

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 110-34,5 KV
CARBONERAS

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

JULIO CÉSAR CUETO PÉREZ

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 110-34,5 KV
CARBONERAS

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

Autor: JULIO CÉSAR CUETO PÉREZ.

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 a darle el uso que estime más conveniente.

Julio César Cueto Pérez

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

PENSAMIENTO

Si tú crees que puedes, puedes. Si tú crees que no puedes, no puedes. Tanto si piensas una cosa como la otra, estás en lo cierto.

Henry Ford.

DEDICATORIA

A mi madre Dianely por su apoyo y guía, por ser mi mayor sostén y mi mayor inspiración, porque sin su esfuerzo y confianza en mí no habría sido posible lograr este sueño.

A mi padre Orlando por su apoyo en cada uno de mis pasos, por su entera confianza y fe en mis decisiones y por estar ahí para mí siempre que lo necesito.

A Dago por ser para mí como un padre, por demostrarme que los sueños siempre se pueden lograr pero solo si se lucha por ellos.

A Arelis por guiarme por el camino correcto, por sus consejos y enseñanzas y por apoyarme en los momentos más difíciles.

A mi novia, por su apoyo y amor incondicional, por su compañía, por su paciencia, por su comprensión y por su confianza en mí.

A Ranchel, Dialys y Carisleidis por ser como mis hermanos y por estar a mi lado en los momentos buenos y malos.

A toda mi familia que de una forma u otra ha contribuido en mi formación como profesional.

A mis suegros por brindarme su apoyo incondicional en cada momento y por su confianza y fe en mí.

AGRADECIMIENTO

A mi tutor, DrC. Yanán Camaraza Medina por la confianza depositada en mí, por su esfuerzo, dedicación y profesionalidad, por transmitirme sus conocimientos y por la grandiosa ayuda brindada durante la investigación.

A mis compañeros de cuarto por estar en los buenos y en los malos momentos.

A mis compañeros de aula por compartir cinco años de carrera llenos de aciertos y desaciertos.

A todos los profesores pues de una forma u otra cada uno ha aportado un granito de arena a nuestra formación como profesionales.

A toda mi familia por colmarme de valores y contribuir a mi formación como profesional y hombre de bien.

A mi novia por la ayuda brindada, por las noches en vela que estuvo a mi lado y por su amor y paciencia.

RESUMEN

En la presente investigación se realizó un estudio de factibilidad técnico-económico y financiero para la puesta en marcha de la Subestación Eléctrica (SE) 110–34,5 kV Carbonera. Con su entrada en servicio, se prevé resolver problemas de suministro de energía que existen en la actualidad en el Aeropuerto Internacional Juan Gualberto Gómez, y paralelamente, incrementar la capacidad de entrega, para garantizar el servicio a un nuevo campo de golf que se construirá en la zona costera de Carbonera. En este trabajo se recogen los aspectos fundamentales a tener en cuenta para la realización del estudio de factibilidad y se investiga el estado actual de las redes de distribución y su estado técnico, obteniendo como resultado grandes volúmenes de pérdidas eléctricas y presencia de puntos de bajo voltaje en el servicio del Aeropuerto. La micro-localización de ejecuta de acuerdo a las normas y dictámenes sobre la protección del medio ambiente. Los resultados técnico-económicos y financieros obtenidos resultan favorables, pues se logra reducir el consumo de combustible por kW generado, por concepto de supresión de pérdidas técnicas. La rentabilidad y el período de recuperación del proyecto evidencian la factibilidad del mismo. En el análisis de sensibilidad efectuado a la evaluación se puede observar que una variación de los indicadores seleccionados hasta los porcentos determinados, aunque modifica los resultados, no afecta los índices de eficiencia del proyecto en ninguna de las monedas analizadas.

Palabras claves: Factibilidad; subestación; estudio financiero

ABSTRACT

In the present investigation came true a technical cost-reducing and financial feasibility study for the starting of the Electric Substation (SE) 110–34,5 kV Carbonera. With your entrance at call, he foresees solving problems of loads that exist in the International Airport Juan Gualberto Gómez, and parallel, to increment the capacity of delivery, in order to guarantee the service to a new golf course that will be built in the seashore of Carbonera. In this work take shelter the fundamental aspects to have in account for the realization of the feasibility study and they is investigated the present condition of the distribution networks and your technical state themselves, getting from electric losses as a result big volumes and presence of low-tension points in the service of the airport. The microcomputer the location plays itself according to rules and dictates on the environmental protection. The results technical economic and the obtained financiers prove to be favorable, because he manages to reduce it the fuel consumption for kW generated, by way of suppression of technical losses. The profitability and the upswing of the project evidence the feasibility of the same. In the sensitivity analysis once the evaluation was made it can be observed that a variation of the indicators selected to the percent determined, although he modifies results, affects the indexes of efficiency of the project in no one of the analyzed coins.

Passwords: Feasibility; Substation; Financial study

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 1.1 Marco legal de la investigación | 4 |
| 1.2 Subestación Eléctrica | 7 |
| 1.3 Funciones | 8 |
| 1.4 Estructura general del sistema eléctrico | 8 |
| 1.5 Subestaciones en piso | 8 |
| 1.6 Subestación pedestal (<i>pad mounted</i>) | 9 |
| 1.6.1 Disposiciones mínimas para el montaje | 10 |
| 1.6.2 Subestación enmallada | 10 |
| 1.7 Descripción de los componentes básicos de una Subestación Eléctrica | 12 |
| 1.7.1 Pararrayos | 12 |
| 1.7.2 Cortacircuitos | 13 |
| 1.7.3 Hilos fusible | 15 |
| 1.7.5 Seccionador tripolar bajo carga | 16 |
| 1.8 Fusibles de alta tensión HH | 19 |
| 1.8.1 Aplicación | 19 |
| 1.8.2 Construcción | 19 |
| 1.8.3 Funcionamiento | 20 |
| 1.8.4 Capacidad de ruptura | 20 |
| 1.9 Malla de puesta a tierra | 21 |
| 1.9.1 Generalidades | 21 |
| CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 2.1 Antecedentes y situación actual | 23 |
| 2.2 Estado actual de la demanda eléctrica en la zona y proyectos de crecimiento previsto | 23 |
| 2.2.1 Política para la instalación de la nueva S/E Carboneras 110-34,5 kV | 24 |
| 2.2.2 Esquema perspectivo | 25 |
| 2.3 Descripción técnica del Proyecto | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.1 Entidades ejecutores del proyecto | 26 |
| 2.3.2 Compatibilización con la defensa | 26 |
| 2.3.3 Micro localización | 27 |
| 2.3.4 Premisas para la evaluación técnico-económica y financiera del proyecto. | 27 |
| 2.4 Diferentes criterios de selección para alternativas de inversión. | 28 |
| 2.4.1 Valor del dinero invertido a través del tiempo | 28 |
| 2.4.2 Período de recuperación de la inversión..... | 28 |
| 2.4.3 Valor actual neto (VAN) y depreciación..... | 28 |
| 2.4.4 Tasa interna de retorno (TIR)..... | 29 |
| 2.4.5 Relación Costo - Beneficio (RCB). | 30 |
| 2.4.6 Costo de ciclo de vida..... | 30 |
| 2.4.7 Costo nivelado de la energía. | 30 |
| 2.5 Análisis breve de las principales variantes de solución..... | 31 |
| CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | 35 |
| 3.1 Costo de inversión..... | 35 |
| 3.2 Costos de Operación y Mantenimiento | 36 |
| 3.3 Balance de ingresos y ahorros del proyecto..... | 37 |
| 3.4 Resultados de la evaluación económica | 39 |
| 3.5 Flujo del proyecto con financiamiento externo..... | 40 |
| 3.6 Análisis de Sensibilidad | 43 |
| CONCLUSIONES | 46 |
| RECOMENDACIONES | 47 |
| REFERENCIAS | 48 |
| Anexo 3: Flujo de caja en divisas y moneda total. | 53 |

INTRODUCCIÓN

Durante algunos años no se vislumbran cambios notables en las formas convencionales de generación, transformación, transmisión y distribución de energía eléctrica, es decir, que se seguirá generando por los métodos conocidos incluyendo las plantas nucleoelectricas, existirán subestaciones eléctricas como las conocidas actualmente, quizás con algunas variantes contractivas en el equipo principalmente, la transmisión y distribución de la energía eléctrica probablemente no sufra cambios sustanciales por lo que se puede decir que en los principios los aspectos relacionados con el diseño son más o menos los convencionales (1)

Un estudio de factibilidades el análisis financiero, económico y social de una inversión. En la fase de pre-inversión la eventual etapa subsiguiente es el diseño final del proyecto (preparación del documento de proyecto), tomando en cuenta los insumos de un proceso productivo, que tradicionalmente son: tierra, trabajo y capital (que generan ingreso: renta, salario y ganancia). (2)

Las pérdidas aumentan el consumo de electricidad total, por tanto, se requiere generar más, con la consiguiente pérdida de recursos. Las pérdidas de energía son el indicador de eficiencia del sistema electro-energético. En conjunto, en Cuba, las pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución representan el 14,5 % de la energía eléctrica total producida. Típicamente, las pérdidas son, aproximadamente, 3,5 % en el sistema de transmisión y 10.9 % en el sistema de subtransmisión y distribución.(3)

La región de Carboneras-Aeropuerto Juan Gualberto Gómez, ubicada 10 km aproximadamente al noroeste de la capital provincial se alimenta con dos líneas a 34,5 kV muy largas desde los interruptores 4415 y 4405 de la subestación Guanábana 110/34,5 kV ubicada en la periferia de la ciudad de Matanzas. La línea del 4415, con 20 km de longitud (la más corta de las dos), es la alimentación expresa y preferencial hacia la zona y tiene en estos momentos una carga

pequeña de apenas 1 MW que es la demanda del Aeropuerto Juan Gualberto Gómez y de la subestación 34,5/13,8 kV que da servicio al asentamiento poblacional que le da nombre a la zona.

Se prevé un aumento de la carga de esta región con la construcción de un campo de golf con diversos servicios y una inmobiliaria asociada cuya puesta en servicio para finales del 2022 o principios del 2023 con 10 MW de demanda máxima solicitados, por lo que se requiere de un análisis profundo, dada la infraestructura eléctrica existente. La carga pronosticada para el próximo quinquenio no incluye solamente el Campo de Golf con sus más de mil habitaciones y servicios múltiples, sino también la ampliación de los servicios del Aeropuerto Juan Gualberto Gómez en área y en carga, una zona de explotación petrolera aprobada al sur del poblado costero y otra al sur del campo de golf hacia Boca de Camarioca y otras cargas asociadas a la actividad turística en la zona.

También se prevé para un futuro mediato (2021-2025) el posible desarrollo del corredor turístico en esa sección y la construcción de otro Campo de Golf en Boca de Camarioca con una carga similar a la del de Carboneras pero que sería alimentado desde la subestación Varadero 110/34,5 kV, por lo que la carga en la zona de Carboneras estaría por encima de los 14 MW en régimen normal y muy cercano a los 22 MW o más si se tuviera que alimentar en régimen de averías al Campo de Golf de Boca de Camarioca. Muy próximo a Carboneras, se ubica la traza de la línea 110 kV Matanzas-Varadero, por lo que la posible solución sería construir una subestación (S/E) 110/34,5kV que cumpla entonces con los requerimientos actuales y futuristas, en lo concerniente al suministro eléctrico con calidad y fiabilidad.

En la actualidad, estas cargas en condiciones normales de operación resultan antieconómicas servir las a través de alimentadores a 34,5 kV en las condiciones actuales de operación, y por lo tanto, se agravaría esta situación con la entrada de las cargas pronosticadas y solicitadas por el Ministerio del Turismo y CUPET.

Los elementos planteados indican que este trabajo de diploma se enfrenta al siguiente **problema científico**: *El suministro eléctrico actual de la zona de Carbonera no cumple con los criterios de calidad y fiabilidad establecidos para*

garantizar los requerimientos de consumo actuales y futuros previstos en los planes de desarrollo de la zona.

La proximidad de alimentadores de 110 kV y el posible uso de una nueva S/E de 110/34,5 kV, podría ser la posible solución, pero se requiere modelar la infraestructura actual y futurista para prever y pronosticar el comportamiento del sistema actual y el proyectada, por lo tanto se plantea la siguiente **hipótesis**: *al ser modeladas las condiciones actuales y futuras de la instalación en la herramienta computacional radial 10.0, se obtendrán los parámetros que podrán describir el comportamiento técnico–económico de la subestación prevista.*

Por lo tanto a partir de las conciliaciones planteadas, este trabajo persigue el siguiente **objetivo general**: realizar un estudio de factibilidad técnico-económico y financiero que demuestre la eficacia de la instalación y puesta en marcha de la subestación de Carbonera 110-34,5 kV.

Para ello se trazan los siguientes **objetivos específicos**:

- Realizar un levantamiento de las condiciones actuales de operación e incluir en esta simulación los pronósticos de demanda a partir de los planes del MINTUR y CUPET.
- Simular las condiciones de operaciones actuales y previstas mediante el uso del Radial 10.0.
- Reducir pérdidas en las redes secundarias de transmisión eliminando cargas distantes de las S/E actuales, ubicándolas en una zona más cercana al centro de demanda.
- Realizar el estudio de factibilidad, bajo las condiciones previstas para establecer la efectividad técnico-económica y financiera del proyecto de la nueva S/E.
- Estudiar la propuesta de instalación de un sistema de desconectivos automáticos entre las dos subestaciones de 110/34,5 kV vecinas (Guanábana y Varadero) con el objetivo de disminuir el Tiempo de interrupción y garantizar respaldo ante una avería o emergencia.

CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se establece el marco legal de la investigación así como los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución que se corresponden o vinculan a dicha investigación. Se exponen los principales conceptos de autores clásicos y actuales sobre las S/E. Se argumenta sobre los componentes de las S/E como resultado de la revisión del estado del arte. Se expresa sus principales funciones y se exponen las principales características.

1.1 Marco legal de la investigación

La Constitución de la República de Cuba constituye la Carta Magna del Estado Cubano, la Ley Suprema por la que se rige, aun cuando existen leyes específicas para las diferentes materias que conforman el Derecho; de esta forma en ella se reconocen los principales derechos y obligaciones que regulan la vida jurídica del país.

