

I

**SUMINISTRO DE ENERGÍA DE LÍNEA ELÉCTRICA DE 34.5 KV ALTERNA  
PARA LA ESTACIÓN GALÁN VIT – ECOPETROL BARRANCABERMEJA**

**YOVANNY ALBERTO GRAVINI ALZATE  
EDUARDO VALBUENA MOSQUERA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGÉTICOS  
BUCARAMANGA  
2012**

**SUMINISTRO DE ENERGÍA DE LÍNEA ELÉCTRICA DE 34.5 KV ALTERNA  
PARA LA ESTACIÓN GALÁN VIT – ECOPELROL BARRANCABERMEJA**

**YOVANNY ALBERTO GRAVINI ALZATE  
EDUARDO VALBUENA MOSQUERA**

**Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia de  
Recursos Energéticos**

**Director  
CÉSAR ACEVEDO  
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
BUCARAMANGA  
2012**

*Dedicado a nuestras esposas, por  
su amor y comprensión.*

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCION	10
1. IDENTIFICACION: SITUACIÓN ACTUAL	13
1.1 REFERENTES ESTRATÉGICOS DE LA COMPAÑÍA	13
1.1.1 Misión	13
1.1.2 Visión	13
1.1.3 Metas del grupo empresarial Ecopetrol	13
1.1.4 Marco estratégico de Ecopetrol 2011 – 2020	14
1.2 SISTEMA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS	16
1.3 ESTACION GALAN	21
1.4 ESTADO ACTUAL DEL SUMINISTRO DE ENERGIA EN LA ESTACION GALAN	23
1.5 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	28
1.5.1 Situación de Generación de GRB 2006	29
1.5.2 Costos de compra de energía:	29
1.5.3 Manejo de Tarifas con la estación Galán:	29
1.5.4 Programa de Entrada en Servicio Equipos de Generación	30
1.5.5 Aplicación de la matriz RAM	45
1.5.5.1 Evaluación de las consecuencias	45
1.5.5.2 Evaluación de la probabilidad	46
1.5.5.3 Clasificación de los riesgos	46
1.5.5.4 Definición de las categorías de las consecuencias	47
2. MARCO TEÓRICO	53
3. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	56
3.1. NUEVA ACOMETIDA SUBTERRANEA	56
3.2. NUEVA LINEA DE INTERCONEXION ELECTRICA DE 34.5 KV	58
3.3 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	59
3.4 DISEÑO DEL TRAZADO DE LA LINEA	64
3.5. ESTRUCTURA A UTILIZAR	65
3.6. PROTECCIONES	66
3.7. CONDUCTOR	66
3.7.1 Parámetros de la línea de transmisión.	66
3.7.1.1 Parámetros eléctricos	67
3.7.1.2 Parámetros mecánicos	67
3.7.1.3 Cálculos eléctricos	68
3.7.1.4 Selección del conductor y configuración de la línea	70
3.7.1.5 Cálculos mecánicos	72
3.7.1.6 Hipótesis de condiciones de operación	73
3.7.1.7 Parámetros propios	74
3.7.1.8 Comprobación de hipótesis	78

3.7.1.9 Resultados mecánicos y distancias de seguridad	79
4. Evaluación Financiera	83
4.1 CAPEX (Capital Expenditures ó Gastos de Capital):	83
4.2 OPEX:	85
4.2.1 Egresos:	94
4.2.1.1. Presupuesto de Inversión	94
4.2.1.2. Presupuestos de Costos de Operación y Mantenimiento	95
4.2.1.3. Egresos Financieros	95
4.2.1.4. Impuestos:	95
4.2.1.5. Otros	96
4.2.2 Ingresos:	97
4.2.2.1 Ahorros	97
4.2.3 Flujo de caja por confiabilidad	98
4.2.3.1 Ingresos:	98
4.2.3.2 Egresos:	98
4.2.3.3 Modelo de flujo de caja	99
4.2.4 Flujo de caja por carrotanques	105
4.2.4.1 Ingresos:	105
4.2.4.2 Egresos:	105
4.2.4.3 Modelo de flujo de caja	107
5. ANALISIS DOFA.	113
6. ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO	115
6.1 PROYECTO	115
6.1.1 Debilidades	115
6.1.2 Amenazas	115
6.2 OPERACIÓN	116
6.2.1 Debilidades	116
6.2.2 Amenazas	116
CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	119

