

**ALTERNATIVAS PARA EL DESARROLLO DE CIRCUITO ALTERNO DE ENERGÍA ENTRE  
LOS DEPARTAMENTOS DE BOYACA Y SANTANDER PARA EL AUMENTO DE LA  
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA PARA LA EMPRESA EBSA SA ESP**

Elaborado por:  
Carlos Eduardo Barón Moreno  
Hans Henao Chaves  
José Arnoldo Arenas Boada

Universidad EAN  
Escuela de Formación en Investigación  
Seminario de Investigación de Pregrado  
Bogotá

## Resumen

La problemática principal se centra en las fallas en el servicio de los departamentos de Boyacá y Santander debido a que la línea que conecta los departamentos fue construida hace más de 45 años y no se encuentra técnicamente en las mejores condiciones, así las cosas, se plantea el esquema de investigación para determinar la posible solución a estos inconvenientes. Definir cuál es la mejor opción para resolver esta problemática y así poder solicitar los recursos de inversión como capital humano, presupuesto y el tiempo para ejecutar las actividades depende principalmente de la fase inicial desde la conformación de un equipo de personas con diferentes experiencias laborales y profesionales, lo que hace un equipo multidisciplinario que robustece la generación de ideas, pensamientos, criterios y filtros en todos los procesos de investigación del proyecto.

Así mismo contiene el proceso que se tuvo para puesta de ideas, el resumen y resultados del ejercicio de selección basado en las herramientas adquiridas y las conclusiones iniciales a las que estos mismo nos han permitido llegar.

Palabras clave: Investigación, energía, calidad, transmisión, proyectos y evaluación.

## Descripción del Problema

Durante la última década, la empresa de energía de Boyacá EBSA S.A ESP ha evidenciado aumento representativo de las intervenciones de mantenimiento a realizar en sus equipos y líneas eléctricas que la componen, consecuencia del aumento de la demanda del servicio entre las regiones de Boyacá y Santander. El nuevo estilo de vida, la tecnología que hace parte de ella y por sobre todo el aumento de la población que accede al recurso dan como resultado una sobredemanda del servicio que desborda el diseño inicial del proyecto considerando el panorama del momento. Las intermitencias del recurso eléctrico, han llevado al corte e indisponibilidad del servicio energético por las distintas fallas que ha venido presentando en el último periodo en mención, de igual manera, es evidente que la proyección lineal de crecimiento poblacional que se estimaba en ese entonces y la realidad exponencial con la que nos encontramos actualmente, conlleva a la escasez del suministro energético y las problemáticas para reestablecer el servicio acorde a la densidad poblacional actual.

Debido a que se debe continuar con la atención del servicio de energía eléctrica, es necesario analizar alternativas que permitan aliviar el desgaste acelerado de los equipos y líneas que comprenden el servicio eléctrico, disminuir los tiempos de intervención que han venido aumentando exponencialmente y finalmente mitigar las intermitencias del recurso eléctrico que, dependiendo de la gravedad del asunto, han llevado al corte e indisponibilidad del servicio energético por las distintas fallas que ha venido presentando en el último periodo en mención.

En los últimos años, se han propuesto distintas soluciones a la problemática que se enfrenta la región actualmente, sin aparente solución de raíz, es de acuerdo a esto que la región solicita prontamente una solución definitiva acorde a las necesidades de la población, la proyección de crecimiento para los años posteriores y el suministro de manera confiable para todos los habitantes del sector.

## Antecedentes del problema.

Las regiones de Boyacá y Santander eran regiones que, en su momento, tenían una media de población estable, ubicadas en sectores rurales en su mayoría y siendo no pertenecientes al epicentro económico del país, las regiones se consideraban en un crecimiento lineal respecto a lo que comúnmente se deriva del desarrollo y crecimiento exponencial de capitales y ciudades principales. Sin embargo, las tendencias económicas y la diversificación de mercado llevaron a la transición de una demanda media y lineal del servicio proveniente de su actividad económica (Energía, UPME, Unidad de planeación Minero Energética. Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia., 2019) y en cuanto al aumento poblacional derivado en un aumento exponencial del consumo actual (cerca al 150% (EBSA E. d., 2019)) correspondiente a la implementación de nuevas tecnologías, sectores económicos y personas interesadas en habitar los sectores y hacer consumo de servicios básicos, tanto para uso personal como desarrollo industrial.

Sin embargo se precisa hacer énfasis en la visión empresarial que contemplaba la empresa EBSA para el posible escenario, escenario que hoy en día es una realidad latente, por lo cual, el plan de Inversiones de EBSA 2019 - 2023 (EBSA, 2019), contempla proyectos necesarios para atender el crecimiento de la demanda en el área de influencia (cerca al 150% (EBSA E. d., 2019)) y operar el sistema eléctrico de una manera óptima, buscando minimizar los riesgos de desatención en el suministro de energía eléctrica, teniendo en cuenta criterios de calidad, confiabilidad y seguridad establecidos en la regulación vigente y alineados con los requisitos descritos en las resoluciones y normativas vigentes.

El proyecto consiste en la construcción del segundo circuito Paipa - Barbosa 115 kV o Sochagota - Barbosa 115 kV en conductor ACSR 605 kcmil, con longitudes de aproximadamente 81 km y 64 km, respectivamente. La finalidad del refuerzo es aumentar su capacidad en un 145% (CENTELSA, 2018), mejorando las tensiones en las subestaciones (IEC, 2001): Barbosa 115 kV, Chiquinquirá 115 kV, Cimitarra 115 kV, Otanche 115kV, ante contingencias, principalmente la de la línea existente Paipa - Barbosa 115 kV\_1, también busca reducir las pérdidas de energía y aumentar la confiabilidad del sistema con un nuevo camino para la transferencia de potencia entre los departamentos de Santander y Boyacá.

## Descripción del problema

El problema identificado radica en que actualmente se cuenta con bajos niveles de tensión en las subestaciones Barbosa 115 kV, Chiquinquirá 115 kV, Cimitarra 115 kV y Otanche 115kV ante contingencias de la línea que existe hace más de 45 años entre Paipa y Barbosa, así mismo, actualmente las pérdidas de energía son del 30% por arriba de lo permitido y la confiabilidad del sistema debido a la edad de la línea, esta desconexión de la línea es de 65 horas al año (EBSA E. d., 2023), lo cual al compararla con las 51 horas máximas permitidas por la regulación (CREG C. d., Diagnóstico de la actividad de transmisión de energía eléctrica 2021, 2021), implica un aumento del 160% (EBSA E. d., 2023) en los costos para contar con la transferencia de energía entre los departamentos de Santander y Boyacá.

**Pregunta de investigación.**

¿Cuál es la mejor alternativa para desarrollar un circuito alterno de energía entre los departamentos de Boyacá y Santander para el mejoramiento de la confiabilidad del sistema para la empresa EBSA SA ESP?

## OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar alternativas desde la perspectiva técnica y financiera que permita garantizar el aumento de la confiabilidad de la red eléctrica entre las regiones Boyacá y Santander con base en la gestión de gerencia de proyectos.

## OBJETIVO ESPECIFICOS

- ✓ Diagnosticar la actualidad de la red eléctrica acorde a los parámetros actualmente funcionales evaluando la capacidad agregada que contiene el sistema y el margen operativo que puede ofrecer.
- ✓ Realizar un balance de calidad y presupuesto para mejorar el desempeño del sistema en condiciones normales de operación mediante el análisis de alternativas óptimas y coherentes.
- ✓ Determinar la alternativa que permita reducir los tiempos de intervención tanto de los equipos actualmente en operación como los esquemas a implementar garantizando y mejorando los porcentajes de confiabilidad y disponibilidad del servicio.

## Conveniencia de la Investigación

El proyecto estima múltiples beneficios dando a conocer alternativas de implementación para así mitigar la problemática que se presenta actualmente entre regiones. Atendiendo la demanda de la población la cual es beneficiada hoy por el servicio (persona natural o jurídica). Entre ellas se estima la reducción de pérdidas de energía correspondiente a la disminución de cargabilidad de las líneas que genera un aumento en las pérdidas de energía que se presentan actualmente en el sistema (distribución de cargas y operación en parámetros normales), parametrización del sistema contractual correspondiente a penalidades a causa de energía no suministrada, dando enfoque a los planes de atención en caso de emergencia, sistemas de respaldo que garanticen la continuidad y reformulación del esquema en base a la demanda actual mejorando los planes de mantenimiento (DESAROLLO, NOVIEMBRE 2015) (López, castan luna, Montero Cervantes, Meneses Ruiz, & Garcia Hernandez, 2015) (Hernan, Lopez Martinez, & Lopez Acostas, 202) e intervenciones programadas de los equipos pertenecientes a la línea, finalmente garantizar un comportamiento adecuado de la red, mejorando los niveles de tensión en las subestaciones y en simultánea, disminuyendo cargabilidad de los equipos inferior a su capacidad, garantizando el cumplimiento del factor de seguridad que corresponde al buen uso de los insumos pertenecientes al sistema como se menciona en el código de redes (CREG C. d., 1995), en resumen, garantizaremos a través del proyecto la generación de valor, incremento de los activos (en línea y de respaldo) y asegurar la calidad del servicio.

El presente estudio develará factores a tener en cuenta a partir de una proyección estimada más aterrizada al crecimiento exponencial en distintos campos que derivan en el aumento energético de igual o mayor proporción, en temas de costos y diseño técnico, adicional a esto, el modelo aquí expuesto será línea base fácilmente replicable para la propuesta acorde a nuevos diseños de suministro energético que consideren una proyección de crecimiento relevante (Carlos, Marzo 2019) y a tener en cuenta para estimar un factor de seguridad que permita proyectar redes de fácil intervención y aumento en su capacidad agregada dado el caso.

Finalmente, derivado de los análisis aquí consignados será punto de partida para evaluar la implementación de instrumentos o herramientas cualitativas y cuantitativas que puedan contribuir en la fase de precomisionamiento y comisionamiento antes de la puesta en marcha de cualquier proyecto de características similares.

## Marco Teórico

Las áreas conexas a los departamentos de Boyacá y Santander han venido desmejorando la calidad del servicio de energía (EBSA E. d., 2021). Una de sus variables corresponde a las líneas de conexión de la subestación Barbosa, su línea principal es desde la subestación Paipa (Oficial, 2009) la cual tiene un gran aporte debido a ser un nodo de generación de esta región, el estado actual de la línea no es el más adecuado ya que tiene un tiempo desde su construcción de 45 años (Energía, Resolución 40279 del 26 de agosto de 2021. Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2020 - 2034. Bogotá D.C., 2021), su topología es montañosa lo que con lleva a tener menos acceso a su infraestructura, así como los planes de mantenimiento que se han limitado a trabajos correctivos y bajas labores en mantenimiento predictivo, desde la gerencia de proyectos se verificó el proceso de dimensionamiento, y construcción de un segundo circuito que atienda las nuevas demandas del sector, las cuales tienen variaciones debido a los nuevos hábitos de consumo de los habitantes de áreas cubiertas para la prestación del servicio de energía. Así mismo no se puede dejar de expresar que las áreas por donde se encuentra la línea hay presencia cercana a paramos (Rocha Cortes, 2018) y reservas naturales, las cuales, se debe hacer un esfuerzo para mitigar posibles afectaciones teniendo en cuenta las condiciones actuales, los planes de manejo ambiental y licencias acordes a estos proyectos.

