de las normas y códigos; adicionalmente, algunas de las consideraciones básicas que permiten la seguridad son, [19]:

- Verificar la adecuada capacidad de los interruptores y dispositivos de conexión.
- Los conductores energizados deben estar dentro de canalizaciones o bien colocados correctamente a suficiente altura.
- Se deben bloquear convenientemente los desconectores sin carga con los interruptores.
- Se deben bloquear los desconectores de aislamiento.
- Se debe mantener desenergizado solo el equipo que tiene tarjetas de seguridad o candados.
- Minimizar el acceso a los cuartos con equipos eléctricos y tener las salidas adecuadas.
- Proteger todos los aparatos eléctricos de posibles daños mecánicos.
- Colocar señales y letreros de alerta.
- Usar una conexión a tierra adecuada para el sistema eléctrico de potencia y para el equipo.
- Instalar alumbrado de emergencia para señalar las salidas.
- Proporcionar las capacidades correctas para el equipo.
- Entrenar y capacitar al personal de operación y mantenimiento.

**Confiabilidad:** El requerimiento de confiabilidad para un tipo dado de sistema, se puede lograr por distintos métodos, algunos aspectos a considerar son, [20]:

- **Selección de los niveles adecuados de los voltajes de suministro:** Los sistemas de distribución de las empresas suministradoras tienen por lo general menor confiabilidad que los sistemas de subtransmisión o de transmisión. Los sistemas de distribución de clase 6,6 o 15 kV se usan generalmente para alimentar cargas residenciales o comerciales y están expuestos a muchos riesgos. Los sistemas con voltajes menores están diseñados con mayor cuidado y tienen por lo tanto mayor protección incorporada.
- **Redundancia:** Duplicar las trayectorias de alimentación entre la fuente y la carga proporciona confiabilidad adicional y permite también mantener en servicio una trayectoria de alimentación mientras la otra está en mantenimiento.
- **Sistema de protección adecuado para el sistema y el equipo:** Una coordinación de protecciones apropiada de los dispositivos de protección permite hacer selectiva la operación de las protecciones afectando al menor número de cargas durante una falla.
- **Control y monitoreo:** La instalación de las alarmas apropiadas informa al personal de mantenimiento de problemas que se presenten, tan pronto como estos ocurran, por lo que se puede tener una intervención oportuna para resolver los problemas, reduciendo los tiempos fuera de servicio.
- **Selección apropiada de equipos confiables:** Los equipos cuyas capacidades se seleccionan en forma conservadora, proporcionarán servicio por períodos de tiempos más largos, es decir, se deben seleccionar para cumplir con un cierto ciclo de trabajo durante su tiempo de vida esperada.
- **Simplicidad de operación:** Se debe seleccionar un sistema simple, es decir que sea sencillo de operar, los sistemas diseñados en forma simple pueden proporcionar el servicio que la carga requiere, esto es una consideración muy importante ya que los sistemas sencillos son seguros y más confiables.
- **Calidad de Voltaje:** La calidad del voltaje de suministro ha venido a ser en los últimos años una consideración importante, debido al incremento de las cargas sensibles, como son los equipos controlados en forma electrónica, los

equipos que incluyen computadoras, los requerimientos particulares para la calidad del suministro de energía eléctrica; los mismos que se deben establecer en forma típica. Los conceptos a considerar son los siguientes:

- Regulación del voltaje.
- Depresiones (*Sags*) y elevaciones (*Swells*) del voltaje.
- Control de Frecuencia.
- Distorsión de la forma de onda (armónicas).
- Interferencia electromagnética.
- Transitorios de voltaje

**Requerimientos de Mantenimiento:** El mantenimiento apropiado es un elemento clave para asegurar la continuidad y la calidad en el suministro de energía, por lo tanto, se deben incorporar todas las previsiones necesarias para tener un mantenimiento efectivo y eficiente, esto se debe hacer desde las consideraciones del diseño. Algunos de los aspectos relacionados con el mantenimiento, que se deben considerar desde la fase de diseño, son las siguientes, [21-22]:

- Limpieza.
- Control de humedad y polvo.
- Ventilación adecuada.
- Reducción del efecto de corrosión.
- Inspecciones térmicas.
- Inspecciones visuales.
- Conservación de registros.
- Aplicación de normas, códigos y recomendaciones de los fabricantes.

**Flexibilidad:** El sistema se debe diseñar de manera que cuando sea necesario se pueda aumentar o cambiar sin problema, esto incluye cada nivel de voltaje, comenzando por los tableros de bajo voltaje a 127/220V y hacia arriba. Se deben proveer espacios, aun cuando no estén proporcionados, por los fabricantes, para los interruptores que lo requieren. Los transformadores de potencia deben tener suficiente capacidad para aumentos futuros de carga.

**Costo:** En todas las decisiones de ingeniería, el costo de los sistemas se debe balancear contra la confiabilidad que estos sistemas deben tener. De hecho, la

confiabilidad de los sistemas está dictada por los requerimientos de las cargas, de manera que los arreglos de los equipos y las características de los mismos deben estar en concordancia, [10].

### 1.5.2. Esquemas de subestaciones eléctricas más comunes.

**Configuración de barras:** Conocidas como de tendencia europea, parten del manejo de barrajes para agrupar campos o bahías como unidades operativas interdependientes.

**Conexiones de la barra principal:** El esquema de subestación seleccionado determina el arreglo eléctrico y físico del equipo de conmutación. Existen diferentes esquemas de barra cuando la importancia cambia entre los factores de confiabilidad, economía, seguridad y sencillez como lo justifican la función e importancia de la subestación, [31].

**Barraje sencillo:** El flujo de energía se distribuye desde un solo barraje (B1) que une un mínimo dos campos o bahías. No se utiliza para subestaciones grandes. Puede causar una prolongada interrupción de servicio en caso de falla de un interruptor automático (véase la tabla 1.3 y la figura 1.3).

**Barraje sencillo seccionado:** A partir de la configuración anterior emplea un campo o bahía de enlace para interconectar dos barrajes simples adyacentes. El seccionamiento del barraje se emplea normalmente para distinguir cargas esenciales de otras no esenciales y/o posibilitar dos fuentes alternativas de suministro de energía eléctrica a las cargas, [33].

Tabla 1.3. Ventajas y desventajas del arreglo de barras sencilla

| Ventajas   | Desventajas  |
|--|--|
| Bajo costo   | Baja confiabilidad   |
| Requiere de un área reducida                                 | Los arreglos con perfiles altos y bypass no brindan protección al circuito dentro de la SE |
| Fácilmente expandible  | Una falla en el interruptor o las barras produce la salida total de la SE                  |
| Simple en concepto y operación                               | Se dificulta el mantenimiento de cuchillas e interruptores                                 |
| Relativamente simple para aplicar los esquemas de protección |  |

**Fuente:** Elaboracion propia

### ARREGLO DE BARRA SENCILLA

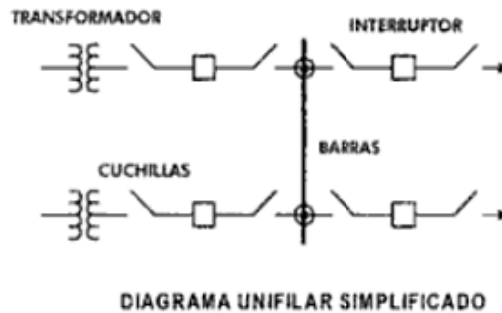


Figura 1.3. Arreglo de barras sencilla.

Fuente: Rauli [10].

**Barraje principal más barraje de transferencia:** En instalaciones que requieren mayores confiabilidad y flexibilidad que los anteriores, se adiciona un barraje auxiliar para transferir cualquier circuito a un campo, el cual puede reemplazar a cualquiera de los campos o bahías de la subestación. Como se desprende de lo anterior sólo se puede realizar una transferencia a la vez, por lo cual el calibre de este barraje (B3) normalmente es menor al del barraje principal (B1) y se dimensiona para el circuito de mayor carga. Esta configuración requiere el suministro de un seccionador adicional por cada campo o bahía con el cual se conecta el circuito al barraje de transferencia. La derivación se efectúa desde los puntos libres (no conectados a los barrajes) del campo del circuito y del seccionador de transferencia de ese mismo circuito (véase para más detalles la figura 1.4 y la tabla 1.4).

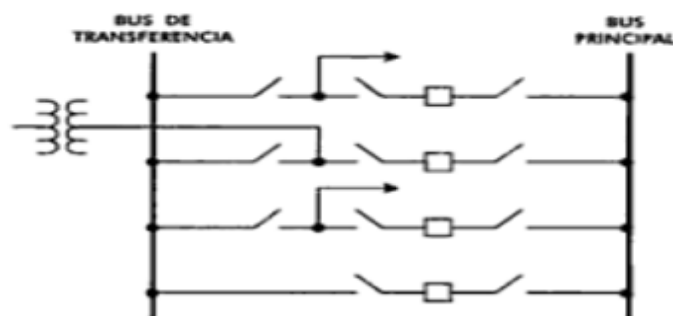


Figura 1.4 Arreglo de barras de bus principal y bus de transferencia.

Fuente: Rauli [10].

Tabla 1.4 Ventajas y desventajas de arreglo de barras de bus principal más bus de transferencia

| Ventajas  | Desventajas   |
|---|---|
| Permite el mantenimiento de interruptores sin sacar de servicio la SE | Se requiere de un interruptor adicional para el amarre del bus  |
| El bus de amarre puede sustituir a cualquiera                         | Dado que el interruptor de amarre del bus debe ser capaz de reemplazar a cualquiera, el esquema de protección se complica |
| Es un diseño de costo razonable                                       | Una falla de un interruptor o una falla en bus producen la salida total de la SE  |
| Se requiere relativamente poco espacio                                |   |
| Se amplía fácilmente  |   |

**Fuente:** Elaboración propia

**Barraje doble:** Esta configuración utiliza dos barrajes (B1 y B2) igualmente importantes y por tanto del mismo calibre unidos por un campo o bahía llamado de acople. Normalmente deben operarse los dos barrajes energizados. Sin embargo en ocasiones se mantiene un barraje desenergizado con lo cual la configuración se convierte en un barraje sencillo (b1) más barraje de reserva (b2), en cuyo caso todos los circuitos se conectan a un solo barraje (B1) y sólo durante un mantenimiento se pasan al otro barraje (B2).

**Barraje doble con seccionador de "Bypass":** Configuración similar a la anterior en la cual se dispone un seccionador de "By-Pass" o de paso directo en paralelo con cada campo o bahía para facilitar el mantenimiento del interruptor de ese campo transfiriendo el circuito al campo de acople y empleando en este caso el barraje B2 como barraje de transferencia. El campo de acople hace estas funciones de transferencia pero no en forma simultánea.

**Barraje doble con seccionador de transferencia:** Tiene el mismo funcionamiento de la anterior pero con un seccionador menos, el del lado aguas arriba del interruptor. En este caso el seccionador de transferencia conecta la salida del campo directamente al barraje B2 al cual se denomina en este caso como de transferencia, de "Bypass" o de paso directo. Barraje doble más barraje de transferencia: Configuración con dos barrajes principales y un tercero empleado para transferir circuitos, con lo cual se logra independizar las funciones de acople y las de transferencia. El interruptor que une los dos

barrajes principales entre sí se denomina interruptor de acople y el que une los dos barrajes principales con el barraje de transferencia se denomina interruptor de transferencia, aunque en ocasiones se acostumbra simplificar el esquema y utilizar un único interruptor para las funciones de acople y transferencia.

**Configuraciones de interruptor:** Conocidas como tendencia americana, parten del manejo de interruptores para agrupar campos o bahías como unidades operativas interdependientes.

**Anillo:** En esta configuración los circuitos se conectan alternadamente a un anillo formado por interruptores y no existe un barraje colector como tal. En operación normal todos los interruptores permanecen cerrados (véase la figura 1.5). En la tabla 1.5 se proporcionan sus principales ventajas y desventajas.

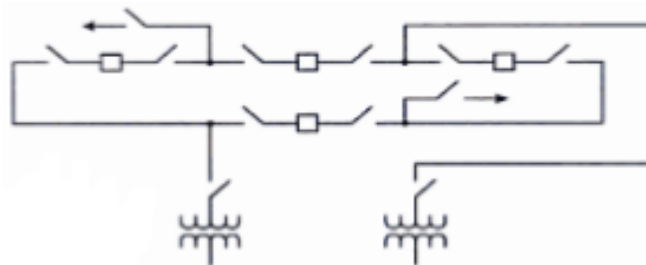


Figura 1.5. Arreglo de bus anillo.

**Fuente:** Rauli [10].

Tabla 1.5. Ventajas y desventajas del arreglo de bus anillo

| Ventajas  | Desventajas   |
|---|---|
| Puede aislar secciones de bus e interruptores para mantenimiento, sin alterar la operación de la SE | El anillo se puede dividir por fallas en dos circuitos o falla durante el mantenimiento del interruptor |
| Cada circuito tiene doble alimentación  | Cada circuito debe tener su propia fuente de potencial para las protecciones                            |
| Se puede expandir a una configuración de interruptor y medio  | Generalmente se limita a un máximo de cuatro circuitos  |
| Operación flexible y alta confiabilidad   |   |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interruptor y medio:** Desarrollada a partir de la anterior, en esta configuración se disponen tres campos o bahías en un diámetro para atender dos circuitos, situación a la cual debe su nombre. Los campos o bahías que conforman el diámetro que une los dos barrajes principales B1 y B2, se denominan cortes. El corte A es el adyacente al barraje B1, el corte intermedio se conoce como corte

B y el corte C es el adyacente al barraje B2. Los dos barrajes se mantienen energizados y la totalidad de los equipos de maniobra de los tres cortes se mantienen cerrados (véase la figura 1.6), [2, 11, 12].