En el Título II Fundamentos Económicos, artículo 21 establece: El Estado promueve el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación como elementos imprescindibles para el desarrollo económico y social. Igualmente implementa formas de organización, financiamiento y gestión de la actividad científica; propicia la introducción sistemática y acelerada de sus resultados en los procesos productivos y de servicios, mediante el marco institucional y regulatorio correspondiente.(4)

De igual forma en el Título III Fundamentos de la política educacional, científica y cultural, Artículo 32 establece: El Estado orienta, fomenta y promueve la educación las ciencias y la cultura en todas sus manifestaciones, ateniéndose en su política científica a los siguientes postulados:

a) se fundamenta en los avances de la ciencia, la creación, la tecnología y la innovación, el pensamiento y la tradición pedagógica progresista cubana y la universal;

- b) la enseñanza e función del Estado, es laica y se basa en los aportes de la ciencia y en los principios y valores de nuestra sociedad;
 - c) promueve la participación ciudadana en la realización de su política educacional, científica y cultural;
 - f) la actividad creadora e investigativa en la ciencia libre. Se estimula la investigación científica con un enfoque de desarrollo e innovación, priorizando la dirigida a solucionar los problemas que atañen al interés de la sociedad y al beneficio del pueblo;
 - g) se fomenta la formación y empleo de las personas que el desarrollo del país requiere para asegurar las capacidades científica, tecnológicas y de innovación.(4)
- Como parte de la planificación que caracteriza a la economía cubana, cada año se confecciona un plan del presupuesto del Estado que se materializa, en el caso de este año, en la Ley No.130 Del Presupuesto del Estado para el año 2020, en la cual se establece en su Artículo 1 inciso f) que: El Presupuesto del Estado correspondiente al año 2020 se sustenta en respaldar gastos y transferencias de capital, cuando corresponda, de la actividad presupuestada y de sectores claves para el desarrollo económico del país, conforme a lo aprobado en el Plan de la Economía y su ejecución. Estando presente en la investigación 2 sectores claves como son el sector energético y el sector del turismo.(5)

En cuanto al análisis que se realiza en la investigación como parte del estudio de factibilidad se toma como punto de partida el Decreto 327 de 2014. Reglamento del Proceso Inversionista, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba., No 5 Extraordinaria 23 enero 2015, donde se plantea en su Artículo 1 que este Decreto es de aplicación a todas las inversiones que se realicen en el territorio nacional por las personas jurídicas estatales y también se aplica a las sociedades mercantiles de capital cien por ciento cubano y en su Artículo 6.1 plantea que el Proceso Inversionista es el sistema dinámico que integra las actividades o servicios que realizan los sujetos que en él participan, desde su concepción inicial hasta su puesta en explotación.(6)

Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 aprobado en el 7mo. Congreso del Partido constituyen una muestra más de la actualización constante del proceso revolucionario cubano así como de la continuidad del mismo. En tal sentido la presente investigación va orientada a realizar un estudio de factibilidad técnico-económico y financiero que demuestre la eficacia de la instalación y puesta en marcha de la subestación de Carbonera 110-34,5 kV, lo cual de forma general permite cumplimentar el Lineamiento 18: Garantizar los equilibrios macroeconómicos fundamentales y con ello lograr un entorno macroeconómico—fiscal, monetario y financiero— estable y sostenible que permita asignar eficientemente los recursos en función de las prioridades nacionales y del crecimiento económico sostenido, ya que dicha subestación permitiría además en un futuro mediano (2021-2025) el posible desarrollo del corredor turístico en esa sección y la construcción de otro Campo de Golf en Boca de Camarioca.

De igual forma se encuentra en correspondencia con la investigación el Lineamiento 88: Las inversiones fundamentales a realizar responderán a la estrategia de desarrollo del país a corto, mediano y largo plazos, erradicando la espontaneidad, la improvisación, la superficialidad, el incumplimiento de los planes, la falta de profundidad en los estudios de factibilidad, la inmovilización de recursos y la carencia de integralidad al emprender una inversión.(7)

Como parte de la política energética se encuentran estrechamente vinculados a la investigación 4 Lineamientos (197, 198, 199 y 200), los cuales constituyen la razón de ser de dicha política en Cuba.

Lineamiento 197: Elevar la eficiencia en la generación eléctrica, dedicando la atención y recursos necesarios al mantenimiento de las plantas en operación, y lograr altos índices de disponibilidad en las plantas térmicas y en las instalaciones de generación con grupos electrógenos.

Lineamiento 198: Ejecutar el programa de construcción, montaje y puesta en marcha de nuevas capacidades de generación térmica y prestar atención

priorizada al completamiento de las capacidades de generación en los ciclos combinados de Boca de Jaruco y Varadero.

Lineamiento 199: Mantener una política activa en el acomodo de la carga eléctrica, que disminuya la demanda máxima y reduzca su impacto sobre las capacidades de generación.

Lineamiento 200. Proseguir el programa de rehabilitación y modernización de redes y subestaciones eléctricas, de eliminación de zonas de bajo voltaje, logrando los ahorros planificados por disminución de las pérdidas en la distribución y transmisión de energía eléctrica. Avanzar en el Programa aprobado de electrificación en zonas aisladas del Sistema Electroenergético Nacional, en correspondencia con las necesidades y posibilidades del país, utilizando las fuentes más económicas.(7)

1.2 Subestación Eléctrica

Las subestaciones eléctricas son conjunto de equipos destinados a dirigir el flujo de energía eléctrica, en un punto de la red en el que confluyen líneas (conectan nudos lejanos de igual tensión) y transformadores (conectan nudos cercanos de distinta tensión).(8)(1)

Entiéndase por energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica. (9)

El conjunto de la instalación está formada por la instalación eléctrica y los edificios necesarios para realizar alguna de las funciones siguientes: transformación de la tensión, de la frecuencia, del nº de fases, rectificación, compensación del factor de potencia y conexión de dos o más circuitos. Incluye servicios auxiliares de corriente alterna y continua necesarios para el funcionamiento de los diferentes equipos.(10)

Una subestación es un conjunto de equipos, dispositivos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de potencia eléctrica, permitiendo el control

del flujo de energía, dando seguridad para el sistema eléctrico equipos y personal de operación y mantenimiento. Las subestaciones de distribución son aquellos puntos de transformación del nivel de distribución primaria al nivel de distribución secundaria.

1.3 Funciones

Las funciones de una subestación de distribución eléctrica son:

- Seguridad: aislando el sistema eléctrico de las zonas donde se ha producido una falta, limitando por tanto el riesgo para personas e instalaciones.
- Explotación: dirigiendo los flujos de energía de manera óptima, minimizando pérdidas y permitiendo el mantenimiento de los equipos e instalaciones
- Interconexión: escalonando los distintos niveles de tensión y garantizando la seguridad en el suministro mediante un adecuado mallado de la red eléctrica.(11)

1.4 Estructura general del sistema eléctrico

La estructura general del sistema eléctrico incluye dos componentes fundamentales:

- **Generación:** Genera la energía y la prepara para su transporte subiendo la tensión.
- **Transporte y Distribución:** Transporta la energía con baja intensidad y alta tensión, con el objeto de generar las menores pérdidas posibles.

La energía se prepara para poder ser utilizada por el usuario, es decir, se transforma en baja tensión y se conecta con el cliente.(12)

1.5 Subestaciones en piso

Son aquellas cuyas características de tamaño, peso y capacidad permiten su montaje sobre el nivel del piso o a una altura no mayor de un metro.

Pueden estar ubicados en interiores o a la intemperie y contienen todas las capacidades hasta 500 kVA.

Dentro de las subestaciones en el piso se encuentran

- Subestación interior.
- Subestación intemperie.(13)

1.6 Subestación pedestal (*padmounted*).

No posee partes vivas expuestas (tiene frente muerto) y forma un conjunto interruptor -transformador con bujes tipo premoldeados, bujes de parqueo, interruptor para operación bajo carga en el sistema primario, fusibles tipo Bayonet y codos premoldeados para operación bajo carga de 200 A.

El interruptor va adosado al transformador y puede disponer de caja de maniobra para establecer entrada y salida de alimentador primario, siempre a través de bujes tipo premoldeado para las acometidas de alta tensión.(14)

Transformadores

Todas las características, valores nominales y pruebas que deben cumplir estos transformadores de distribución deben ser las mismas que figuren en las normas ICONTEC. Las especificaciones generales se refieren a los transformadores de distribución sumergidos en aceite, se diferencian únicamente en su construcción del tipo convencional en que no tienen partes vivas expuestas. Posee compartimientos de alta y baja tensión completamente cabinados e independientes. Este tipo de transformadores posee protecciones del siguiente tipo: fusibles de protección rápida tipo Bayonet, que se introduce dentro de una cartuchera inmersa en aceite en el transformador. Se encuentra en la parte superior y puede ser removido en forma externa utilizando la pértiga apropiada (tipo pistola). Fusibles de características lentas y del tipo limitador de corriente, el cual actúa como respaldo del anterior. Este se encuentra inmerso en el aceite del transformador. Para protección por fallas en la carga posee un interruptor termomagnético de caja moldeado, coordinado con los fusibles de alta tensión para hacer el disparo por el lado de baja tensión. Posee interruptor o caja de maniobra adosada al transformador, inmersa en el aceite para operación bajo carga de varias posiciones permitiendo diferentes operaciones en la alimentación primaria.(15)

Los transformadores poseen bujes premoldeados aptos para operación bajo carga con codos premoldeados. Se encuentran montados en la parte frontal del transformador y del interruptor, de tal forma que existe fácil acceso para líneas de alta tensión. La parte de baja tensión posee bujes debidamente interconectados a

un totalizador normalmente incluido. Para corrientes mayores o iguales a 200 A debe llevar relé de disparo tripolar.

1.6.1 Disposiciones mínimas para el montaje

En todos los casos se instalarán transformadores trifásicos con capacidad no mayor de 500 kVA. Las subestaciones se montarán con las siguientes disposiciones:

- Subestación pedestal compacta (ver figura 1.1). Se caracteriza por tener el interruptor de maniobra y transformador incorporado.
- Subestación pedestal con interruptor de maniobra separado del transformador (ver figura 1.2).(16)

1.6.2 Subestación enmallada.

Utilizada generalmente junto a estructura primaria (poste) sobre el cual se establece un afloramiento primario desde una línea aérea. Este afloramiento dispondrá de pararrayos y de seccionamiento (cajas primarias 100 A - 15 kV).

Serán utilizados terminales premoldeados en la conexión a la red primaria aérea y en la conexión a bujes primarios (bornes primarios) del transformador. Se construye malla de seguridad que separe los equipos de las áreas de circulación adyacentes. En la figura 11.12 se muestran detalles constructivos de la subestación intemperie enmallada.(17)

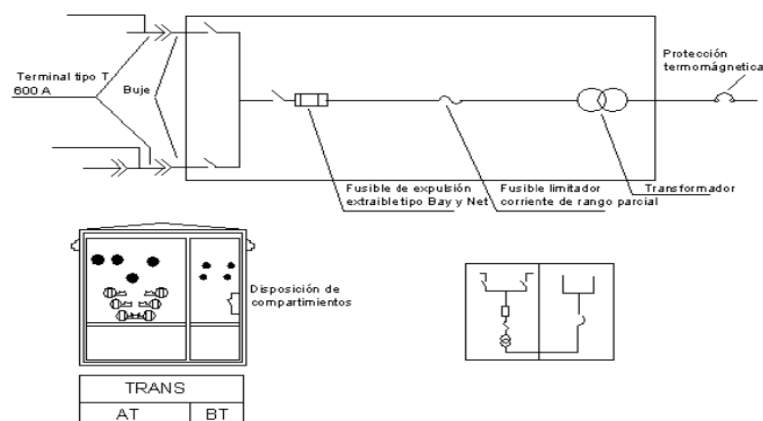


Figura 1.1 Subestación pedestal compacta. Interruptor de maniobra y transformador incorporado.

Fuente: Casas, L., y Ramírez, S. (2011). Redes de distribución de energía.

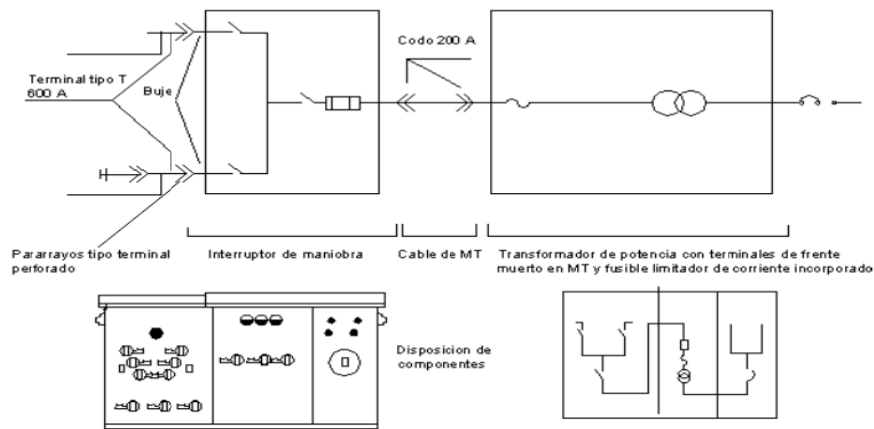


Figura 1.2 Subestación pedestal con interruptor de maniobra separado del transformador

Fuente: Casas, L., y Ramírez, S. (2011). Redes de distribución de energía.

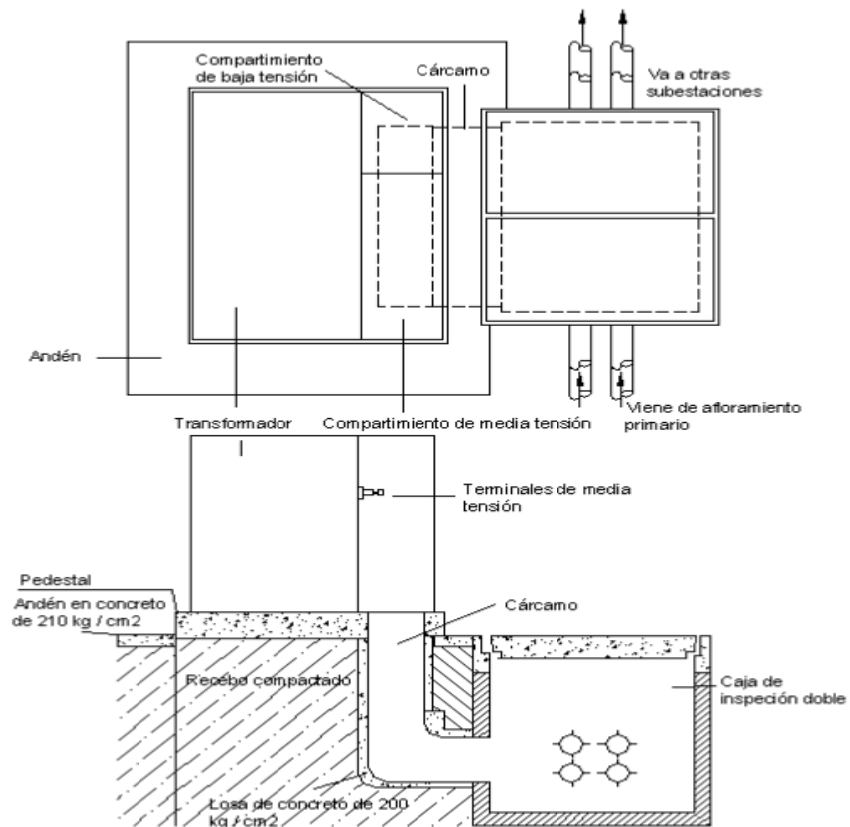


Figura 1.3 Subestación intemperie enmallada.

Fuente: Casas, L., y Ramírez, S. (2011). Redes de distribución de energía.

1.7 Descripción de los componentes básicos de una Subestación Eléctrica

1.7.1 Pararrayos

Los pararrayos son los dispositivos que protegen contra sobretensiones de origen interno y externo. La función de este elemento es limitar la tensión que puede aparecer en los bornes del sistema a proteger enviando a tierra las sobretensiones.