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>pág.</b>
Figura 1. Marco estratégico Grupo Empresarial Ecopetrol 2011 -2020	15
Figura 2. Red de poliductos y oleoductos Magdalena Medio.	18
Figura 3. Organigrama Vicepresidencia de Transporte	20
Figura 4. Diagrama Unifilar Subestación Poliductos Galán	26
Figura 5. Unidades de Bombeo Estación Galán	26
Figura 6. Subestación Eléctrica Planta Galán	27
Figura 7. Cortes de energía ET-005 2007	35
Figura 8. Disparo de circuitos 2007	35
Figura 9. Cortes de energía ET-005 2008.	37
Figura 10. Disparo de circuitos 2008.	37
Figura 11. Plano unifilar Termobarranca Ecopetrol	58
Figura 12. Flujo Acumulado MCOP\$	103
Figura 13. Flujo acumulado MCOP\$ carrotanques	110
Figura 14. Plano general de Manholes.	148
Figura 15. Trazado de línea 34.5 K	153
Figura 16. Postes.	154

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Resumen metas Grupo Empresarial Ecopetrol.	14
Tabla 1. Indicadores de Transporte	19
Tabla 3. Programa de entrada en servicio equipos de generación	30
Tabla 4. Pronostico compras energía eléctrica 2005.	31
Tabla 5. Cortes de energía ET-005 2007	34
Tabla 6. Disparo de circuitos 2007	35
Tabla 7. Cortes de energía ET-005 2008	36
Tabla 8. Disparo de circuitos 2008.	37
Tabla 9. Barril transportado.	38
Tabla 10. Ahorro anual con Nueva Línea de Transmisión.	39
Tabla 11. Simulación de precios EPM	40
Tabla 12. Promedios de consumos mensuales y de facturación de GRB.	41
Tabla 13. Suministro de energía Estación Galán (Consumo mensual)	42
Tabla 14. Suministro de energía Estación Galán (Consumo promedio hora).	43
Tabla 15. Barril transportado carrotanques.	43
Tabla 16. Área o Tema.	45
Tabla 17. Evaluación de las consecuencias.	45
Tabla 18. Consecuencia económica.	47
Tabla 19. Afectación al cliente.	48
Tabla 20. Impacto en la imagen de la empresa.	50
Tabla 21. Obras para el tendido de acometida eléctrica.	57
Tabla 22. Componentes de Preinversión – Tarifas	60
Tabla 23. Cronograma de Preinversión – Recurso humano Mes 1 a Mes 6.	61
Tabla 24. Cronograma de Preinversión – Recurso humano Mes 7 a Mes 12.	62
Tabla 25. Cronograma de Preinversión-Gastos administrativos Mes 1 a Mes 6.	62
Tabla. 26. Cronograma de Preinversión-Gastos administrativos Mes 7 a Mes 12.	63
Tabla 27. Cronograma de Preinversión Mes 1 a Mes 6.	63
Tabla 28. Cronograma de Preinversión Mes 7 a Mes 10.	63
Tabla 29. Parámetros de la línea.	67
Tabla 30. Hipótesis A y B. Máxima velocidad del viento y Temperatura mínima.	67

Tabla 31. Hipótesis C y D. Condición diaria y máxima Temperatura	67
Tabla 32. Características del cable.	71
Tabla 33. Características de la línea.	71
Tabla 34. Parámetros A B C D, de la línea.	71
Tabla 35. Cálculo de voltaje y corriente en el extremo generador.	72
Tabla 36. Regulación y pérdidas.	72
Tabla 37. Hipótesis de condiciones de operación.	73
Tabla 38. Cálculos adicionales.	74
Tabla 39. Análisis de conductor B a conductor C.	78
Tabla 40. Análisis de conductor C a conductor A.	78
Tabla 41. Análisis de conductor C a conductor D.	79
Tabla 42. Flecha máxima.	79
Tabla 43. Presupuesto 34.5 KV1	80
Tabla 44. Depreciación de equipos “interruptor Termobarranca”	85
Tabla 45. Presupuesto de mantenimiento de redes eléctricas de transmisión y distribución de media y baja tensión.	87
Tabla 46. Conceptos (Mes 1 a Mes 6)	91
Tabla 47. Conceptos (Mes 7 a Mes 12)	92
Tabla 48. Evaluación Ambiental.	94
Tabla 49. Evaluación - Líneas de Interconexión más de 250 km.	95
Tabla 50. Depreciación proyectada a 15 años línea de transmisión	96
Tabla 51. Consumos 2008 - Estación Galán	97
Tabla 52. Modelo de Flujo de caja por confiabilidad.	99
Tabla 53. Modelo de flujo de caja por confiabilidad años 0, 1, 2.	100
Tabla 54. Tiempo de recuperación de la inversión por confiabilidad.	103
Tabla 55. Flujo de caja por confiabilidad del año 3 al 10.	104
Tabla 56. Flujo de caja por carrotanque.	106
Tabla 57. Modelo de flujo de caja por carrotanques.	107
Tabla 58. Modelo de flujo de caja por Carrotanque años 0, 1, 2.	107
Tabla 59. Tiempo de recuperación de la inversión por carrotanques.	110
Tabla 60. Flujo de caja por Carrotanque del año 3 al 10.	111
Tabla 61. Análisis DOFA.	113
Tabla 62. Compras de energía (KW/H)	134
Tabla 63. Compras de energía trimestral	134
Tabla 64. Compras de energía trimestral	135
Tabla 65. Compras de energía trimestral	135
Tabla 66: IPP & IPC	136