Las principales ventajas y desventajas del uso de este tipo de instalación son proporcionadas en la tabla 1.6

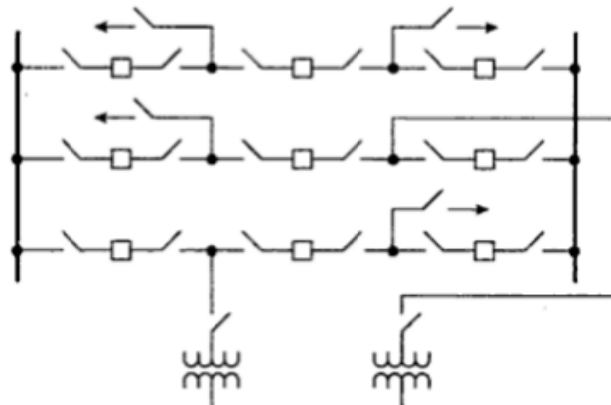


Figura 1.6. Arreglo de interruptor y medio.

**Fuente:** Harper [14].

Tabla 1.6. Ventajas y desventajas de arreglo de interruptor y medio

| Ventajas  | Desventajas  |
|---|--|
| Flexibilidad de operación   | Se requiere de interruptor y medio por circuito(mayor costo) |
| Alta confiabilidad  | Complica los esquemas de protección                          |
| Se puede sacar el bus principal para mantenimiento sin interrupción del servicio      |  |
| Se puede sacar cualquier interruptor para mantenimiento sin interrupción del servicio |  |
| Cada circuito tiene doble alimentación  |  |

**Fuente:** Elaboración propia

### 1.5.3. Medidas de seguridad en instalaciones eléctricas.

Las instalaciones eléctricas requieren un grupo de medidas para su correcta operación, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Las instalaciones y los equipos eléctricos deben construirse evitando los contactos con fuentes de tensión y previendo la producción de incendio.



- Al seleccionar los materiales que se emplearán hay que considerar la tensión a que estarán sometidos.
- La instalación y puesta en funcionamiento de equipos eléctricos debe realizarse por personal capacitado y con experiencia.
- En el caso del equipo eléctrico, la restricción puede lograrse ya sea cercando el lugar peligroso o instalándolo en lugares elevados o en locales separados a los que sólo tenga acceso el personal autorizado.
- Al instalar los equipos eléctricos debe dejarse espacio suficiente alrededor de los mismos para permitir el trabajo y el acceso a todas las partes del equipo para su reparación, regulación o limpieza.
- Los conductores tienen que estar señalados adecuadamente para que sea fácil seguir su recorrido.
- Los conductores deben seleccionarse con el aislamiento correcto para el ambiente en el cual se pretende instalarlos.
- Es importante que los conductores que no sean para instalarse en la intemperie o expuestos, se alojen dentro de poliducto, ya que la función de éste es protegerlos.
- Es necesario que los dispositivos de protección estén instalados en lugares secos y de fácil acceso.
- Para realizar trabajos de reparación o modificación debe cortarse la energía eléctrica, [4].

#### **1.5.4. Criterios medioambientales de diseño de subestaciones eléctricas.**

El proyecto para tramitación y los documentos medioambientales asociados (estudio de impacto ambiental) incluirán las medidas de integración paisajística que permitan minimizar los efectos visuales de la subestación. Los edificios se diseñarán preferentemente de una sola planta, utilizando como material de acabado de los cerramientos aquel que mejor se integre con el entorno y que cumpla con los requisitos medioambientales, buscando siempre minimizar el impacto visual. Los colores (cerramientos y cubierta) serán seleccionados para adaptarse de la mejor manera al paisaje y cumplir con las exigencias medioambientales y urbanísticas. Generalmente, el cerramiento consistirá en

una malla electro soldada apoyada en bastidores tubulares de color verde mate, embebidos en las zapatas.

Se incluirán medidas de apantallamiento y restauración vegetal de las instalaciones y áreas limítrofes a las mismas, siempre que sea requerido por la administración y en aquellos casos, en los que no siendo un condicionado ambiental, la presencia de la subestación suponga un impacto significativo en el entorno y aconseje su apantallamiento. En las zonas bajo los tendidos eléctricos, se optarán por especies arbustivas con un crecimiento que en ningún caso supere los 10 m. Preferentemente se emplearán especies autóctonas de hoja perenne.

En el medio ambiente exterior, con excepción de los procedentes del tráfico, no se podrá producir ningún ruido que sobrepase el nivel sonoro máximo de 55 dBA, en el exterior de la fachada en horas diurnas y de 45 dBA en horas nocturnas. De acuerdo con lo anterior, se tomarán las medidas necesarias para tratar de que el nivel sonoro en los límites de la parcela no sobrepase los 45 dBA reglamentarios, [12].

Se tendrá en cuenta si la subestación se encuentra en un ambiente urbano, o por el contrario se encuentra en un ambiente industrial, rodeada por naves industriales que contribuyen a la amortiguación del nivel sonoro de la subestación. En cualquier caso, se buscará colocar la fuente generadora de ruido a la mayor distancia posible de los lugares sensibles al ruido.

Por las características de una subestación, normalmente el único elemento que realizará una emisión permanente de ruido será el transformador de potencia. El ruido emitido por un transformador en servicio, de las mismas características que los previstos a instalar en este tipo de subestaciones, generalmente es de 75 dBA a un metro de distancia, [15].

La construcción de una nueva subestación eléctrica, no supondrá un deterioro de la calidad del aire de la zona, pues en funcionamiento normal no se producirán emisiones a la atmósfera de humos, gases u olores. No es necesario, por tanto, seguir ningún criterio adicional a los que habitualmente se emplean en construcción.

Para garantizar que la construcción de la nueva subestación, no implicará la contaminación de los suelos y de las aguas, se seguirán los siguientes criterios

de diseño: La subestación se diseñará con una adecuada red de drenajes. La red de drenaje de aguas pluviales será independiente de la red de aguas sanitarias. Siempre que sea posible, la red de aguas sanitarias verterá a la red de saneamiento del polígono o municipio donde se encuentre ubicada la subestación, las aguas sanitarias se verterán a un depósito de aguas fecales estanco, situado en el interior de la subestación, garantizando de esta forma la no contaminación del suelo, [17].

En caso de no existir una red de pluviales próxima o no obtener autorización de vertido de las pluviales a la red, se verterán a dominio público hidráulico o marítimo terrestre. En este caso, el vertido se hará de forma independiente y sin posibilidad de contaminación, previa autorización de vertido por el organismo correspondiente.

Para evitar la contaminación de los suelos por fugas accidentales de aceite refrigerante de los transformadores, se dispondrá de una bancada de hormigón para cada uno de los transformadores de potencia. Dicha bancada abarcará la totalidad de la superficie del transformador y se deberá diseñar para soportar el peso de la máquina y recoger eventualmente el aceite de posibles fugas y conducirlos a través de tubo de acero inoxidable, hasta el depósito de recogida de aceite, donde quedará confinado.

Se promoverá un uso eficiente del alumbrado, sin menoscabo de la seguridad que se debe proporcionar a los peatones, vehículos y propiedades. Siempre que sea factible, se implantarán pavimentos con un coeficiente de luminancia medio o grado de luminosidad lo más elevado posible y con un bajo factor especular. Por motivos de seguridad, durante las horas de ausencia de luz natural se encenderá el alumbrado perimetral de los edificios y las luminarias correspondientes a los viales, [13].

## **CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Antecedentes y situación actual.**

La ciudad de Matanzas, ubicada al noroeste de la provincia del mismo nombre, se asienta en las márgenes de los ríos San Juan y Yumurí y sobre algunas elevaciones de moderadas a suaves que circundan la bahía a la cual rodea la urbe y en la cual desembocan ambos ríos. Tiene una población de 153 400 habitantes que constituyen el 21,9 % del total de la provincia. Estos consumidores reciben la energía eléctrica a través de dos subestaciones de 110/13,8 kV y de ocho subestaciones de 34,5 kV a voltajes de 13,8 kV y 4,16 kV, más otras 14 expresas a clientes Industriales. Las subestaciones de 34,5 kV a menores se alimentan a su vez de ocho líneas de 34,5 kV que atraviesan o bordean la ciudad desde dos subestaciones de 110/34,5 kV ubicadas en la periferia: Guanábana 110/34,5 kV y la subestación de salida de la planta José Martí en la zona Industrial.

### **2.2 Estado actual de la demanda eléctrica en la zona y proyectos de crecimiento previstos.**

La tabla 2.1 muestra la carga actual, pérdidas de energía y caída de voltaje de cada alimentador. En la misma los valores de energía activa y reactiva de las cargas vienen dados en valores puntuales horarios/día (MWh/día y MVARh/día), así como los valores de pérdidas vienen dados en kWh/día. También es válido aclarar que aunque existen cuatro circuitos a 4,16 kV las corridas de flujo se hicieron como si estos fuesen alimentados a 13,8 kV, puesto que la conversión de voltaje no entra dentro del presupuesto de la S/E analizada en cuestión, puesto no se incluye este acápite como obra inducida pues encarece notablemente el proyecto.

La tabla 2.2 muestra la carga futura prevista por condiciones de diseño para cada alimentador, así como un breve grupo de datos de la futura S/E,

encontrándose adjunto al presente trabajo una herramienta implementada en el paquete Microsoft Excel 2010, en la cual se construyó la curva de carga de la S/E con ayuda de métodos matemáticos de avanzada. Acá son válidas las mismas notaciones que se emplearon en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Pérdidas actuales de los alimentadores sin inversión

| Circuito     | kV   | P            | Q            | $\Delta P$<br>líneas | $\Delta Q$<br>líneas | $\Delta P$<br>cobre | $\Delta P$<br>hierro | $\Delta P$<br>total | %<br>$\Delta P$ | Vpn   | % $\Delta V$ |
|--------------|------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-------|--------------|
| M-143        | 4,16 | 15,8         | 7,9          | 20,5                 | 23,7                 | 128,6               | 131,7                | 280,8               | 1,74            | 13,62 | 1,32         |
| M-147        | 4,16 | 38,9         | 16,4         | 50,4                 | 62,1                 | 328,6               | 358,1                | 737,1               | 1,79            | 13,61 | 1,59         |
| M-2          | 4,16 | 15,4         | 8,2          | 30,2                 | 27,4                 | 123,7               | 210,9                | 364,8               | 2,31            | 13,58 | 1,68         |
| M-3          | 4,16 | 23,3         | 8,3          | 61,8                 | 82,3                 | 175,9               | 232,8                | 357,4               | 1,93            | 13,62 | 1,51         |
| M-6          | 13,8 | 2,9          | 1,7          | 11,1                 | 21,5                 | 21,2                | 82,1                 | 114,4               | 1,07            | 13,69 | 1,23         |
| M-1437       | 13,8 | 32,8         | 11,21        | 53,5                 | 35,9                 | 225,6               | 199,2                | 505,8               | 1,12            | 13,60 | 1,38         |
| M-1452       | 13,8 | 17,4         | 7,6          | 157,6                | 142,4                | 190,3               | 146,8                | 458,5               | 1,01            | 13,36 | 3,19         |
| M-1453       | 13,8 | 8,5          | 3,5          | 27,5                 | 21,1                 | 156,2               | 161,4                | 345,1               | 1,94            | 13,41 | 2,75         |
| Sub total    | ---- | 171,5        | 84,1         | 412,4                | 416,7                | 1 350,2             | 1 523,1              | 3 163,8             | ----            | ----  | ----         |
| OCB-725      | 34,5 | 115,7        | 49,5         | 977,0                | 1 321,9              | 580,9               | 360,2                | 1 918,2             | 1,59            | 33,34 | 3,40         |
| OCB-327      | 34,5 | 33,6         | 14,7         | 70,3                 | 114,8                | 168,4               | 116,6                | 355,4               | 1,04            | 33,65 | 2,45         |
| Sub total    | ---- | 149,3        | 64,2         | 70,3                 | 1 436,7              | 749,3               | 476,9                | 2 273,5             | ----            | ----  | ----         |
| <b>Total</b> | ---- | <b>320,7</b> | <b>148,4</b> | <b>482,7</b>         | <b>1 853,4</b>       | <b>2 099,5</b>      | <b>2 000</b>         | <b>5 437,4</b>      | ----            | ----  | ----         |

Tabla 2.2 Pérdidas futuras de los alimentadores a partir de la inversión.

| Circuito     | kV   | P            | Q           | $\Delta P$<br>líneas | $\Delta Q$<br>líneas | $\Delta P$<br>cobre | $\Delta P$<br>hierro | $\Delta P$<br>total | %<br>$\Delta P$ | Vpn   | % $\Delta V$ |
|--------------|------|--------------|-------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-------|--------------|
| Circuito 1   | 13,8 | 38,4         | 28,2        | 73,9                 | 59,6                 | 354,2               | 73,9                 | 759,1               | 1,43            | 13,61 | 1,35         |
| Circuito 2   | 13,8 | 38,9         | 16,4        | 50,3                 | 62,2                 | 328,6               | 50,3                 | 737,1               | 1,70            | 13,61 | 1,59         |
| Circuito 3   | 13,8 | 30,1         | 9,1         | 35,8                 | 38,2                 | 134,6               | 35,8                 | 422,4               | 1,69            | 13,64 | 1,46         |
| Circuito 4   | 13,8 | 23,3         | 8,3         | 61,9                 | 82,6                 | 176,5               | 61,9                 | 471,3               | 1,93            | 13,62 | 1,51         |
| Circuito 5   | 13,8 | 26,0         | 11,1        | 185,7                | 164,2                | 347,3               | 185,7                | 841,3               | 1,48            | 13,39 | 2,97         |
| Circuito 6   | 13,8 | 14,6         | 0,8         | 5,6                  | 10,8                 | 10,6                | 5,61                 | 57,3                | 1,05            | 13,42 | 1,21         |
| Sub total    | ---- | 171,4        | 84,1        | 413,4                | 417,8                | 1 352,1             | 1 523,1              | 3 288,6             | ----            | ----  | ----         |
| OCB-725      | 34,5 | 9,9          | 3,0         | 10,9                 | 17,8                 | 41,0                | 97,6                 | 149,6               | ----            | ----  | ----         |
| OCB-327      | 34,5 | 21,7         | 12,7        | 51,6                 | 81,6                 | 90,5                | 96,0                 | 218,1               | ----            | ----  | ----         |
| Sub total    | ---- | 31,7         | 15,8        | 62,5                 | 99,4                 | 131,5               | 193,6                | 377,7               | ----            | ----  | ----         |
| S/E 110      | 110  | ----         | ----        | ----                 | ----                 | 51,7                | 698,3                | 750,1               | ----            | ----  | ----         |
| Sub total    | ---- | ----         | ----        | ----                 | ----                 | 51,7                | 698,3                | 750,1               | ----            | ----  | ----         |
| <b>Total</b> | ---- | <b>203,1</b> | <b>99,9</b> | <b>475,9</b>         | <b>517,2</b>         | <b>1 535,3</b>      | <b>2 415,1</b>       | <b>4 416,3</b>      | ----            | ----  | ----         |

### **2.2.1 Política para la instalación de la nueva S/E Versailles 110-13,8kV.**

Han sido estudiadas distintas variantes para mejorar los niveles de voltaje y de pérdidas, sin que exista la necesidad de la instalación y puesta en marcha de una S/E 110/13,8kV, sin embargo, las propuestas y soluciones temporales estudiadas no resuelven definitivamente los problemas de operación de los alimentadores de dentro de la ciudad. Una posible variante sería interconectar los alimentadores existentes a las S/E de 110/13,8 pero esto traería consigo una serie de desventajas, las cuales sin dudas dejan a priori que la solución más rentable y factible, así como definitiva sería la instalación en la ciudad de la tercera S/E 110/13.8 kV, esto se justifica inicialmente por los siguientes razonamientos.