En redes de distribución se utilizarán pararrayos auto valvulares que pueden ser de carburo de silicio y/o óxido de zinc.

Para la protección adecuada de ellos se requiere:

- Instalarlo lo más cerca posible al equipo o red a proteger.
- Mantener resistencias de puesta a tierra dentro de valores apropiados.
- Pararrayos con características de voltaje y corriente de descarga apropiados.

Consideraciones a tener para su instalación y uso:

- Los pararrayos deben montarse lo más cerca posible de los aparatos a proteger (de 15 a 20 m).
- Con descargas directas y líneas de transmisión en postes de madera con aisladores no puestos a tierra, la pendiente extrema de la sobretensión puede reducir considerablemente la eficacia de protección del pararrayos. Para evitar tales impactos directos es recomendable hacer una conexión a tierra para las líneas de transmisión y los aisladores.
- Para lograr una protección más efectiva de los equipos todos los conductores de la línea deben tener pararrayos y los conductores de puesta a tierra deben ser lo más cortos posible.
- El conductor que une el pararrayos con tierra debe ser instalado de tal manera que no obstaculice el funcionamiento del seguro de sobrepresión.
- Los pararrayos deben instalarse fuera de las instalaciones eléctricas.
- El bajante a tierra se hará en cable de Cobre 4 AWG: En postes de madera se asegurará este cable con grapas de acero clavadas cada 20 cm. En postes de concreto irá por un tubo *conduit* amarrado al poste mediante zunchos.

- Para la conexión de los pararrayos a la línea se usarán conductores de cobre 4 o de aluminio 2 AWG.

Los pararrayos no necesitan de un mantenimiento especial, debe ser reemplazado cuando haya sido abierto el dispositivo de seguridad por sobrecarga. Se debe inspeccionar después de fuertes tormentas eléctricas.(18)

1.7.2 Cortacircuitos.

El cortacircuito, o caja primaria de fabricación normalizada, ofrece gran flexibilidad de empleo en sistemas de distribución suministrando completa protección contra sobrecargas a un costo mínimo.

Específicamente, el cortacircuitos está hecho para aislar del sistema a un transformador o a un ramal de red primaria obedeciendo a una falla o voluntariamente. Es de fácil operación y sólo se debe observar que no haya obstáculos para su operación. Dado el uso de materiales anticorrosivos en su fabricación, su trabajo es altamente efectivo en cualquier ambiente resistiendo temperaturas hasta de 55°C.

En consecuencia el mantenimiento es mínimo y la vida útil bastante grande.

A sus terminales se les puede conectar cables de hilos trenzados desde el 6 hasta el 2/0 AWG de Cobre, de Aluminio o de ACSR.

Los cortacircuitos operan satisfactoriamente según normas NEMA, con cualquier tipo de hilos fusible hasta de 100 A. Al instalar el cortacircuito en la cruceta, el conductor que va a la carga se debe conectar en la parte inferior, dejando el contacto superior para la línea viva y si se quiere también para el pararrayos.

El cortacircuito, al estar equipado con contactos de alta presión enchapados en plata permite alta conductividad. Estos contactos están contenidos dentro de una horquilla de acero inoxidable con alta capacidad de sujeción que permite una unión fuerte entre la parte fija y el tubo portafusible. La sujeción a la cruceta se hace mediante un sistema de montaje recomendado por las normas EEI-NENA que permiten al aislador de porcelana estar asido por su parte media.(19)

El portafusible está compuesto por un tubo de fibra de vidrio que se sujeta en la parte inferior al aislador por medio de una abrazadera y un mecanismo que permite el libre movimiento cuando ocurre una falla: en la parte superior se

encuentra un contacto con un casquete o una tapa, colocado en su extremo sólidamente enroscado. El uso del casquete o de la tapa depende de la magnitud de la corriente por interrumpir.

La tabla 1.1 muestra las características del cortacircuito empleado en los sistemas de distribución en Cuba.

Tabla 1.1 Datos técnicos del cortacircuitos para 15 a 38 kV (100 A).

| Tipo | 13,8 | 15 | 38 |
|---|-------|-------|-------|
| Tensión nominal kV | 13,8 | 15 | 38 |
| Tensión máxima de diseño kV | 15 | 15 | 38 |
| Corriente nominal continua A | 100 | 100 | 100 |
| Capacidad de interrupción (con casquete sólido A asimétrico RMS) | 5 000 | 4 000 | 2 000 |
| Prueba de impulso (1,2 / 50 seg.) BIL (kVp) | 95 | 110 | 150 |
| Prueba de baja frecuencia 60 Hz - RMS | | | |
| En seco (1 minuto) kV | 50 | 60 | 70 |
| Húmedo (10 segundos) kV | 35 | 42 | 60 |
| Longitud de aislamiento cm | 23,5 | 28,57 | 51,43 |
| Peso neto Kg. | 9 | 9.75 | 19 |

Fuente: Unión Eléctrica de Cuba.

El cortacircuitos puede ser accionado por efecto de una falla en el al cual está protegiendo o por medios manuales mediante una pértiga. Cuándo la desconexión sea manual es condición indispensable que la carga alimentada esté fuera de servicio aunque la red esté energizada, ya que la caja primaria no está diseñada para interrumpir circuitos bajo carga.

En el momento de ocurrir una falla, el hilo fusible se recalienta a causa de la corriente excesiva que por él circula, fundiéndose cuando la intensidad sea lo suficientemente elevada.

De acuerdo con la intensidad de la corriente se generan gases dentro del tubo de fibra de vidrio debido a un revestimiento interior del tubo, los cuales enfrían el arco

y desionizan el interior del tubo interrumpiéndose la corriente rápidamente. Al quemarse el hilo fusible, la parte móvil de la caja primaria se desconecta abruptamente en su parte superior quedando colgada de su parte inferior. Con esto cesa todo contacto entre terminales permitiendo además observar directamente que el cortacircuito fue accionado.

Cuando se usa casquete renovable, si la falla es muy pronunciada, la expulsión de gases generados se efectúa por los dos extremos del portafusible compensándose de este modo los momentos de giro producidos que impiden una rotación del cortacircuito sobre la cruceta, evitando al mismo tiempo una fuerte acción sobre el poste. Estas características de funcionamiento hacen que los cortacircuitos con casquete renovable tengan una mayor capacidad de ruptura.(20)

La presión de los gases es afectada entre otros por los siguientes factores:

- a) La magnitud de la corriente de falla.
- b) El factor de potencia de la corriente de falla.
- c) La posición de la onda de voltaje en el momento en que la falla se inicie.
- d) Las condiciones de reposición del voltaje del sistema.
- e) El tamaño del hilo fusible.

Para poner nuevamente en funcionamiento el cortacircuito, se deben cumplir los siguientes pasos:

- a) Quitar el portafusible metiendo una pértiga en el ojo inferior, levantándolo luego del porta contacto inferior.
- b) Cambiar el hilo fusible y el casquete superior si fuese necesario. Al cambiarle se debe tensionar y amarrar fuertemente al tornillo mariposa que se encuentra en el mecanismo inferior del portafusible.
- c) Colgar el portafusible en la pértiga por el ojo inferior y luego instalarlo en el porta contacto inferior, presionar con la pértiga por el ojo superior para un encajamiento en el porta contacto correspondiente.

1.7.3 Hilos fusible.

Uno de los problemas a los que se ve enfrentado el personal de operaciones de cualquier empresa electrificadora es la selección del fusible adecuado para la protección de transformadores de distribución considerando que el fusible debe

brindar protección contra corrientes de cortocircuito, de sobrecarga y de corrientes transitorias (conexión y arranque) se presentarán las reglas básicas y prácticas con el fin de garantizar una correcta selección de los mismos, para niveles de tensión menores o iguales a 34,5 kV.(21)

El fusible es un elemento térmicamente débil cuya función principal es la de aislar un equipo cuando una corriente de falla o sobrecarga pasa a través de él.

1.7.4 Seccionador tripolar para operación sin carga.

El seccionador para operación sin carga es apropiado para:

1. Interrumpir y cerrar circuitos de corriente cuando se quiere desconectar o conectar circuitos de corrientes pequeñas y despreciables; por ejemplo, aquellas que se originan por efectos capacitivos en pasamuros, barras colectoras, cables muy cortos y en los transformadores de tensión, o cuando no existe una diferencia de tensión digna de mención en circuitos a interrumpir o conectarse; por ejemplo, en una conmutación sobre barras colectoras conectadas en paralelo pero con capacidad diferente.
2. Distancias de protección en estado abierto; estas son espacios con un cierto potencial de aislamiento dentro de las fases abiertas de un interruptor y sirven para la protección del personal y de la instalación y por lo tanto, deben cumplir condiciones especiales.

Las distancias de interrupción deben ser apreciables cuando el interruptor está desconectado.

El seccionador para operación sin carga está previsto para accionamiento manual por medio de pértiga, u otro accionamiento mecánico. Los seccionadores son aptos para instalación interior. Sin embargo, para su ejecución y el uso de aisladores acanalados de resina colada, ellos pueden ser usados también en lugares con alta humedad en el ambiente. En la figura 1.4 se muestran las características constructivas del seccionador tripolar para operación sin carga tipo T 20 - 400 (tensión nominal de 20 kV e intensidad nominal de 400 A).(22)

1.7.5 Seccionador tripolar bajo carga.

Es utilizado para maniobrar circuitos de alta tensión hasta 20 kV y 400A. para instalación en interiores para maniobra y protección de transformadores de

distribución. Se emplea para conexión y desconexión de transformadores en vacío y a plena carga, líneas aéreas o cables; así como para conectar condensadores, grupos de condensadores o líneas dispuestas en anillos.

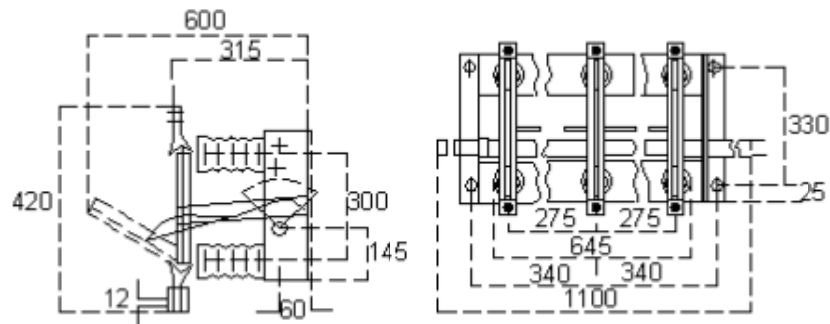


Figura 1.4 Seccionador tripolar para operación sin carga.

Fuente: Casas, L., y Ramírez, S. (2011). Redes de distribución de energía.

El seccionador se puede utilizar con fusibles de alta capacidad de interrupción con los que se asume la protección contra cortocircuito, suprimiendo de esta forma la necesidad de un interruptor de potencia en el sistema. En caso de fundirse un fusible, el seccionador desconecta las tres fases automáticamente evitando que los equipos conectados trabajen en dos fases. Este seccionador se emplea en instalaciones interiores y deben maniobrar corrientes hasta 400 A.

Al incorporar fusibles HH se limita la intensidad de corte protegiendo selectivamente los consumidores. Estando desconectado, el seccionador debe constituir una interrupción en el circuito fácilmente apreciable.

Para cada fase existen dos brazos de giro hechos de resina sintética prensada, los cuales mueven el contacto tubular durante el cierre y la apertura del seccionador. Estos brazos de giro están acoplados al interruptor de corte quien es el encargado de accionar simultáneamente los tres contactos del seccionador.

Los aisladores, de los cuales hay dos por cada fase, son hechos también de resina sintética prensada y tienen una posición oblicua respecto a la horizontal consiguiendo con esto mayor longitud de aislamiento en el menor espacio posible. En el extremo de cada aislador superior existe una pequeña cámara de gases

dispuesta en forma de anillo que ayuda a apagar el arco creado en la conexión. (Véase figura 1.5).(23)

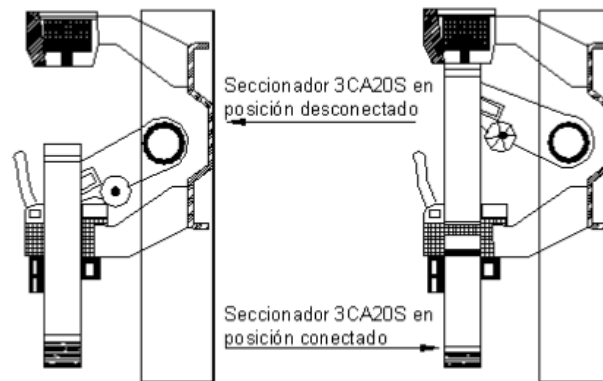


Figura 1.5 Posiciones del seccionador bajo carga (vertical)

Fuente: Casas, L., y Ramírez, S. (2011). Redes de distribución de energía.

La parte móvil del seccionador consta de un contacto tubular encargado de conducir la corriente de un aislador a otro. Dentro de este contacto tubular existe un contacto auxiliar móvil en forma de varilla que se encarga de conducir la corriente mientras se hace la ruptura total del circuito por parte del contacto tubular. En la parte inferior del seccionador y por fase existe una cámara de extinción que al mismo tiempo sirve para guardar el contacto tubular cuando el seccionador está desconectado.

Cuando el seccionador está en funcionamiento y es operado ya sea manualmente o por acción del percutor de un fusible, el contacto tubular comienza a descender a causa del disparo del resorte (ver figura 1.5), haciendo simultáneamente conexión interna con la parte inferior del contacto auxiliar que conduce ahora la corriente de carga, ya que este contacto auxiliar permanece conectado al retenedor del contacto del aislador superior.

Al continuar descendiendo el contacto tubular llega un momento en que se interrumpe toda conexión entre éste y el aislador inferior (su contacto). En este momento se crea un arco entre la parte inferior del contacto tubular y el contacto del aislador inferior generándose un gas en, la cámara de extinción instalada en la

parte inferior del seccionador. El gas sale fuertemente de la cámara de extinción apagando el arco rápidamente.

Mientras el contacto tubular desciende, un resorte especial colocado entre la parte superior interna del porta contacto tubular y la parte inferior externa del contacto auxiliar, se va comprimiendo ya que el contacto auxiliar está acoplado al retenedor del contacto del aislador superior y por lo tanto no tiene movimiento en este instante.

Cuando un mango adosado en la parte inferior del contacto auxiliar pega contra una cápsula colocada en la parte superior del portacontacto, el contacto auxiliar se desconecta del retenedor y es forzado hacia abajo por el disparo del resorte especial, quedando totalmente introducido dentro del porta contacto tubular cortándose de este modo toda posible conexión entre los aisladores.

Para la conexión del seccionador se acciona el contacto tubular simultáneamente con el contacto auxiliar. En el momento de conexión y mientras el contacto auxiliar se introduce en el retenedor del contacto del aislador superior, una cápsula metálica externa aislada colocada en la parte superior del porta contacto tubular protege contra arcos prematuros al contacto tubular, conductor de la corriente.