**LISTA DE ANEXOS**

	pág.
ANEXO A: RED DE POLIDUCTOS Y OLEODUCTOS DEPARTAMENTO OPERACIONES NORTE	120
ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA ESTACIÓN GALÁN	129
ANEXO C: ACTA DE ACUERDO VIT –VRP 2006	130
ANEXO D: DE COMPRAS DE ENERGÍA 2005 DE GRB	134
ANEXO E: TARIFAS POR DUCTOS, POLIDUCTOS Y OLEODUCTOS VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE ECOPELROL	138
ANEXO F: PLANO GENERAL DE MANHOLES	148
ANEXO G: COTIZACIÓN PROCABLES ACOMETIDA SUBTERRANEA	149
ANEXO H: TRAZADO DE LINEA 34.5 KV	153
ANEXO I: POSTES	154
ANEXO J: CONSULTORIAS 01 – 2008	155
ANEXO K: AUTO ISA No. 2942	169
ANEXO L: FLUJO DE CAJA POR CONFIABILIDAD	181

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el suministro de energía de La Estación de Bombeo Galán – VIT – ECOPETROL S.A. en Barrancabermeja proviene de la generación propia con que cuenta la Gerencia de Refinación de Barrancabermeja (GRB), dicha alimentación se realiza a través del anillo de interconexión que permite llevar dos líneas de suministro de energía subterráneas de 34.5 kV, de las cuales una de ellas está fuera de servicio desde hace aproximadamente 10 años; ante una falla de suministro de energía por la línea actual, la Planta Galán cuenta con una línea de transmisión de 34.5 kV alterna, proveniente de Termobarranca que se conecta a un pórtico en la entrada de la Planta y que a su vez le permite suministro de energía a la Gerencia de Refinación. En razón a problemas de Generación que se ha venido presentado en la Gerencia de Refinación de Barrancabermeja (GRB) que no les ha permitido garantizar el suministro continuo de energía a las demás dependencias de ECOPETROL S.A que dependen de este y cuya solución está lejos de darse con el Plan Maestro de Servicios Industriales que está en proyección, dicha Gerencia, en conjunto con las demás dependencias que dependen de este suministro de energía como “El Distrito del Centro, Casabe y la Planta Galán se han visto avocadas a realizar un contrato de suministro de energía con la ESSA E.S.P. a través de la generación de Termobarranca que ha sido bastante oneroso para cada dependencia; ante esta situación la Vicepresidencia de Transporte – VIT está planteando construir una nueva línea de Transmisión a 34.5 kV a través del Servicio de interconexión nacional para su Planta de Bombeo.

El problema planteado se logrará solucionar con la construcción de una línea de distribución eléctrica alterna de media tensión de 34.5 kV, desde el pórtico o anillo

del Sistema de Transmisión Nacional (STN) situado en la subestación principal de TERMOBARRANCA, hasta el pósito situado al frente de la Planta de Bombeo Galán VIT de ECOPETROL S.A., que colinda con el río Magdalena, con un período de vida de cuarenta y cinco años.

Al desarrollarse esta acometida stand by, se optimizará el proceso de programación y el uso de la infraestructura; se elevarán los índices de disponibilidad de la Planta de Bombeo Galán; se mejorarán los compromisos de transporte de crudo y refinados, en cuanto a continuidad y calidad el servicio; se disminuirán las quejas y reclamos de los clientes; se reducirán los costos del consumo de energía y por ende, el costo por barril/kilómetro transportado, que elevarán las condiciones económicas para ECOPETROL.

El proyecto “Suministro de energía de línea eléctrica de 34.5 KV alterna para la Planta de Bombeo Galán VIT – ECOPETROL Barrancabermeja”, tiene como objetivos:

- 1 Disminuir los paros de bombeo ocasionados por la caída de los generadores (de energía eléctrica) de la refinería Gerencia Refinación Barrancabermeja, que mediante anillo de interconexión suministra energía a la Planta de Bombeo Galán de la Vicepresidencia de Transporte de ECOPETROL S.A.
- 2 Reducir en más del ochenta por ciento, la compra de energía de la ESSA a través de su Generación situada en Termobarranca, disminuyendo así el valor del Costo kw/h.