- 1- El grupo de conexión de las S/E 110/13,8kV es distinto a las existentes de 34,5/13,8 en la zona de Versailles y Matanzas 33, por tanto es imposible que dichos circuitos operen en paralelo, haciéndose necesario afectar al sistema para su interconexión, resultando a su vez imposible la utilización de automática para eliminar tiempos indeseables de interrupciones a los usuarios, y en un caso más crítico, la mayoría de la carga existente en la zona se encuentra aún a 4,16 kV.(véase más detalles en los puntos 2-4)
- 2- Las caídas de tensiones en los finales de circuitos, (fundamentalmente en la zona residencial Versailles alcanzarían el orden del 15,3% si se alimentaran de Matanzas II y un 13,8 % si se alimentaran de Matanzas I, no cumpliendo lo establecido por la NC-365-2015 de tensiones normalizadas que plantea que para la distribución primaria la caída de tensión máxima permisible es un 10 %.
- 3- La carga actual de los dos alimentadores de Versailles es del orden de los 6,12 MW, y las zonas de Matanzas 33 su demanda es igual a 4,58 MW, ambas en el horario pico. Para alimentar desde las S/E de 110/13,8 kV existentes solamente hay posibilidades de suministrarle energía mediante los alimentadores 1452 y 1453 de Matanzas I o mediante el 1501 de Matanzas II, los ya mencionados alimentadores en los momentos actuales alcanzan valores promedios del orden de los 4 MW, y poseen la limitante que la salida de los mismos en la S/E (ambas) fueron construidos con XLP 240,

permitiendo 6 MW de demanda máxima sostenida, pero solamente por un intervalo de no más de 3 horas de acuerdo a las curvas de demanda dadas para este tipo de conductores por las normas de diseño de la *American Society of Electrical Engineers*(ASEE).

- 4- Para solventar las dificultades actuales, teniendo en cuenta la ubicación geográfica de la zona residencial Versailles y Matanzas 33, que se encuentra aislada del resto de la ciudad y que adicionalmente es bordeada por costas por un lado y por el otro es rodeada por el río Yumurí, además de tener una geografía accidentada y que la misma constituye el 85,7 % de la carga a servir estando en los momentos actuales a 4,16 kV , la única posibilidad actual de mejorar el servicio eléctrico, es mediante la construcción de dos S/E de 34,5/13,8, una sería un aumento de capacidad en la S/E Thelman, un aumento de capacidad en Matanzas 33, para proceder a la conversión de tensión en los circuitos 2 y 3 de Matanzas, así como los alimentadores 143 y 147, para posteriormente proceder a la construcción de la ya mencionada S/E de 34,5/13,8 kV en Versailles y retirar entonces las unidades que fueron puestas de carácter provisional en Thelman y Matanzas 33.
- 5- Esa zona es una zona desprotegida del sistema, puesto que actualmente en caso de una avería de las dos unidades de Versailles 34,5/4,16 o de Matanzas 34,5/4,16 dejaría sin servicio eléctrico a una población que asciende al 39,7 % del total de clientes de la ciudad, producto que no hay posibilidades de alimentar o de correr lazos por ningún otro lugar.
- 6- Visto lo planteado en los puntos del 1 al 5 se evaluó la construcción de una subestación 110/13,8 kV que se enlace con las dos existentes y garantice la correcta operación automática de las redes, los niveles de voltaje y pérdidas adecuados.

### **2.2.2 Esquema perspectivo.**

La micro localización de la parcela donde será instalada la futura S/E Versailles se aprecia en la figura 2.1 donde se proporciona detalles de la ubicación geográfica de la zona de análisis.

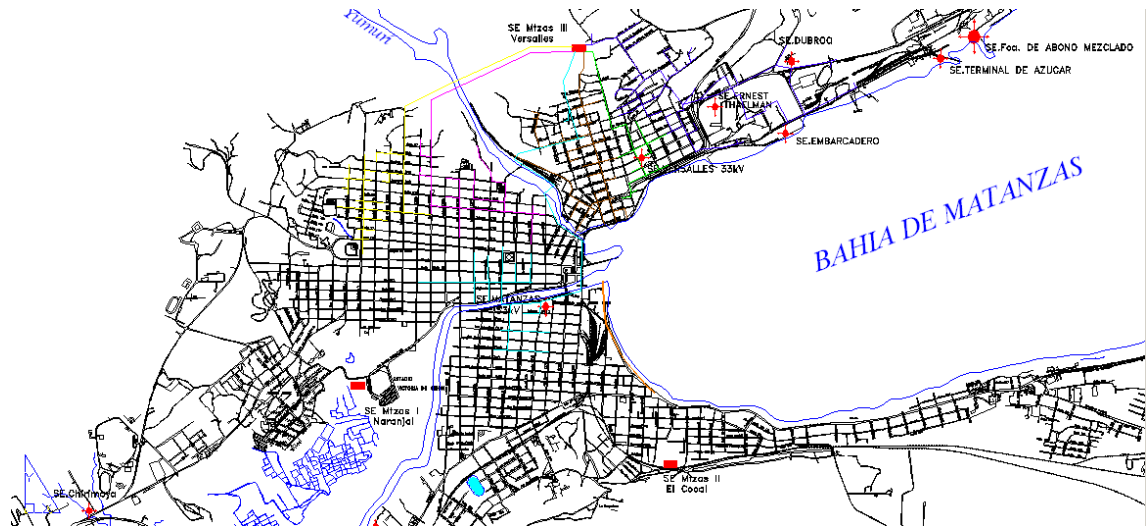


Figura 2.1 Vista aérea de la zona de estudio.

**Fuente:** Comunicación personal con Geocuba

### 2.3 Descripción técnica del proyecto.

Se plantea construir una subestación de 110/13,8 kV con un transformador de 25 MVA en un área micro localizada en la zona de Versalles de la Ciudad de Matanzas con dos interruptores por el lado de alta tensión (entrada-salida desde una de las líneas del doble circuito a 110 kV Planta Martí- Matanzas 220 kV) y con seis salidas a 13,8 kV.

Construcción de 1,2 km de líneas en simple circuito a 110 kV en estructuras *Line Post* y H desde el doble circuito a 110 kV Planta Martí- Matanzas 220 kV hasta la subestación 110/13,8 kV propuesta. Serán construidas un total de seis salidas a 13,8 kV, los cuales alimentaran igual número de circuitos, cuya trazabilidad será dada a continuación:

**Circuito 1:** Baja por la calle San Isidro hasta San Hipólito, busca entonces la calle Santa Cecilia por donde baja hasta el Paseo Martí con diferentes ramales en todo su recorrido. Alimenta cargas muy importantes como son los Hospitales Materno Infantil y el Hospital Provincial.

**Circuito 2:** Baja por toda la calle Navia con ramales hacia ambos lados a buscar Acosta y bajar hasta el Yumurí.

**Circuito 3:** Baja a buscar la calle Vera hasta San Hipólito donde utiliza parte de la línea del 327 caliente a 13,8 kV y sigue por la orilla del Yumurí hasta cruzar el



río a la altura de la calle San Alejandro para buscar la calle Pavía y llegar a Sub Matanzas.

**Circuito 4:** Sube a buscar la calle Pozo y alimenta toda la Cumbre, baja por Jovellanos hasta la calle 29 buscando Glorieta hasta San Hipólito, de calle 29 también baja a buscar el tronco de la línea del 327 (caliente a 13,8 kV) y cruza la Vía Blanca para alimentar el Reparto Dubrocq. De la Intersección con el 327 baja por San Juan de la Cruz a buscar el Paseo Martí y entrar por Zona Franca.

**Circuito 5:** Corre junto al vial norte en proyecto y cruza el Yumurí por el puente previsto muy cerca de la traza del doble circuito de 110 kV Pta. Martí- Matanzas 220 kV para empalmarse con el circuito que sube por la calle Mujica (MI 1452) y alimentar la parte alta de Matanzas hasta cuchillas abiertas en calle Jáuregui.

**Circuito 6:** Al igual que el circuito anterior cruza el puente proyectado pero este va a buscar el ramal que sube por la calle Compostela y alimenta también la parte alta de la ciudad hasta las cuchillas abiertas en calle Jáuregui.

### 2.3.1 Entidades ejecutores del proyecto

El proyecto debido a las políticas actuales de inversiones será asignado a empresas especializadas en cada rama específica requerida. En la tabla 2.3 se resume las actividades que serán contratadas y la entidad ejecutora.

Tabla 2.3 Actividades a ejecutar y entidades ejecutoras

| Actividad a contratar                 | Entidad ejecutora       |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Construcción y movimientos de tierra. | Contingente IV Congreso |
| Montaje transformador                 | ECIE                    |
| Montaje eléctrico                     | Geysel                  |
| Alquiler de servicios de grúas        | Cubiza                  |
| Transportación                        | ETEP                    |
| Acueducto y Alcantarillado            | INRH                    |
| Comunicaciones                        | ETECSA                  |
| Corrientes débiles                    | Copextel Habana         |
| Proyectista                           | INEL                    |
| Suministrador                         | Energoimport            |

### 2.3.2 Compatibilización con la defensa

La compatibilización con los intereses de la defensa, según lo establecido en la ley 75 de la defensa nacional, en el decreto ley 205 del CECM no ha podido ser

solicitada hasta tanto esté la micro localización, ha sido tenido en cuenta además lo estipulado en el decreto ley 327 reglamento del proceso inversionista, decreto 262 del MINFAR y las resoluciones 8 y 23 del EMNDC y MININT respectivamente, [34].

### **2.3.3 Micro localización**

La micro localización le fue efectuada una consulta el día 31-08-2019 a la defensa (FAR) de la zona de posible ubicación, se encuentra actualmente en espera de respuesta de dicho organismo para tramitar entonces su solicitud a IPF, igual manera se solicitó la micro localización de las líneas 110kV que la enlazan al sistema.

### **2.3.4 Premisas para la evaluación técnico-económica y financiera del proyecto.**

Las premisas utilizadas para la evaluación son las siguientes:

1. La evaluación se realizó en CUC, moneda total (CUP+CUC) y USD.
2. Las tasas de actualización utilizadas para el descuento de los flujos de caja son del 10, 12 y 15 %, tenido en cuenta que estos son los valores aplicados por el prestamista actual de la Unión Eléctrica.
3. La evaluación del proyecto abarca un período de 25 años a partir de la puesta en marcha de la S/E Versailles, puesto que el transformador e interruptores poseen una vida útil igual a 30 años, según el acta de garantía emitida por el fabricante.
4. Los ciclos y costos de mantenimiento se mantienen en el mismo orden a los que en la actualidad tienen la UNE para aplicar a S/E de potencia.
5. El precio del combustible diesel se enmarco en 1,0 CUC/litro.
6. Los costos de mantenimiento se toman iguales al 1,5 % del costo del anual, según lo recomendado,[14].
7. El consumo específico neto en distribución del SEN es de 328 g/kWh, acorde a la tasa más actualizada de la UNE, con fecha 01/2020.
8. Para el cálculo del precio promedio ponderado del combustible en el SEN se utilizó el pronóstico de los precios del *Crudo Brent* 2018-2040, dada por el

*International Energy Report AIE, 09-2019 y Short Term Energy Outlook 01-2020.*

9. Las fuentes de ingresos utilizadas para la evaluación y recuperación de la inversión son:

- ✓ Los ahorros de combustibles que se producen en el SEN por la disminución en los consumos de energía.
- ✓ Los ahorros que se generan por la disminución en los costos de mantenimiento en la medida en que se realicen las sustituciones.

## **2.7 Diferentes criterios de selección para alternativas de inversión.**

### **2.7.1 Valor del dinero invertido a través del tiempo.**

El valor del dinero en el tiempo se refleja en la siguiente expresión, [32]:

$$F_F = P \cdot (1 + r)^n \quad (2.1)$$

En la ecuación (2.1) se cumple que:

$F_F$  es el valor futuro de una cantidad presente ( $P$ ) de dinero, en \$.

$r$  es la tasa de interés fijada, fracción.

$n$  es el año para el cual se desea determinar el valor futuro de la cantidad presente.

### **2.7.2 Período de recuperación de la inversión.**

El período de recuperación de la inversión (PRI) se calcula como el momento para el cual el VAN se hace cero, de forma que, [32]:

$$0 = -K_0 + \sum_{n=1}^{PRI} \frac{F_{Cn}}{(1 + D_D)^n} \quad (2.2)$$

Para obtener el valor del PRI, se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

Si se considera el valor del dinero invertido a través del tiempo para una tasa de descuento  $D_D$ , entonces el período de recuperación se conoce como período compuesto de recuperación de la inversión (PRC).