Dentro de los diferentes planes de expansión 2016-2030 UPME (UPME, 2021) y de sus análisis primarios se han detectado posibles sobrecargas en esta línea. Las condiciones actuales dan para que existan condiciones que hagan fallar el funcionamiento de la línea Barbosa - Chiquinquirá, ante dichas fallas las tensiones de las subestaciones aledañas inician a verse afectadas y salir de su rango de operación normativa la cual debe estar máximo un 10% de diferencia. Debido a la zona donde está ubicada la infraestructura de la línea actual Paipa - Barbosa la posibilidad de fallas por acercamiento de árboles se maximiza, pudiendo llevar a salidas del circuito y por ende la desconexión de las subestaciones Paipa y Barbosa del sistema.

Es preciso considerar los nuevos desafíos que el diagramado de estas redes nos trae, es por eso que las energías renovables son una de las tantas alternativas para ampliar la capacidad agregada que se tiene actualmente, solucionado así el problema de la intermitencia en el sector energético. Es entonces donde Pupo-Roncallo y colaboradores (Pupo Roncallo, Campillo, Ingham, Ma, & Pourkashanian, 2021) resalta la correlación que tiene el almacenamiento energético y las conexiones transfronterizas que deben ir estrechamente de la mano para permitir integración óptima y confiable del sistema. Si bien es cierto evaluar alternativas de suministro es una opción, se debe plantear el caso de estudio desde la base construida, es decir contando con la infraestructura ya instalada y operativa, es entonces cuando resulta atractivo el uso de la herramienta EnergyPLAN donde es posible la construcción de un modelo que evalúe no solo escenarios presentes sino a largo plazo. De igual manera se implementa un algoritmo multi-objetivo que realiza optimizaciones técnico-económico planteando diferentes

escenarios que permitieron deducir aumento en la producción de la electricidad por encima del 96% contando en paralelo con la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, factor a considerar teniendo en cuenta que todo diseño debe procurar el aumento productivo con la sostenibilidad ambiental.

Los problemas rara vez se conocen en la planificación (Cebulla, Haas, Eichman, Nowak, & Mancarella, 2018) así lo menciona Cebulla y colaboradores en su artículo, donde en un gran contexto, logran detallar de manera sintética la importancia del almacenamiento de la energía eléctrica y las recomendaciones claras para contar con él. En el texto, se mencionan ejemplos claros de expansión en Estados Unidos, Europa y Alemania y la sistematización que dichas economías implementaron entre energías renovables y tecnologías de generación (Haas, Cebulla, Nowak, Rahmann, & Palma Behnke, 2018). La conclusión de dicho estudio revela que a medida que las energías renovables aumentan su participación en la generación agregada de dichos sectores, mientras que el crecimiento habitual crece de manera lineal, la nueva implementación de energías limpias es exponencial, de igual manera, ambas contribuyen a satisfacer la demanda que requiere cierta población. El mix energético que se da en la actualidad puede ser aparente solución, contando con disponibilidad energética de reserva, adicional a esto, disponer de esta energía refleja un atractivo orientado a sus bajos costos de transmisión, en pocas palabras, el almacenamiento de reserva disminuiría la incertidumbre que corresponde a contar o no con el recurso.

Siguiendo la línea de la importancia del almacenamiento energético y las reservas a tener en cuenta para no suspender el suministro del servicio Haas y colaboradores hablan de los sistemas de almacenamiento de energía como pieza clave de solución estructural apoyando la integración y transición de sistemas de energías renovables (Haas, Cebulla, Nowak, Rahmann, & Palma Behnke, 2018). En los sistemas modernos no es ajeno la combinación óptima de sistemas de almacenamiento de energía y los enfoques que a este se le dan en cuanto a la planificación de una posible expansión de almacenamiento. De igual manera, estudios avanzados de esta magnitud aun incurren en subestimación de los costos operativos reales del presente y futuro sistema eléctrico donde una vez más, se resalta la importancia de la implementación de sistemas alternos que permitan respaldar y cubrir la demanda energética del sector.

Resaltando la gestión que se le da en ciertas economías al mercado eléctrico, de igual manera develan nuevos desafíos que se viene dentro de poco. Este mercado creciente en la región de Latinoamérica se ha vuelto un mercado cooperativo el cual crece acorde a lecciones aprendidas que posiblemente otros sectores no han afrontado hasta el momento. Dicho esto, según Ochoa y colaboradores hablan de altas oportunidades de cooperación entre economías aledañas. Finalmente, logra revelar que la cooperación es aliado clave en materialización en temas de suministro y eficiencia, en consecuencia, la energía podría ser continua y económicamente asequible, sin embargo, sigue presentándose las barreras en cuanto a cuestiones regulatorias y técnicas se tratan (Ochoa, Dyner, & Franco, 2013).

Dentro de las mejores prácticas para realizar análisis de modelos eléctricos, lo primero es contar con las posibles alternativas de conexión bajo análisis, las cuales se someterán a los análisis eléctricos, entre los cuales tenemos, cortocircuito, flujo de carga y estabilidad del sistema. Estos análisis mencionados anteriormente se manejan a través del software Digsilent *Power Factory 2021*, para este análisis es importante contar con la modelación de todos los niveles de tensión de los sistemas eléctricos tanto de Santander como de Boyacá (EBSA E. d., 2023).

El estudio se inicia con el diagnóstico de la operación del sistema actual de EBSA, en condiciones normales, para los períodos de demanda máxima y mínima, con los despachos extremos de generación modelados (Montes, 2017). Con el fin de identificar el desempeño del sistema sin proyectos propuestos en el corto, mediano y largo plazo. A partir de estos resultados, se verifica el cumplimiento de los criterios de operación de las tensiones en las barras del sistema (Silva ortega, y otros), sobrecargas en líneas (Sáes Ayala, 2012), transformadores en condiciones del caso base y contingencias. Con el fin de identificar obras que permitan dar solución a las problemáticas encontradas.

Una vez se identifican incumplimientos (De Lima, Rivera, & Farinango, 2019) en los criterios de operación se plantean las obras que representan su solución, estas se simulan con el fin de evaluar su desempeño individual, y si son suficientes para dar solución a las problemáticas identificadas.

Finalmente, el conjunto simultáneo de las mismas es evaluado en el largo plazo (2031) con el fin de que tanto en el caso base como en condiciones de operación (N-1), el sistema garantice operación segura y confiable cumpliendo los criterios de calidad y seguridad (CREG C. d., 2018).

Una vez identificados los proyectos que permiten el cumplimiento de los criterios de operación y verificado el desempeño eléctrico de los mismos, se procede a realizar la evaluación económica teniendo en cuenta los costos de inversión y los beneficios por mejora de perfiles de tensión, disminución de pérdidas y otros costos operativos asociados a las necesidades identificadas (Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), 1995).

Teniendo en cuenta el análisis económico donde el costo inicial del inversionista se debe estimar, se debe cuantificar económicamente las pérdidas de energía, así como, el costo de la energía que debido a las fallas se dejaría de suministrar en los flujos de caja proyectados a los próximos 25 años (Bello Rodriguez & Beltran Ahumada, 2010). Así mismo, cada alternativa y su respectivo costo de inversión inicial (CAPEX), se complementa con el costo de administración, operación y mantenimiento (AOM o OPEX) (CREG C. d., 2018).

## **Calidad:**

La frecuencia nominal del SIN y su rango de variación de operación son las establecidas en el Código de Operación incluido en el Código de Redes (Comisión de Regulación de Energía y

Gas (CREG), 1995). La responsabilidad por el control de la frecuencia corresponde al Centro Nacional de Despacho –CND- y a los generadores.

En estado estacionario las tensiones en las barras de 115 kV, 110 kV y 230 kV no deben ser inferiores a 90% ni superiores al 110% del valor nominal (Empresas Publicas de Medellin (EPM), 2019).

## Información Fallas e Indisponibilidad de los Equipos

Las tasas de falla empleadas en los análisis de confiabilidad se presentan en la siguiente tabla, tomando como referencia los máximos índices de indisponibilidad anuales consignados en las resoluciones (EBSA E. d., PLAN DE INVERSIÓN 2021-2031 EMRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ SA ESP, 2021).

**Tabla 1. Índices de indisponibilidad - resoluciones CREG**

ACTIVOS	INDISPONIBILIDAD [Horas]	FUENTE
Conexión del OR al STN	65	Res. CREG 015 de 2018
Equipo de compensación	18	Res. CREG 015 de 2018
Barraje sin bahías de maniobra	15	Res. CREG 015 de 2018
Barraje con bahías de maniobra	30	Res. CREG 015 de 2018
Líneas a 220 kV	20	Res. CREG 011 de 2009
Líneas a 500 kV	37	Res. CREG 011 de 2009

Nota: La fuente es del Estudio de Conexión proyecto Paipa – Barbosa a 115kV (EBSA E. d., 2023).

## Consideraciones Generales para la evaluación

Se hace un enfoque especial en el caso más crítico de la zona influencia del proyecto, el cual comprende el área de Boyacá. Para tal fin, se establecieron dos escenarios de operación, los cuales son demanda máxima, media y mínima con un despacho máximo y mínimo en la zona (EBSA E. d., PLAN DE INVERSIÓN 2021-2031 EMRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ SA ESP, 2021).

La conexión de algunos proyectos de generación se representa en la barra de alta de la subestación donde se concentra; sin embargo, esto es solo una representación gráfica, puesto que se encuentran modelados con sus respectivos nodos de baja tensión y transformador elevador (EBSA E. d., 2023).

Debido a que la resolución Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG 060 de 2019 no lo requiere, los proyectos de generación renovable conectados en el SDL se consideran con las funciones de control de tensión deshabilitadas, lo que quiere decir que no entregan ni absorben potencia reactiva. Por otra parte, los proyectos eólicos y solares conectados en el STR y el STN se operan en las simulaciones con un factor de potencia de 0,995, es decir, con un aporte mínimo del 10% de potencia reactiva en el sistema (CREG C. d., CREG 060 de 2019, 2019).

Se toman como generadores para el Slack distribuido, una unidad de las centrales San Carlos, Betania y Tebsa, con el fin de llevar a cabo el balance de potencia equitativamente en el STN (EBSA E. d., PLAN DE INVERSIÓN 2021-2031 EMRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ SA ESP, 2021).

Se considera un escenario crítico de operación, en el cual no hay generación convencional despachada en la red de ESSA (XM, 2019), esto con el propósito de evaluar las condiciones extremas en las que operaría el nuevo enlace (EBSA E. d., PLAN DE INVERSIÓN 2021-2031 EMRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ SA ESP, 2021).

Para la máxima cargabilidad admisible de los diferentes elementos del sistema se considera aceptable para la operación del sistema (SIEL, Sistema de Información Eléctrico Colombiano, 2020), que sus cargabilidades en condiciones normales de operación, sean menores al 100 %. En condiciones de contingencia (N-1), el valor admisible está dado por los datos reportados en la Tabla 2 (EBSA E. d., PLAN DE INVERSIÓN 2021-2031 EMRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ SA ESP, 2021).