- 3 Contar con la disponibilidad de una acometida de stand by, para solucionar problemas técnicos de la Generadora.
- 4 Aumentar los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de todos los sistemas de despacho de combustibles en la Planta de Bombeo Galán VIT, generando mayores ingresos al reducir costos y tiempo de envío.

Finalmente esta Monografía de la EGRE busca realizar la evaluación de la viabilidad económica de la implementación de este proyecto alternativo de suministro de energía para la Planta de Bombeo de la Vicepresidencia de Transporte – VIT de ECOPETROL S.A y en la cual se identificará no solo el estado actual del suministro de energía a la Planta Galán, si no el problema que se tiene actualmente en dicho suministro generado por la Gerencia de Refinación de Barrancabermeja (GRB), así como también la Evaluación técnico – Financiera del nuevo Proyecto Alternativo de suministro de energía.

## 1. IDENTIFICACIÓN: SITUACIÓN ACTUAL

### 1.1 REFERENTES ESTRATÉGICOS DE LA COMPAÑÍA

Los referentes estratégicos de la compañía son los siguientes:

**1.1.1 Misión** Encontramos y convertimos fuentes de energía en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés

**1.1.2 Visión** Ecopetrol, grupo empresarial enfocado en petróleo, gas, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible.

**1.1.3 Metas del grupo empresarial Ecopetrol** A continuación se presenta un resumen de las metas del Grupo Empresarial Ecopetrol.

**Tabla 1.** Resumen metas Grupo Empresarial Ecopetrol.

	Actual 2010	Meta 2011	Meta 2015	Meta 2020
Producción equivalente (KBPED)	586 (a Mar/10)	871	1.000	1.300
Incorporación de Reservas 1P (MBPE)	2008-2010 (e): 1.800		2008-2015: 3.200	2008-2020: 6.000

KBPED: Miles de barriles de petróleo equivalente por día.

MBPE: Millones de barriles de petróleo equivalente.

#### 1.1.4 Marco estratégico de Ecopetrol 2011 – 2020

El marco estratégico está conformado por:

→ **Upstream**

Exploración

Producción

→ **Transporte y logística – VIT**

→ **Downstream**

Refinación

Petroquímica

Biocombustibles

Distribución

Para el caso de la Vicepresidencia de Transporte uno de los pilares es la Diversificación energética que comprende:

→ **Optimización**

Aseguramiento en confiabilidad y seguridad eléctrica

Optimización de costos de energía en toda la cadena

Investigación de otras fuentes de energía

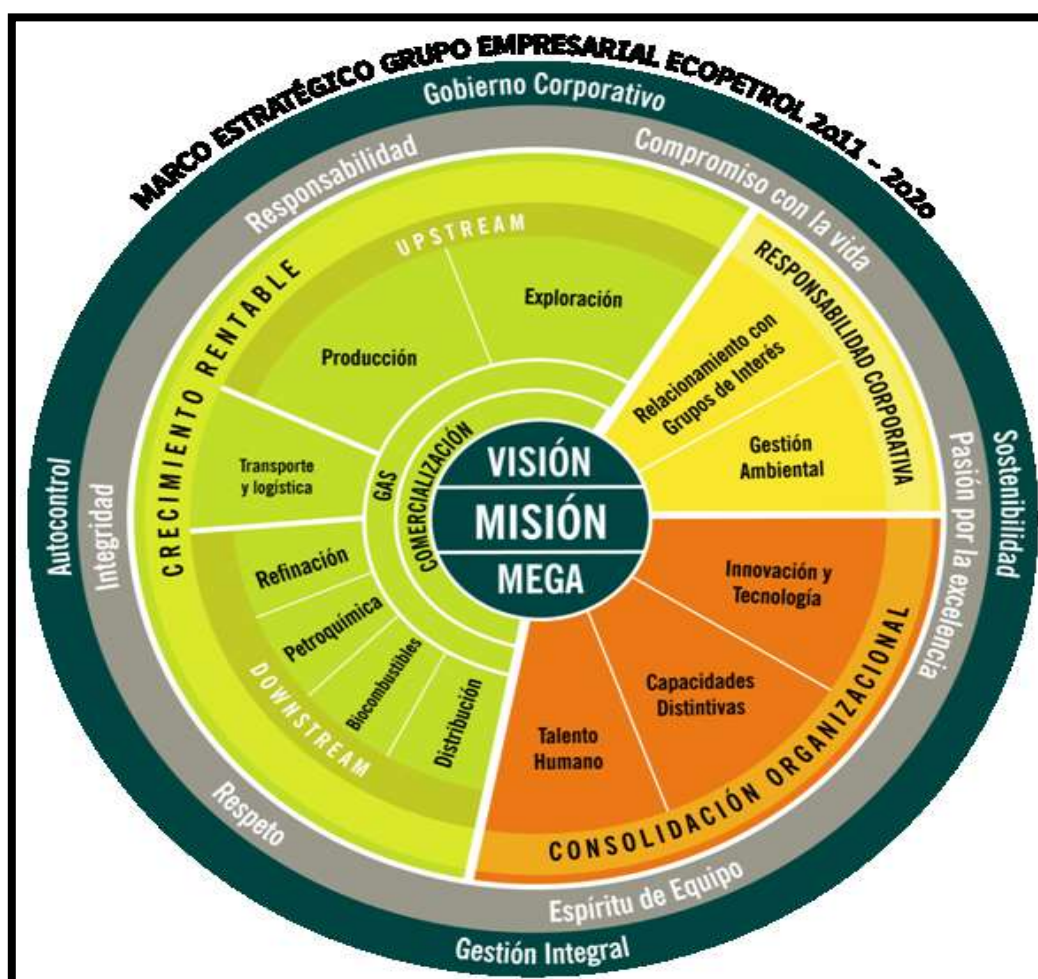
Aplicación de energías alternativas en procesos internos