### 2.7.3 Valor actual neto (VAN) y depreciación.

El VAN se obtiene a partir de la siguiente ecuación, [33]:

$$VAN = -K_0 + \sum_{n=1}^n \frac{F_{Cn}}{(1 + D_D)^n} \quad (2.3)$$

En la ecuación (2.3) se cumple que:

–  $K_0$  es la inversión o capital inicial.

$F_{Cn}$  es el flujo de caja en el año n.

$D_D$  es la tasa de descuento real utilizada, fracción.

El flujo de caja de forma general puede ser determinado mediante la siguiente expresión

$$F_{Cn} = (I_n - G_n - Dep) \cdot (1 - T_{im}) + Dep \quad (2.4)$$

En la ecuación (2.4) se cumple que:

$I_n$  son los ingresos en el año n, en \$

$G_n$  son los gastos en el año n, en \$

$T_{im}$  es la tasa de impuestos sobre ganancia, en %

$Dep$  es la depreciación del equipamiento o amortización de la inversión.

La depreciación es el proceso de repartir la inversión inicial en activos fijos, en los períodos donde el uso de dichos activos reporta beneficios a la empresa. Una forma de estimar la depreciación es considerarla con carácter lineal, la cual viene dada por:

$$Dep = K_0 / n \quad (2.5)$$

En la ecuación (2.5) la inversión inicial no se descuenta, pues se considera ejecutada al inicio del período de evaluación. Generalmente se considera en el año cero de análisis.

### 2.7.4 Tasa interna de retorno (TIR).

La TIR es la tasa de interés calculada cuando la ecuación del valor actual neto se iguala a cero. Se aplica generalmente para determinar qué interés máximo se debe aceptar de los créditos propuestos o existentes en el mercado financiero. Se calcula despejando el interés de la siguiente ecuación, [32-33]:

$$0 = \sum_{n=1}^n \frac{F_{Cn}}{(1 + TIR)^n} \quad (2.6)$$

TIR es la tasa interna de retorno, en fracción.

### 2.7.5 Relación Costo - Beneficio (RCB).

Se determina como la relación entre el Valor Presente Neto de los Costos ( $VAN_C$ ) y el Valor Presente Neto de los beneficios (VAN):

$$RCB = VAN_C / VAN \quad (2.7)$$

$VAN_C$  es el costo de ciclo de vida de la instalación.

### 2.7.6 Costo de ciclo de vida.

Para decidir sobre nuevas inversiones, el costo inicial en muchos casos representa una fracción pequeña del costo total a lo largo de la vida útil del sistema. El costo del ciclo de vida (CCV) constituye un método que permite evaluar opciones de conservación de la energía a lo largo de la vida de un equipo o sistema, desde la adquisición, instalación, operación y mantenimiento, hasta el desmontaje y disposición final del mismo. Según lo descrito por el *US. Department of Energy* (DOE), la esencia del método del costo del ciclo de vida radica en llevar a valor presente todos los costos a lo largo de la vida del sistema y sumarlos, o sea, [32-33]:

$$VAN_C = K_0 + \sum_{n=1}^n \frac{F_{Cn}}{(1 + D_D)^n} \quad (2.8)$$

En la ecuación (2.8) se cumple que  $F_{Cn}$  solo incluye costos, que se considerarán positivos, al igual que el costo de la inversión inicial. La mejor alternativa será la que posea el menor CCV.

### 2.7.7 Costo nivelado de la energía.

El costo nivelado de energía (LEC, por sus siglas en idioma inglés) es un indicador de comparación entre sistemas productores de energía de la misma calidad o exergía. La mejor variante es la que tenga un menor valor de LEC en el período de evaluación del sistema.

Varios trabajos señalan al método del DOE como el más empleado en la actualidad, el mismo está definido por, [32-33]:

$$LEC = \left( \sum_{n=1}^n \frac{I_n + M_n + F_n}{(1 + D_D)^{tvi}} \right) / \left( \sum_{n=1}^n \frac{E_{VE}}{(1 + D_D)^{tvi}} \right) \quad (2.9)$$

Donde

$I_n$  son los gastos de inversión en el año  $n$ , en MUSD.

$M_n$  son los gastos de operación y mantención, en kUSD.

$F_n$  son los gastos de combustibles, en kUSD.

$E_{VE}$  son las entradas por venta de electricidad generada, en kUSD.

$tvi$  es el tiempo de vida de la planta, en años.

## **CAPÍTULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del estudio de factibilidad técnico-económico y financiero realizado para la instalación y puesta en marcha de la SE Versailles 110/13,8kv.

### **3.1 Estudio económico-financiero.**

La evaluación económica financiera constituye la etapa del estudio de factibilidad donde se miden en qué magnitud los beneficios obtenidos con la ejecución del proyecto superan los costos y gastos en que se incurren. Los resultados de esta evaluación nos indicarán la rentabilidad del proyecto, así como sus aportes en divisas a la economía nacional. Para llevar a cabo esta evaluación se realizó un cronograma de ejecución de la SE Versailles 110/13,8 kv propuesto desglosado en: fase pre Inversión y ejecutiva quedando sujeto a la entrada de los suministros a nuestro país en la cual se mostrará en la tabla 3.1.

### **3.2 Indicadores económicos.**

Los principales indicadores calculados son los siguientes:

- Costo de inversión
- Costo de operación
- Ingresos o ahorros por concepto de:
  - I. reducción de pérdidas de energía
  - II. ingresos por energía servida para cubrir el crecimiento de la demanda
  - III. reducción costos de operación y mantenimiento

### **3.3 Costo de inversión.**

El costo de inversión se conformó a partir de la oferta de suministro de *CaticSupply* y los valores de construcción y montaje a partir de la experiencia en la construcción de SE similares en la provincia. En la tabla 3.2 se muestra el monto de inversión desglosado por acápite.

Los gastos por imprevistos se estimaron como un 10 % del monto total y ascienden a 143 290 CUP de ellos, 167 281 CUC y 130 936 USD de importación. El alcance de la inversión para el año 2021 comprende la ejecución de 1,2 km de línea a 110 kV.

Tabla 3.1 Cronograma ejecución de la línea y la SE 110/13,8 kV Versailles.

| <b>Cronograma de ejecución civil subestación 2020-2021</b> |                 |
|--|-----------------|
| <b>Actividad</b>   | <b>Fecha</b>    |
| Proyectos ejecutivos                                       | jul-19 - nov-19 |
| Movimiento de tierra                                       | ene - feb       |
| Base del transformador                                     | mar             |
| Cimentación del patio                                      | abr - may       |
| Casa de control  | may             |
| Viales   | jun             |
| Garita   | jun             |
| Tanque séptico   | jul             |
| Terminación del campo                                      | jul             |
| Cercado y áreas verdes                                     | ago             |
| <b>Obras de la defensa</b>                                 | <b>ago</b>      |
| <b>Cronograma de montaje y puesta en marcha SE 2021</b>    |                 |
| Portales   | sep             |
| Parte primaria   | sep - nov       |
| Parte secundaria   | sep - nov       |
| <b>Puesta en marcha</b>                                    | <b>dic</b>      |
| <b>Cronograma construcción de línea 2021</b>               |                 |
| Tala y poda de árboles                                     | 21 ene - 21 feb |
| Traslado de materiales                                     | 21 ene - 13 may |
| Excavación   | 25 feb - 25 abr |
| Arbolamiento de estructuras y erigir postes                | 26 abr - 26 jun |
| Riego, levante y tensión de conductores                    | 27 jun - 30 sep |
| <b>Corregir defectos línea y dejar lista para calentar</b> | <b>oct</b>      |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2 Desglose del valor de la Inversión

| PARTIDAS A VALORAR               | SUBESTACION 110-13,8 kV Versailles |                    |                    |                    | 2020             |                  |                  |                 | 2021               |                    |                    |                    |
|----------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                  | Moneda Total                       | MN                 | CUC                | Importación USD    | Moneda Total     | MN               | CUC              | Importación USD | Moneda Total       | MN                 | CUC                | Importación USD    |
| EQUIPOS                          | \$1.550.498                        | \$201.489          | \$1.343.259        | \$1.267.226        | \$0              | \$0              | \$0              | \$0             | \$1.544.748        | \$201.489          | \$1.343.259        | \$1.267.226        |
| CONSTRUCCION Y MONTAJE           | \$1.269.561                        | \$983.477          | \$286.084          | \$76.242           | \$24.985         | \$4.421          | \$20.564         | \$15.284        | \$1.244.575        | \$979.056          | \$265.519          | \$60.958           |
| Línea 110 kV Versailles (1,2 km) | \$45.726                           | \$8.442            | \$37.284           | \$34.110           | \$24.985         | \$4.421          | \$20.564         | \$15.284        | \$20.741           | \$4.021            | \$16.720           | \$18.826           |
| OTROS                            | \$869.166                          | \$399.671          | \$469.495          | \$339.862          | \$339.583        | \$97.769         | \$241.814        | \$0             | \$523.833          | \$301.152          | \$222.681          | \$339.862          |
| Otros gastos de importación      | \$221.462                          | \$0                | \$221.462          | \$208.926          | \$0              | \$0              | \$0              | \$0             | \$221.462          | \$0                | \$221.462          | \$208.926          |
| Otros                            | \$647.705                          | \$399.671          | \$248.033          | \$130.936          | \$339.583        | \$97.769         | \$241.814        | \$0             | \$302.371          | \$301.152          | \$1.219            | \$130.936          |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>\$3.689.226</b>                 | <b>\$1.584.637</b> | <b>\$2.098.838</b> | <b>\$1.683.331</b> | <b>\$364.569</b> | <b>\$102.190</b> | <b>\$262.379</b> | <b>\$15.284</b> | <b>\$3.313.157</b> | <b>\$1.481.697</b> | <b>\$1.831.460</b> | <b>\$1.668.046</b> |

Fuente: Elaboración propia



La nueva SE propuesta al ser tele comandada, implica una reducción de la fuerza de trabajo necesaria para su operación, por lo que no constituye un incremento de gastos por concepto de salario.

### **3.4 Costos de Operación y Mantenimiento.**

El costo de operación y mantenimiento asociado a las subestaciones se considera que es aproximadamente el 1,5% del valor de inversión de las SE, el cual varía en función de la carga anual. Por este concepto se obtiene un ahorro por operación y mantenimiento, ya que si no se ejecuta la inversión el costo promedio anual es del 3% del valor de la SE existente.

### **3.5 Ingresos o Ahorros del proyecto.**

Para evaluar la factibilidad del proyecto se calcularon los ahorros que se originan por concepto de combustible, al reducir las pérdidas de distribución. Para ello se partió de la estructura de generación del SEN, y a su vez previendo para el caso de la nueva subestación una reducción de las pérdidas de distribución de 2,2 % a 1,6 %.

Los ahorros por concepto de combustible se calcularon al costo promedio de combustible en el SEN, considerando los precios del diesel a 940,1 CUC/ton, el fuel oíl a 743,2 CUC/ton y el crudo nacional a 491,1 CUC/ton. El costo promedio del kWh es de 174,4 CUC/MWh sin considerar las pérdidas de transmisión, considerando las pérdidas el costo asciende a 185,5 CUC/MWh.

Al mismo tiempo se calcularon los ahorros por concepto de reaprovechamiento de equipos que se encontraban instalados y en servicio todavía con valor de uso, es el caso de tres transformadores de SE y siete interruptores NULEC serie N, para más detalles acerca de estos equipos y su valor de uso véase la tabla 3.3.

Se calcula el incremento de la venta de energía a partir del incremento anual de la demanda. Se consultó con el departamento comercial y este significó que en la zona estudiada se comercializa aproximadamente el 15 % de la energía en divisas y el resto en moneda nacional.

La tarifa para la venta de energía en moneda nacional se estimó a partir de la tarifa promedio que se les aplica actualmente a los consumidores de 129,4 CUP/MWh y se estimó que la tarifa en divisas es 204,1 CUC/MWh.

Tabla 3.3 Valor de uso de los equipos recuperados con la inversión.

| Componente                           | Cantidad | Valor de uso en CUP | Valor de uso en CUC | Valor de uso en USD |
|--------------------------------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Transformador 34,5/13,8<br>1 600 kVA | 1        | 6 515,9             | 15 203,1            | 21 718,0            |
| Transformador 34,5/13,8<br>1 000 kVA | 1        | 12 410,1            | 20 250,7            | 32 660,8            |
| Nulec serie N                        | 7        | 45 983,9            | 7 357,3             | 53 341,4            |
| Transformador 34,5/4,16<br>2 500 kVA | 1        | 23 479,8            | 26 470,5            | 49 950,3            |
| TOTAL                                | -----    | 88 389,7            | 69 281,6            | 157 670,5           |

### 3.6 Flujo de caja del proyecto sin financiamiento.

Para determinar la factibilidad económica del proyecto, y una vez calculado los indicadores económicos, se conformaron los flujos de ingresos y egresos en divisas y en moneda total.

La evaluación económica del proyecto desde el ángulo de la economía de la empresa, analiza la rentabilidad del proyecto de inversión en sí mismo, excluyendo las fuentes de financiamiento.

Los criterios de evaluación utilizados son:

- Valor actualizado neto (VAN).
- Tasa Interna de retorno (TIR).
- Período de recuperación

El período de evaluación calculado es de 15 años. Los resultados alcanzados se muestran en forma de resumen en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resultados del proyecto en CUC y CUP (sin financiamiento).

| Indicadores          |     | MCUC    | Indicadores          |     | MCUP    |
|----------------------|-----|---------|----------------------|-----|---------|
| VAN                  | 10% | 1 539,1 | VAN                  | 10% | 2 177,2 |
|                      | 12% | 1 108,3 |                      | 12% | 1 534,5 |
|                      | 15% | 609,4   |                      | 15% | 781,4   |
| TIR                  |     | 20,56%  | TIR                  |     | 19,41%  |
| Período recuperación |     | 8,7     | Período recuperación |     | 8,5     |

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados muestran que el proyecto es viable tanto en divisas como en moneda total al obtener ahorros sobre el capital invertido de 1 539,1 MCUC y

de 2 177,2 MCUP y un rendimiento del 20,56 % en divisas y del 19,41 % en moneda total, lo que permite que la recuperación en CUC y en CUP sea en 8,7 y 8,6 años respectivamente.