**Tabla 2. Máxima cargabilidad admisible en emergencia. Fuente: Estudio de Conexión proyecto Paipa – Barbosa a 115kV (EBSA E. d., 2023).**

Elemento	Tipo	Cargabilidad	Tiempo admisible
		[%]	
Paipa 1 180 MVA 230/115/13,8 kV	Transformador	125	180 minutos
Paipa 2 90 MVA 230/115/13,8 kV	Transformador	125	30 minutos
Paipa 3 90 MVA 230/115/13,8 kV	Transformador	120	30 minutos

Elemento	Tipo	Cargabilidad	Tiempo admisible
		[%]	
Sochagota 1 180 MVA 230/115/13,8 kV	Transformador	130	30 minutos
Suamox 1 150 MVA 230/115/13,8 kV	Transformador	120	30 minutos
Paipa - Sochagota 1 115 kV	Línea	100	Indefinido
Paipa - Sochagota 2 115 kV	Línea	120	30 minutos

Con la información plasmada en las anteriores tablas se puede deducir que, ante condiciones de emergencia, el sistema requiere mayor potencia en la transformación de energía en las subestaciones. Esta condición se presenta en cada una de las subestaciones dentro del área de influencia del proyecto como se muestra en la Tabla 2. Así mismo, se observa que ante una sobrecarga de los transformadores de potencia y en los tiempos admisibles, no se debilitaría el sistema ni se entraría en riesgo la estabilidad de este.

## Metodología

### ***Enfoque:***

El enfoque definido para la presente investigación se enmarca dentro la modalidad “mixta” ya que cuenta con referentes tanto cualitativos como cuantitativos. Para el caso cualitativo, se evalúa el fenómeno de interés principal y es un análisis de serie temporal de fallas y necesidades del sistema exitoso y que cumpla con realizar el diagnóstico de la actualidad de la red eléctrica, así mismo se tendrán en cuenta variables como edad de la línea, dimensionamiento, crecimiento poblacional, cambio del régimen de consumo entre otros. En la presente investigación se abordarán más de cerca las problemáticas a las que enmarcan diversos patrones y comportamientos que son asequibles a modificación, intervención y optimización para erradicar la problemática mediante el estudio y análisis de este. Por otra parte, una vez descrito el fenómeno y su composición, se va a validar la parte cualitativa, donde se encuentra involucrado el enfoque de análisis de alternativas tales como la ampliación de energía que se puede transmitir producto de la ampliación de la red vigente o la implementación de una red paralela derivada en mayor cantidad de amperios disponibles para consumo, análisis presentado en el estudio del caso, está respaldada en datos numéricos, diagnóstico de la red vigente y evaluación de los requerimientos técnicos y operativos respaldados en un modelo numérico para la puesta marcha del mismo, con esto, generaremos un diseño acorde a los resultados obtenidos para posteriormente validar la viabilidad de la implementación del modelo diseñado.

### ***Alcance:***

Dentro del presente trabajo, encontramos dos alcances que se llegan a entrelazar en cierto punto del desarrollo del proyecto, de acuerdo a definición encontramos el alcance “Descriptivo”, donde se mostraran cifras y datos clave que corresponden al análisis de estudio necesarios para encaminar el diagnostico, evaluación y posible alternativa que corresponda a la solución de la problemática, dicho esto, va de la mano con el alcance “Explicativo” donde de igual manera, se detallará las causas de la problemática actual, porque se presenta hoy en día el desabastecimiento energético, la intermitencia en el servicio y la baja confiabilidad del mismo, se evaluará la causa raíz del problema lo cual, será fundamental para proponer la alternativa entendiendo el fenómeno y permitiendo rediseñar desde la experiencia y la actualidad de la región.

### ***Diseño de la investigación:***

Dentro de la planeación interna, el diseño de la investigación será Fenomenológico, ya que maneja el estado del sistema eléctrico en diferentes momentos donde dependiendo del fenómeno se presentan diferentes valores o datos. La estrategia que se va a seguir en cumplimiento con los objetivos propuestos en la presente investigación son los siguientes:

- ✓ Diagnosticar la actualidad de la red eléctrica acorde a los parámetros actualmente funcionales evaluando la capacidad agregada que contiene el sistema y el margen operativo que puede ofrecer.

Acorde a revisión bibliográfica y reportes de dominio público, se consolidará la capacidad actual de la red versus la demanda de la población en las zonas de interés e impacto beneficiadas por la nueva red eléctrica, se realizará una comparación de oferta vs demanda de manera porcentual en una línea del tiempo no mayor a 5 años detallando un antes y después de la problemática presente.

- ✓ Realizar un balance de calidad y presupuesto para mejorar el desempeño del sistema en condiciones normales de operación mediante el análisis de alternativas óptimas y coherentes.

Se elaborará un análisis económico de las posibles alternativas a implementar, teniendo en cuenta también los posibles beneficios en cada alternativa que logre satisfacer la demanda actual y futura de la región, determinando la mejor alternativa a través de un análisis costo-beneficio.

- ✓ Determinar la alternativa que permita reducir los tiempos de intervención tanto de los equipos actualmente en operación como los esquemas a implementar garantizando y mejorando los porcentajes de confiabilidad y disponibilidad del servicio, se presentarán las cifras necesarias y el detalle de las mismas para conocimiento del costo de la solución.

Una vez evaluadas las alternativas desde la parte técnica, económica y de los beneficios con respecto a la problemática actual, se entrará a decidir que opción dentro de las evaluadas corresponde a la mejor relación costo-beneficio, garantizando la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Se proyectará como la solución la alternativa que tenga un mayor costo-beneficio, justificándose desde la perspectiva técnica-económica y los posibles beneficios que esta traiga.

Con las alternativas obtenidas y los resultados se realizará un análisis de caso permitiendo que el análisis cualitativo sea el factor diferenciador en la toma de decisiones, contando con conclusiones contundentes y acertadas para el logro de los objetivos.

### ***Definición de Variables***

Para el presente estudio, se definieron cuatro variables puntuales para evaluar de manera numérica el comportamiento actual de la red frente a las alternativas a presentar, teniendo en cuenta los factores a evaluar determinantes e influyentes a la hora de proponer una alternativa óptima y eficiente, para la parte cuantitativa tenemos los siguientes;

- **Cargabilidad:** La cargabilidad de una línea de transmisión indica la capacidad de potencia que puede fluir por la línea bajo condiciones de operación aceptables.
- **Disponibilidad:** Probabilidad de que el activo se encuentre operativo ante la contingencia de que se presente una falla en el sistema.

De este modo, se logró consolidar las variables más representativas y dicientes para dar muestra del análisis que planteamos a lo largo del estudio de alternativas, las cuales resumiremos en el siguiente cuadro:

**Tabla 3. Variables, conceptos e indicadores relevantes en el estudio. Fuente: Autores**

CONCEPTO	DIMENSIONES	VARIABLES	INDICADORES
OPTIMIZACIÓN Y SUFICIENCIA ENERGÉTICA ESPERADA EN LA REGIÓN DE ESTUDIO	TÉCNICA	- CARGABILIDAD - CONFIABILIDAD	- ENERGIA DISPONIBLE (Capacidad técnica según fabricante) - TIEMPOS DE INTERVENCION (Histórico presentado por operación del sistema) - TIEMPO DE SUMINISTRO ININTERRUMPIDO (Histórico presentado por operación del sistema)
	ECONÓMICA	- RELACION COSTO BENEFICIO	- COSTO DE ALTERNATIVAS (Metodología CREG 015 del 2018) - DURABILIDAD (Histórico del tiempo de falla presentado, definido por operación del sistema, se estimará el dinero que se dejará de recibir por las fallas)
	AMBIENTAL	- IMPACTO AMBIENTAL ACORDE A LA GENERACIÓN Y SUS DERIVADOS	- CANTIDAD DE GENERACIÓN DE RESIDUOS (Estimación por parte del equipo ambiental EBSA) - IMPACTO SOCIAL DEL PROYECTO (Estimación por parte del equipo ambiental EBSA)
	SATISFACCIÓN	- CONFORMIDAD DE PARTE DEL INVERSIONISTA	- EXPECTATIVA VS REALIDAD DE LA ALTERNATIVA A IMPLEMENTAR (Análisis costo beneficio)

## ***Población y Muestra***

En función a la región de interés y las zonas de afectación de las personas que acceden actualmente al recurso energético, la población corresponde a los usuarios del servicio de energía eléctrica del departamento de Boyacá y Santander, siguiendo con esta línea, la muestra para este estudio en particular corresponde al municipio de Paipa y de Barbosa respectivamente, donde se enmarcan como “zonas representativas” dada la cercanía de la provisión del servicio y el comportamiento de consumo que tienen actualmente.

Para el caso de la muestra, se realizará un muestreo por conveniencia donde se realizará una proyección del aumento de la demanda de la población actual, tanto persona natural y jurídica, comportamientos de consumo residencial y comerciales, tecnología en sitio actualmente para proyectar el aumento de disponibilidad que se requeriría en algún futuro cercano, adicional al normal incremento de la densidad poblacional por consiguiente aumento en la demanda del servicio nivel región.

Adicional a los parámetros técnicos, se complementará con un estudio de las horas de consumo, actividades destinadas al consumo del servicio acorde a la región representativos en el aumento de consumo energético. (Aires acondicionados, electrodomésticos, nueva tecnología disponible, entre otros).

## **Segundo nivel**

### ***Selección de métodos o instrumentos para recolección de información***

El diseño que se determinó para nuestros análisis está enfocado en una estrategia “No Experimental tipo Longitudinal”, esto es debido a que la demanda de energía en las subestaciones asociadas a la línea actual Paipa – Barbosa, comportamientos de la demanda en sus distintas condiciones. En el contexto cualitativo la caracterización se basa en un diseño de investigación de acción fundamentado en el comportamiento de la demanda para los departamentos de Boyacá y Santander en las zonas de influencias de las subestaciones Barbosa y la subestación Paipa, zonas representativas para cada departamento.

Para dichos análisis se han tomado como instrumento metodológico los estudios de caso, para ello se tendrá una muestra de tipo cualitativo por conveniencia ya que los indicadores saldrán de un análisis de los sistemas eléctricos, la información será capturada del estudio de cargabilidad del sistema. Teniendo en cuenta las posibles eventualidades del comportamiento del sistema como conjunto y su estabilidad en la región del sistema interconectado de las electrificadoras ESSA y EBSA. Para los análisis de cargabilidad de los próximos 5 años de las provincias asociadas a este proyecto se anexa al presente el instrumento de recolección de información.

## ***Técnicas de análisis de datos***

El análisis de datos es una parte fundamental de la investigación. Teniendo en cuenta que la técnica de análisis de datos para este proyecto es con enfoque Mixto, se presenta una descripción general de las técnicas comunes de análisis de datos en función de diferentes enfoques y diseños de investigación:

Dentro de los posibles análisis cuantitativos se tiene el análisis descriptivo como una fase inicial y fundamental del proceso de análisis de datos que se centra en la descripción y resumen de un conjunto de datos. Su objetivo principal es proporcionar una visión general de los datos, identificar patrones iniciales, tendencias y características clave sin realizar inferencias o probar hipótesis. (Sanchez Vazquez, Lahitte, & Tujague, 2010).

Para este análisis se puede contar con estadísticas descriptivas las cuales hace parte de un área de la estadística la cual consiste en formular recomendaciones, resumiendo datos de una investigación en gráficos, figuras, tablas y cuadros (Rendón-Macias, Villasís-Keever, & Miranda-Novales, 2016). Utilizando medidas como la media, la mediana, la moda, la desviación estándar, y la creación de gráficos como histogramas, diagramas de barras y diagramas de dispersión.