Condiciones de funcionamiento y Mantenimiento (24)

1.8 Fusibles de alta tensión HH

1.8.1 Aplicación.

Los fusibles de alta tensión HH, limitan la corriente protegiendo con ello los aparatos y las partes de la instalación (transformadores, condensadores, derivaciones de cables) contra los efectos dinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito. Puesto que los tiempos de fusión son muy cortos, se limitan las corrientes de cortocircuito de gran intensidad y debido a la configuración de los hilos fusibles, se evitan puentes de tensión de maniobras peligrosas. La corriente de ruptura más pequeña es de 2,5 a 3 veces el valor de la intensidad nominal del fusible.(25)

1.8.2 Construcción.

Los fusibles HH se componen de varias cintas fusibles, con pasos estrechos, conectadas en paralelo y completamente cubiertas por medio extinguidor de grano

fino (arena de cuarzo). El tubo exterior es de porcelana con superficie esmaltada. Los contactos son aplicados magnéticamente. Entre contacto y tubo se encuentra un anillo de empaque. Los conductores fusibles principales están bobinados sobre un tubo interior de cerámica de corte transversal en forma de estrella. Al operar los fusibles, aparece en uno de sus extremos un percutor, con el cual puede accionarse un emisor del estado de maniobra o el disparo de un seccionador bajo carga.

Para montar y desmontar el fusible HH se emplea una tenaza aislante que tiene un solo brazo de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Van montados sobre bases portafusibles unipolares a la cual van fijados dos aisladores de apoyo de resina colada.

1.8.3 Funcionamiento.

En caso de cortocircuito, los conductores fusible principales se fusionan vaporizándose en los pasos estrechos cuando se aumentarla corriente. Los arcos voltaicos que resultan sobre estos puntos son enfriados tan fuertemente por el medio extinguidor, que su tensión de combustión con la longitud dada del arco voltaico está sobre la tensión de servicio. De esta manera se forzar una reducción rápida de la corriente y ésta es extinguida en la primera media onda.

En caso de sobrecarga se logra que la corriente de desconexión mínima, que no exceda 2,5 veces la corriente nominal, por medio de la relación óptima entre los cortes transversales de los pasos estrechos y de las cintas, así como por la distribución sobre varios conductores fusible parciales. Por la construcción especial de los conductores fusible parcial se evitan extremos peligrosos en la tensión de conexión.(26)

1.8.4 Capacidad de ruptura.

La carga sobre el fusible en la desconexión es más fuerte con una corriente de cortocircuito determinada. Después decrece esta carga, aún con corriente de cortocircuito más elevada. Los fusibles han sido probados también en esta área crítica de corriente y por lo tanto, cumplen con las exigencias sobre la capacidad de ruptura en instalaciones de alta tensión.

1.9 Malla de puesta a tierra

1.9.1 Generalidades.

La red de conexión a tierra suministra la adecuada protección al personal y al equipo que dentro o fuera de la subestación pueden quedar expuestos a tensiones peligrosas cuando se presentan fallas a tierra en la instalación. Estas tensiones dependen básicamente de 2 factores: la corriente de falla a tierra que depende del sistema de potencia al cual se conecta la subestación; y la resistencia de puesta a tierra de la malla que depende de la resistividad del suelo, del calibre de los conductores de la malla, su separación, su profundidad de enterramiento y la resistividad superficial del piso de la subestación.

Las principales funciones son entonces: evitar sobrevoltajes, proporcionar vía de descarga de baja impedancia, servir de conductor de retorno, proporcionar seguridad a las personas, disminuir las tensiones peligrosas por debajo de los valores tolerables por el cuerpo humano.

La máxima resistencia de puesta a tierra en subestación aérea debe ser de 5 Ω . De acuerdo con las siguientes exigencias del terreno se emplearán una o más varillas de *Cooper weld* de 5/8" x 8' conectadas entre si por medio de conductor de Cobre desnudo de calibre 2/0 AWG. La conexión a tierra del transformador se hará de tal forma que en ningún caso exista contacto falso o directo con el tanque del transformador y serán conectados a ellos los siguientes elementos:

- El conector de la cuba.
- El neutro secundario del transformador.
- Los pararrayos.
- Las pantallas de los cables aislados para 15 kV.

La conexión a tierra siempre será verificada midiendo en todo caso la resistividad del terreno.

Pueden ser construidas mallas de puesta a tierra para las subestaciones, las cuales deben cumplir las siguientes condiciones:

1. Debe tener una resistencia tal que el sistema se considere como sólidamente puesto a tierra.

Para 13,2 kV la resistencia de la malla debe ser 5 máximo.

Para 34,5 kV la resistencia de la malla debe ser 3 máximo.

Para 115 kV la resistencia de la malla debe ser 1 máximo.

2. La variación de la resistencia, debido a cambios ambientales, debe ser tal que la corriente de falla a tierra, en cualquier momento, sea capaz de producir el disparo de las protecciones. Normalmente se toma el valor de la corriente de falla monofásica.
3. El tiempo máximo de duración de la falla en segundos se toma de los tiempos de operación de las curvas características de los fusibles.
4. Al pasar la corriente de falla durante el tiempo máximo de falla, no deben existir calentamientos excesivos.
5. Debe conducir las corrientes de falla sin provocar gradientes de potencial peligrosos entre puntos vecinos.
6. Debe ser resistente a la corrosión.(21)

Conclusiones parciales del Capítulo

En este capítulo se recogió todas las características de las instalaciones de subestaciones eléctricas, componentes y funcionamiento. Se materializa los fundamentales conceptos de subestación por varios autores. Se profundiza la investigación con la presencia de imágenes y tablas, las cuales son básicas en la correcta instalación de todos los componentes de la S/E.

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Antecedentes y situación actual.

La región de Carboneras y del Aeropuerto Juan Gualberto Gómez (AJGG) está ubicada 10 km aproximadamente al noroeste de la capital provincial, y recibe servicio eléctrico a través de dos líneas a 34,5 kV desde los interruptores 4415 y 4405, situados en la S/E Guanábana 110/34,5 kV ubicada en la periferia de la ciudad de Matanzas. La línea del 4415, con 20 km de longitud (la más corta de las dos), es la alimentación expresa y preferencial hacia la zona y tiene en estos momentos una carga pequeña de apenas 1 MW que es la demanda del Aeropuerto Juan Gualberto Gómez y de la S/E 34,5/13,8 kV que da servicio al asentamiento poblacional que le da nombre a la zona.

2.2 Estado actual de la demanda eléctrica en la zona y proyectos de crecimiento previsto.

En el quinquenio en curso se prevé un aumento de la carga de esta región con la construcción, por la mixta cubano-inglesa Carboneras S.A, de un campo de golf con diversos servicios y una inmobiliaria asociada, cuya puesta en servicio para finales del 2022 requiere de una demanda máxima estimada igual a 10 MW.

Los valores de demanda solicitados requieren de un análisis profundo dada la débil infraestructura eléctrica existente. La carga pronosticada para el próximo quinquenio no incluye solamente el campo de golf con sus más de mil habitaciones y servicios múltiples, sino también la ampliación de los servicios del AJGG en área y en carga, una zona de explotación petrolera aprobada al sur del poblado costero y otra al sur del campo de golf hacia Boca de Camarioca y otras cargas asociadas a la actividad turística en la zona de Maya y del parque Las Cavernas, que incluye la Cueva de Saturno y la de Santa Catalina. Los elementos adicionales se pronostican una demanda máxima media ascendente a 4 MW, lo cual indica que la demanda esperada en la zona oscila sobre los 14 MW.

Los conductores actualmente empleados en las líneas existentes son de ACC 70 mm, con una capacidad de corriente nominal ascendente a 280 A, valor inferior al de la corriente circulante requerida para cubrir los 14 MW, además del alto índice de pérdidas asociadas a la transferencia de este alto volumen de energía a tan largas distancias.

Muy próximo a Carboneras, se ubica la traza de la línea 110 kV Matanzas-Varadero, por lo que existe la posibilidad de la construcción de una S/E 110/34,5 kV que cumpla entonces con los requerimientos actuales y futuristas, en lo concerniente al suministro eléctrico con calidad y fiabilidad.

2.2.1 Política para la instalación de la nueva S/E Carboneras 110-34,5 kV.

La política propone dar respuesta a los principales problemas existentes actualmente en la distribución de energía eléctrica en la zona de desarrollo Carboneras y a la vez a las políticas aprobadas por el país en cuanto al uso racional de la energía y tiene entre sus principales objetivos:

1. Diseñar un procedimiento coherente que permita establecer líneas de trabajo que propicien el ordenamiento y la fiabilidad del sistema de distribución de energía eléctrica con las mínimas pérdidas y cumpliendo en lo establecido en la NC 365-2015 de tensiones normalizadas.
2. Estimular el desarrollo, experimentación y uso de las tecnologías de punta en la mejoría y confiabilidad del Sistema Electro-energético Nacional (SEN).
3. Explorar las soluciones que reducen el consumo de energía por concepto de distribución de energía eléctrica en las zonas concentradas de elevado consumo de energía eléctrica.
4. Contribuir al desarrollo de estrategias de mejora e integración de los sistemas de distribución de energía eléctrica y planes de implementación para cada territorio.
5. Fortalecer la concientización de los actores económicos sobre las bondades de una política de una distribución más rentable desde el punto de vista de disminución de pérdidas por concepto de distribución, trayendo consigo un enfoque directo a la sostenibilidad, innovación y bajas emisiones de CO₂.

En consonancia con la política trazada, se evalúa la sustitución de la distribución actual que se encuentra conectada a S/E de 110/34,5 kV más distantes por un conjunto integrado en lo que se denominaría S/E Carboneras 110-34,5 kV (en lo adelante solo se dirá S/E Carboneras), considerando además la rehabilitación de las redes que las alimentan para lograr un resultado integral en la calidad de este servicio y manteniendo el enlace actual para un caso de avería o emergencia, con las S/E que actualmente propician energía directa a las zonas cercanas a donde estará situado el nuevo enclave (Guanábana 110 y Varadero 110).

2.2.2 Esquema perspectivo.

La micro localización de la parcela donde será instalada la futura S/E Carboneras se sitúa en los 23°03'24" norte y 81°25'35" W. en la figura 2.1 se proporciona detalles de la ubicación geográfica de la zona de análisis.

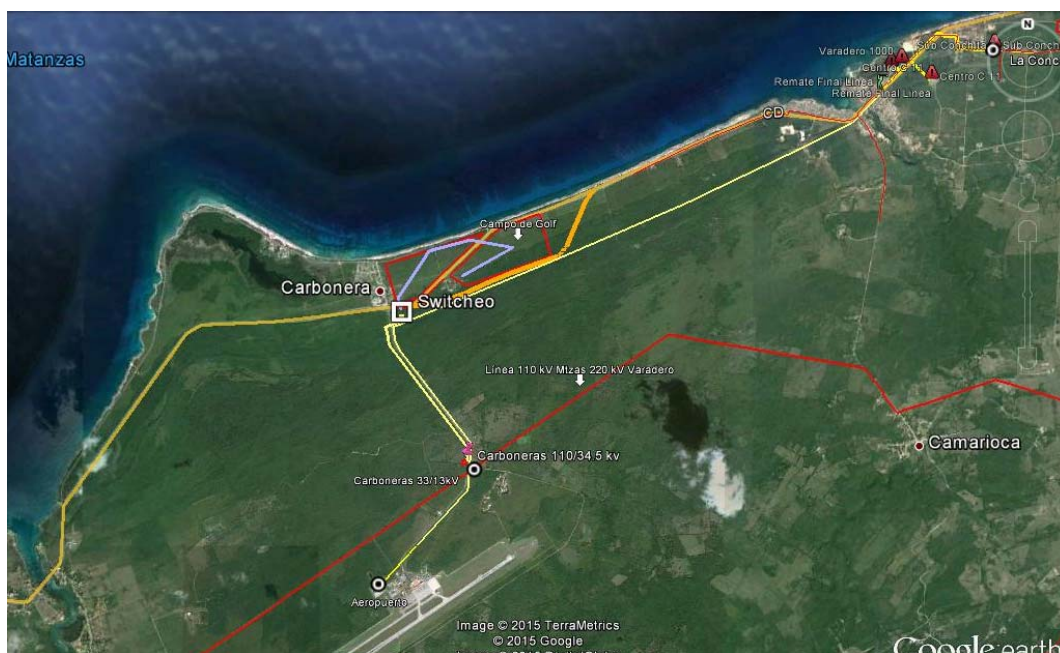


Figura 2.1 Vista aérea de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth

2.3 Descripción técnica del Proyecto

El proyecto que se pretende ejecutar consta de varias etapas de desarrollo las cuales se enumeran a continuación:

1. Construir una S/E 110/34,5 kV con un transformador de 25 MVA en un área micro localizada en la zona comprendida en las proximidades de la carretera que va al aeropuerto internacional Juan G Gómez, en las inmediaciones de la actual S/E Carboneras 34,5/13,8 kV y muy próximo al circuito 110 kV Matanzas–Varadero. Será alimentada por el lado de alta tensión (entrada-salida desde una de las líneas del circuito a 110 kV Matanzas-Varadero y constará de cuatro salidas a 34,5 kV.
2. Construir aproximadamente 0,4 km de líneas en simple circuito a 110 kV en estructuras *line post* y H desde el circuito a 110 kV Matanzas-Varadero hasta la subestación 110/34,5 kV propuesta.
3. Montaje de cuatro salidas a 34,5 kV.

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 2.1 se resume las actividades que serán contratadas y la entidad ejecutora.

Tabla 2.1 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 |

Fuente: Elaboración propia

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.

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 110 kV 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 Carboneras, 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 diésel se enmarcó en 1,0 CUC/litro.
6. Los costos de mantenimiento se toman iguales al 1,5 % del costo del anual, según lo recomendado por Kaplan [10]
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)

2.4 Diferentes criterios de selección para alternativas de inversión.

2.4.1 Valor del dinero invertido a través del tiempo

El valor del dinero en el tiempo se refleja en la siguiente expresión:

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

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)

2.4.2 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:

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

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)

2.4.3 Valor actual neto (VAN) y depreciación.

El VAN se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

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

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)

2.4.4 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:

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

TIR es la tasa interna de retorno, en fracción.(2)

2.4.5 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.

2.4.6 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:

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

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)

2.4.7 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:

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

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.

t_{vi} es el tiempo de vida de la planta, en años.(2)

2.5 Análisis breve de las principales variantes de solución.

En el estudio desarrollado son posibles cuatro variantes de solución, las cuales son descritas a continuación:

La variante 1 contempla alimentar el campo de golf (CG) con la infraestructura eléctrica actual, sin embargo, no resulta aconsejable hacerlo por cuanto los niveles de pérdidas son altos y el voltaje puede llegar hasta los 30 kV en momentos de máxima demanda. Puede ser que en situaciones de emergencia el circuito sea capaz de llevar parte de la carga del CG pero siempre con niveles de pérdidas eléctricas altos. Con este esquema no se puede dar ninguna garantía de servicio al CG y resultaría además una solución no favorable desde el punto de vista económico por el incremento del volumen de pérdidas por concepto de distribución de energía eléctrica (véase la tabla 2.2).