### 3.7 Flujo del proyecto con financiamiento.

Para evaluar financieramente el proyecto se cuenta con un crédito comercial otorgado por el suministrador del equipamiento. En la tabla 3.5 y 3.6 son detallados la estructura del financiamiento y los términos y condiciones del financiamiento respectivamente.

Tabla 3.5 Estructura del financiamiento

| Monto de inversión total                 | 2020    | 2021      | Total     |      |
|--|---------|-----------|-----------|------|
| Monto de inversión total (MCUP)          | \$378,9 | \$3 319,8 | \$3 698,7 |      |
| Monto en MCUC                            | \$266,9 | \$1 837,0 | \$2 104,0 |      |
| Monto en moneda nacional (MCUP)          | \$112,0 | \$1 482,8 | \$1 594,8 |      |
|  | 2020    |           | 2021      |      |
| Estructura del financiamiento            | CUC     | CUP       | CUC       | CUP  |
| Préstamo                                 | 6%      | 0%        | 91%       | 0%   |
| Efectivo a través financiamiento central | 94%     | 100%      | 9%        | 100% |

**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 3.6 Términos y condiciones del financiamiento.

| Condiciones de financiamiento            | 2020     |         | 2021      |           |
|--|----------|---------|-----------|-----------|
|  | MCUC     | MCUP    | MCUC      | MCUP      |
| Monto de Inversión total (miles)         | \$266,9  | \$112,0 | \$1 837,0 | \$1 482,8 |
| Crédito comercial                        | \$15,3   | \$0,0   | \$1 668,0 |           |
| Efectivo a través financiamiento central | \$251,7  | \$112,0 | \$169,0   | \$1 482,8 |
| Período reembolso                        | 12 meses |         | 12 meses  |           |
| Tasa de interés anual                    | 5,5%     |         | 5,5%      |           |
| Período de gracia                        | 12 meses |         | 12 meses  |           |

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.8 Forma de pago del crédito comercial.

Se prevé el pago mediante carta de crédito irrevocable no confirmada abierta por el Banco Nacional de Cuba al suministrador y pagadera a los trescientos sesenta días (360 días) posteriores a la fecha del conocimiento de embarque con un cinco punto cinco por ciento (5,5 %) de interés anual sobre la base de 360 días.

Los resultados alcanzados para la variante en la cual se cuenta con financiamiento externo son brindados en la tabla 3.7. El proyecto a partir del financiamiento en divisas mejora los resultados con un rendimiento del 23,4 % en divisas y 20,8 % en moneda total, y ahorros por 1 608,7 MCUC y 2 255,1MCUP en el período evaluado.

Tabla 3.7 Resultados del proyecto en CUC y CUP (con financiamiento).

| Indicadores          |     | MCUC    | Indicadores          |     | MCUP    |
|----------------------|-----|---------|----------------------|-----|---------|
| VAN                  | 10% | 1 608,7 | VAN                  | 10% | 2 255,1 |
|                      | 12% | 1 203,6 |                      | 12% | 1 637,1 |
|                      | 15% | 739,6   |                      | 15% | 917,9   |
| TIR                  |     | 23,44%  | TIR                  |     | 20,84%  |
| Período recuperación |     | 8,6     | Período recuperación |     | 8,0     |

**Fuente:** Elaboración propia

### **Análisis del flujo de caja en USD para balance externo**

A partir de las entradas y salidas de efectivo que genera el proyecto se conformó el flujo de caja externo.

#### **Entradas**

Crédito externo: El crédito chino que cubre los niveles de importación, en el 2020 y 2021.

Ahorros del proyecto: Incluye el 25% de los ahorros que se generan por concepto de:

- Combustible por reducción de las pérdidas
- Operación y mantenimiento. En este caso se estima que el 80% de los costos de operación y mantenimiento son importados.

- La recuperación de activos fijos con valor de uso que pueden continuar su servicio en otros puntos de la provincia donde así sea requerido.

### Salidas

Importación: El monto de importación por concepto de suministros de equipos, y otros gastos en asistencia técnica, ingeniería, y pago de inspección de Cubacontrol.

Pago de la deuda: Son las salidas asociadas al reembolso del principal (1 852 MUSD) y los intereses (93 MUSD).

Los resultados alcanzados en el flujo de caja con financiamiento externo son mostrados en la tabla 3.8.

En los anexos son mostrados cada uno de los acápites obligatorios establecidos en el reglamento inversionista vigente en la actualidad, (Ley 327/2015), [34].

Tabla 3.8 Principales resultados del flujo de caja con financiamiento externo.

| FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO EN (MUSD)              | 0     | 1         | 2        | 3        | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|---|-------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | 2021  | 2022      | 2023     | 2024     | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   | 2031   | 2032  | 2033  | 2034  | 2035  | 2036  |
| ENTRADAS  | \$173 | \$1.784   | \$128    | \$153    | \$182  | \$213  | \$248  | \$287  | \$327  | \$374  | \$425  | \$482 | \$544 | \$611 | \$685 | \$764 |
| Crédito (Externo)                                 | \$15  | \$1.668   |          |          |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| Ahorro de Comb.por reducción de pérdidas          | \$0   | \$116     | \$128    | \$153    | \$182  | \$213  | \$248  | \$287  | \$327  | \$374  | \$425  | \$482 | \$544 | \$611 | \$685 | \$764 |
| valor de uso de equipos recuperados (S/E y nulec) | \$158 |           |          |          |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| SALIDAS   | \$15  | \$1.853   | \$1.760  | \$0      | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0   | \$0   | \$0   | \$0   | \$0   |
| Costo de Inversión (Importaciones)                | \$15  | \$1.837,0 |          |          |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| Pago de la deuda                                  |       |           |          |          |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| Intereses   | \$0   | \$1       | \$92     | \$0      | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0   | \$0   | \$0   | \$0   | \$0   |
| Pago Principal                                    | \$0   | \$15      | \$1.668  | \$0      | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0    | \$0   | \$0   | \$0   | \$0   | \$0   |
| Saldo   | \$158 | -\$69     | -\$1.632 | \$153    | \$182  | \$213  | \$248  | \$287  | \$327  | \$374  | \$425  | \$482 | \$544 | \$611 | \$685 | \$764 |
| Saldo acumulado y actualizado (12%)               | \$158 | \$96      | -\$1.205 | -\$1.096 | -\$980 | -\$859 | -\$733 | -\$603 | -\$471 | -\$337 | -\$200 | -\$61 | \$78  | \$218 | \$359 | \$498 |
| Período Recup Descontado                          | -     | -         | -        | -        | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -     | 11,86 | -     | -     | -     |
| VAN 12 %  | 498   | MUSD      |          |          |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| TIR   | 7,6%  |           |          |          |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| PERÍODO RECUP.DESCONTADO                          | 11,9  | Años      |          |          |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |

Fuente: Elaboración propia

### 3.9 Análisis de sensibilidad

Para cubrir el grado de incertidumbre de la etapa de estudio, se realizó un análisis de sensibilidad, variando aquellos parámetros que pudieran ser más sensibles y pudieran influir en los resultados del mismo. Estos parámetros son:

- Precio crudo
- Precio fuel oil

- Precio diesel
- Costo de mantenimiento
- % pérdidas actual
- % pérdidas futuras
- Incremento demanda hasta 2021
- Incremento demanda del 2021-2036

Los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad se muestran en la tabla 3.9 de acuerdo a lo estipulado en el anexo 9 de la metodología del MEP

Tabla 3.9 Resultados del análisis de sensibilidad

| <b>Parámetros básico (en miles):</b>    |         |          |          |          |          |          |            |
|---|---------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| Costos de Inversión                     | 3698,7  |          |          |          |          |          |            |
| Para el año:                            | 2032    |          |          |          |          |          |            |
| Ingresos                                | 4362    |          |          |          |          |          |            |
| Costos de operación                     | 0,0     |          |          |          |          |          |            |
| <b>Variación del parámetro (%):</b>     | -20     | -10      | -5       | 0        | 5        | 10       | 20         |
| Costos de inversión                     | 3698,7  | 3698,7   | 3698,7   | 3698,7   | 3698,7   | 3698,7   | 3698,7     |
| Ingresos                                | 3707,6  | 3925,7   | 4143,8   | 4361,9   | 4579,9   | 4798,0   | 5234,2     |
| Costos de operación                     | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0        |
| <b>Sensibilidad del VAN (en miles):</b> | \$8,05  | \$206,32 | \$404,59 | \$602,85 | \$801,12 | \$999,38 | \$1.395,92 |
| Costos de Inversión                     | -3698,7 | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7    |
| Ingresos                                | 3707,6  | 3925,7   | 4143,8   | 4361,9   | 4579,9   | 4798,0   | 5234,2     |
| Costos de Operación                     | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0        |
| <b>Sensibilidad de la TIR (%):</b>      | 0%      | 6%       | 12%      | 18%      | 24%      | 30%      | 42%        |
| Costos de inversión                     | -3698,7 | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7  | -3698,7    |
| Ingresos                                | 3707,6  | 3925,7   | 4143,8   | 4361,9   | 4579,9   | 4798,0   | 5234,2     |
| Costos de Operación                     | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0        |

**Fuente:** Elaboración propia

El análisis realizado a los diferentes parámetros del proyecto, muestran que los más sensibles son el precio de los combustibles y de la tarifa eléctrica. En el caso extremo de que bajaran un 20 % las pérdidas y los precios de la tarifa eléctrica, el proyecto deteriora sus indicadores pero sigue siendo viable. No obstante, debe destacarse que en las condiciones actuales resulta poco probable que esto ocurra, ya que la tendencia de los precios de los combustibles es creciente, y la tarifa de eléctrica es subsidiada pro el estado, lo que quiere decir esto que su costo es constante.

## Conclusiones

1. La puesta en funcionamiento de la SE 110/13,8 kV Versailles establece una mejora tecnológica que conlleva a una mejor calidad en el servicio y reduce las pérdidas por concepto de distribución de energía eléctrica, mejora los índices de interrupciones, aumentando a la vez la confiabilidad del servicio, al permitir el enlace entre las SE 110/13,8 existentes en la ciudad.
2. El proyecto de construcción de la SE 110/13,8 kV Versailles es técnica, económica y financieramente viable, al garantizar la confiabilidad del servicio eléctrico en la zona y generar ahorros durante el período evaluado que superan los 1 608 MCUC con un rendimiento sobre la inversión de un 23,4 % y un período de recuperación de la inversión de 8,6 años acorde a inversiones de infraestructura eléctrica.
3. El proyecto garantiza un flujo favorable para el país, dado que propicia una recuperación de la inversión de 11,8 años con ahorros superiores a los 498 MUSD al término del periodo de evaluación establecido en 15 años.

## **Recomendaciones**

1. Por la importancia del proyecto en la disminución de índice de interrupciones en la ciudad de Matanzas, la operatividad de los sistemas de distribución en la misma y las facilidades brindadas, así como la imposibilidad de otra variante de solución y el encarecimiento de otras alternativas, se recomienda que sea sometido el presente estudio a la consideración de las partes pertinentes, con el objetivo de su aprobación.