El análisis exploratorio se concibe como una forma de análisis de datos basado en un resumen numérico y visual de datos, encargado de permitir observar patrones no contemplados (Parra Olivares, 2002). A partir de este se contemplan opciones como: Análisis de componentes Principales (PCA): Utilizado para reducir la dimensionalidad de los datos y descubrir patrones en datos multivariados (Terrádez Gurrea, 2000).

Análisis de Correspondencia Múltiple (MCA): Aplicado a tablas de contingencia para analizar la relación entre categorías de variables categóricas (Fernandez, 2011).

El análisis inferencial se cuenta como fase crucial en el proceso de análisis de datos que se utiliza para sacar conclusiones generales o hacer inferencias sobre una población más amplia basándose en un conjunto de datos muestrales más pequeño.

A diferencia del análisis descriptivo, que se centra en resumir y describir los datos observados, el análisis inferencial busca extraer información más allá de los datos disponibles y generalizarla a un contexto más amplio (Tejedor & Murgiondo, 2006). Dentro de este análisis se cuenta con las pruebas de hipótesis donde se evalúan si existen diferencias significativas entre grupos o asociaciones entre variables (Dagnino, 2014).

El análisis de regresión tiene la particularidad de dar a entender la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes (Novales, 2010).

Para el enfoque relacionado con el análisis cualitativo se evaluó la pertinencia de los siguientes posibles análisis:

Para el análisis de contenido utilizado para analizar el contenido de datos no estructurados, como texto o imágenes, para identificar temas, patrones y tendencias (Abela, 2002). Así como el análisis de discurso, en este caso se examina cómo se utilizan las palabras y los discursos para comprender el significado y las representaciones sociales (Karam, 2005).

Dentro de los análisis cualitativos también se cuenta con análisis de series temporales los cuales se utiliza para estudiar datos recopilados a lo largo del tiempo y detectar tendencias, ciclos y patrones estacionales (Mauricio, 2007). Los análisis de datos de panel se encargan de examinar datos de múltiples observaciones a lo largo del tiempo para comprender cómo las variables evolucionan juntas (Verona, Jordan, Maroto, Caceres, & Garcia, 2003).

### ***Selección de las técnicas de datos para la presente investigación***

La selección de la técnica de análisis de datos para este caso de investigación donde el enfoque es mixto, ya que se observa que el análisis a realizar se basará en el análisis de series temporales, el análisis de datos de panel y el análisis exploratorio.

Estos análisis seleccionados dependieron de la naturaleza de los datos y los objetivos de investigación planteados. Se emplea una combinación de estas técnicas para obtener una comprensión más completa de los datos y responder a las preguntas de investigación de manera efectiva.

Para el caso de estudio en particular se cuenta con información histórica del sistema de energía de Boyacá y el de Santander el cual permitirá contar con un análisis de serie temporal de fallas y necesidades del sistema exitoso y que cumpla con realizar el diagnóstico de la actualidad de la red eléctrica acorde a los parámetros actualmente funcionales evaluando la capacidad agregada que contiene el sistema y el margen operativo que puede ofrecer.

El análisis de datos de panel permitirá que se realice una evaluación a las variables técnicas y económicas, considerando la evolución a lo largo del tiempo de estas, permitiendo realizar un balance de calidad y presupuesto para mejorar el desempeño del sistema en condiciones normales de operación mediante el análisis de alternativas óptimas y coherentes.

El análisis exploratorio se centrará en la determinación de un resumen numérico y visual de datos, encargado de permitir observar patrones no contemplados, mostrando la alternativa que permita reducir los tiempos de intervención tanto de los equipos actualmente en operación como los esquemas a implementar garantizando y mejorando los porcentajes de confiabilidad y disponibilidad del servicio.

## Análisis y discusión de los resultados

Dentro del diagnóstico de la actualidad de la red eléctrica acorde a los parámetros actualmente funcionales, se ha evaluado la capacidad agregada que contiene el sistema y el margen operativo que puede ofrecer las alternativas que con llevan a la selección de la mejor opción de la solución de la problemática de la indisponibilidad de la línea de transmisión y de la afectación del servicio de energía eléctrica al municipio de Barbosa y de su área de influencia, se procedió con la captura de la información de los estudios de comportamiento de la infraestructura eléctrica asociada, con dicha información que fue plasmada en nuestro formato de recopilación de información y analizando la información más relevante de la subestación Barbosa como de la línea de transmisión en mención se pueden observar que los comportamientos de la tensión en la barra de la subestación en las iteraciones del estudio está estable y cumple con los parámetros regulatorios y sus variaciones entran dentro del rango para las barras a nivel de tensión 115 kV, las cuales no deben ser inferiores a 0,9 p.u ni superiores a 1,10 p.u del valor nominal, tanto de la información para el año 2022 como de las del año 2027 como se puede observar en las siguientes figuras.

**Figura 1. S/E Barbosa Comportamiento de la Tensión en barras P.U 2022**

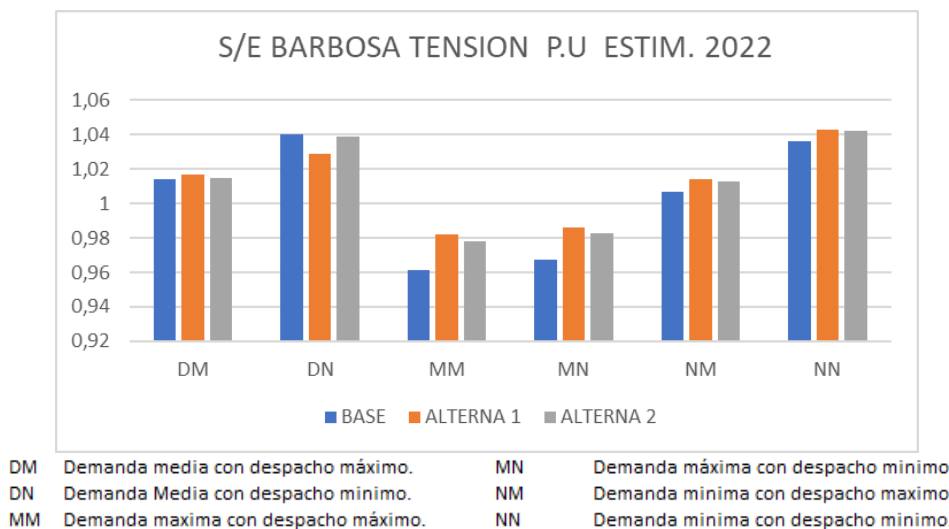
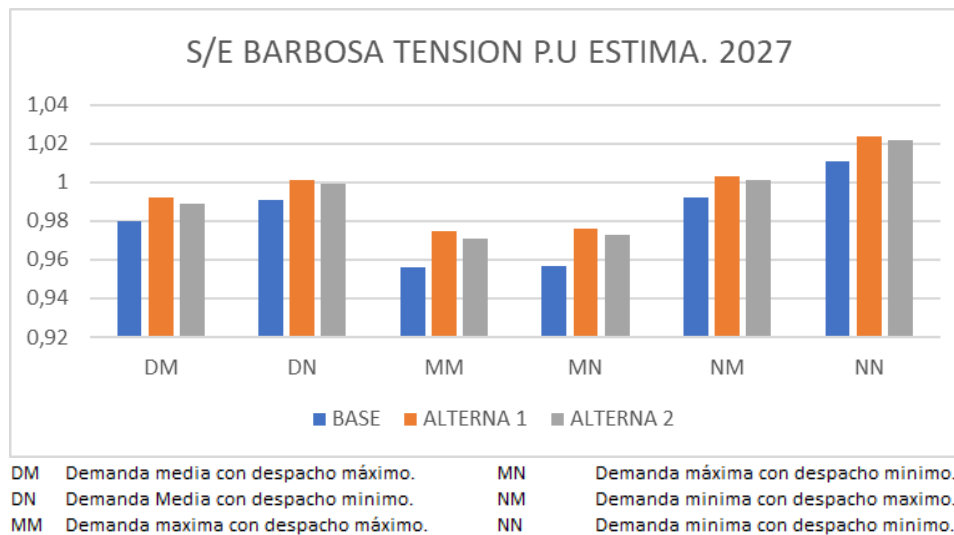


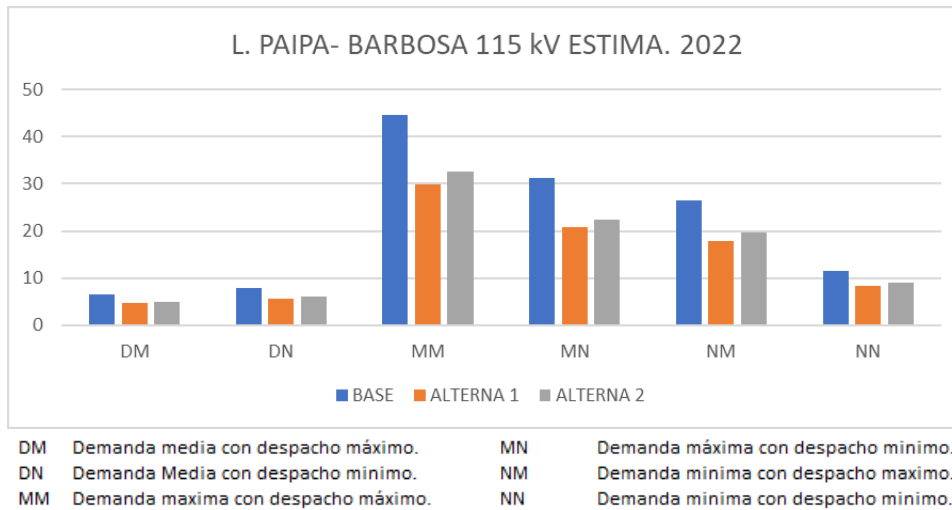
Figura 2. S/E Barbosa Comportamiento de la Tensión en barras P.U 2027



En la siguiente figura se observa cómo fue capturada la información y plasmada en el formato para tal fin, al presente documento se anexa el archivo donde se tienen las evidencias de las 12 capturas realizadas para el análisis.



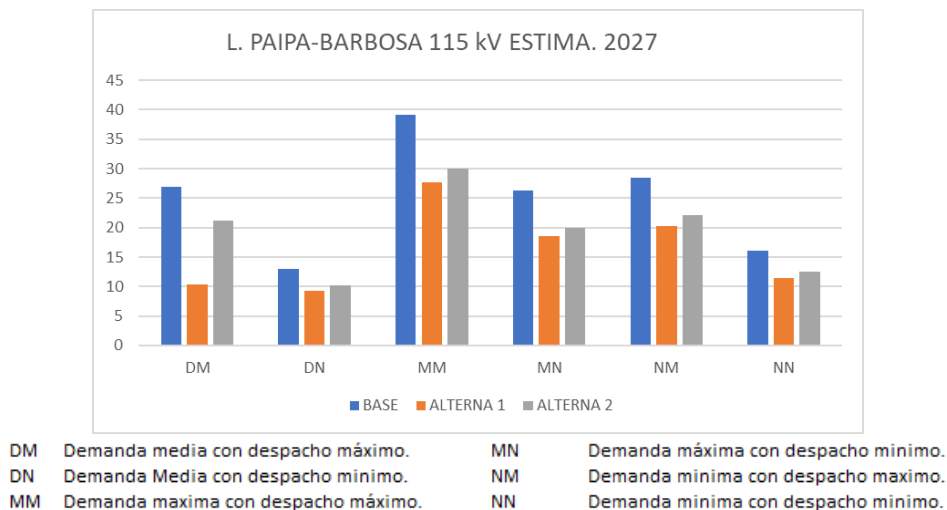
Figura 4 4. Comportamiento año 2022 línea Paipa- Barbosa. Fuente: Elaboración Propia.