La variante 2, donde se alimenta el CG desde Varadero 110 kV a través de la línea del interruptor 4985, ocurría una situación similar a la de la variante 1 pero con pérdidas aún mayores y niveles de caída de tensión al final de línea numéricamente superiores a los obtenidos con la variante 1. Al igual que en la variante 1, en situaciones de emergencia este circuito también será capaz de llevar parte de la carga del CG pero siempre con niveles de pérdidas eléctricas altos. A modo de resumen, no resulta racional y el uso de esta variante, unido a que no proporciona una garantía de servicio con alto índice de confiabilidad (véase la tabla 2.2).

La variante 3, aunque requiere de una inversión inicial elevada, es la más factible desde el punto de vista operacional, de confiabilidad en la garantía de servicio, así

como desde el punto de vista económico, teniendo en cuenta la disminución de pérdidas de energía eléctrica por concepto de distribución. La misma estaría ubicada en la zona correspondiente a las cercanías al centro de carga de la zona Carboneras, convirtiéndose a la vez en la única variante capaz de responder a incrementos futuros de la demanda en la zona, ocasionado en lo fundamental, por la prospección , perforación y explotación de hidrocarburos en la zona , así como incrementos de la infraestructura con fines turísticos , de acuerdo a lo consultado con CUPET y el MINTUR, además de dar alimentación de respaldo a los circuitos de 34,5 kV con S/E limítrofes, (véase la tabla 2.2).

El hecho de construirse una subestación de 110 kV (se propone Yis) a apenas tres km de distancia con dos interruptores por alta que posibilitan una doble alimentación a la misma, dos salidas soterradas por baja expresas al cliente principal y una tercera aérea desde el alimentador hacia Boca de Camarioca, brinda la posibilidad de garantizar plenamente la continuidad y la calidad del servicio eléctrico al CG.

Al ser modeladas cada variante en la herramienta computacional radial 10.0, fueron obtenidos parámetros que pueden describir el comportamiento técnico – económico de cada variante de forma independiente, dentro de los más importantes a valorar, según criterio del autor del presente, se encuentra el % de pérdidas y la caída de tensión, dándole cumplimiento de esta forma a lo estipulado por la NC-365-2015 tensiones normalizadas.

Los costos aproximados fueron obtenidos independientemente en herramientas elaboradas en el software Microsoft Excel 2007. Estos elementos serán ampliados en el capítulo III dedicado al análisis de resultados. En la tabla 2.2 se presenta un resumen de las corridas de cada variante en la herramienta radial 10.0, encontrándose tal como fue descrito con anterioridad que la variante

Tabla 2.2 Resumen de las corridas de flujo para cada variante analizada.

| Variantes | Pérdidas (%) | Voltaje final de línea (kV) | % caída de tensión final de línea | Costo Aproximado (kUSD) |
|------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Condición actual | 1 | 33,6 | 4,68 | - |
| Variante 1 | 6,81 | 30,60 | 9.46 | 371,8 |
| Variante 2 | 7,52 | 30,38 | 10.12 | 805,6 |
| Variante 3 | 1,2 | 33,9 | 1,16 | 5,049 |

En la tabla 2.2 se resaltan en color rojo y letra cursiva los valores que incumplen con lo estipulado en las normas de tensiones normalizadas vigentes (NC-365-2015).

La variante 3 resulta ser la más efectiva desde el punto de vista de pérdidas de energía y calidad del servicio. Al aplicarle el criterio integral de Kundratiev, es posible modelar mediante la herramienta computacional *Power System Explorer* (PSX) la curva de carga esperada y el rendimiento de la unidad transformadora. Ambas curvas son proporcionadas en las figuras 2.2 y 2.3.

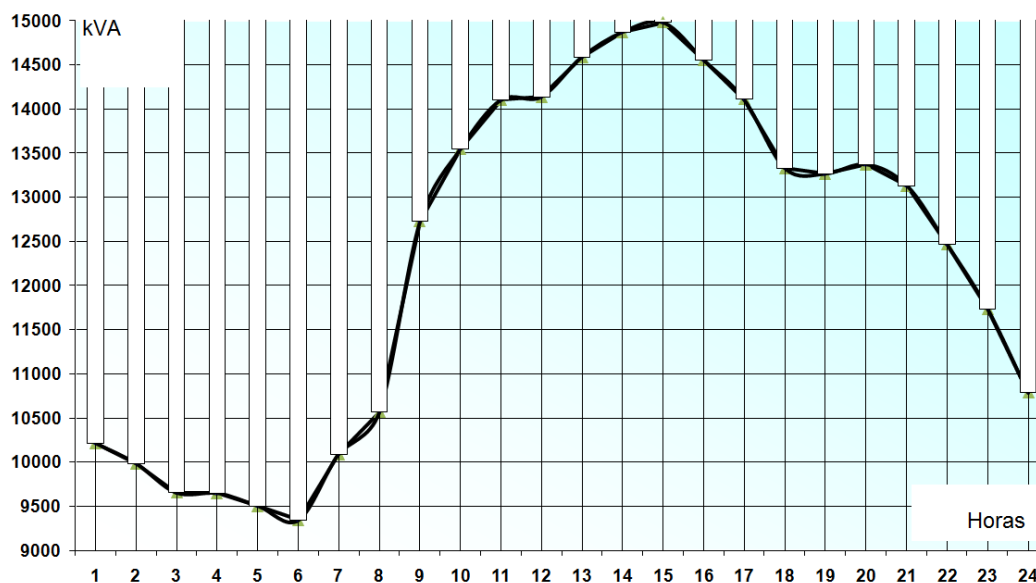


Figura 2.2 Curva de modelación integral de la demanda esperada en la S/E

Fuente: Elaboración propia

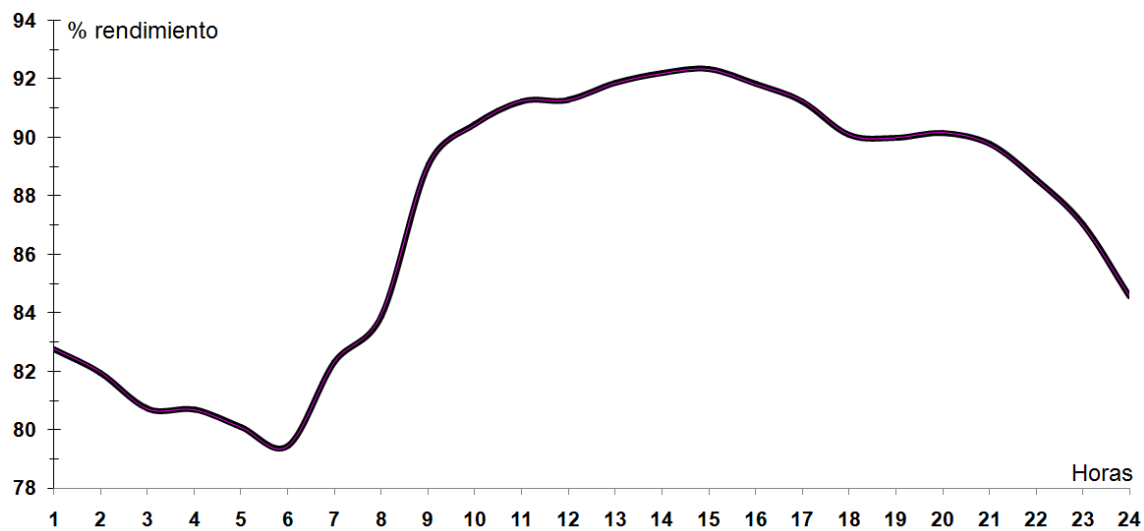


Figura 2.3 Rendimiento pronosticado del transformador usado en la S/E.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se refleja los resultados obtenidos en estudio de factibilidad económico financiero de la S/E Carbonera 110/34.5kV.

3.1 Costo de inversión

El valor de inversión se conformó a partir del presupuesto requerido para la ejecución de los trabajos. Para este propósito, se consideró una disminución en los consumos de combustibles como resultado del decremento de las pérdidas de energía eléctricas, al ser descartada la posible alimentación desde la S/E Guanábana 110 o Varadero 110. Los costos de salarios son numéricamente iguales a los de la S/E Cárdenas II con la misma cantidad de operarios y un jefe de brigada.

El desglose de la inversión se realiza de acuerdo al decreto 327/2014, considerando el efecto económico en dos componentes de moneda, considerando el gravamen sobre el USD con respecto al CUC y la tasa de cambio vigente en la actualidad a nivel empresarial para la correlación CUC-CUP. En la figura 3.1 se muestra el desglose del valor de inversión para la evaluación económica-financiera del proyecto.

| PARTIDAS A VALORAR | SUBESTACION CARBONERAS | | | | 2020 | | | | 2021 | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Moneda Total | MN | CUC | Importación USD | Moneda Total | MN | CUC | Importación USD | Moneda Total | MN | CUC | Importación USD |
| EQUIPOS | \$1.614.794 | \$209.875 | \$1.399.168 | \$1.319.970 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$1.609.044 | \$209.875 | \$1.399.168 | \$1.319.970 |
| CONSTRUCCION Y MONTAJE | \$1.314.419 | \$998.171 | \$316.248 | \$113.589 | \$63.139 | \$16.160 | \$46.980 | \$49.798 | \$1.251.280 | \$982.011 | \$269.269 | \$63.791 |
| Línea 110 kV carboneras | \$90.199 | \$23.085 | \$67.114 | \$71.140 | \$63.139 | \$16.160 | \$46.980 | \$49.798 | \$27.060 | \$6.926 | \$20.134 | \$21.342 |
| OTROS | \$875.635 | \$400.515 | \$475.120 | \$345.168 | \$345.420 | \$98.022 | \$247.398 | \$0 | \$524.465 | \$301.743 | \$222.722 | \$345.168 |
| Otros gastos de importación | \$221.462 | \$0 | \$221.462 | \$208.926 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$221.462 | \$0 | \$221.462 | \$208.926 |
| Otros | \$654.173 | \$400.515 | \$253.658 | \$136.242 | \$345.420 | \$98.022 | \$247.398 | \$0 | \$303.003 | \$301.743 | \$1.260 | \$136.242 |
| TOTAL | \$3.804.847 | \$1.608.561 | \$2.190.536 | \$1.778.727 | \$408.559 | \$114.182 | \$294.377 | \$49.798 | \$3.384.788 | \$1.493.629 | \$1.891.159 | \$1.728.929 |

Figura 3.1 Desglose del valor de inversión para la evaluación financiera

El costo directo inicial o inversión fija se refiere al costo de adquisición con el proveedor extranjero. El presupuesto de la inversión se realiza a partir de la propuesta de mercado realizada por la empresa China: *China National Aero-Technology International Supply Corporation (CATIC SUPPLY/ Zheng Haizhou)* y las fichas de costos por los servicios de construcción y montaje ofrecidos por las empresas cubanas mencionadas en la tabla 2.1. En la tabla 3.1 se muestra el resumen del monto primario básico (sin considerar impuestos y depreciaciones) requeridos para la instalación y puesta en marcha de S/E 110 /34,5 kV Carboneras.

Los gastos por imprevistos se estimaron como un 7 % del monto total y ascienden a 153 700 CUP de ellos, 113 310 CUC y 40 390 USD de importación. El alcance de la inversión para el año 2021 comprende la ejecución de 0,4 km de línea en sistema *Line Post* a 110 kV.

Tabla 3.1 Resumen del monto primario requerido para ejecutar la inversión.

| Desglose | LINEAS 110 KV | | | SUBESTACIONES | | | TOTAL | | |
|-----------------|---------------|-------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | MCUC | MCUP | Total | MCUC | MCUP | Total | MCUC | MCUP | Total |
| Const.y Montaje | 67,1 | 23,1 | 90,2 | 249,1 | 975,1 | 1 224,2 | 316,2 | 998,2 | 1 314,4 |
| Equipos | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 1 399,2 | 209,9 | 1 609,0 | 1 400,4 | 210,6 | 1 611,0 |
| Otros | 3,9 | 9,4 | 13,3 | 475,1 | 400,5 | 875,6 | 479,0 | 409,9 | 888,9 |
| Total | 72,2 | 33,2 | 105,4 | 2 123,4 | 1 585,5 | 3 708,9 | 2 195,7 | 1 618,7 | 3 814,3 |

Fuente: Elaboración Propia

El cronograma de ejecución pactado con los proveedores y para la entrada de cada una de las entidades contratadas es resumido en la tabla 3.2.

3.2 Costos de Operación y Mantenimiento

De acuerdo al decreto 327/2014, el costo de operación y mantenimiento de estaciones de potencia y de sus S/E asociadas se sitúa en el rango (1-3)%. En el presente trabajo se tomará un valor conservador, estimando que este costo será igual al 1,5% del monto total de la inversión inicial. Este valor porcentual es el más utilizado entre los especialistas de la UNE, demostrando en más de una docena de experiencias similares a la presente, que resulta ser conservador y fiable.

Este costo, sin embargo, puede sufrir cambios estacionales con la variación de la carga anual. La unidad de la S/E contratada es de tipo encapsulada, por lo cual se alargan apreciablemente los ciclos de mantenimiento, lo cual constituye un ahorro de financiamiento, al no tener que incluir el 1,5% en el flujo de caja.

Tabla 3.2 Cronograma ejecución de la línea y la SE 110/13,8 kV Carbonera.

| Cronograma de ejecución civil subestación 2020-2021 | |
|--|-------------------|
| Actividad | Fecha |
| Proyectos ejecutivos | nov-19 - ene-20 |
| Movimiento de tierra | marzo - abril |
| Base del transformador | mayo |
| Cimentación del patio | mayo- junio |
| Casa de control | junio |
| Viales | julio |
| Garita | julio |
| Tanque séptico | agosto |
| Terminación del campo | agosto |
| Cercado y áreas verdes | septiembre |
| Obras de la Defensa | septiembre |
| Cronograma de montaje y puesta en marcha SE 2020 | |
| Portales | oct |
| Parte primaria | nov- dic |
| Parte secundaria | nov- dic |
| Puesta en marcha | diciembre |
| Cronograma construcción de línea 2021 | |
| 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 |
| Corregir defectos línea y dejar lista para calentar | octubre |

Fuente: Elaboración propia

3.3 Balance de ingresos y ahorros del proyecto

Para evaluar la factibilidad del proyecto se determinaron los ahorros que se originan por concepto de combustible convencional no quemado, al reducir las tasas de pérdidas de distribución. Para ello se partió de la estructura de

generación del SEN, y a su vez previendo para el caso de las nueva subestación una reducción de las pérdidas de distribución del 6,8 % a 1,2 %.

Los ahorros por concepto de combustible se calcularon al costo promedio de combustible en el SEN, considerando el costo del crudo nacional a 491,1 CUC/ton, el diesel a 940,1 CUC/ton y el fuel oíl a 743,2 CUC/ton. El costo promedio base del kWh es de 174,4 CUC/MWh, sin embargo si son incluidas las bases de transmisión, entonces este costo se incrementa hasta 185,5 CUC/MWh.

Dentro de los ahorros se incluyen un grupo de equipos e instalaciones, que pueden ser reutilizados, por conservar un buen estado técnico, y además su periodo de operación encontrarse dentro del período de vida útil de los mismos. Ese es el caso de dos transformadores de S/E y dos interruptores NULEC serie R, para más detalles acerca de estos equipos y su valor de uso véase la tabla 3.3.