## ANEXOS

### Anexo 1: Calculo de los ahorros e ingresos del proyecto

| Años de implementacion   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | 16        |         |
|--|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| SIN INVERSION  | 2021     | 2022     | 2023     | 2024     | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030      | 2031      | 2032      | 2033      | 2034      | 2035      | 2036      |         |
| Tiempo de Trabajo (hrs)  | 8760     |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |
| Pronóstico en MW   | 11,58    | 11,70    | 11,82    | 12,46    | 13,12     | 13,73     | 14,35     | 14,96     | 15,50     | 16,11     | 16,72     | 17,33     | 17,94     | 18,55     | 19,16     | 19,76     |         |
| Energía servida (MWh/año)  | 91188,50 | 92147,00 | 93068,47 | 98130,01 | 103299,72 | 108131,60 | 112979,24 | 117811,13 | 122083,92 | 126876,43 | 131668,95 | 136461,46 | 141253,98 | 146046,49 | 150839,01 | 155631,52 |         |
| % Pérdidas energía ( sin invers.)                                | 2,23     | 2,30     | 2,38     | 2,56     | 2,76      | 2,95      | 3,15      | 3,36      | 3,56      | 3,78      | 4,01      | 4,24      | 4,49      | 4,74      | 5,01      | 5,28      |         |
| Pérdidas energía (MWh/año)                                       | 2034,65  | 2123,42  | 2213,81  | 2515,36  | 2848,77   | 3190,26   | 3559,43   | 3955,65   | 4341,34   | 4792,15   | 5274,69   | 5790,45   | 6340,97   | 6927,85   | 7552,76   | 8217,42   |         |
| Costo de las Pérdidas (CUC/MWh)                                  | \$185,57 | \$394,0  | \$410,8  | \$466,8  | \$528,6   | \$592,0   | \$660,5   | \$734,0   | \$805,6   | \$889,3   | \$978,8   | \$1.074,5 | \$1.176,7 | \$1.285,6 | \$1.401,5 | \$1.524,9 |         |
| Costos de operación-mtto (3 % inv.) MCUC                         | 3,0%     |          | \$38,5   | \$38,8   | \$41,0    | \$43,1    | \$45,1    | \$47,2    | \$49,2    | \$51,0    | \$53,0    | \$55,0    | \$57,0    | \$59,0    | \$61,0    | \$63,0    | \$65,0  |
| CON INVERSION  | 2021     | 2022     | 2023     | 2024     | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030      | 2031      | 2032      | 2033      | 2034      | 2035      | 2036      |         |
| Energía servida (MWh/año)  | 92100,38 | 93068,47 | 93999,16 | 99111,31 | 104332,71 | 109212,92 | 114109,03 | 118989,24 | 123304,76 | 128145,20 | 132985,64 | 137826,08 | 142666,52 | 147506,96 | 152347,40 | 157187,84 |         |
| % Reducción de pérdidas  | 0,00     | 0,63     | 0,69     | 0,78     | 0,88      | 0,98      | 1,10      | 1,22      | 1,34      | 1,47      | 1,61      | 1,76      | 1,92      | 2,09      | 2,26      | 2,45      |         |
| % Pérdidas de energía  | 1,64     | 1,66     | 1,68     | 1,77     | 1,86      | 1,95      | 2,03      | 2,12      | 2,20      | 2,28      | 2,37      | 2,46      | 2,54      | 2,63      | 2,72      | 2,80      |         |
| Pérdidas energía (MWh/año)                                       | 1512     | 1543,97  | 1575,00  | 1750,97  | 1940,32   | 2126,08   | 2320,98   | 2523,75   | 2710,13   | 2927,08   | 3152,39   | 3386,05   | 3628,06   | 3878,42   | 4137,14   | 4404,21   |         |
| Reducción de pérdidas (MWh/a)                                    |          | 579      | 639      | 764      | 908       | 1064      | 1238      | 1432      | 1631      | 1865      | 2122      | 2404      | 2713      | 3049      | 3416      | 3813      |         |
| Ahorro de Combustible (MCUC/MWh)                                 | \$185,57 | \$0,0    | \$107,5  | \$118,5  | \$141,8   | \$168,6   | \$197,5   | \$229,8   | \$265,7   | \$302,7   | \$346,1   | \$393,8   | \$446,2   | \$503,4   | \$565,9   | \$633,8   | \$707,6 |
| Ahorro de Oper. y Mtto (MCUC)                                    | 1,5%     |          |          | \$19,4   | \$20,5    | \$21,6    | \$22,6    | \$23,6    | \$24,6    | \$25,5    | \$26,5    | \$27,5    | \$28,5    | \$29,5    | \$30,5    | \$31,5    | \$32,5  |
| Ahorro de combustible por no entrada de grupos emergentes (MCUC) |          |          | \$0,3    | \$0,3    | \$0,4     | \$0,4     | \$0,5     | \$0,6     | \$0,7     | \$0,7     | \$0,9     | \$1,0     | \$1,1     | \$1,2     | \$1,4     | \$1,5     | \$0,0   |
| Ahorro total   | \$0,0    | \$107,8  | \$138,3  | \$162,7  | \$190,6   | \$220,5   | \$254,0   | \$291,0   | \$328,9   | \$373,4   | \$422,3   | \$475,7   | \$534,1   | \$597,7   | \$666,8   | \$740,1   |         |
| Venta de energía   | 2021     | 2022     | 2023     | 2024     | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030      | 2031      | 2032      | 2033      | 2034      | 2035      | 2036      |         |
| Pronóstico de Crecimiento de la Demanda (MW)                     | 0,00     | 0,12     | 0,12     | 0,64     | 0,66      | 0,61      | 0,62      | 0,61      | 0,54      | 0,61      | 0,61      | 0,61      | 0,61      | 0,61      | 0,61      | 0,61      |         |
| Energía servida para cubrir el crecimiento de la demanda MWh/a   |          | 1066     | 1025     | 5631     | 5751      | 5375      | 5393      | 5375      | 4753      | 5331      | 5331      | 5331      | 5331      | 5331      | 5331      | 5331      |         |
| de ello: Energía pronosticada a vender en MLC (MWh/a)            | 0        | 160      | 154      | 845      | 863       | 806       | 809       | 806       | 713       | 800       | 800       | 800       | 800       | 800       | 800       | 800       |         |
| Ingresos por venta de energía en MCUC                            | \$204,12 | \$0,0    | \$32,6   | \$31,4   | \$172,4   | \$176,1   | \$164,6   | \$165,1   | \$164,6   | \$145,5   | \$163,2   | \$163,2   | \$163,2   | \$163,2   | \$163,2   | \$163,2   |         |
| Ingresos por venta de energía en MCUP                            | \$129,40 | \$0,0    | \$117,3  | \$112,7  | \$619,3   | \$632,5   | \$591,2   | \$593,1   | \$591,2   | \$522,8   | \$586,4   | \$586,4   | \$586,4   | \$586,4   | \$586,4   | \$586,4   |         |

## Anexo 2: Estado de resultados en divisas y moneda total

### ESTADO DE RESULTADOS EN DIVISAS (MCUC)

|   | 0     | 1      | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      |
|---|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | 2021  | 2022   | 2023    | 2024    | 2025    | 2026    | 2027    | 2028    | 2029    | 2030    | 2031    | 2032    | 2033    | 2034    | 2035    | 2036    | 2037    |
| Ahorro de Comb.por reducción de pérdidas de energía                   |       | \$0,0  | \$107,5 | \$118,5 | \$141,8 | \$168,6 | \$197,5 | \$229,8 | \$265,7 | \$302,7 | \$346,1 | \$393,8 | \$446,2 | \$503,4 | \$565,9 | \$633,8 | \$707,6 |
| Ingresos por Energía servida para cubrir el crecimiento de la demanda |       | \$0,0  | \$32,6  | \$31,4  | \$172,4 | \$176,1 | \$164,6 | \$165,1 | \$164,6 | \$145,5 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 |
| Ahorro por dism. operación y mantenimiento                            |       | \$0,0  | \$0,0   | \$38,5  | \$38,8  | \$41,0  | \$43,1  | \$45,1  | \$47,2  | \$49,2  | \$51,0  | \$53,0  | \$55,0  | \$57,0  | \$59,0  | \$61,0  | \$63,0  |
| Ahorro de combustible por no entrada de grupos emergentes (MCUC)      |       | \$0,0  | \$0,3   | \$0,3   | \$0,4   | \$0,4   | \$0,5   | \$0,6   | \$0,7   | \$0,7   | \$0,9   | \$1,0   | \$1,1   | \$1,2   | \$1,4   | \$1,5   | \$13,2  |
| valor de uso de equipos recuperados(S/E y nulec)                      |       | \$69,3 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <b>Total de ingresos</b>  | \$0,0 | \$69,3 | \$140,4 | \$188,7 | \$353,5 | \$386,1 | \$405,7 | \$440,6 | \$478,1 | \$498,2 | \$561,1 | \$611,0 | \$665,5 | \$724,8 | \$789,4 | \$859,6 | \$947,0 |
| Costo de operación  |       | \$0,0  | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   |
| <b>Utilidades en Operación</b>  | \$0,0 | \$69,3 | \$140,4 | \$188,7 | \$353,5 | \$386,1 | \$405,7 | \$440,6 | \$478,1 | \$498,2 | \$561,1 | \$611,0 | \$665,5 | \$724,8 | \$789,4 | \$859,6 | \$947,0 |
| Depreciación y amortización   | \$0,0 | \$0,0  | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   |
| <b>Utilidades antes de Dep. y Impuestos</b>                           | \$0,0 | \$69,3 | \$140,4 | \$188,7 | \$353,5 | \$386,1 | \$405,7 | \$440,6 | \$478,1 | \$498,2 | \$561,1 | \$611,0 | \$665,5 | \$724,8 | \$789,4 | \$859,6 | \$947,0 |
| Costos financieros  | \$0,0 | \$0,8  | \$0,0   | \$0,8   | \$91,7  | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   |
| Reserva para Contingencias  |       | \$3,4  | \$7,0   | \$9,4   | \$13,1  | \$19,3  | \$20,3  | \$22,0  | \$10,4  | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   |
| <b>Utilidad Imponible</b>   | \$0,0 | \$65,0 | \$133,4 | \$178,5 | \$248,6 | \$366,7 | \$385,4 | \$418,6 | \$467,7 | \$498,2 | \$561,1 | \$611,0 | \$665,5 | \$724,8 | \$789,4 | \$859,6 | \$947,0 |
| Impuestos sobre utilidades  | \$0,0 | \$0,0  | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$1,0   | \$2,0   |
| <b>Utilidad Neta</b>  | \$0,0 | \$65,0 | \$133,4 | \$178,5 | \$248,6 | \$366,7 | \$385,4 | \$418,6 | \$467,7 | \$498,2 | \$561,1 | \$611,0 | \$665,5 | \$724,8 | \$789,4 | \$858,6 | \$945,0 |

### ESTADO DE RESULTADOS EN MONEDA TOTAL (MCUP)

|   | 0     | 1      | 1       | 2       | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        |
|---|-------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | 2021  | 2022   | 2023    | 2024    | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030      | 2031      | 2032      | 2033      | 2034      | 2035      | 2036      | 2037      |
| Ahorro de Comb.por reducción de pérdidas de energía                   |       | \$0,0  | \$107,5 | \$118,5 | \$141,8   | \$168,6   | \$197,5   | \$229,8   | \$265,7   | \$302,7   | \$346,1   | \$393,8   | \$446,2   | \$503,4   | \$565,9   | \$633,8   | \$707,6   |
| Ingresos por Energía servida para cubrir el crecimiento de la demanda |       | \$0,0  | \$0,0   | \$144,1 | \$791,7   | \$808,6   | \$755,8   | \$758,3   | \$755,8   | \$668,3   | \$749,6   | \$749,6   | \$749,6   | \$749,6   | \$749,6   | \$749,6   | \$749,6   |
| Ahorro por dism. operación y mantenimiento                            |       | \$0,0  | \$0,0   | \$68,2  | \$71,9    | \$75,7    | \$79,2    | \$82,8    | \$86,3    | \$89,4    | \$92,9    | \$96,5    | \$100,0   | \$103,5   | \$107,0   | \$110,5   | \$114,0   |
| valor de uso de equipos recuperados(S/E y nulec)                      |       | \$88,4 |         |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Total de ingresos</b>  | \$0,0 | \$88,4 | \$107,8 | \$331,2 | \$1.005,8 | \$1.053,3 | \$1.033,0 | \$1.071,4 | \$1.108,5 | \$1.061,2 | \$1.189,5 | \$1.240,9 | \$1.296,9 | \$1.357,8 | \$1.423,9 | \$1.495,5 | \$1.584,5 |
| Costo de operación  |       | \$0,0  | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     |
| <b>Utilidades en Operación</b>  | \$0,0 | \$88,4 | \$107,8 | \$331,2 | \$1.005,8 | \$1.053,3 | \$1.033,0 | \$1.071,4 | \$1.108,5 | \$1.061,2 | \$1.189,5 | \$1.240,9 | \$1.296,9 | \$1.357,8 | \$1.423,9 | \$1.495,5 | \$1.584,5 |
| Depreciación y amortización   | \$0,0 | \$0,0  | \$307,4 | \$307,4 | \$307,4   | \$307,4   | \$236,8   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   | \$130,9   |
| <b>Utilidades antes de Dep. y Impuestos</b>                           | \$0,0 | \$88,4 | \$107,8 | \$23,8  | \$698,4   | \$745,9   | \$796,2   | \$940,5   | \$977,6   | \$930,3   | \$1.058,6 | \$1.110,0 | \$1.166,0 | \$1.226,9 | \$1.293,0 | \$1.364,6 | \$1.453,6 |
| Costos financieros  |       | \$0,0  |         | \$0,8   | \$91,7    | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     |
| Reserva para Contingencias  |       | \$4,4  | \$5,4   | \$1,1   | \$30,3    | \$37,3    | \$39,8    | \$47,0    | \$19,0    | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     |
| <b>Utilidad Imponible</b>   | \$0,0 | \$84,0 | \$102,4 | \$21,8  | \$576,4   | \$708,6   | \$756,4   | \$893,5   | \$958,5   | \$930,3   | \$1.058,6 | \$1.110,0 | \$1.166,0 | \$1.226,9 | \$1.293,0 | \$1.364,6 | \$1.453,6 |
| Impuestos sobre utilidades  | \$0,0 | \$25,2 | \$30,7  | \$6,5   | \$172,9   | \$212,6   | \$226,9   | \$268,0   | \$287,6   | \$279,1   | \$317,6   | \$333,0   | \$349,8   | \$368,1   | \$387,9   | \$409,4   | \$436,1   |
| <b>Utilidad Neta</b>  | \$0,0 | \$58,8 | \$71,7  | \$15,3  | \$403,4   | \$496,0   | \$529,5   | \$625,4   | \$671,0   | \$651,2   | \$741,0   | \$777,0   | \$816,2   | \$858,8   | \$905,1   | \$955,2   | \$1.017,5 |