Una vez revisado el comportamiento del año 2022, se realiza el estudio del comportamiento de las variables para el año 2027 está data es utilizada para la elaboración de la siguiente figura, donde se evidencia que las barras de color naranja y las barras de color gris vs la base color azul mejoran sustancialmente frente a la Base de análisis.

Las opciones planteadas desde el punto de vista técnico son aptas, viables y cumplen con el objetivo planteado, pero con mayor peso es la alternativa 1, este análisis se realiza para las diferentes clases de la demanda del sistema de operación (DM, DN, MM, MN, NM, NN) como se pueden observar en la siguiente figura.

Figura 55. Comportamiento año 2027 línea Paipa- Barbosa. Fuente: Elaboración Propia.



Desde los estudios de flujo de carga con los análisis de las diferentes contingencias, como las incidencias que se verifican con los estudios de cortocircuito del sistema (EBSA E. d., 2023), nos indican que las implementaciones de las alternativas en los sistemas de potencia asociados a los nodos de la subestación en estudio, garantizan un mejoramiento y estabilidad del mismo en los periodos evaluados, así mismo estas conllevan al mejoramientos de las condiciones operativas del sistema, como son: disminución de la salida de la alimentación de la subestación por fallas reiterativas en las líneas por obsolescencia de equipos y materiales, mayor maniobrabilidad para ejecución de mantenimientos al tener otras fuentes de aporte.

Ante contingencias se tiene un sistema mucho más fuerte y flexible que evita que falle ante la salida de alguno de los elementos, sus variables se comportan adecuadamente y dentro de los rangos aceptados.

Todo lo anterior se ve reflejado en el mejoramiento de la disponibilidad de los activos, la cual incrementa esa flexibilización de la subestación Barbosa a tener una línea adicional que aporta a la carga de la misma, se incrementa en un 100% dicha disponibilidad del módulo de línea con llevando a tener una robustez de la subestación que ante situaciones de mantenimiento programado, correctivo o de emergencia esta disponibilidad de los activos se vuelve clave y básica en el comportamiento del sistema de potencia aportando valores agregado a su funcionamiento y por ende mejorando los indicadores de servicio que se ve reflejado en una satisfacción del cliente final.

Para el desarrollo de un balance entre calidad y presupuesto enfocado a la mejora del desempeño del sistema en condiciones normales de operación mediante el análisis de alternativas optimas, se plantearon las siguientes alternativas para la correspondiente evaluación:

- Desarrollar una nueva línea de transmisión entre las subestaciones Paipa y Barbosa a 115kV
- Desarrollar proyectos de generación en Barbosa para que ante fallas pueda brindarles el servicio a los usuarios
- Interconectar la subestación Barbosa con otra subestación dentro del departamento de Santander
- Crear una nueva subestación alterna en la zona
- Colocar un proveedor externo que este ahí cuando se presente una falla en el servicio.
- Realizar un recorrido a la línea para verificar la probabilidad de fallas y general un plan de acción.
- Tener un elemento medidor para identificar la posible falla antes de que suceda.
- Socialización a la población para que se acostumbren a las fallas
- Medición de puntos calientes en la línea.
- Revisar puntos de falla y razones para definir el plan de acción.
- Socializar a los usuarios los beneficios que traen la suspensión del servicio.

Una vez ya se cuenta con las posibles soluciones generadas, se definen los siguientes criterios para evaluarlas, enfocándose en la mejora del desempeño:

- Mercado potencial
- Nivel de innovación
- Conocimiento técnico del proyecto
- Requerimiento de capital o costo

Una vez se seleccionen las mejores 3 alternativas se utilizarán los siguientes criterios para definir el potencial de las ideas y seleccionar solamente una:

- Grado del problema que soluciona
- Necesidad del cliente (por el servicio)
- Grado de innovación
- Diferenciación
- Grado de inversión
- Capital de trabajo
- Beneficio / Costo
- Liquidez esperada
- Fuentes de financiación

Teniendo en cuenta tanto las alternativas como los criterios se hace la siguiente evaluación, estos criterios fueron calificados conforme a la evaluación por parte de expertos y a su experiencia en el tema, donde 5 significa que el criterio es positivo y 1 donde la idea no aplica o genera valor:

**Tabla 4. Evaluación de alternativas acorde a criterios seleccionados.**

Ideas\Criterios	Mercado Potencial	Nivel innovación	Conocimiento Técnico	Requerimiento de capital	TOTAL
Desarrollar una nueva línea de transmisión entre las subestaciones Paipa y Barbosa a 115kV	5	3	5	5	18
Desarrollar proyectos de generación en Barbosa para que ante fallas pueda brindarles el servicio a los usuarios	5	3	4	3	15
Interconectar la subestación Barbosa con otra subestación dentro del departamento de Santander	5	3	4	4	16
Crear una nueva subestación alterna en la zona	5	4	5	3	17
Colocar un proveedor externo que este ahí cuando se presente una falla en el servicio.	1	2	4	5	12
Realizar un recorrido a la línea para verificar la probabilidad de fallas y general un plan de acción.	5	1	1	1	8
Tener un elemento medidor para identificar la posible falla antes de que suceda.	1	5	5	4	15
Socialización a la población para que se acostumbren a las fallas	4	2	2	3	11
Medición de puntos calientes en la línea.	4	2	3	3	12
Revisar puntos de falla y razones para definir el plan de acción.	4	2	4	4	14
Socializar a los usuarios los beneficios que traen la suspensión del servicio.	4	2	1	3	10

En aras de tomar decisiones respecto a la necesidad presente y en atención a una solución óptima y eficiente en términos de entrega energética que atienda la demanda presente y futura de la población que atiende la red entre Paipa y Barbosa se vuelve a evaluar las alternativas consideradas mencionando brevemente el análisis que se hizo de todas y cada una de ellas para determinar la solución más viable. Para ello se menciona lo siguiente:

- Desarrollar proyectos de generación en Barbosa para que ante fallas pueda brindarles el servicio a los usuarios

Si bien se considera una posible alternativa, los proyectos de generación con distintas alternativas de generación de energía aún se encuentran en desarrollo incluso en las grandes ciudades, por lo cual, consideramos un tiempo bastante prolongado lo cual no atacaría la problemática desde el inicio, al contrario, conllevaría un tiempo considerable siquiera pensar en alternativas a la red actual lo cual alargaría la problemática vigente sin solución en el corto plazo. Son proyectos que se están considerando actualmente, sin embargo, como proyectos de innovación tardarán un tiempo en su puesta en marcha y funcionamiento que garantice el respaldo correspondiente, el abastecimiento necesario y la confiabilidad en el sistema requerida para atender la demanda energética de la región.

- Colocar un proveedor externo que este ahí cuando se presente una falla en el servicio.

Independiente de la figura que provea el servicio, este requerirá un montaje lo suficientemente robusto que atienda a la población en mención, montaje que actualmente existe y ha perdurado a lo largo de los años a pesar del crecimiento de la demanda energética de manera exponencial. Más allá del montaje y la red necesaria para proveer el servicio, se considera por temas de costos, viabilidad y tomar ventaja de con lo que ya se cuenta es robustecer la red actual en miras de la demanda que se presenta actualmente y venidera en los años posteriores. De esta manera, no se tendría que iniciar un proyecto desde cero el cual requiere presupuesto y recursos considerables, de otra manera, se garantizará optimizar la red existente aumentando las variables de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad correspondientes.

- Realizar un recorrido a la línea para verificar la probabilidad de fallas y general un plan de acción.

Dentro del cronograma de intervención vigente, se encuentra estipulado el plan de mantenimiento preventivo y correctivo asociado a la subestación y las líneas correspondientes. Las falencias en gran parte se encuentran identificadas, sin embargo, para proceder con su intervención se requiere de una línea alterna que permita suplir el suministro energético cuando se estén realizando las intervenciones y paradas de línea correspondientes. Adicional a esto, se tiene plenamente identificado que las fallas en gran parte obedecen a la sobredemanda energética que presenta la zona y la saturación de la línea correspondiente a los hábitos de consumo actuales. Por ello, más allá del plan de acción con el que ya se cuenta y se ejecuta acorde a la planeación de la empresa, se hace necesario suplir una demanda adicional que no objeto con los equipos y tendidos instalados actualmente.

- Tener un elemento medidor para identificar la posible falla antes de que suceda.

Siguiendo con la línea del plan de mantenimiento que como se menciona, se encuentra vigente y operacional en la actualidad, existen elementos que son acordes a la medición preventiva de los mantenimientos a ejecutar para garantizar la disponibilidad de la línea, entre ellos la herramienta del horómetro, lo cual nos permite llevar un registro de tiempo en servicio de líneas y equipos y acorde a fabricante hacer las intervenciones correspondientes para la mantención de los bienes mencionados. Nuevamente se reitera en este punto que la problemática no va en función de una mala mutabilidad de la instalación sino que la demanda sobrepasa a la capacidad instalada de la empresa EBSA para atender el suministro del recurso, en pocas palabras, es posible contar con el mejor plan de manteniendo pero como la mayoría de los

casos, los equipos y líneas brindan un cierto límite de suministro, suministro que no es suficiente en atención a la población en la actualidad por consiguiente en un futuro.

- Socialización a la población para que se acostumbren a las fallas

No es aceptable brindar un servicio a media marcha, como promesa de valor, EBSA considera uno de sus pilares fundamentales brindar servicio y atención de manera continua y de calidad, por ende, la población debe contar con el servicio acorde a lo que se encuentra pagando en la actualidad, donde se le garantice disponibilidad continua y servicio de respaldo por parte de la empresa prestadora del servicio.

- Medición de puntos calientes en la línea.

La medición se lleva en la actualidad y de ser necesario, la frecuencia de la toma se puede aumentar de ser necesario, sin embargo, la medición es parte del plan de acción mas no la corrección definitiva de la problemática que requiere el objeto de estudio.

- Revisar puntos de falla y razones para definir el plan de acción.

Nuevamente este literal hace parte del plan macro de intervención para dar solución definitiva a la problemática presentada, más allá de las razones que al ser recurrentes se encuentran plenamente identificadas, los puntos de falla son zonas para tener en cuenta, pero la intervención en la línea se hace de manera general, pues la afectación no obedece a fallas sino a falta de abastecimiento de recurso.

- Socializar a los usuarios los beneficios que traen la suspensión del servicio.

Más allá de los beneficios y compensaciones que pueda brindar la empresa a los usuarios o población afectada, el usuario lo que busca en definitiva es contar con el recurso, la atención de inconvenientes provenientes de la desatención y la escasez del recurso energético conlleva reprocesos y sobrecostos que no se pueden perpetuar en el tiempo, por consiguiente la solución radica en cumplir con la promesa de valor iniciar la cual es proveer el servicio energético continuo, de manera eficiente y garantizando acceso al mismo.