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 1 000 kVA | 1 | 5 410,7 | 11 275,3 | 16 686,0 |
| Nulec serie R | 2 | 38 250,4 | 6 580,3 | 44 830,7 |
| Transformador 34,5/13,8 2 500 kVA | 1 | 20 145,1 | 22 772,3 | 42 917,4 |
| TOTAL | - | 63 806,2 | 40 627,9 | 104 434,1 |

Se calcula el aumento 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 75 % 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.

3.4 Resultados de la evaluación económica

A partir de las consideraciones hechas y explicadas en el acápite anterior, se identificaron y calcularon los flujos de egresos e ingresos del proyecto y se aplicaron los criterios de evaluación del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación (PR).

Para establecer el horizonte de evaluación del proyecto se acude al periodo de vida útil del elemento más costoso del proyecto, el transformador de la S/E. el proveedor chino garantiza un periodo de vida útil de 30 años de operación en condiciones normales, por lo tanto el presente estudio se toma un horizonte de 25 años para hacer el análisis financiero del proyecto. La evaluación financiera se realiza para el proyecto sustentado por un financiamiento de procedencia extranjera y para el caso de que el financiamiento sea propio. Los resultados obtenidos son resumidos en las tablas 3.4 y 3.5 para los casos de la evaluación del proyecto con financiamiento propio y externo respectivamente.

Tabla 3.4 Resultados del Proyecto con financiamiento propio.

| | | MCUC | MM Total |
|--------------------------|------|--------|----------|
| VAN | 10% | 46,4 | 22,8 |
| VAN | 12% | -308,6 | -244,6 |
| VAN | 15% | -722,4 | -552,7 |
| TIR | | 10,3 | 10,2 |
| Período de Recuperación. | Años | 14,2 | 14,4 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.5 Resultados del Proyecto con financiamiento externo.

| | | MCUC | MM Total |
|--------------------------|------|---------|----------|
| VAN | 10% | 1 201,5 | 195,3 |
| VAN | 12% | 884,9 | 83,9 |
| VAN | 15% | 538,9 | -21,9 |
| TIR | | 24,1 % | 14,2 % |
| Período de Recuperación. | Años | 9,3 | 13,5 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados alcanzados y mostrados en la tabla 3.4, indican que el proyecto de ser ejecutado con capital propio no resulta económicamente viable, aunque el período de recuperación simple, bajo las premisas de cálculo asumidas no excede los 14 años y 5 meses en moneda total, siendo 25 el período máximo de utilización disponible (horizonte estimado del proyecto).

Contrariamente, en la tabla 3.5 se comprueba que la ejecución del proyecto bajo financiamiento externo resulta factible desde el punto de vista de análisis diferencial de la inversión, pues el VAN toma tasas positivas para varias tasas de actualización sucediendo igual con el valor del TIR.

En el caso de la moneda total, resulta que el VAN es negativo para valores de tasas de actualización del 15%, lo cual indica que el proyecto puede tener fluctuaciones en los ingresos en un análisis de sensibilidad que incluya tasas de actualización o decrementos inferiores o superiores al 15%. Sin embargo, el período de recuperación en este caso es 13,5 años, restando 11,5 años de evaluación que pueden compensar los ingresos restantes para permitir la viabilidad del proyecto.

Los resultados muestran que el proyecto es viable tanto en divisas como en moneda total al obtener ahorros sobre el capital invertido de 1 201,5 MCUC y de 195,3 MCUP y un rendimiento del 24,1 % en divisas y del 14,2 % en moneda total, lo que permite que la recuperación en CUC y en CUP sea en 9,3 y 13,5 años respectivamente, para un horizonte de evaluación de la instalación igual a 25 años.

3.5 Flujo del proyecto con financiamiento externo.

Para evaluar financieramente el proyecto se cuenta con un crédito comercial otorgado por el suministrador del equipamiento, a través de un acuerdo comercial con el Banco Central de Cuba. En la tabla 3.6 y 3.7 son detallados la estructura del financiamiento y los términos y condiciones del financiamiento respectivamente.

Tabla 3.6 Estructura del financiamiento

| Monto de inversión total | 2020 | 2021 | Total | |
|--|---------|-----------|-----------|------|
| Monto de inversión total (MCUP) | \$423,2 | \$3 391,1 | \$3 814,3 | |
| Monto en MCUC | \$299,1 | \$1 896,5 | \$2 195,7 | |
| Monto en moneda nacional (MCUP) | \$124,1 | \$1 494,6 | \$1 618,7 | |
| | 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 3.7 Términos y condiciones del financiamiento.

| Condiciones de financiamiento | 2020 | | 2021 | |
|--|----------|---------|-----------|-----------|
| | MCUC | MCUP | MCUC | MCUP |
| Monto de Inversión total (miles) | \$299,1 | \$124,1 | \$1 896,5 | \$1 494,6 |
| Crédito comercial | \$49,8 | \$0,0 | \$1 728,9 | \$0,0 |
| Efectivo a través financiamiento central | \$249,3 | \$124,1 | \$167,6 | \$1 494,6 |
| Período reembolso | 12 meses | | 12 meses | |
| Tasa de interés anual | 5,5% | | 5,5% | |
| Período de gracia | 12 meses | | 12 meses | |

Fuente: Elaboración propia.

Para el pago de la deuda, se prevé realizarlo mediante una carta de crédito irrevocable no confirmada abierta por el Banco Central 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 y se incluye el efecto de la liquidez del mismo, son brindados en la tabla 3.8. El proyecto a partir del financiamiento en divisas mejora los resultados con un

rendimiento del 24,1 % en divisas y 14,2 % en moneda total, y ahorros por 884,9 MCUC y 83,9 MCUP en el período evaluado.

Tabla 3.8 Resultados del proyecto en CUC y CUP (con pago de deuda).

| Indicadores | | MCUC | Indicadores | | MCUP |
|----------------------|-----|---------|----------------------|-----|-------|
| VAN | 10% | 1 135,4 | VAN | 10% | 184,6 |
| | 12% | 836,3 | | 12% | 79,3 |
| | 15% | 509,3 | | 15% | -23,1 |
| TIR | | 22,8% | TIR | | 13,4% |
| Período recuperación | | 9,8 | Período recuperación | | 14,2 |

Fuente: Elaboración propia

El flujo de caja externo, para su conformación y estructuración se basa fundamentalmente en las entradas y salidas de efectivo que genera el proyecto. De estas se resumen lo siguiente:

Las entradas fundamentales del proyecto son:

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

Ahorros del proyecto: Esta entrada incluye el 25 % de los ahorros que se generan, de acuerdo al decreto ley inversionista vigente, [34]. Este 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.

Las salidas fundamentales del proyecto son:

Importación: Este acápite está integrado por los montos destinados a la importación de equipos, así como otros en asistencia técnica, ingeniería, y pago de inspección de Cubacontrol.

Pago de la deuda: Estas salidas de capital están asociadas al reembolso del principal y los intereses asociados salidas asociadas al reembolso del principal (1 779 MUSD) y los intereses (98 MUSD).

Los resultados alcanzados en el flujo de caja con financiamiento externo son mostrados en la tabla 3.8, mientras en los anexos se brindan cada uno de los anexos establecidos en el reglamento inversionista vigente en la actualidad, (Ley 327/2015).

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 |
|--|--------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| ENTRADAS | \$207 | \$2.027 | \$317 | \$248 | \$286 | \$326 | \$370 | \$418 | \$465 | \$521 | \$582 | \$647 | \$718 | \$795 | \$877 | \$966 |
| Crédito (Externo) | \$50 | \$1.729 | | | | | | | | | | | | | | |
| Ahorro de Comb.por reducción de pérdidas | \$0 | \$298 | \$317 | \$248 | \$286 | \$326 | \$370 | \$418 | \$465 | \$521 | \$582 | \$647 | \$718 | \$795 | \$877 | \$966 |
| valor de uso de equipos recuperados(S/E y nulec) | \$158 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SALIDAS | \$50 | \$1.949 | \$1.824 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Costo de Inversión (Importaciones) | \$50 | \$1.896,5 | | | | | | | | | | | | | | |
| Pago de la deuda | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intereses | \$0 | \$3 | \$95 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Pago Principal | \$0 | \$50 | \$1.729 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Saldo | \$158 | \$78 | -\$1.507 | \$248 | \$286 | \$326 | \$370 | \$418 | \$465 | \$521 | \$582 | \$647 | \$718 | \$795 | \$877 | \$966 |
| Saldo Acumulado y Actualizado (12%) | \$158 | \$228 | -\$974 | -\$797 | -\$615 | -\$430 | -\$242 | -\$53 | \$135 | \$323 | \$510 | \$696 | \$880 | \$1.063 | \$1.242 | \$1.418 |
| Periodo Recup Descontado | - | - | - | - | - | - | - | - | 7,71 | - | - | - | - | - | - | - |
| VAN 12 % | 1.418 | MUSD | | | | | | | | | | | | | | |
| TIR | 25,1% | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERÍODO RECUP.DESCONTADO | 7,7 | Años | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

3.6 Análisis de Sensibilidad

Para cubrir la incertidumbre de los datos en la evaluación se realizó un análisis de sensibilidad al proyecto en CUC, USD y Moneda Total, a aquellos parámetros vitales para la ejecución del mismo, dentro de los que se consideran que pudieran ser más sensibles y pudieran influir en los resultados del mismo. Estos parámetros son:

- Precio crudo
- Precio fuel oíl
- 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 3.10, de acuerdo a lo estipulado en el anexo 9 del decreto 324/2014, [34]

Tabla 3.10 Resultados del análisis de sensibilidad

| | | Resumen Escenario S/E 110-34,5 kV Carboneras | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|--|------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| | | Valores actuales: | Dism 5% potencia | Dism 10 % potencia | Dism 20 % perdidas | aumento 20 %valor de la inversion | reduccion 20 % costo combustible | reduccion 5% CEN del SEN |
| Celdas cambiantes: | | | | | | | | |
| | Dism 5% potencia | 15,200 | 14,44 | 15 | 14 | 15 | 14 | 15 |
| | Dism 10 % potencia | 15 | 15,2 | 13,68 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| | Dism 20 % perdidas | 175 | 175 | 175 | 140,38 | 175 | 175 | 175 |
| | aumento 20 %valor de la inversion | 5064 | 5064 | 5064 | 5064 | 6077 | 5064 | 5064 |
| | reduccion 20 % costo combustible | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 304 | 380 |
| | reduccion 5% CEN del SEN | 560 | 560 | 560 | 560 | 560 | 560 | 532 |
| Proyecto sin Financiamiento | | | | | | | | |
| MCUC | <i>VAN 10% (MCUC)</i> | \$ 46,28 | \$ 43,59 | \$ 43,17 | \$ 41,88 | \$ 40,85 | \$ 45,10 | \$ 45,06 |
| | <i>VAN 12% (MCUC)</i> | \$ (308,77) | \$ (328,21) | \$ (331,60) | \$ (343,53) | \$ (353,41) | \$ (316,88) | \$ (317,23) |
| | <i>VAN 15% (MCUC)</i> | \$ (722,63) | \$ (769,40) | \$ (778,00) | \$ (813,26) | \$ (832,48) | \$ (741,76) | \$ (742,78) |
| | <i>TIR</i> | 10,24% | 10,08% | 10,00% | 8,72% | 8,13% | 10,20% | 10,14% |
| | <i>Periodo de Recup.</i> | 14,22 | 14,77 | 14,97 | 16,39 | 17,14 | 14,40 | 14,43 |
| MMT | <i>VAN 10% (MCUP)</i> | \$ (414,21) | \$ (389,93) | \$ (386,07) | \$ (378,86) | \$ (369,71) | \$ (403,88) | \$ (411,61) |
| | <i>VAN 12% (MCUP)</i> | \$ (652,12) | \$ (694,32) | \$ (702,09) | \$ (726,06) | \$ (751,25) | \$ (668,83) | \$ (668,92) |
| | <i>VAN 15% (MCUP)</i> | \$ (920,95) | \$ (980,55) | \$ (991,52) | \$ (1.025,37) | \$ (1.060,95) | \$ (926,40) | \$ (944,68) |
| | <i>TIR</i> | 7,38% | 7,27% | 7,21% | 6,29% | 5,86% | 7,36% | 7,31% |
| | <i>Periodo de Recup.</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Proyecto con Financiamiento | | | | | | | | |
| MCUC | <i>VAN 10% (MCUC)</i> | \$ 1.201,36 | \$ 1.143,36 | \$ 1.132,38 | \$ 1.114,80 | \$ 1.090,63 | \$ 1.171,38 | \$ 1.171,28 |
| | <i>VAN 12% (MCUC)</i> | \$ 884,67 | \$ 840,96 | \$ 832,37 | \$ 817,77 | \$ 798,48 | \$ 862,58 | \$ 862,50 |
| | <i>VAN 15% (MCUC)</i> | \$ 538,67 | \$ 511,15 | \$ 505,47 | \$ 495,02 | \$ 481,88 | \$ 525,22 | \$ 525,16 |
| MMT | <i>VAN 10% (MCUP)</i> | \$ 195,33 | \$ 185,81 | \$ 183,97 | \$ 181,17 | \$ 177,12 | \$ 190,46 | \$ 190,45 |
| | <i>VAN 12% (MCUP)</i> | \$ 83,91 | \$ 79,72 | \$ 78,89 | \$ 77,58 | \$ 75,72 | \$ 81,82 | \$ 81,81 |
| | <i>VAN 15% (MCUP)</i> | \$ (21,93) | \$ (23,12) | \$ (23,39) | \$ (23,83) | \$ (24,48) | \$ (22,49) | \$ (22,50) |
| Flujo Pais | | | | | | | | |
| | <i>VAN 12% (MUSD)</i> | \$ 335,47 | \$ 313,96 | \$ 307,50 | \$ 287,37 | \$ 291,86 | \$ 326,80 | \$ 325,22 |

Fuente: Elaboración propia.

El análisis realizado a los diferentes parámetros del proyecto, muestran que los elementos más sensibles y que ejercen mayor influencia son los costos del

combustible y la tarifa eléctrica. Si sucediese que se redujera en un 20 % las pérdidas y los precios de la tarifa eléctrica, el proyecto presenta un deterioro de sus indicadores, pero aun así en estas circunstancias continua siendo viable desde el punto de vista económico y financiero. Sin embargo se aclara que en las circunstancias actuales es poco probable que esto suceda, fundamentado en la tendencia creciente sobre los costos de combustibles convencionales en el mercado internacional, y que paralelamente la electricidad en Cuba es generada bajo un régimen de subsidio asumido por el estado socialista, por lo tanto, se está ante una tarifa eléctrica constante y no propensa a variaciones en el costo de venta al cliente final.