→ **Diversificación**

→ **Confiabilidad**

→ **Eficiencia**

Figura 2. Marco estratégico Grupo Empresarial Ecopetrol 2011 -2020



En la actualidad una de las alternativas viables económicamente, de transporte de hidrocarburos se realiza por tubería, con el uso generalizado de la energía eléctrica, por costos y medio ambiente para el movimiento de bombas. Cada día el negocio del transporte además de buscar la eficiencia en sus procesos es más comprometido con el cuidado del medio ambiente por lo cual el desarrollo tecnológico de motores eléctricos, equipos de patio en subestaciones, centros de media y baja tensión, equipos de respaldo ha tenido avances significativos. Por tanto la confiabilidad en la operación depende en gran parte del estado de los sistemas eléctricos.

## **1.2 SISTEMA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS**

ECOPETROL S.A. es la empresa más grande del país con ventas de 68.217.656 BIs y una utilidad neta de \$5.176 billones registrada en 2009 y la principal compañía petrolera en Colombia; pertenece al grupo de las 35 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica. Para los años 2008-2015 estima inversiones por cerca de 60 mil millones de dólares, y se propone alcanzar una producción de un millón de barriles de petróleo equivalente en 2015. En sus inventarios, cuenta con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, el sur, el oriente y el norte de Colombia, dos refinerías, cincuenta y tres estaciones desde las que se bombea crudo y productos refinados, además de sus centros de almacenamiento, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas, y una red de transporte de 8.500 kilómetros de oleoductos y poliductos, que operan al 60% de su capacidad, y van desde los centros de producción hasta las refinerías, y convergen en los terminales de Coveñas y Santa Marta, en el Atlántico, y Buenaventura y Tumaco, en el Pacífico.



En Colombia el crudo se produce y se procesa lejos de los centros de consumo y exportación, por lo cual el transporte se convierte en una parte esencial de la cadena de abastecimiento. En Colombia hay 5.128 Km de Oleoductos y 3.654 Km de Poliductos. La estación Galán maneja 395.2 BPD, que equivale al 40% del crudo y refinado que se maneja en el país.

Para evitar la acumulación de inventarios en refinería o el desabastecimiento de los centros de producción, es necesario garantizar la continua operación de los Oleoductos y de los Poliductos, por lo cual se hace indispensable contar con un suministro de energía confiable, situación donde se enmarca este proyecto alternativo de suministro de energía, que permitirá evacuar tanto productos refinados como de crudos de la Gerencia de Refinación de Barrancabermeja a través de la Planta de Bombeo de Galán de la Vicepresidencia de Transporte – VIT.

Dentro de la política de crecimiento de la Vicepresidencia de Transporte se tienen contemplado los siguientes proyectos a saber:

Construcción de Poliducto Andino que parte de la Estación Sebastopol hasta la Estación Apiay pasando por la estación Santa Rosa para transporte de 54 KBPD de Nafta para diluir los crudos pesados de Rubiales y Castilla.