### Anexo 3: Flujo de caja en divisas y moneda total.

| FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO CUC                     | 0             | 1            | 2            | 3            | 4            | 5           | 6           | 7           | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | 13          | 14          | 15          |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|  | 2021          | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | 2026        | 2027        | 2028        | 2029       | 2030       | 2031       | 2032       | 2033       | 2034        | 2035        | 2036        |
| UTILIDAD NETA                                      | 0             | 133          | 179          | 340          | 367          | 385         | 419         | 468         | 498        | 561        | 611        | 665        | 725        | 789         | 859         | 945         |
| Depreciación y amortización                        | 0             | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           |
| Reserva para Contingencias                         |               | 3,4          | 9,4          | 13,1         | 19,3         | 20,3        | 22,0        | 10,4        | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| Incrementos en los Activos Fijos                   | -266,9        | -1837        |              |              |              |             |             |             |            |            |            |            |            |             |             |             |
| Otros activos (Valor de uso de equipos recuperado) | 69,3          |              |              |              |              |             |             |             |            |            |            |            |            |             |             |             |
| Préstamos a largo plazo                            |               |              |              |              |              |             |             |             |            |            |            |            |            |             |             |             |
| <b>BENEFICIOS NETOS</b>                            | <b>-197,7</b> | <b>-1700</b> | <b>189</b>   | <b>353</b>   | <b>386</b>   | <b>406</b>  | <b>441</b>  | <b>478</b>  | <b>498</b> | <b>561</b> | <b>611</b> | <b>665</b> | <b>725</b> | <b>789</b>  | <b>859</b>  | <b>945</b>  |
| <b>BENEFICIOS NETOS ACT. ACUM.</b>                 | <b>-197,7</b> | <b>-1743</b> | <b>-1587</b> | <b>-1322</b> | <b>-1058</b> | <b>-806</b> | <b>-557</b> | <b>-312</b> | <b>-80</b> | <b>158</b> | <b>394</b> | <b>627</b> | <b>858</b> | <b>1087</b> | <b>1313</b> | <b>1539</b> |
| <b>Período Recup Descontado</b>                    | <b>-</b>      | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>    | <b>-</b>    | <b>-</b>    | <b>-</b>   | <b>9</b>   | <b>-</b>   | <b>-</b>   | <b>-</b>   | <b>-</b>    | <b>-</b>    | <b>-</b>    |

| INDICADORES          | MCUC   |
|----------------------|--------|
|                      | 1539,0 |
| VAN                  | 1108,3 |
|                      | 609,4  |
| TIR                  | 20,56% |
| Periodo Recuperación | 8,7    |

| FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO CUP                      | 0           | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6           | 7           | 8          | 9          | 10         | 11          | 12          | 13          | 14          | 15          |
|---|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | 2021        | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | 2026         | 2027        | 2028        | 2029       | 2030       | 2031       | 2032        | 2033        | 2034        | 2035        | 2036        |
| UTILIDAD NETA                                       | 0           | 72           | 15,8         | 467,7        | 496,0        | 529,5        | 625,4       | 671,0       | 651,2      | 741,0      | 777,0      | 816,2       | 858,8       | 905,1       | 955,2       | 1017,5      |
| Depreciación y amortización                         | 0           | 0            | 307,4        | 307,4        | 307,4        | 236,8        | 130,9       | 130,9       | 130,9      | 130,9      | 130,9      | 130,9       | 130,9       | 130,9       | 130,9       | 130,9       |
| Reserva para Contingencias                          | 0           | 5            | 1,1          | 30,3         | 37,3         | 39,8         | 47,0        | 19,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| Incrementos en los Activos Fijos                    | -378,9      | -3320        |              |              |              |              |             |             |            |            |            |             |             |             |             |             |
| Otros activos (Valor de uso de equipos recuperados) | 88,4        |              |              |              |              |              |             |             |            |            |            |             |             |             |             |             |
| Préstamos a largo plazo                             |             |              |              |              |              |              |             |             |            |            |            |             |             |             |             |             |
| <b>BENEFICIOS NETOS</b>                             | <b>-291</b> | <b>-3243</b> | <b>324</b>   | <b>805</b>   | <b>841</b>   | <b>806</b>   | <b>803</b>  | <b>821</b>  | <b>782</b> | <b>872</b> | <b>908</b> | <b>947</b>  | <b>990</b>  | <b>1036</b> | <b>1086</b> | <b>1148</b> |
| <b>BENEFICIOS NETOS ACT. ACUM.</b>                  | <b>-291</b> | <b>-3238</b> | <b>-2970</b> | <b>-2365</b> | <b>-1791</b> | <b>-1291</b> | <b>-837</b> | <b>-416</b> | <b>-51</b> | <b>319</b> | <b>669</b> | <b>1001</b> | <b>1316</b> | <b>1616</b> | <b>1902</b> | <b>2177</b> |
| <b>Período Recup Descontado</b>                     | <b>-</b>    | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>    | <b>-</b>    | <b>-</b>   | <b>8,6</b> | <b>-</b>   | <b>-</b>    | <b>-</b>    | <b>-</b>    | <b>-</b>    | <b>-</b>    |

| INDICADORES          | MCUP      |
|----------------------|-----------|
|                      | \$2.177,1 |
| VAN                  | \$1.534,4 |
|                      | \$781,4   |
| TIR                  | 19,41%    |
| Periodo Recuperación | 8,6       |

Anexo 4: Depreciación.

| <b>Depreciación Equipos</b>         | 0              | 1                | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      |        |
|-------------------------------------|----------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Adiciones                           | <b>\$1</b>     | <b>\$1.545,7</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |
| Depreciación 6%                     | \$0,0          | \$0,1            | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8    | \$92,8  | \$92,8  | \$92,8  | \$61,8  | \$0,0   | \$0,0   |        |
| Saldo                               | \$1,1          | \$1.546,6        | \$1.453,8 | \$1.361,0 | \$1.268,2 | \$1.175,4 | \$1.082,6 | \$989,8   | \$897,0   | \$804,2   | \$711,4   | \$618,6   | \$525,8   | \$433,0   | \$340,2   | \$247,4 | \$154,6 | \$61,8  | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   |        |
| <b>Depreciación Const.y Montaje</b> |                |                  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |
| Adiciones                           | <b>\$25</b>    | <b>\$1.244,6</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |
| Depreciación 3%                     | \$0,0          | \$0,7            | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1    | \$38,1  | \$38,1  | \$38,1  | \$38,1  | \$38,1  | \$38,1  | \$38,1 |
| Saldo                               | \$25,0         | \$1.268,8        | \$1.230,7 | \$1.192,6 | \$1.154,6 | \$1.116,5 | \$1.078,4 | \$1.040,3 | \$1.002,2 | \$964,1   | \$926,0   | \$887,9   | \$849,9   | \$811,8   | \$773,7   | \$735,6 | \$697,5 | \$659,4 | \$621,3 | \$583,2 | \$545,2 |        |
| <b>Depreciación Otros gastos</b>    |                |                  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |
| Adiciones                           | <b>\$352,9</b> | <b>\$529,6</b>   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |         |         |         |         |         |        |
| Depreciación 20%                    | \$0,0          | \$70,6           | \$176,5   | \$176,5   | \$176,5   | \$176,5   | \$105,9   | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   |        |
| Saldo                               | \$352,9        | \$811,9          | \$635,4   | \$458,9   | \$282,4   | \$105,9   | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0     | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   | \$0,0   |        |
| Saldo Total                         | \$378,9        | \$3.627,3        | \$3.320,0 | \$3.012,6 | \$2.705,2 | \$2.397,8 | \$2.161,0 | \$2.030,1 | \$1.899,2 | \$1.768,3 | \$1.637,5 | \$1.506,6 | \$1.375,7 | \$1.244,8 | \$1.113,9 | \$983,0 | \$852,1 | \$721,2 | \$621,3 | \$583,2 | \$545,2 |        |

## Anexo 6: Desglose de los valores de inversión.

| PARTIDAS A VALORAR                                  | SUBESTACION 110-13,8 kV Versalles, Matanzas |                    |                    |                    | 2020             |                  |                  |                 | 2021               |                    |                    |                    |
|---|---|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | Moneda Total                                | MN                 | CUC                | Importación USD    | Moneda Total     | MN               | CUC              | Importación USD | Moneda Total       | MN                 | CUC                | Importación USD    |
| <b>EQUIPOS</b>                                      | <b>\$1,550,498</b>                          | <b>\$201,489</b>   | <b>\$1,343,259</b> | <b>\$1,267,226</b> | <b>\$0</b>       | <b>\$0</b>       | <b>\$0</b>       | <b>\$0</b>      | <b>\$1,544,748</b> | <b>\$201,489</b>   | <b>\$1,343,259</b> | <b>\$1,267,226</b> |
| Equipamientos 110 kV                                | \$174,759                                   | \$22,795           | \$151,964          | \$143,362          |                  |                  |                  |                 | \$174,759          | \$22,795           | \$151,964          | \$143,362          |
| Transformador principal                             | \$597,310                                   | \$77,910           | \$519,400          | \$490,000          |                  |                  |                  |                 | \$597,310          | \$77,910           | \$519,400          | \$490,000          |
| Equipamientos 13,8 kV                               | \$246,314                                   | \$32,128           | \$214,186          | \$202,063          |                  |                  |                  |                 | \$246,314          | \$32,128           | \$214,186          | \$202,063          |
| Cabina de Interruptor 13,8 kV                       | \$37,138                                    | \$4,844            | \$32,294           | \$30,466           |                  |                  |                  |                 | \$37,138           | \$4,844            | \$32,294           | \$30,466           |
| Sistema DC  | \$39,008                                    | \$5,088            | \$33,920           | \$32,000           |                  |                  |                  |                 | \$39,008           | \$5,088            | \$33,920           | \$32,000           |
| Control computarizado y el sistema de protección    | \$96,291                                    | \$12,560           | \$83,731           | \$78,992           |                  |                  |                  |                 | \$96,291           | \$12,560           | \$83,731           | \$78,992           |
| Sistema de operación                                | \$108,220                                   | \$14,116           | \$94,104           | \$88,778           |                  |                  |                  |                 | \$108,220          | \$14,116           | \$94,104           | \$88,778           |
| Lightning-prood earthing                            | \$28,965                                    | \$3,778            | \$25,187           | \$23,761           |                  |                  |                  |                 | \$28,965           | \$3,778            | \$25,187           | \$23,761           |
| Sistema de alumbrado                                | \$15,525                                    | \$2,025            | \$13,500           | \$12,736           |                  |                  |                  |                 | \$15,525           | \$2,025            | \$13,500           | \$12,736           |
| Sistema de agua y ventilación                       | \$1,074                                     | \$140              | \$934              | \$881              |                  |                  |                  |                 | \$1,074            | \$140              | \$934              | \$881              |
| Fletes  | \$68,264                                    | \$8,904            | \$59,360           | \$56,000           |                  |                  |                  |                 | \$68,264           | \$8,904            | \$59,360           | \$56,000           |
| Seguros   | \$12,238                                    | \$1,596            | \$10,642           | \$10,039           |                  |                  |                  |                 | \$12,238           | \$1,596            | \$10,642           | \$10,039           |
| <b>CCTV y Control de acceso a SE</b>                | <b>\$35,895</b>                             | <b>\$4,682</b>     | <b>\$31,213</b>    | <b>\$29,446</b>    |                  |                  |                  |                 | <b>\$35,895</b>    | <b>\$4,682</b>     | <b>\$31,213</b>    | <b>\$29,446</b>    |
| <b>Suministros de comunicaciones</b>                | <b>\$83,748</b>                             | <b>\$10,924</b>    | <b>\$72,824</b>    | <b>\$68,702</b>    |                  |                  |                  |                 | <b>\$83,748</b>    | <b>\$10,924</b>    | <b>\$72,824</b>    | <b>\$68,702</b>    |
| Mobiliario de oficina                               | \$5,750                                     | \$750              | \$5,000            |                    |                  |                  |                  |                 | \$5,750            | \$750              | \$5,000            | \$0                |
| <b>CONSTRUCCION Y MONTAJE</b>                       | <b>\$1,269,561</b>                          | <b>\$983,477</b>   | <b>\$286,084</b>   | <b>\$76,242</b>    | <b>\$24,985</b>  | <b>\$4,421</b>   | <b>\$20,564</b>  | <b>\$15,284</b> | <b>\$1,244,576</b> | <b>\$979,056</b>   | <b>\$265,519</b>   | <b>\$60,958</b>    |
| Movimiento de tierra                                | \$151,837                                   | \$136,700          | \$15,137           |                    |                  |                  |                  |                 | \$151,837          | \$136,700          | \$15,137           | \$0                |
| Construcción civil                                  | \$503,500                                   | \$425,000          | \$78,500           |                    |                  |                  |                  |                 | \$503,500          | \$425,000          | \$78,500           | \$0                |
| Facilidades temporales del constructor              | \$10,600                                    | \$5,500            | \$5,100            |                    |                  |                  |                  |                 | \$10,600           | \$5,500            | \$5,100            | \$0                |
| foso de drenaje                                     | \$3,680                                     | \$3,200            | \$480              |                    |                  |                  |                  |                 | \$3,680            | \$3,200            | \$480              | \$0                |
| Compra de cimientos predabricados                   | \$27,500                                    | \$23,000           | \$4,500            |                    |                  |                  |                  |                 | \$27,500           | \$23,000           | \$4,500            | \$0                |
| Montaje ECIE  | \$108,000                                   | \$95,000           | \$13,000           |                    |                  |                  |                  |                 | \$108,000          | \$95,000           | \$13,000           | \$0                |
| Compra de portales (estruct-metálica)               | \$61,800                                    | \$38,800           | \$23,000           |                    |                  |                  |                  |                 | \$61,800           | \$38,800           | \$23,000           | \$0                |
| Alquiler de grua ETEP                               | \$20,000                                    | \$15,000           | \$5,000            |                    |                  |                  |                  |                 | \$20,000           | \$15,000           | \$5,000            | \$0                |
| Alquiler de grua CUBIZA                             | \$26,000                                    | \$20,000           | \$6,000            |                    |                  |                  |                  |                 | \$26,000           | \$20,000           | \$6,000            | \$0                |
| Alquiler de multipropósito                          | \$16,000                                    | \$6,000            | \$10,000           |                    |                  |                  |                  |                 | \$16,000           | \$6,000            | \$10,000           | \$0                |
| Compra de gravilla                                  | \$5,100                                     | \$4,000            | \$1,100            |                    |                  |                  |                  |                 | \$5,100            | \$4,000            | \$1,100            | \$0                |
| Montaje eléctrico Geysel                            | \$0   | \$0                | \$0                |                    |                  |                  |                  |                 | \$0                | \$0                | \$0                | \$0                |
| Áreas verdes  | \$4,200                                     | \$4,200            | \$0                |                    |                  |                  |                  |                 | \$4,200            | \$4,200            | \$0                | \$0                |
| Gasto de materiales (eléctricos y otros)            | \$41,500                                    | \$21,500           | \$20,000           |                    |                  |                  |                  |                 | \$41,500           | \$21,500           | \$20,000           | \$0                |
| Obra de la Defensa                                  | \$80,617                                    | \$70,786           | \$9,831            |                    |                  |                  |                  |                 | \$80,617           | \$70,786           | \$9,831            | \$0                |
| Garita de entrada                                   | \$1,241                                     | \$800              | \$441              | \$0                |                  |                  |                  |                 | \$1,241            | \$800              | \$441              | \$0                |
| Sistema de alumbrado                                | \$4,400                                     | \$550              | \$3,850            |                    |                  |                  |                  |                 | \$4,400            | \$550              | \$3,850            | \$0                |
| Cables  | \$51,359                                    | \$6,699            | \$44,660           | \$42,132           |                  |                  |                  |                 | \$51,359           | \$6,699            | \$44,660           | \$42,132           |
| Montaje CCTV y Control de acceso a SE               | \$11,100                                    | \$11,100           | \$0                |                    |                  |                  |                  |                 | \$11,100           | \$11,100           | \$0                | \$0                |
| Montaje equipos de comunicaciones                   | \$19,700                                    | \$19,700           | \$0                |                    |                  |                  |                  |                 | \$19,700           | \$19,700           | \$0                | \$0                |
| Montaje malla de tierra COPEXTEL                    | \$36,500                                    | \$33,500           | \$3,000            |                    |                  |                  |                  |                 | \$36,500           | \$33,500           | \$3,000            | \$0                |
| Montaje salida soterrada GEYSEL                     | \$39,200                                    | \$34,000           | \$5,200            |                    |                  |                  |                  |                 | \$39,200           | \$34,000           | \$5,200            | \$0                |
| <b>Línea 110 kV Versalles (1,2 km)</b>              | <b>\$45,726</b>                             | <b>\$8,442</b>     | <b>\$37,284</b>    | <b>\$34,110</b>    | <b>\$24,985</b>  | <b>\$4,421</b>   | <b>\$20,564</b>  | <b>\$15,284</b> | <b>\$20,741</b>    | <b>\$4,021</b>     | <b>\$16,720</b>    | <b>\$18,826</b>    |
| <b>OTROS</b>  | <b>\$869,166</b>                            | <b>\$399,671</b>   | <b>\$469,495</b>   | <b>\$339,862</b>   | <b>\$339,583</b> | <b>\$97,769</b>  | <b>\$241,814</b> | <b>\$0</b>      | <b>\$523,833</b>   | <b>\$301,152</b>   | <b>\$222,681</b>   | <b>\$339,862</b>   |
| <b>Otros gastos de importación</b>                  | <b>\$221,462</b>                            | <b>\$0</b>         | <b>\$221,462</b>   | <b>\$208,926</b>   | <b>\$0</b>       | <b>\$0</b>       | <b>\$0</b>       | <b>\$0</b>      | <b>\$221,462</b>   | <b>\$0</b>         | <b>\$221,462</b>   | <b>\$208,926</b>   |
| Inspección en fábrica                               | \$50,880                                    | \$0                | \$50,880           | \$48,000           |                  |                  |                  |                 | \$50,880           | \$0                | \$50,880           | \$48,000           |
| Ingeniería Básica                                   | \$135,802                                   | \$0                | \$135,802          | \$128,115          |                  |                  |                  |                 | \$135,802          | \$0                | \$135,802          | \$128,115          |
| Asistencia Técnica                                  | \$21,200                                    | \$0                | \$21,200           | \$20,000           |                  |                  |                  |                 | \$21,200           | \$0                | \$21,200           | \$20,000           |
| Inspección en origen de Cubacontrol                 | \$13,580                                    | \$0                | \$13,580           | \$12,811           |                  |                  |                  |                 | \$13,580           | \$0                | \$13,580           | \$12,811           |
| <b>Otros</b>  | <b>\$647,705</b>                            | <b>\$399,671</b>   | <b>\$248,033</b>   | <b>\$130,936</b>   | <b>\$339,583</b> | <b>\$97,769</b>  | <b>\$241,814</b> | <b>\$0</b>      | <b>\$302,371</b>   | <b>\$301,152</b>   | <b>\$1,219</b>     | <b>\$130,936</b>   |
| Ingeniería - proyectos - Dirección de Proyecto INEL | \$130,000                                   | \$130,000          | \$0                |                    | \$6,500          | \$6,500          | \$0              | \$0             | \$123,500          | \$123,500          | \$0                | \$0                |
| Microlocalización                                   | \$2,500                                     | \$2,500            | \$0                |                    | \$2,500          | \$2,500          | \$0              | \$0             | \$0                | \$0                | \$0                | \$0                |
| Licencia de construcción                            | \$2,000                                     | \$2,000            | \$0                |                    | \$2,000          | \$2,000          | \$0              | \$0             | \$0                | \$0                | \$0                | \$0                |
| Licencia ambiental                                  | \$5,000                                     | \$5,000            | \$0                |                    | \$5,000          | \$5,000          | \$0              | \$0             | \$0                | \$0                | \$0                | \$0                |
| Suelos  | \$5,000                                     | \$5,000            |                    |                    | \$5,000          | \$5,000          | \$0              | \$0             | \$0                | \$0                | \$0                | \$0                |
| APCI  | \$10,000                                    | \$10,000           |                    |                    | \$0              | \$0              | \$0              | \$0             | \$10,000           | \$10,000           | \$0                | \$0                |
| Estudios de suelo ENIA                              | \$28,500                                    | \$26,000           | \$2,500            |                    | \$28,500         | \$26,000         | \$2,500          | \$0             | \$0                | \$0                | \$0                | \$0                |
| Comunicación  | \$9,800                                     | \$6,800            | \$3,000            |                    | \$3,680          | \$680            | \$3,000          | \$0             | \$6,120            | \$6,120            | \$0                | \$0                |
| Seguridad y protección                              | \$23,600                                    | \$8,600            | \$15,000           |                    | \$17,580         | \$2,580          | \$15,000         | \$0             | \$6,020            | \$6,020            | \$0                | \$0                |
| Transportaciones ETEP                               | \$95,000                                    | \$50,000           | \$45,000           |                    | \$47,503         | \$2,503          | \$45,000         | \$0             | \$47,498           | \$47,498           | \$0                | \$0                |
| Compra de extintores                                | \$3,120                                     | \$3,000            | \$120              |                    | \$120            | \$0              | \$120            | \$0             | \$3,000            | \$3,000            | \$0                | \$0                |
| Alquiler de transportes (cubataxi)                  | \$15,000                                    | \$5,000            | \$10,000           |                    | \$11,500         | \$1,500          | \$10,000         | \$0             | \$3,500            | \$3,500            | \$0                | \$0                |
| Otros gastos asociados 1,2 km LTE                   | \$1,863                                     | \$1,731            | \$132              |                    | \$651            | \$519            | \$132            | \$0             | \$1,212            | \$1,212            | \$0                | \$0                |
| Imprevistos (10%)                                   | \$310,572                                   | \$143,290          | \$167,281          | \$130,936          | \$209,049        | \$42,987         | \$166,062        |                 | \$101,522          | \$100,303          | \$1,219            | \$130,936          |
| <b>TOTAL</b>  | <b>\$3,689,226</b>                          | <b>\$1,584,637</b> | <b>\$2,098,838</b> | <b>\$1,683,331</b> | <b>\$364,569</b> | <b>\$102,190</b> | <b>\$262,379</b> | <b>\$15,284</b> | <b>\$3,313,157</b> | <b>\$1,481,697</b> | <b>\$1,831,460</b> | <b>\$1,668,046</b> |