CONCLUSIONES

Una vez terminado el presente trabajo de diploma se arriban a las siguientes conclusiones:

- 1- Se demostró que la variante 3 por sus múltiples ventajas desde el punto de vista técnico debe ser la propuesta presentada ante el MEP como única vía para dar cobertura eléctrica a todas las cargas que surjan en la zona de Carboneras que actualmente no posee la infraestructura adecuada para asumir el crecimiento de demanda pronosticado.
- 2- Con la puesta en marcha de la S/E Carboneras 110-34.5 kV se logra reducir el consumo específico de combustible por kW generado, por concepto de disminución de pérdidas técnicas
3. La rentabilidad y el período de recuperación del proyecto evidencian la factibilidad del mismo.
4. En el análisis de sensibilidad efectuado a la evaluación se puede observar que una variación de los indicadores seleccionados hasta los porcentos determinados aunque modifica los resultados no afecta los índices de eficiencia del proyecto en ninguna de las monedas analizadas.

RECOMENDACIONES

1. Someter esta fundamentación a la consideración de las partes involucradas con el objetivo de concretar la ejecución del proyecto de inversión.
2. Considerar la distribución interna del campo de golf a 34,5 kV con un lazo que alimente múltiples subestaciones ubicadas en los centros de carga que se determinen por el inversionista en el proyecto final.
3. Se recomienda, y así se concibió en el EFTE, una cámara de switcheo a la entrada del campo de golf con una automática que facilite la operación.

Referencias

1. Harper, G. Elemento de Diseño de Subestaciones Eléctrica. DF Mexico : Limusa, 2002. ISBN 968-18-1150-X.
2. Casas, L. Análisis económico de nuevos proyectos de subestaciones en Cuba. s.l. : Editorial Universitaria, 2014.
3. Validación de la factibilidad técnica de una nueva subestación eléctrica como solución a pérdidas técnicas en la distribución de energía en la empresa eléctrica de Pinar del Río. Aguiar, Leonardo, y otros. 4, Pinar del Río : CIGET Pinar del Río, 2013, Vol. 15. ISSN 1562-3297.
4. Constitución de la República de Cuba. La Habana : Editora Política, 2019. ISBN 978-959-01-1066-5.
5. Ley No.130 Ley de Presupuesto del Estado para el año 2020. Gaceta Oficial de la República de Cuba. La Habana , Cuba : s.n., 13 de Enero de 2020. 4, págs. 35-58.
6. Decreto No 327 de 2014 Reglamento del proceso inversinista. Gaceta Oficial de la República de Cuba. La Habana , Cuba : s.n., 23 de Enero de 2015. No 5, págs. 27-59.
7. Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social Del Partido Comunista de Cuba Y la Revolución para el periodo 2016-2021. Folleto. La Habana : s.n., 2016.
8. Anderson, J.G. Transmission substation Reference Book for 110 Kv and above . Taylor and Francis : s.n., 2017.
9. IEEE. Guide for Containment and Control of Oil Spills in Substations. 2020. IEEE Std 980-2014 (R2020).
10. Solla, J.M. Diseño e innovación en Subestaciones y Cables . Presentación Power Point. Coruña, España : s.n., 2012.

11. IEEE. IEEE Standard SCADA and Automation Systems. 2017. Standard C 37.1-2017.
12. Jiménez , R. Transformadores de potencial y Transformadores de corriente . s.l. : Limusa , 2006.
13. Jones, D.J, y otros. GIS in service- Experience and recommendations. Paris : s.n., 2019. págs. paper 23-104.
14. McDonald, J.D. Electric power substations engineering. s.l. : Taylor and Francis.
15. Casas, L y Ramírez, S. Redes de Distribución de Energía. Villa Clara : Universitria, 2011.
16. Quesada , J.D.H. Guía básica de diseño de subestaciones eléctricas con énfasis en el arreglo de barras colectoras de interruptor y medio. Universidad de Costa Rica . 2008. Trabajo de Diploma.
17. Ramírez , C. Subestaciones de alta y extra alta tensión. s.l. : Universidad Nacional de Colombia, 2019.
18. Rauli, J. Diseño de subestaciones eléctricas. s.l. : McGraw Hill, 2007.
19. Estaciones de transformación y distribución. Ramírez, J. 10, 2010, págs. 142-157.
20. Tapia , L. Operaciones de subestaciones eléctricas. s.l. : EPN, 2005.
21. Viego, P y Casas, L. Estudios y requerimientos para la inclusión de nuevos proyectos de subestaciones de potencia en la Revolución Energética . s.l. : Feijoo, 2014.
22. Zoppeti, G. Subestaciones transformadoras y de distribución . s.l. : Gustavo Gill.
23. Brown, R.E. Electric power distribution reliability. s.l. : Marcel Dekker, 2019.

24. Subestaciones Eléctrica, elementos moderno de análisis. Hernández, H, Maldonado, R y Enriquez, L. 11, 2011, págs. 101-113.
25. Linares , J. Diseño de Subestaciones Eléctrica . Universidad Autónoma de Occidente, Colombia . 2009. Trabajo de Diploma .
26. Martínez , J. Análisis técnico y económico de la ampliación de la subestación de 69 kV del Ingenio de Santa Ana. Universidad de San Carlos de Guatemala . 2006. Trabajo de Diploma .
27. Dorff, A. Electrical Engineering Handbook. s.l. : McGraw Hill, 2018.
28. Romero, J. Subestaciones, fundamentos teóricos y concideraciones . s.l. : Universidad Nacional de Colombia , 2020.
29. Managing the risk of performance based rates. Brown, R.E y Burke, J.J. 15(2), s.l. : IEEE, 2020, IEEE Transactions on power systems, págs. 893-898.

ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de los ahorros e ingresos del proyecto

| Años de implementación | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|--|---------|----------|----------|---------|------------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| SIN INVERSION | | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| Tiempo de Trabajo (hrs) | 8760,0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pronóstico en MW | | 14,1 | 14,2 | 14,4 | 12,5 | 13,1 | 13,7 | 14,3 | 15,0 | 15,5 | 16,1 | 16,7 | 17,3 | 17,9 | 18,5 | 19,2 | 19,8 |
| Energía servida (MWh/año) | 111033 | 111991,1 | 113111,0 | 98130,0 | 103299,7 | 108131,6 | 112979,2 | ##### | 122083,9 | 126876,4 | 131668,9 | 136461,5 | 141254,0 | 146046,5 | 150839,0 | 155631,5 | |
| % Pérdidas energía (sin invers.) | | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,3 | 4,5 | 4,7 |
| Pérdidas energía (MWh/año) | | 2711,4 | 2819,2 | 2939,2 | 2260,9 | 2560,6 | 2867,5 | 3199,4 | 3555,5 | 3902,2 | 4307,4 | 4741,1 | 5204,7 | 5699,5 | 6227,0 | 6788,7 | 7386,2 |
| Costo de las Pérdidas por Concepto Combustible (CUC/MWh) | 185,6 | | 523,1 | 545,4 | 419,5 | 475,2 | 532,1 | 593,7 | 659,8 | 724,1 | 799,3 | 879,8 | 965,8 | 1057,6 | 1155,5 | 1259,8 | 1370,6 |
| Costos de operación-mtto (3 % inv.) MCUC | 0,0 | | 48,8 | 49,3 | 42,8 | 45,0 | 47,1 | 49,2 | 51,3 | 53,2 | 55,3 | 57,4 | 59,5 | 61,5 | 63,6 | 65,7 | 67,8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CON INVERSION | | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| Energía servida (MWh/año) | | 112143 | 113111 | 114242 | 99111 | 104333 | 109213 | 114109 | 118989 | 123305 | 128145 | 132986 | 137826 | 142667 | 147507 | 152347 | 157188 |
| % Reducción de pérdidas | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| % Pérdidas de energía | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Pérdidas energía (MWh/año) | | 1307 | 1330 | 1357 | 1021 | 1131 | 1240 | 1353 | 1472 | 1580 | 1707 | 1838 | 1974 | 2116 | 2262 | 2412 | 2568 |
| Reducción de pérdidas (MWh/a) | | | 1489 | 1583 | 1240 | 1429 | 1628 | 1846 | 2084 | 2322 | 2601 | 2903 | 3230 | 3584 | 3966 | 4376 | 4818 |
| Ahorro de Combustible por Reducción Pérdidas (MCUC/MWh) | \$185,6 | 0 | 276 | 294 | 230 | 265 | 302 | 343 | 387 | 431 | 483 | 539 | 599 | 665 | 736 | 812 | 894 |
| Ahorro de Oper. y Mtto (MCUC) | 1,5% | | | 25 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| Ahorro de combustible por no entrada de grupos emergentes (MCUC) | | | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| Ahorro total | | 0 | 277 | 319 | 252 | 288 | 326 | 368 | 413 | 458 | 511 | 568 | 630 | 697 | 769 | 847 | 928 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Venta de energía | | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| Pronóstico de Crecimiento de la Demanda (MW) | | 0,00 | 0,12 | 0,14 | -1,90 | 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 | 1246 | -16665 | 5751 | 5375 | 5393 | 5375 | 4753 | 5331 | 5331 | 5331 | 5331 | 5331 | 5331 | 5331 |
| de ello: Energía pronosticada a vender en MLC (MWh/a) | | 0 | 160 | 187 | -2500 | 863 | 806 | 809 | 806 | 713 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Ingresos por venta de energía en MCUC | \$204,1 | \$0,0 | \$32,6 | \$38,1 | -\$510,3 | \$176,1 | \$164,6 | \$165,1 | \$164,6 | \$145,5 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 | \$163,2 |
| Ingresos por venta de energía en MCUP | \$130,2 | \$0,0 | \$118,0 | \$137,9 | -\$1.844,4 | \$636,5 | \$594,9 | \$596,8 | \$594,9 | \$526,0 | \$590,0 | \$590,0 | \$590,0 | \$590,0 | \$590,0 | \$590,0 | \$590,0 |

Anexo 2: Estado de resultados en divisas y moneda total

| ESTADO DE RESULTADOS EN DIVISAS (MCUC) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| | 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 | \$276,4 | \$293,7 | \$230,1 | \$265,2 | \$302,1 | \$342,6 | \$386,7 | \$430,9 | \$482,6 | \$538,7 | \$599,4 | \$665,1 | \$735,9 | \$812,1 | \$894,1 | |
| Ingresos por Energía servida para cubrir el crecimiento de la demanda | | \$0,0 | \$32,6 | \$38,1 | -\$510,3 | \$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 | \$48,8 | \$49,3 | \$42,8 | \$45,0 | \$47,1 | \$49,2 | \$51,3 | \$53,2 | \$55,3 | \$57,4 | \$59,5 | \$61,5 | \$63,6 | \$65,7 | |
| Ahorro de combustible por no entrada de grupos emergentes (MCUC) | | \$0,0 | \$0,5 | \$0,4 | \$0,5 | \$0,5 | \$0,6 | \$0,7 | \$0,8 | \$0,9 | \$1,0 | \$1,1 | \$1,2 | \$1,3 | \$1,4 | \$1,6 | \$13,3 | |
| valor de uso de equipos recuperados(S/E y nulec) | | \$69,3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total de ingresos | | \$0,0 | \$69,3 | \$309,5 | \$381,0 | -\$230,4 | \$484,6 | \$512,3 | \$555,5 | \$601,3 | \$628,6 | \$700,0 | \$758,3 | \$821,2 | \$889,1 | \$962,1 | \$1.040,6 | \$1.136,3 |
| 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 | |
| Utilidades en Operación | | \$0,0 | \$69,3 | \$309,5 | \$381,0 | -\$230,4 | \$484,6 | \$512,3 | \$555,5 | \$601,3 | \$628,6 | \$700,0 | \$758,3 | \$821,2 | \$889,1 | \$962,1 | \$1.040,6 | \$1.136,3 |
| 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 | |
| Utilidades antes de Dep. y Impuestos | | \$0,0 | \$69,3 | \$309,5 | \$381,0 | -\$230,4 | \$484,6 | \$512,3 | \$555,5 | \$601,3 | \$628,6 | \$700,0 | \$758,3 | \$821,2 | \$889,1 | \$962,1 | \$1.040,6 | \$1.136,3 |
| Costos financieros | | \$0,0 | \$2,7 | \$0,0 | \$2,7 | \$95,1 | \$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 | | \$3,3 | \$15,5 | \$18,9 | \$0,0 | \$24,2 | \$25,6 | \$22,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | |
| Utilidad Imponible | | \$0,0 | \$63,2 | \$294,1 | \$359,4 | -\$325,5 | \$460,4 | \$486,6 | \$533,5 | \$601,3 | \$628,6 | \$700,0 | \$758,3 | \$821,2 | \$889,1 | \$962,1 | \$1.040,6 | \$1.136,3 |
| 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 | \$1,0 | \$2,0 | |
| Utilidad Neta | | \$0,0 | \$63,2 | \$294,1 | \$359,4 | -\$325,5 | \$460,4 | \$486,6 | \$533,5 | \$601,3 | \$628,6 | \$700,0 | \$758,3 | \$821,2 | \$889,1 | \$962,1 | \$1.039,6 | \$1.134,3 |

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 | \$276,4 | \$293,7 | \$230,1 | \$265,2 | \$302,1 | \$342,6 | \$386,7 | \$430,9 | \$482,6 | \$538,7 | \$599,4 | \$665,1 | \$735,9 | \$812,1 | \$894,1 | |
| Ingresos por Energía servida para cubrir el crecimiento de la demanda | | \$0,0 | \$0,0 | \$176,0 | -\$2.354,6 | \$812,5 | \$759,4 | \$761,9 | \$759,4 | \$671,6 | \$753,3 | \$753,3 | \$753,3 | \$753,3 | \$753,3 | \$753,3 | \$753,3 | |
| Ahorro por dism. operación y mantenimiento | | \$0,0 | \$0,0 | \$85,5 | \$74,1 | \$78,1 | \$81,7 | \$85,4 | \$89,0 | \$92,2 | \$95,9 | \$99,5 | \$103,1 | \$106,7 | \$110,4 | \$114,0 | \$117,6 | |
| valor de uso de equipos recuperados(S/E y nulec) | | \$88,4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total de ingresos | | \$0,0 | \$88,4 | \$276,9 | \$555,6 | -\$2.049,9 | \$1.156,3 | \$1.143,8 | \$1.190,5 | \$1.235,9 | \$1.195,5 | \$1.332,7 | \$1.392,5 | \$1.457,0 | \$1.526,4 | \$1.600,9 | \$1.680,9 | \$1.778,2 |
| 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 | |
| Utilidades en Operación | | \$0,0 | \$88,4 | \$276,9 | \$555,6 | -\$2.049,9 | \$1.156,3 | \$1.143,8 | \$1.190,5 | \$1.235,9 | \$1.195,5 | \$1.332,7 | \$1.392,5 | \$1.457,0 | \$1.526,4 | \$1.600,9 | \$1.680,9 | \$1.778,2 |
| Depreciación y amortización | | \$0,0 | \$0,0 | \$313,9 | \$313,9 | \$313,9 | \$242,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | \$136,1 | |
| Utilidades antes de Dep. y Impuestos | | \$0,0 | \$88,4 | \$276,9 | \$241,7 | -\$2.363,8 | \$842,5 | \$901,7 | \$1.054,4 | \$1.099,8 | \$1.059,4 | \$1.196,6 | \$1.256,4 | \$1.320,9 | \$1.390,3 | \$1.464,8 | \$1.544,8 | \$1.642,1 |
| Costos financieros | | \$0,0 | | \$2,7 | \$95,1 | \$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 | \$13,8 | \$11,9 | \$0,0 | \$42,1 | \$45,1 | \$52,7 | \$20,1 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 | |
| Utilidad Imponible | | \$0,0 | \$84,0 | \$263,1 | \$227,0 | -\$2.458,9 | \$800,3 | \$856,6 | \$1.001,7 | \$1.079,7 | \$1.059,4 | \$1.196,6 | \$1.256,4 | \$1.320,9 | \$1.390,3 | \$1.464,8 | \$1.544,8 | \$1.642,1 |
| Impuestos sobre utilidades | | \$0,0 | \$25,2 | \$78,9 | \$68,1 | -\$737,7 | \$240,1 | \$257,0 | \$300,5 | \$323,9 | \$317,8 | \$359,0 | \$376,9 | \$396,3 | \$417,1 | \$439,4 | \$463,4 | \$492,6 |
| Utilidad Neta | | \$0,0 | \$58,8 | \$184,1 | \$158,9 | -\$1.721,2 | \$560,2 | \$599,6 | \$701,2 | \$755,8 | \$741,6 | \$837,6 | \$879,5 | \$924,6 | \$973,2 | \$1.025,4 | \$1.081,4 | \$1.149,5 |