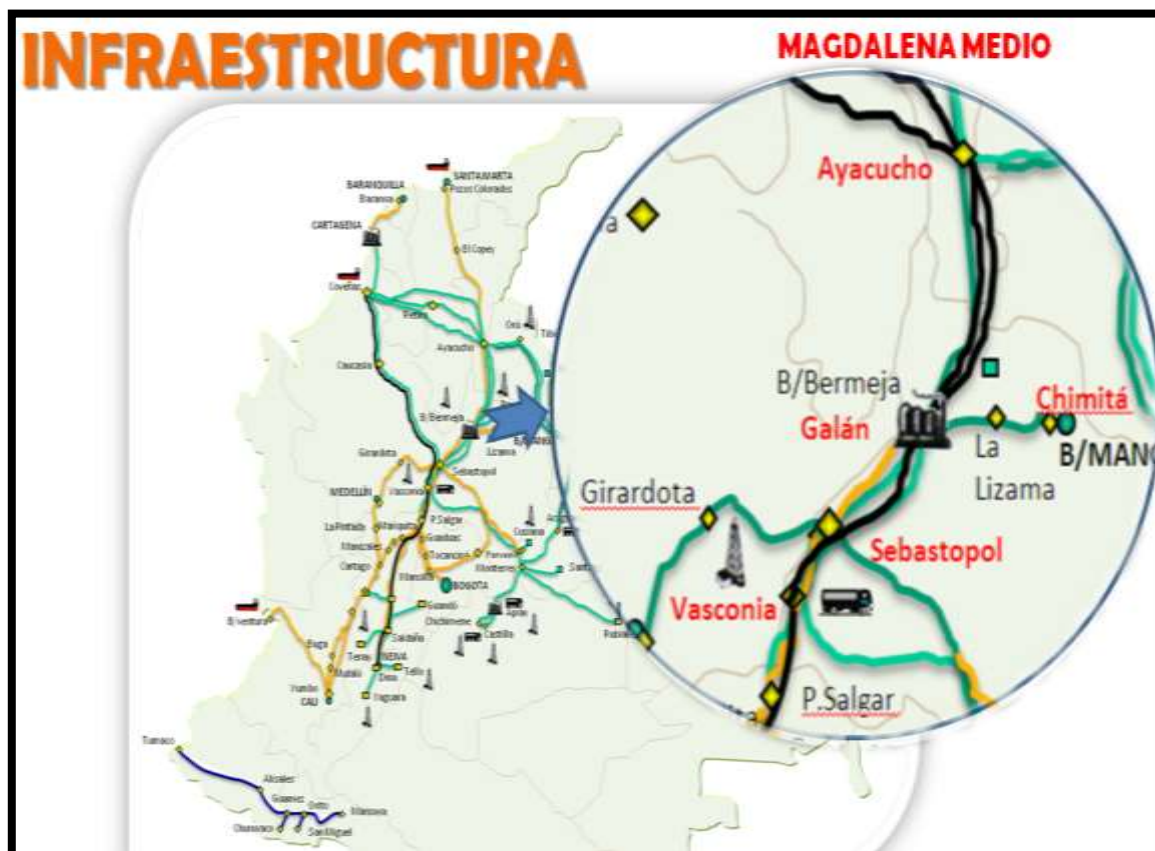
Optimización y Reposición del Poliducto de Pozos Colorados (Santa Marta) – Galán (Barrancabermeja) para aumentar su capacidad de transporte de 20 KBPD a 65 KBPD de Nafta y ACEM de Importación.

Aumentar el almacenamiento en Vasconia de 790 KB a 1030 KB para evacuar los crudos procedentes de los llanos.

Construcción del Propilenoducto entre Barrancabermeja y Cartagena para transporte de 25.000 BD de Propileno y abastecer la planta de Propilco.

Aumentar la capacidad de transporte del Oleoducto Apiay – Porvenir en 150 KBPD, que conectado al Oleoducto de Rubiales aportan al sistema 300 KBPD.

**Figura 2.** Red de poliductos y oleoductos Magdalena Medio.



En el área estratégica de transporte, la Vicepresidencia de Transporte VIT de ECOPETROL S.A., tiene la misión de garantizar al país y a los inversionistas, el transporte y disponibilidad oportuna de los diferentes hidrocarburos para refinación, exportación o consumo, a través de su red de transporte de tubería de 8.500 kilómetros, ya sea por cuenta propia o mediante la participación del sector privado.

**Tabla 2.** Indicadores de Transporte.

<b>Indicador</b>	<b>Medida del Indicador</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Volumen de crudo transportados	Miles de barriles por día calendario	392,5	426,6	445,2	443,8	471,1	516,6	542,3	576,2
Volúmenes de refinados transportados	Miles de barriles por día calendario	143,9	152,2	155,1	159,4	180,7	193,8	209,5	223,3