Finalmente, se logra decantar las soluciones acordes a la problemática del presente estudio mencionadas a continuación:

- Desarrollar una nueva línea de transmisión entre las subestaciones Paipa y Barbosa a 115Kv
- Interconectar la subestación Barbosa con otra subestación dentro del departamento de Santander
- Crear una nueva subestación alterna en la zona

Para ello se hizo una evaluación resaltando por qué se toman en consideración en cuanto a factores de mercado, innovación, suficiencia técnica y capital requerido.

- Mercado potencial

El servicio energético es una necesidad continua debido al estilo de vida que se desarrolla en la región de interés, debido al constante crecimiento de la población y sus hábitos de consumo hace necesario fortalecer el sistema actual y garantizar el suministro de la energía a demandar en el futuro cercano, por consiguiente, la implementación de la línea de transmisión alterna con su correspondiente interconexión a la subestación permitirá aumentar la disponibilidad del suministro, el cual, en función de la proyección del consumo garantiza margen de rentabilidad al proyecto a desarrollar.

- Nivel de innovación

Este puntual corresponde a un puntual intermedio, ya que más que innovar la solución propuesta está ya desarrollada en varios escenarios a nivel nacional e internacional, consiste en satisfacer a plenitud el consumo del recurso lo cual requiere una ampliación de la capacidad instalada actual. Si bien no es el fuerte del proyecto aquí descrito no es ajeno que de esta misma intervención y acorde a las proyecciones de consumo se desarrollen proyectos alternos que su base corresponda a otro tipo de energías, suministros alternos, proveedores externos entre otros, dando así cumplimiento del concepto de innovación.

- Conocimiento técnico del proyecto

Las personas implícitas en el proyecto cuentan con la suficiencia conceptual y técnica ya que a esto se dedican y es su diario vivir, sin embargo, está considerado contar con un punto de vista externo que permita opinar respecto a la solución seleccionada y a partir de la experiencia, permita aportar a desarrollar el plan de intervención más óptimo, eficaz y eficiente que conlleve con la solución planteada.

- Requerimiento de capital o costo

Al ser una ampliación del sistema actualmente en funcionamiento, si bien es cierto el capital es un factor bastante relevante a considerar se parte de la premisa que partir desde cero no se considera como opción, diseños y pre comisionamiento de la obra se desestima ya que la línea a instalar va contigua a la ya existente, equipos, material, recurso humano entre otros serán costos directos al proyecto, sin embargo, el punto de retorno proyectado a mediano plazo

garantizará el financiamiento y el capital de retorno visto desde la perspectiva que el servicio se consume y se seguirá consumiendo en las próximas décadas por lo cual se considera desde varias perspectivas como viable a su ejecución.

Como se puede observar las alternativas con mayores puntajes son las que están subrayadas, por lo cual se evalúa el potencial de cada idea como se observa a continuación, utilizando la herramienta puntuación screening, en el cual podemos analizar los puntos más relevantes y así seleccionar la mejor alternativa acorde a su potencial.

**Tabla 5. Evaluación de potencial de las ideas. Fuente: Elaboración propia.**

ASPECTO	IDEA	ESCALA		CALIFICACIÓN					COMENTARIOS
		ALTO POTENCIAL	BAJO POTENCIAL	ALTO POTENCIAL			BAJO POTENCIAL		
				5	4	3	2	1	
GRADO DE INVERSIÓN	Nº	Rango mínimo	Rango alto						
	1	Línea transmisión		X					Inversión Alta con buena remuneración
	2	Conexión alterna		X					Inversión Alta con buena remuneración
	3	Subestación Alterna		X					Inversión Alta con buena remuneración
CAPITAL DE TRABAJO (dinero necesario para operar y sostener el arranque de la empresa durante su inicio)	Nº	Será mínimo	Será alto						
	1	Línea transmisión		X					Inversión Alta con buena remuneración
	2	Conexión alterna		X					Inversión Alta con buena remuneración
	3	Subestación Alterna		X					Inversión Alta con buena remuneración
BENEFICIO (Disminución en la duración de las fallas) / COSTO	Nº	Positivo o altamente positivo	Bajo o negativo						
	1	Línea transmisión		X					Costo más bajo a comparación de las demás opciones
	2	Conexión alterna				X			Costo medio entre las opciones
	3	Subestación Alterna						X	Costo más alto entre las opciones
LIQUIDEZ ESPERADA	Nº	Positiva o altamente positiva	Baja o negativa						
	1	Línea transmisión		X					Se espera recibir un WACC del 12.9%

	2	Conexión alterna		X						Se espera recibir un WACC del 12.9%
	3	Subestación Alterna		X						Se espera recibir un WACC del 12.9%
FUENTES DE FINANCIACIÓN	Nº	No serán necesarias o se tienen disponibles	Absolutamente necesarias							
	1	Línea transmisión		X						Todos cuentan con el musculo financiero
	2	Conexión alterna		X						Todos cuentan con el musculo financiero
	3	Subestación Alterna		X						Todos cuentan con el musculo financiero
Cambio Climático (Climate Change): - Emisiones de carbono - Huella ambiental de producto - Financiación del impacto ambiental - Vulnerabilidad al cambio climático	Nº	Será mínimo	Será alto							
	1	Línea transmisión				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	2	Conexión alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	3	Subestación Alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
Recursos Naturales - Estrés hídrico - Uso de la tierra y la biodiversidad - Aprovechamiento de materia prima	Nº	Será mínimo	Será alto							
	1	Línea transmisión				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	2	Conexión alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	3	Subestación Alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
Polución y desperdicio - Emisiones tóxicas y desperdicios - Material de Empaque y desperdicio - Desperdicio electrónico	Nº	Será mínimo	Será alto							
	1	Línea transmisión				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	2	Conexión alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	3	Subestación Alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas

Oportunidades ambientales - Oportunidades en Tecnologías limpias - Oportunidades en Construcción verde - Oportunidades en energías renovables	<b>Nº</b>	Muchas	Pocas							
	1	Línea transmisión				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	2	Conexión alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
	3	Subestación Alterna				X				La legislación ambiental y las consideraciones son las mismas
Capital humano - Gestión Laboral - Seguridad y Salud - Desarrollo del capital humano - Estándares laborales en la cadena de suministro	<b>Nº</b>	Muchos riesgos	Pocos riesgos							
	1	Línea transmisión				X				Se tienen los mismos requerimientos especializados
	2	Conexión alterna				X				Se tienen los mismos requerimientos especializados
	3	Subestación Alterna				X				Se tienen los mismos requerimientos especializados
Responsabilidad del producto - Seguridad y calidad de producto - Seguridad química - Seguridad financiera del producto - Privacidad y seguridad de datos - Inversión responsable - Salud y riesgo demográfico	<b>Nº</b>	Alta	Baja							
	1	Línea transmisión				X				Se tienen los mismos requerimientos especializados
	2	Conexión alterna				X				Se tienen los mismos requerimientos especializados
	3	Subestación Alterna				X				Se tienen los mismos requerimientos especializados
Oposición de interesados - Aprovisionamiento controversial	<b>Nº</b>	Poca	Mucha							
	1	Línea transmisión				X				Se tienen los mismos interesados
	2	Conexión alterna				X				Se tienen los mismos interesados
	3	Subestación Alterna				X				Se tienen los mismos interesados
Oportunidades sociales - Acceso a comunicaciones	<b>Nº</b>	Muchas	Pocas							
	1	Línea transmisión				X				Se tienen los mismos stakeholders

- Acceso a Financiación - Acceso a cuidado de la salud - Oportunidades en nutrición y salud	2	Conexión alterna				X			Se tienen los mismos stakeholders
	3	Subestación Alterna				X			Se tienen los mismos stakeholders
Gobierno Corporativo - Junta - Pago - Propiedad - Contabilidad	Nº	Riesgo de prácticas adecuadas	Riesgo de prácticas no adecuadas						
	1	Línea transmisión				X			Se requiere una estructura organizacional muy robusta
	2	Conexión alterna				X			Se requiere una estructura organizacional muy robusta
	3	Subestación Alterna				X			Se requiere una estructura organizacional muy robusta
Comportamiento Corporativo - Ética en los negocios - Prácticas anticompetitivas - Transparencia impositiva - Corrupción e inestabilidad - Inestabilidad del sistema financiero	Nº	Riesgo de prácticas adecuadas	Riesgo de prácticas no adecuadas						
	1	Línea transmisión				X			El comportamiento debe ser igual en todos los casos
	2	Conexión alterna				X			El comportamiento debe ser igual en todos los casos
	3	Subestación Alterna				X			El comportamiento debe ser igual en todos los casos

Conforme a la evaluación de la tabla anterior se puede observar que la alternativa que tiene un mayor potencial y permite reducir los tiempos de intervención tanto de los equipos actualmente en operación como los esquemas a implementar garantizando y mejorando los porcentajes de confiabilidad y disponibilidad del servicio es la alternativa No 1 definida como “Desarrollar una nueva línea de transmisión entre las subestaciones Paipa y Barbosa a 115kV”. Por lo cual se procederá a realizar el análisis económico de esta alternativa para verificar la idoneidad y la posibilidad de ejecución de esta.

## Indicadores Macroeconómicos Aplicados

Los indicadores tienen un impacto significativo en las empresas y sus decisiones al ser reflejos de la salud económica de un país lo cual puede influir en temas como los costos de producción y venta, el costo del capital y la decisión de inversión o no, afecta también las importaciones y exportaciones, desempleo u ocupación y con esto poder adquisitivo entre otros.

Ningún sector de la economía, empresa independiente su tamaño, es más ningún habitante o incluso inversionista extranjero es inmune a los efectos de estos indicadores macroeconómicos. Estos indicadores influyen en las decisiones de nuestro proyecto, así mismo en la planificación estratégica, la inversión, la fijación de precios y la gestión de riesgos.

Los indicadores macroeconómicos que hemos tenido presente para nuestro ejercicio son:

**Tabla 6. Indicadores económicos aplicados a el proyecto. Fuente: Boletín de Indicadores Económicos (BIE) del 14 de sept. de 23, Banco de la república de Colombia.**

TIO	26%
TRM al 14 de septiembre 2023	\$ 3.926
Inflación	11%
Índice de precios al consumidor (IPC)	13%

### **Evaluación Cualitativa**

#### **Gastos de Capital – CAPEX**

El CAPEX o gasto de capital de una organización es la inversión de bienes, equipo y servicios que le generan beneficios que requerimos para la implementación de la subestación.

**Tabla 7. Valor de las Inversiones para iniciar el proyecto. Fuente: Elaboración propia.**

CONCEPTO	Linea transmisión	
		IDEA N° 1 (\$)
<b>SUBESTACIONES</b>		
MATERIALES Y EQUIPOS		2 466 758 931
OBRA CIVIL		517 598 167
MONTAJE		155 911 588
INGENIERIA		95 594 509
INTERVENTORIA		81 289 806
ADMINISTRACIÓN EJECUCIÓN		35 275 903
INSPECCIÓN		1 330 587
AIU		66 940 897
<b>LINEA DE TRANSMISIÓN</b>		
MATERIALES Y EQUIPOS		18 149 000 084
OBRA CIVIL		4 649 190 583
MONTAJE		2 500 147 491
INGENIERIA		1 176 781 908
INTERVENTORIA		864 989 069
ADMINISTRACIÓN EJECUCIÓN		17 299 781
INSPECCIÓN		791 015 456
AIU		1 807 795 436
<b>TOTAL</b>		<b>33 376 920 196</b>

### **Análisis Gastos de Capital – CAPEX**

Para cuantificar el valor de un proyecto es completamente indispensable conocer sus requerimientos físicos, de diseños y construcción, funcionalidad y mantenimiento; por ello queremos brindar un breve y muy general contexto para nuestros lectores en las implicaciones ya mencionadas para luego ver esos ítems en el CAPEX y OPEX.