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 |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| UTILIDAD NETA | 0 | 294 | 362 | -230 | 460 | 487 | 533 | 601 | 629 | 700 | 758 | 821 | 889 | 962 | 1040 | 1134 |
| Depreciación y amortización | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reserva para Contingencias | | 3,3 | 18,9 | 0,0 | 24,2 | 25,6 | 22,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Incrementos en los Activos Fijos | -299,1 | -1897 | | | | | | | | | | | | | | |
| Otros activos (Valor de uso de los equipos recuperados) | 69,3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Préstamos a largo plazo | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BENEFICIOS NETOS | -229,8 | -1599 | 381 | -230 | 485 | 512 | 555 | 601 | 629 | 700 | 758 | 821 | 889 | 962 | 1040 | 1134 |
| BENEFICIOS NETOS ACT. ACUM. | -229,8 | -1684 | -1369 | -1542 | -1211 | -893 | -579 | -271 | 23 | 319 | 612 | 900 | 1183 | 1462 | 1735 | 2007 |
| Periodo Recup Descontado | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - | - |

| INDICADORES | | MCUC |
|----------------------|-----|--------|
| VAN | 10% | 2006,8 |
| | 12% | 1489,3 |
| | 15% | 891,4 |
| TIR | | 22,37% |
| Periodo Recuperación | | 8,0 |

| FLUJO DE CAJA CON FINANCIAMIENTO CUC | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
|---|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| UTILIDAD NETA | | 294,1 | 359,4 | -325,5 | 460,4 | 486,6 | 533,5 | 601,3 | 628,6 | 700,0 | 758,3 | 821,2 | 889,1 | 962,1 | 1039,6 | 1134,3 |
| 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 |
| Reserva para Contingencias | 0,0 | 3,3 | 18,9 | 0,0 | 24,2 | 25,6 | 22,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Incrementos en los Activos Fijos | -299,1 | -1896,5 | 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 |
| Otros activos (Valor de uso de los equipos recuperados) | 69,3 | 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 |
| Préstamos a largo plazo | 49,8 | 1728,9 | | | | | | | | | | | | | | |
| Reembolso Préstamos a largo plazo | | -49,8 | -1728,9 | 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 |
| BENEFICIOS NETOS | -180 | 80 | -1351 | -326 | 485 | 512 | 555 | 601 | 629 | 700 | 758 | 821 | 889 | 962 | 1040 | 1134 |
| BENEFICIOS NETOS ACT. ACUM. | -180 | -107 | -1224 | -1468 | -1137 | -819 | -506 | -197 | 96 | 393 | 685 | 973 | 1257 | 1535 | 1809 | 2081 |
| Periodo Recup Descontado | - | - | - | - | - | - | - | - | 7,8 | - | - | - | - | - | - | - |

| INDICADORES | | MCUC |
|----------------------|-----|--------|
| VAN | 10% | 2080,6 |
| | 12% | 1590,1 |
| | 15% | 1029,4 |
| TIR | | 25,76% |
| Periodo Recuperación | | 7,8 |

Anexo 4: Depreciación

| Depreciación Equipos | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------------------------------------|-----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Adiciones | | \$1 | \$1,609,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Depreciación | 6% | \$0,0 | \$0,1 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$96,7 | \$64,4 | \$0,0 | \$0,0 |
| Saldo | | \$1,4 | \$1.610,9 | \$1.514,3 | \$1.417,6 | \$1.320,9 | \$1.224,3 | \$1.127,6 | \$1.031,0 | \$934,3 | \$837,6 | \$741,0 | \$644,3 | \$547,7 | \$451,0 | \$354,3 | \$257,7 | \$161,0 | \$64,4 | \$0,0 | \$0,0 | \$0,0 |
| Depreciación Const.y Montaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adiciones | | \$63 | \$1,251,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Depreciación | 3% | \$0,0 | \$1,9 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 | \$39,4 |
| Saldo | | \$63,1 | \$1.312,5 | \$1.273,1 | \$1.233,7 | \$1.194,2 | \$1.154,8 | \$1.115,4 | \$1.075,9 | \$1.036,5 | \$997,1 | \$957,6 | \$918,2 | \$878,8 | \$839,3 | \$799,9 | \$760,5 | \$721,0 | \$681,6 | \$642,2 | \$602,7 | \$563,3 |
| Depreciación Otros gastos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adiciones | | \$358,7 | \$530,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Depreciación | 20% | \$0,0 | \$71,7 | \$177,8 | \$177,8 | \$177,8 | \$177,8 | \$106,0 | \$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 | | \$358,7 | \$817,2 | \$639,4 | \$461,6 | \$283,8 | \$106,0 | \$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 |
| Saldo Total | | \$423,2 | \$3.740,6 | \$3.426,7 | \$3.112,9 | \$2.799,0 | \$2.485,1 | \$2.243,0 | \$2.106,9 | \$1.970,8 | \$1.834,7 | \$1.698,6 | \$1.562,5 | \$1.426,4 | \$1.290,3 | \$1.154,2 | \$1.018,1 | \$882,1 | \$746,0 | \$642,2 | \$602,7 | \$563,3 |

Anexo 5: Desglose de los valores de inversión.

| PARTIDAS A VALORAR | SUBSTACION CARBONERAS | | | | 2020 | | | | 2021 | | | |
|---|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Moneda Total | MN | CUC | Importación USD | Moneda Total | MN | CUC | Importación USD | Moneda Total | MN | CUC | Importación USD |
| EQUIPOS | \$1.614.794 | \$209.875 | \$1.399.168 | \$1.319.970 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$1.609.044 | \$209.875 | \$1.399.168 | \$1.319.970 |
| Equipamientos 110 kV | \$231.705 | \$30.222 | \$201.483 | \$190.078 | | | | | \$231.705 | \$30.222 | \$201.483 | \$190.078 |
| Transformador principal | \$597.310 | \$77.910 | \$519.400 | \$490.000 | | | | | \$597.310 | \$77.910 | \$519.400 | \$490.000 |
| Equipamientos 13,8 kV | \$253.523 | \$33.068 | \$220.455 | \$207.976 | | | | | \$253.523 | \$33.068 | \$220.455 | \$207.976 |
| 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 | \$108.360 | \$14.134 | \$94.226 | \$88.893 | | | | | \$108.360 | \$14.134 | \$94.226 | \$88.893 |
| 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 |
| CCTV y Control de acceso a SE | \$35.895 | \$4.682 | \$31.213 | \$29.446 | | | | | \$35.895 | \$4.682 | \$31.213 | \$29.446 |
| Suministros de comunicaciones | \$83.748 | \$10.924 | \$72.824 | \$68.702 | | | | | \$83.748 | \$10.924 | \$72.824 | \$68.702 |
| Mobiliario de oficina | \$5.750 | \$750 | \$5.000 | \$0 | | | | | \$5.750 | \$750 | \$5.000 | \$0 |
| CONSTRUCCION Y MONTAJE | \$1.314.419 | \$998.171 | \$316.248 | \$113.589 | \$63.139 | \$16.160 | \$46.980 | \$49.798 | \$1.251.280 | \$982.011 | \$269.269 | \$63.791 |
| Movimiento de tierra | \$151.837 | \$136.700 | \$15.137 | \$0 | | | | | \$151.837 | \$136.700 | \$15.137 | \$0 |
| Construcción civil | \$503.500 | \$425.000 | \$78.500 | \$0 | | | | | \$503.500 | \$425.000 | \$78.500 | \$0 |
| Facilidades temporales del constructor | \$10.600 | \$5.500 | \$5.100 | \$0 | | | | | \$10.600 | \$5.500 | \$5.100 | \$0 |
| foso de drenaje | \$3.680 | \$3.200 | \$480 | \$0 | | | | | \$3.680 | \$3.200 | \$480 | \$0 |
| Compra de cimientos predibricados | \$27.500 | \$23.000 | \$4.500 | \$0 | | | | | \$27.500 | \$23.000 | \$4.500 | \$0 |
| Montaje ECIE | \$108.000 | \$95.000 | \$13.000 | \$0 | | | | | \$108.000 | \$95.000 | \$13.000 | \$0 |
| Compra de portales (estruct-metálica) | \$61.800 | \$38.800 | \$23.000 | \$0 | | | | | \$61.800 | \$38.800 | \$23.000 | \$0 |
| Alquiler de grua ETEP | \$20.000 | \$15.000 | \$5.000 | \$0 | | | | | \$20.000 | \$15.000 | \$5.000 | \$0 |
| Alquiler de grua CUBIZA | \$26.000 | \$20.000 | \$6.000 | \$0 | | | | | \$26.000 | \$20.000 | \$6.000 | \$0 |
| Alquiler de multipropósito | \$16.000 | \$6.000 | \$10.000 | \$0 | | | | | \$16.000 | \$6.000 | \$10.000 | \$0 |
| Compra de gravilla | \$5.100 | \$4.000 | \$1.100 | \$0 | | | | | \$5.100 | \$4.000 | \$1.100 | \$0 |
| Montaje eléctrico Geysel | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | | | | | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Áreas verdes | \$4.200 | \$4.200 | \$0 | \$0 | | | | | \$4.200 | \$4.200 | \$0 | \$0 |
| Gasto de materiales (eléctricos y otros) | \$41.500 | \$21.500 | \$20.000 | \$0 | | | | | \$41.500 | \$21.500 | \$20.000 | \$0 |
| Obra de la Defensa | \$80.617 | \$70.786 | \$9.831 | \$0 | | | | | \$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 | \$0 | | | | | \$4.400 | \$550 | \$3.850 | \$0 |
| Cables | \$51.745 | \$6.749 | \$44.995 | \$42.449 | | | | | \$51.745 | \$6.749 | \$44.995 | \$42.449 |
| Montaje CCTV y Control de acceso a SE | \$11.100 | \$11.100 | \$0 | \$0 | | | | | \$11.100 | \$11.100 | \$0 | \$0 |
| Montaje equipos de comunicaciones | \$19.700 | \$19.700 | \$0 | \$0 | | | | | \$19.700 | \$19.700 | \$0 | \$0 |
| Montaje malla de tierra COPEXTEL | \$36.500 | \$33.500 | \$3.000 | \$0 | | | | | \$36.500 | \$33.500 | \$3.000 | \$0 |
| Montaje salida soterrada GEYSEL | \$39.200 | \$34.000 | \$5.200 | \$0 | | | | | \$39.200 | \$34.000 | \$5.200 | \$0 |
| Línea 110 kV carboneras | \$90.199 | \$23.085 | \$67.114 | \$71.140 | \$63.139 | \$16.160 | \$46.980 | \$49.798 | \$27.060 | \$6.926 | \$20.134 | \$21.342 |
| OTROS | \$875.635 | \$400.515 | \$475.120 | \$345.168 | \$345.420 | \$98.022 | \$247.398 | \$0 | \$524.465 | \$301.743 | \$222.722 | \$345.168 |
| Otros gastos de importación | \$221.462 | \$0 | \$221.462 | \$208.926 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$221.462 | \$0 | \$221.462 | \$208.926 |
| 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 |
| Otros | \$654.173 | \$400.515 | \$253.658 | \$136.242 | \$345.420 | \$98.022 | \$247.398 | \$0 | \$303.003 | \$301.743 | \$1.260 | \$136.242 |
| Ingeniería - proyectos - Dirección de Proyecto INEL | \$130.000 | \$130.000 | \$0 | \$0 | \$6.500 | \$6.500 | \$0 | \$0 | \$123.500 | \$123.500 | \$0 | \$0 |
| Microlocalización | \$2.500 | \$2.500 | \$0 | \$0 | \$2.500 | \$2.500 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Licencia de construcción | \$2.000 | \$2.000 | \$0 | \$0 | \$2.000 | \$2.000 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Licencia ambiental | \$5.000 | \$5.000 | \$0 | \$0 | \$5.000 | \$5.000 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Suelos | \$5.000 | \$5.000 | \$0 | \$0 | \$5.000 | \$5.000 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| APCI | \$10.000 | \$10.000 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$10.000 | \$10.000 | \$0 | \$0 |
| Estudios de suelo ENA | \$28.500 | \$26.000 | \$2.500 | \$0 | \$28.500 | \$26.000 | \$2.500 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Comunicación | \$9.800 | \$6.800 | \$3.000 | \$0 | \$3.680 | \$680 | \$3.000 | \$0 | \$6.120 | \$6.120 | \$0 | \$0 |
| Seguridad y protección | \$23.600 | \$8.600 | \$15.000 | \$0 | \$17.580 | \$2.580 | \$15.000 | \$0 | \$6.020 | \$6.020 | \$0 | \$0 |
| Transportaciones ETEP | \$95.000 | \$50.000 | \$45.000 | \$0 | \$47.503 | \$2.503 | \$45.000 | \$0 | \$47.498 | \$47.498 | \$0 | \$0 |
| Compra de extintores | \$3.120 | \$3.000 | \$120 | \$0 | \$120 | \$0 | \$120 | \$0 | \$3.000 | \$3.000 | \$0 | \$0 |
| Alquiler de transportes (cubataxi) | \$15.000 | \$5.000 | \$10.000 | \$0 | \$11.500 | \$1.500 | \$10.000 | \$0 | \$3.500 | \$3.500 | \$0 | \$0 |
| Otros gastos asociados 0,4 km LTE | \$1.863 | \$1.731 | \$132 | \$0 | \$651 | \$519 | \$132 | \$0 | \$1.212 | \$1.212 | \$0 | \$0 |
| Imprevistos (10%) | \$317.040 | \$144.134 | \$172.906 | \$136.242 | \$214.886 | \$43.240 | \$171.646 | \$0 | \$102.154 | \$100.894 | \$1.260 | \$136.242 |
| TOTAL | \$3.804.847 | \$1.608.561 | \$2.190.536 | \$1.778.727 | \$408.559 | \$114.182 | \$294.377 | \$49.798 | \$3.384.788 | \$1.493.629 | \$1.891.159 | \$1.728.929 |