Para atender la operación de la extensa red, la VIT se encuentra organizada en las siguientes cinco Gerencias: Gerencia de Poliductos (GPO), Gerencia de Oleoductos (GON), Gerencia de Operaciones Centralizadas (GOC), Gerencia de Desarrollo y Transporte (GDT) y Gerencia de Control de Pérdidas (GCP); Las tres primeras son las encargadas de la operación y mantenimiento, La Gerencia de Oleoductos es la encargada del transporte de crudos, la Gerencia de Operaciones Centralizada es la encargada de la programación y operación remota de varios sistemas de transporte y la Gerencia de Poliductos es la encargada del transporte de productos refinados, la que a su vez se encuentra dividida en cuatro áreas a saber: Andina, Occidente, Muelles Fluviales y Norte, encontrándose dentro de esta última, la Planta de Bombeo Galán con sede en Barrancabermeja, cuyo negocio es recibir los productos refinados y excedentes de crudo de la refinería Barrancabermeja, y transportarlos hacia el sur-occidente, centro y nor-oriente del país, así como bombear productos hacia los puertos de exportación, siendo su área de influencia Galán-Barrancabermeja y Vasconia, recayendo la implementación propuesta del suministro de energía eléctrica de 34.5 KV alterna, en la Planta de Bombeo Galán.

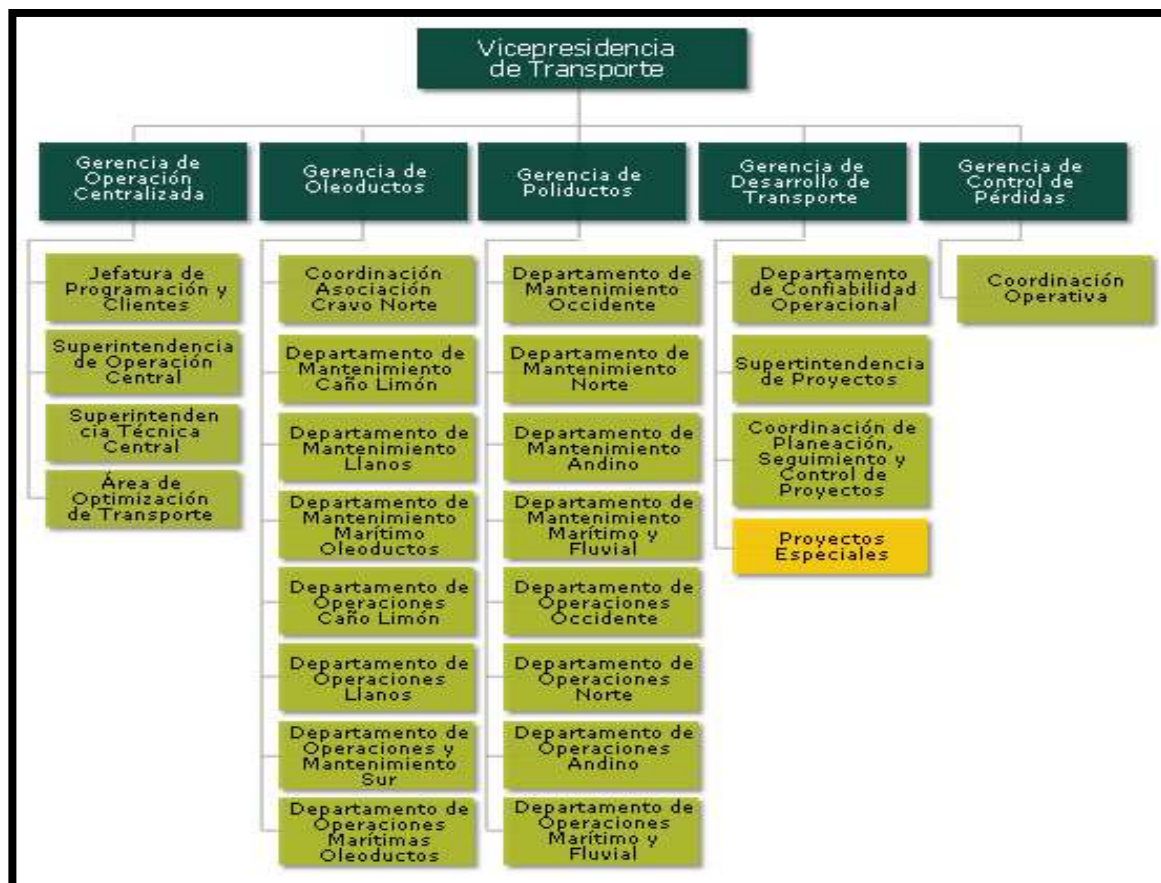
En la Vicepresidencia de Transporte de ECOPETROL S.A, laboran cuatrocientas veinte (420) personas, y en la Planta de Bombeo Galán Barrancabermeja, veintiocho (28) personas, distribuidas de la siguiente manera:

Departamento de Mantenimiento Norte: 17 trabajadores

Departamento de Operaciones: 11 trabajadores.

En la siguiente figura se presenta el organigrama de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol.