Anexo 5: Cálculo del costo de las pérdidas por concepto de combustible.

|                                       |                      |                  |
|---------------------------------------|----------------------|------------------|
| <b>Generación total del SEN</b>       | <b>17475,3</b>       | <b>GWh/año</b>   |
| <b>Generación Motores Diesel</b>      | <b>365,00</b>        | <b>GWh/año</b>   |
| CEB Motores                           | 220                  | g/kWh            |
| Insumo Motores                        | 4,00%                |                  |
| CEN Motores                           | 229,17               | g/kWh            |
| Diesel Oil                            | <b>\$940,04</b>      | CUC/ton          |
| Consumo de Combustible Diesel         | 83646                | Tn               |
| Otros consumos diesel                 | 94790,1              | Tn               |
| Consumo total de diesel               | <b>178436,0</b>      | Tn               |
| <b>Costo del Diesel</b>               | <b>\$167.737,0</b>   | <b>MCUC</b>      |
| <b>Generación Motores Fuel Oil</b>    | <b>\$4.071,1</b>     | <b>GWh/año</b>   |
| CEB Motores                           | 211,6                | g/kWh            |
| Insumo Motores                        | 3,50%                |                  |
| CEN Motores                           | 219,3                | g/kWh            |
| Fuel Oil                              | <b>\$743,3</b>       | CUC/ton          |
| Consumo de Combustible Fuel Oil       | 892679               | Tn               |
| <b>Consumo de Comb Fuel oil CTE</b>   | <b>1039994</b>       | <b>Tn</b>        |
| Consumo total de fuel oil             | <b>1932673</b>       | <b>Tn</b>        |
| <b>Costo del Fuel Oil</b>             | <b>\$1.436.478,5</b> | <b>MCUC</b>      |
| <b>Generación CTEs</b>                | <b>10768,2743</b>    | <b>GWh/año</b>   |
| CEB CTEs                              | 279,8                | g/kWh            |
| Insumo CTE                            | 7,55%                |                  |
| CEN CTE                               | 302,65               | g/kWh            |
| Consumo de Combustible Crudo          | 2134093              | Tn               |
| Crudo 1400 (65.5%) + Fuel Oil (34.5%) | <b>\$491,0</b>       | CUC/ton          |
| <b>Costo del Crudo</b>                | <b>\$1.047.903,7</b> | <b>MCUC</b>      |
| Generación ENERGAS                    | 2195,3               | GWh/año          |
| Gas acompañante                       | <b>\$0,045</b>       | CUC/kWh          |
| <b>Costo del gas</b>                  | <b>\$98.786,3</b>    | <b>MCUC</b>      |
| <b>Costo de combustible/kWh</b>       | <b>0,174431852</b>   | <b>CUC/kWh</b>   |
| Pérdidas de transmisión               | <b>6%</b>            |                  |
| <b>Costo de combustible/kWh</b>       | <b>0,18557</b>       | <b>CUC/kWh</b>   |
| <b>Precio Prom de Venta del kWh</b>   | <b>0,12940</b>       | <b>pesos/kWh</b> |

## **Bibliografía.**

- [1] McDonald, J.D. (2019). Electric power substations engineering. Editorial Taylor and Francis.
- [2] IEEE Std. C37.122.1-2013. IEEE Guide for economics analysis in Substations.
- [3] Jones, D.J., Kopejtkova, D., Kobayashi, S., Molony, T., O'Connell, P., Welch, I.M. (2019). GIS in service—Experience and recommendations, Paper 23–104 of CIGRE General Meeting, Paris, France.
- [4] IEEE Standard C37.1-2017 IEEE Standard for SCADA and Automation Systems.
- [5] Design Guide for Oil Spill Prevention and Control at Substations, U.S. Department of Agriculture, Rural Electrification Administration Bulletin 65-3, January, 2018.
- [6] IEEE Guide for Containment and Control of Oil Spills in Substations, IEEE Std. 980-2014 (R2020).
- [7] IEEE Guide for the Design, Construction, and Operation of Electric Power Substations for Community Acceptance and Environmental Compatibility, IEEE Std. 1127-2018.
- [8] IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Std. 80-2010.
- [9] IEEE Guide to Specifications for Gas-Insulated, Electric Power Substation Equipment, IEEE Std C37.123-2016.
- [10] J. Rauli, Diseño de Subestaciones Eléctricas: Editorial Mc Graw Hill, 2007.
- [11] IEEE Guide for Substation Fire Protection, IEEE Std. 979-1994.
- [12] IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines, IEEE Std. 644-1994.
- [13] Linares, J. (2009). Diseño de Subestaciones Eléctricas, (Trabajo de diploma), Universidad Autónoma de Occidente, Colombia.
- [14] Harper, G. (2002). Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas. Editorial Limusa.
- [15] Martínez, J. (2006). Análisis técnico y económico de la ampliación de la subestación de 69 kV del Ingenio Santa Ana, (Trabajo de diploma), Universidad de San Carlos de Guatemala.

- [16] Hernández, H., Maldonado, R., Enriquez, L. (2011). Subestaciones Eléctricas, elementos modernos de análisis. *Revista Eléctrica*, 11, 101-113.
- [17] Quesada, J.D.H. (2008). Guía básica de diseño de subestaciones eléctricas con énfasis en el arreglo de barras colectoras de interruptor y medio, (trabajo de diploma), Universidad de Costa Rica.
- [18] Jiménez, R. (2006). Transformadores de potencial y transformadores de corriente, Editorial Limusa.
- [19] Zoppeti, G. (2005). Subestaciones transformadoras y de distribución, Editorial Gustavo Gill.
- [20] Ramírez, J. (2010). Estaciones de transformación y distribución. *Revista Eléctrica*, 10, 142-157.
- [21] Tapia, L. (2005). Operación de subestaciones eléctricas, Editorial EPN.
- [22] Dorff, A. (2018). *Electrical Engineering Handbook*, Editorial McGraw Hill.
- [23] Ramírez, C. (2019). Subestaciones de alta y extra alta tensión, Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- [24] Romero, J. (2020). Subestaciones fundamentos teóricos y consideraciones, Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- [25] Anderson, J.G., *Transmission substation Reference Book for 110 kV and above*, Editorial Taylor and Francis.
- [26] Brown, R.E. (2019). *Electric power distribution reliability*, Editorial Marcel Dekker.
- [27] Brown, R.E., Burke, J.J. (2020). Managing the risk of performance based rates, *IEEE Transactions on Power Systems*, 15(2), 893–898.
- [28] Brown, R.E., Humphrey, B.G. (2019). Asset management for transmission and distribution, *IEEE Transactionson Power and Energy*, 103(3), 39–45.
- [29] Brown, R.E., Marshall, M.M. (2018). Budget constrained planning to optimize power system reliability, *IEEE Transactions on Power Systems*, 13(4), 817–822.
- [30] Brown, R.E. (2018). Asset management, risk, and distribution system planning, *IEEE Power Systems Conference and Exhibition*, New York, 1681–1686.
- [31] Morton, K. (2019). Asset management in the electricity supply industry. *Power Engineering Journal*, 113(5), 233–240.
- [32] Casas-Fernández , L. (2014). Análisis económico de nuevos proyectos de subestaciones en Cuba, Editorial Universitaria.



[33] Altube-Viego, P., Casas-Fernandez, L. (2016). Estudios y requerimientos para la inclusión de nuevos proyectos de subestaciones de potencia en la revolución energética, Editorial Feijoo.

[34] Decreto No 327 de 2014. Reglamento del proceso inversionista. Gaceta Oficial de la República de Cuba., No 5 Extraordinaria 23 enero 2015, pp. 27-59.