Una subestación de energía eléctrica es una instalación que esta comisionada para establecer niveles de tensión óptimos para la transmisión y distribución de la energía eléctrica. Están compuestas por distintos equipos, cada uno con diferentes y particulares y características por ende sus construcciones instalaciones también son diferentes tales como: equipos principales que son los que directamente se relacionan con las magnitudes eléctricas por ejemplo: Transformadores de potencia, descargadores, interruptores, transformadores de medición, trampas de onda entre otros; pero así mismo tenemos equipos auxiliares o de control en el cual brinda protección, señalización y por supuesto funciones de comando.

Por supuesto una construcción de la subestación eléctrica requiere obras civiles como: Cuartos, estructuras, caminos y drenajes, una red de tierra características equipotenciales y evitar peligros a las personas y controlar interferencias electromagnéticas; esto entre muchas otras y así mismo dependiendo del tipo de subestación.

En cuanto a nuestro CAPEX lo hemos dividido en dos grandes líneas:

1. La subestación.
2. La línea de transmisión.

Esto por tener diferentes requerimientos lo que se traduce en gastos diferenciales.

En materiales y equipo vemos que tiene el mayor porcentaje de inversión entendiendo los materiales que en su mayoría son cobre y hierro, pero además equipos que en su mayoría son importados o algunas de sus piezas o repuestos son importadas, de allí haber tenido presente la TRM.

En interventoría hemos agrupado el servicio profesional encargado del seguimiento técnico, administrativo y financiero de un contrato, este se encarga de garantizar que el contratista ejecute el objeto de la obra, cumplimiento de las normativas técnicas vigentes ellos son quienes deben realizar el control de calidad tanto a: los profesionales que ejecutaran la obra, la operación, materiales y equipos utilizados.

En la obra civil tuvimos presente todas las infraestructuras como: vías, el sistema de alcantarillado; y también la rehabilitación de infraestructuras necesarias para garantizar la estructura de la subestación y sin mayor desglose el montaje que a su vez es soportado por esta obra civil dado lugar acá al personal quien lo ejecuta, ya que la parte de diseños, planos y planeación se encuentra en la línea de ingeniería, y para esta esta la línea de administración de la ejecución que es la responsable de la administración de velar por el correcto funcionamiento de la operación, la gestión financiera y de recursos humanos; por supuesto se encarga de organizar, planificar, dirigir y controlar los recursos del proyecto sea para la subestación o para la línea de transmisión.

Finalizando la inspección si bien es uno de los rubros más pequeños en comparación con los demás, es uno de los más importantes que este es el que define su realización o no, de ser posible, determina los puntos anteriores y de ser no se debe selección otros espacios físicos lo que implica

El objetivo de una inspección es hallar características físicas significativas para determinar cuáles son normales y distinguirlas de aquellas características anormales. Las inspecciones pueden ayudar a detectar los métodos y las prácticas que poseen potencialidad de daño.

Tener lo presente para el diseño o el análisis del trabajo. Los equipos, planes previos, de ejecución, corrección y posibles eventualidades o cambios que se lleguen a necesitar en el futuro y con ello los costos y las acciones, claramente define la cantidad de materiales, si estos tuvieran un requerimiento en específico.

Por último y no menos importante esta la AIU, Administración Imprevistos Utilidad que por normatividad se debe contemplar desde el inicio del proyecto y hace referencia a:  
Administración: costos directos e indirectos del proyecto. Imprevistos: presupuesto para cubrir posibles sobrecostos del proyecto y Utilidad que representa la ganancia del proyecto.

En términos numéricos nuestro CAPEX está abierto por las líneas explicadas anteriormente evidenciando al final el valor. Este tipo de proyectos tiene una gran ventaja y es que una vez cerrada la negociación con el proveedor que ejecutara la obra y administración por el tiempo establecido se cierra el valor de manera que este incluye los intereses a futuro, así como los costos en mano de operación, tema que a su vez y nos adelantamos mencionando impacta en el OPEX. Con esto mencionamos que si bien es un proyecto que requiere una inversión importante es un proyecto con una operación y ejecución de alto control lo que a su vez la hace estable.

## Gastos Operacionales – OPEX

A continuación, presentamos el costo permanente para el funcionamiento de la subestación de energía y puede traducirse como gasto de funcionamiento o gastos operacionales.

**Tabla 8. Valor de costos y gastos de tipo fijo anuales. Fuente: Elaboración propia.**

CONCEPTO	Linea transmisión
	IDEA N° 1 (\$)
Contrato de conexión de operación del proyecto	194 389 558
Costo de operación en centro de control	5 283 106
Personal para operación en sitio de las subestaciones	75 472 940
Vehiculos en leasing para la operación del proyecto	73 918 817
Mantenimientos preventivos y correctivos en operación del proyecto	158 865 406
Partes disponibles para mantenimientos correctivos	38 506 715
Costos de operación ambiental y social del proyecto	121 101 862
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>667 538 404</b>

## Análisis Gastos Operacionales – OPEX.

El mantenimiento de una subestación de energía implica inspeccionar, mantener y reparar los activos físicos que son esenciales para las operaciones, así mismo la seguridad y la preservación de la línea y su espacio físico. Es un trabajo es continuo y esencial para la correcta ejecución, esto para garantizar la seguridad del equipo humano, los activos e infraestructuras en buen estado de funcionamiento, ya que al no tener esa garantía se pueden presentar condiciones potencialmente peligrosas en el sitio y también al fallo prematuro del servicio.

## Flujo de Caja

En la siguiente tabla se muestra el flujo de caja estimado para el proyecto, el cual “es un estado financiero que muestra el efectivo generado y utilizado en las actividades de operación, inversión y financiación” (Reyes Caballero, 2023).

**Tabla 9. Flujo de caja estimado del proyecto. Fuente: Elaboración propia.**

PROYECTO: Paipa - Barbosa 115 kV								
PRESUPUESTO DE CAJA								
INGRESOS	0	1	2	3	4	5	6	
Ventas del Periodo	\$ 4 768 131 457	\$ 4 768 131 457	\$ 4 768 131 457	\$ 4 768 131 457	\$ 4 768 131 457	\$ 4 768 131 457	\$ 4 768 131 457	\$ 4 768 131 457
Prestamos de Corto Plazo	\$ 5 000 000 000	\$ 10 000 000 000	\$ 500 000 000	\$ 500 000 000	\$ 500 000 000	\$ 500 000 000	\$ 500 000 000	\$ 500 000 000
Otros Ingresos	\$ 3 814 505 165	\$ 3 814 505 165	\$ 3 814 505 165	\$ 3 814 505 165	\$ 3 814 505 165	\$ 3 814 505 165	\$ 3 814 505 165	\$ 3 814 505 165
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 13 582 636 622</b>	<b>\$ 18 582 636 622</b>	<b>\$ 9 082 636 622</b>	<b>\$ 8 582 636 622</b>	<b>\$ 8 582 636 622</b>	<b>\$ 8 582 636 622</b>	<b>\$ 8 582 636 622</b>	<b>\$ 8 582 636 622</b>
EGRESOS								
Materiales Y Equipos	\$ 10 307 879 508	\$ 10 307 879 508	\$ 2 583 394 375	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539
Obra Civil	\$ 1 272 376 417	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292
Montaje	\$ 2 583 394 375	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539	\$ 1 328 029 539
Ingeniería	\$ 1 272 376 417	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292	\$ 315 426 292
Interventoría	\$ 315 426 292	\$ 17 525 228	\$ 17 525 228	\$ 17 525 228	\$ 17 525 228	\$ 17 525 228	\$ 17 525 228	\$ 17 525 228
Administración Ejecución Inspección	\$ 17 525 228	\$ 396 173 021	\$ 396 173 021	\$ 396 173 021	\$ 396 173 021	\$ 396 173 021	\$ 396 173 021	\$ 396 173 021
Contrato De Conexión De Operación Del Proyecto	\$ 194 389 558	\$ 194 389 558	\$ 194 389 558	\$ 194 389 558	\$ 194 389 558	\$ 194 389 558	\$ 194 389 558	\$ 194 389 558
Costo De Operación En Centro De Control	\$ 5 283 106	\$ 5 283 106	\$ 5 283 106	\$ 5 283 106	\$ 5 283 106	\$ 5 283 106	\$ 5 283 106	\$ 5 283 106
Personal Para Operación En Sitio De Las Subestaciones	\$ 75 472 940	\$ 75 472 940	\$ 75 472 940	\$ 75 472 940	\$ 75 472 940	\$ 75 472 940	\$ 75 472 940	\$ 75 472 940
Vehiculos En Leasing Para La Operación Del Proyecto	\$ 73 918 817	\$ 73 918 817	\$ 73 918 817	\$ 73 918 817	\$ 73 918 817	\$ 73 918 817	\$ 73 918 817	\$ 73 918 817
Mantenimientos Preventivos Y Correctivos En Operación Del Proyecto	\$ 158 865 406	\$ 158 865 406	\$ 158 865 406	\$ 158 865 406	\$ 158 865 406	\$ 158 865 406	\$ 158 865 406	\$ 158 865 406
Partes Disponibles Para Mantenimientos Correctivos	\$ 38 506 715	\$ 38 506 715	\$ 38 506 715	\$ 38 506 715	\$ 38 506 715	\$ 38 506 715	\$ 38 506 715	\$ 38 506 715
Costos De Operación Ambiental Y Social Del Proyecto	\$ 121 101 862	\$ 121 101 862	\$ 121 101 862	\$ 121 101 862	\$ 121 101 862	\$ 121 101 862	\$ 121 101 862	\$ 121 101 862
Pago de Oblig. Bancarias	\$ 1 364 145 748	\$ 4 432 500 379	\$ 4 432 500 379	\$ 4 611 901 799	\$ 4 611 901 799	\$ 4 611 901 799	\$ 4 611 901 799	\$ 4 611 901 799
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 11 913 207 444</b>	<b>\$ 16 312 573 711</b>	<b>\$ 9 073 048 835</b>	<b>\$ 5 279 440 203</b>	<b>\$ 5 085 050 644</b>	<b>\$ 5 085 050 644</b>	<b>\$ 5 085 050 644</b>	<b>\$ 5 085 050 644</b>
<b>Flujo Neto del Periodo</b>	<b>\$ 1 669 429 177</b>	<b>\$ 2 270 062 910</b>	<b>\$ 9 587 787</b>	<b>\$ 3 303 196 419</b>	<b>\$ 3 497 585 977</b>	<b>\$ 3 497 585 977</b>	<b>\$ 3 497 585 977</b>	<b>\$ 3 497 585 977</b>
<b>Saldo Inicial de Caja</b>	<b>\$ 1 669 429 177</b>	<b>\$ 1 669 429 177</b>	<b>\$ 3 939 492 088</b>	<b>\$ 3 949 079 875</b>	<b>\$ 7 252 276 294</b>	<b>\$ 10 749 862 271</b>	<b>\$ 14 247 448 249</b>	<b>\$ 17 745 034 226</b>
<b>SALDO FINAL DE CAJA</b>	<b>\$ 1 669 429 177</b>	<b>\$ 3 939 492 088</b>	<b>\$ 3 949 079 875</b>	<b>\$ 7 252 276 294</b>	<b>\$ 10 749 862 271</b>	<b>\$ 14 247 448 249</b>	<b>\$ 17 745 034 226</b>	<b>\$ 17 745 034 226</b>

La estructura del flujo de caja mostrado anteriormente cuenta las entradas y salidas de dineros para la ejecución y operación del proyecto en un periodo de seis (6) años.

Por un lado, dentro de los ingresos, se encuentran:

1. Ventas del Periodo: Que corresponde a la remuneración que haría la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) al Operador de Red (OR) por el proyecto.
2. Prestamos de corto plazo: Es el financiamiento externo a través de crédito para la compra anticipada de algunos materiales y equipos primarios que requiere el proyecto.
3. Otros ingresos: Son aquellos provenientes de diferentes actividades de inversión y otras remuneraciones que recibe el OR de la CREG por otros activos que opera y mantiene.

Por otro lado, para los egresos se tienen todos aquellos que se mencionaron más arriba en los apartes de Gastos de Capital – CAPEX y Gastos Operacionales – OPEX; así como el pago de los prestamos adquiridos con las entidades bancarias.

## Indicadores Financieros

Haciendo uso de la información mostrada en el Flujo de Caja se calcularon los indicadores de Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C) para el proyecto que se muestra en la siguiente tabla; los cuales permitirán determinar la rentabilidad y viabilidad económica del proyecto.

**Tabla 10. Indicadores financieros calculados para el proyecto.**

VPN	\$ 477 385 209
TIR	27.09%
B/C	1.04

Acorde a los resultados obtenidos y presentados en la tabla anterior, la evaluación financiera del proyecto cuenta con las siguientes premisas:

- **VPN > 1**
- **TIR > TIO**
- **B/C > 1**

Teniendo en cuenta esto, el proyecto genera rendimientos por encima de la TIO definida, por lo que cumplirían con la expectativa de los inversionistas y cuenta con un B/C mayor a 1 lo que define que es viable ejecutarlo. En conclusión, se justifica su inversión desde el punto de vista financiero y es totalmente viable llevar a cabo su ejecución.

## Conclusiones

- El enfoque de la investigación fue mixto debido a que se tuvo en cuenta el análisis cuantitativo donde el tema presupuestal y los beneficios fueron calculados y en la parte cualitativa se analizaron los beneficios técnicos y cualidades de las soluciones planteadas.
- El diseño de la investigación fue fenomenológico debido a que la base de análisis es el sistema eléctrico y sus problemas teniendo en cuenta diferentes estados de falla.
- Conforme a la teoría planteada de las posibles soluciones a las fallas que se presentan actualmente, es importante realizar una lluvia de ideas para poder contar con un grupo de opciones para evaluarlas y definir su pertinencia.
- El flujo de caja se convierte en la herramienta financiera más importante para viabilizar un proyecto.
- En la evaluación de las alternativas se analiza el potencial de las 3 mejores ideas donde se selecciona la alternativa No 1 de la línea acorde a los criterios definidos.
- Conforme a la evaluación de los proyectos se justifica su inversión desde el punto de vista financiero y es totalmente viable llevar a cabo su ejecución.
- Las Herramientas y los diferentes conceptos que se han explorado en la investigación nos llevan paso a paso a determinar las mejores técnicas para el análisis de un problema, que finalmente nos conduce a determinar desde el punto de vista técnico, investigativo y colaborativo las viabilidades y puntos de vista son los encargados de definir la mejor opción o decisión del problema planteado.

## Referencias

- Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada.
- Bello Rodriguez, S. P., & Beltran Ahumada, R. B. (2010). Caracterización y pronóstico del precio spot de la energía eléctrica en Colombia. *Revista de la maestría en Derecho Económico*, 293-316.
- Beltrán Suárez, R. D. (2017-04-26). *Propuesta de pasantía para el apoyo en la elaboración de valores de referencia mediante metodología de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas para el trazado de una línea de transmisión eléctrica, comprendida en los departamentos de Santander y Boyacá.*
- Carlos, D. R. (Marzo 2019). *Producción y demanda residencial de energía eléctrica en Colombia.* Universidad el bosque.
- Cebulla, F., Haas, J., Eichman, J., Nowak, W., & Mancarella, P. (2018). How much electrical energy storage do we need? A synthesis for the U.S, Europe, and Germany . *Journal of Cleaner Production Volume 181.*
- CENTELSA. (2018). Tabla cables ACSR . *CENTELSA.*
- CREG, C. d. (1995). CREG 025 - Código de redes. *CREG.*
- CREG, C. d. (2018). CREG 015 - Metodología para remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. *CREG.*
- CREG, C. d. (2019). CREG 060 de 2019. *Resoluciones CREG.*
- CREG, C. d. (2020). Resolución 007 de 2020. Por la cual se modifica la tasa de retorno para la actividad de distribución de energía eléctrica, aprobada en la Resolución CREG 016 de 2018. Bogotá D.C. . *Resoluciones CREG.*
- CREG, C. d. (2021). Diagnóstico de la actividad de transmisión de energía eléctrica 2021. *Superintendencia de Servicios Públicos - SUPERSERVICIOS.*
- Dagnino, J. S. (2014). Inferencia estadística: Pruebas de hipótesis. . *Rev Chil Anest*, vol. 43, p. 125-128.
- De Lima, Ó., Rivera, G., & Farinango, L. (2019). Bases Conceptuales para la Utilización del Análisis de Contingencias en Tiempo Real con Criterios de Consciencia Situacional, Caso Centro de Control de CENACE-Ecuador. *Revista Técnica de Energía Volumen No 15 Num 2*, 38-46.
- DESAROLLO, B. I. (NOVIEMBRE 2015). *Guía de buenas prácticas para líneas de transmisión y de distribución de energía eléctrica para hábitats naturales críticos.*
- EBSA, E. d. (2019). Plan de inversión 2019-2023.
- EBSA, E. d. (2021). Plan de Expansión del Sistema 2021 -2031.
- EBSA, E. d. (2021). PLAN DE INVERSIÓN 2021-2031 EMRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ SA ESP. *EBSA.*
- EBSA, E. d. (2023). Estudio de Conexión proyectos STR. *EBSA.*
- Energía, M. d. (2019). UPME, Unidad de planeación Minero Energética. Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. *Ministerio de Minas y Energía, 2019. Subdirección de Demanda.*

- Energía, M. d. (2021). Resolución 40279 del 26 de agosto de 2021. Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2020 - 2034. Bogotá D.C.
- EPM, Empresas Publicas de Medellín. (2019). Norma Técnica: Calidad de la potencia de redes. *Normas Grupo EPM*.
- Fernandez, R. S. (2011). Análisis de correspondencias simples y múltiples. . *Universidad Autónoma de Madrid: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*.
- Haas, J., Cebulla, F., Nowak, W., Rahmann, C., & Palma Behnke, R. (2018). A multi-service approach for planning the optimal mix of energy storage technologies in a fully-renewable power supply. *Energy conversion and management Volume 178*.
- Hernan, R. M., Lopez Martinez, P. E., & Lopez Acostas, M. E. (202). *Diseño e implementación de una plataforma de pruebas para sistemas de automatización de subestaciones eléctricas basado en la Norma IEC 61850*.
- IEC. (2001). Cálculo de Corrientes de Cortocircuito En Sistemas Trifásicos en AC. *IEC*.
- Karam, T. (2005). Una introducción al estudio del discurso y al análisis del discurso. . *Global Media Journal México*, Vol 2 no 3.
- López, J. M., castan luna, r., Montero Cervantes, J. C., Meneses Ruiz, J., & Garcia Hernandez, J. (2015). *Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de pérdidas*.
- Mauricio, J. A. (2007). Análisis de series temporales. . *Universidad Complutense de Madrid*.
- Montes, J. D. (2017). Criterios técnicos para la conexión y operación de los generadores eólicos a gran escala al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia. *Universidad Pontificia Bolivariana*.
- Novales, A. (2010). Análisis de regresión. *Universidad Complutense de Madrid*, vol 116.
- Ochoa, C., Dyer, I., & Franco, C. j. (2013). Simulating power integration in Latin America to assess challenges, opportunities, and threats. *Energy Policy, Volume 61*.
- Oficial, N. 4. (2009). 2. Resolución 011 de 2009. Por la cual se establecen la metodología y fórmulas tarifarias para la remuneración de la actividad de transmisión de energía eléctrica en el Sistema de Transmisión Nacional. Bogotá D.C. *COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS CREG*.
- Parra Olivares, J. (2002). Análisis exploratorio y analisis confirmatorio de datos. *Espacio Abierto*, 115-124.
- Pupo Roncallo, O., Campillo, J., Ingham, D., Ma, L., & Pourkashanian, M. (2021). The role of energy storage and cross-border interconnections for increasing the flexibility of future power systems: The case of Colombia. *Smart Energy Volume 2*.
- Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia Mexico*, 397-407.
- Rocha Cortes, D. (2018). *Páramos sin frontera : una experiencia educativa basada en la pedagogía de la conservación con diversos profesionales para el reconocimiento y la conservación del páramo a través de la ilustración-crítica*.
- Sáes Ayala, R. (2012). Capacidad de sobrecarga en líneas aéreas de alta tensión. *Universidad Carlos III de Madrid*.

- Sanchez Vazquez, M. J., Lahitte, H. B., & Tujague, M. P. (2010). El Análisis Descriptivo como recurso necesario en Ciencias Sociales y Humanas. *Fundamentos en Humanidades*, 103-116.
- SIEL, Sistema de Información Eléctrico Colombiano. (2020). Conceptos de Conexión de Proyectos de Generación. Reporte No. 62. *SIEL*.
- Silva ortega, J. I., Daza Guzman, J. D., Candelo Becerra, J., Rueda Lopez, J. C., Umañana Ibañez, S., Salas Navarro, K., . . . Palacio Bonilla , A. (n.d.). Modelo de 75 nodos para evaluar la operación en estado estable de una red de sub-transmisión de energía eléctrica.
- Tejedor, F. J., & Murgiondo, J. E. (2006). *Análisis inferencial de datos en educación*. Editorial La Muralla.
- Terrádez Gurra, M. (2000). Analisis de componentes principales. *Proyecto e-Math financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD)*.
- UPME, U. d. (2021). Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. *Plan de expansión de referencia Generación - Transferencia 2020 - 2034*.
- Verona, M. C., Jordan, L., Maroto, O., Caceres, R. M., & Garcia, Y. (2003). Factores explicativos del nivel de endeudamiento de las empresas españolas: un análisis con datos de panel. economía mexicana. *Nueva Época*, Vol. 12, no 1, p. 39-63.
- XM, E. E. (2019). *Subasta de Energía Firme: Tercera subaste de energía firme*. Retrieved from XM: <https://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/tercera-subasta-de-energia-firme.aspx>.
- Arboleda Vélez, G. (2013). Proyectos: Identificación, formulación, evaluación y gerencia. En *Evaluación financiera de proyectos empresariales*. Alfaomega.
- Reyes Caballero, J.A. (2013, 29 de julio). Qué es el estado de flujo de efectivo y su importancia para las empresas. SoyConta. <https://www.soyconta.com/que-es-el-estado-de-flujo-de-efectivo-y-su-importancia-para-las-empresas/>