**Figura 3.** Organigrama Vicepresidencia de Transporte.



### 1.3 ESTACION GALAN

La Planta de Bombeo Galán Barrancabermeja, se encuentra ubicada en el extremo noroeste del Complejo Refinería de Barrancabermeja, a 111 metros sobre el nivel del mar, y a 120 kilómetros de Bucaramanga, la capital del Departamento de Santander Colombia; tiene adscritas la Planta Sebastopol en Puerto Olaya Santander, la Planta Chimitá en Bucaramanga, la Planta Lizama en Barrancabermeja, y la Planta Santa Rosa en Landázuri.

La Planta de Bombeo Galán Barrancabermeja, es la encargada del transporte de crudos que se obtienen en el Valle Superior del Magdalena y de los refinados por la Gerencia Refinación Barrancabermeja (GRB), utilizando energía eléctrica para operar sus salas de máquinas, proveniente de la interconexión con la Gerencia de Refinación de Barrancabermeja (GRB) que a su vez es suministrada por Termobarranca de la ESSA.

De la estación Galán se operan las siguientes líneas (ver Anexo A):

- Galán-Salgar de 8", Propano ducto que transporta GLP para abastecer el consumo del centro y sur-occidente de Colombia.
- Galán-Sebastopol de 12" y 16", poliductos que trasladan productos refinados (Gasolina motor, Gasolina Premium, B2, B2E, Jet A1, Virgin-oil, Nafta, Kerosene) para el centro y sur-occidente del país.
- Galán-Bucaramanga de 4", 6" y 12", poliducto que transporta productos refinados (Gasolina motor, Gasolina Premium, B2, B2E, Jet A1, Virgin-oil, Kerosene, GLP) para la demanda del oriente Colombiano. Al paso de ésta se tiene el terminal Lizama.

- Galán-Ayacucho-Coveñas de 18", oleoducto que bombea los crudos excedentes de la GRB y el combustóleo hacia Ayacucho y luego hacia Coveñas, para la refinería de Cartagena o para exportación.
- Recibo Pozos Colorados – Galán de 14", poliducto que traslada nafta y ACEM importados de Pozos Colorados a la GRB.
- Por último se tiene como parte del área Norte el sistema Cartagena-Baranoa de 14", poliducto que transporta refinados desde la Refinería de Cartagena hasta Baranoa para el suministro de combustibles en el área de la Costa Atlántica.

La Planta de Bombeo Galán Barrancabermeja, para el transporte utiliza líneas de bombeo de 4", 6", 8", 12", 16" y 18", accionadas por bombas de tipo centrífugas con motores eléctricos entre 1.000 y 2.500 hp de potencia, algunas unidades de bombeo son de tipo fija (Motor-Bomba) y otras de tipo variable (Motor-Variador, Bomba).

La Operación de bombeo se coordina desde el Centro Control de Operaciones CCO, utilizando diferentes configuraciones de bombeo con equipos en serie o en paralelo. La operación se realiza desde Bogotá en forma remota, por un sistema SCADA, el cual monitorea y controla la operación de los diferentes Poliductos y Oleoductos.

En el negocio del transporte de hidrocarburos existen dos parámetros críticos:

- Eficiencia energética a través del uso racional de energía y la reducción de costo por barril transportado.
- Indicadores de Confiabilidad y Disponibilidad.

La Gerencia de Desarrollo y Transporte se encarga del desarrollo de proyectos tendientes a mejorar la eficiencia de operación a través de un menor consumo de energía, trayendo con esto reducción de costos.

De otra parte la Gerencia de Operaciones Centralizada (GOC) a través del departamento de optimización mediante la evaluación y análisis estadístico de los costos en kW por barril transportado, diseña estrategias de operación de los diferentes sistemas, tendientes a optimizar los consumos.

Del éxito del logro de estos objetivos se obtienen beneficios económicos significativos para el negocio.

La VIT a través de la Gerencia de Desarrollo y Transporte elabora las políticas de mantenimiento de sus equipos de acuerdo con las recomendaciones dadas por los programas RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), utilizando los diferentes equipos de monitoreo como análisis de vibraciones y de aceites, termografías, y pruebas de aislamiento (BEAKER), entre otras.

El suministro de energía es fundamental para el logro de los objetivos de confiabilidad y disponibilidad de la planta, ya que ante un corte de energía se genera un paro de todos los procesos de transporte de la Planta.

#### **1.4 ESTADO ACTUAL DEL SUMINISTRO DE ENERGIA EN LA ESTACION GALAN**

La Subestación principal de la Planta de Bombeo Galán posee dos bahías cada una con un transformador de 17.5 MVA, que se alimenta de dos circuitos desde la

ET 005 y la ET 007 del anillo de GRB, y la segunda bahía está disponible para alimentarse de una fuente alterna, aún sin implementar.

Este sistema eléctrico consta de:

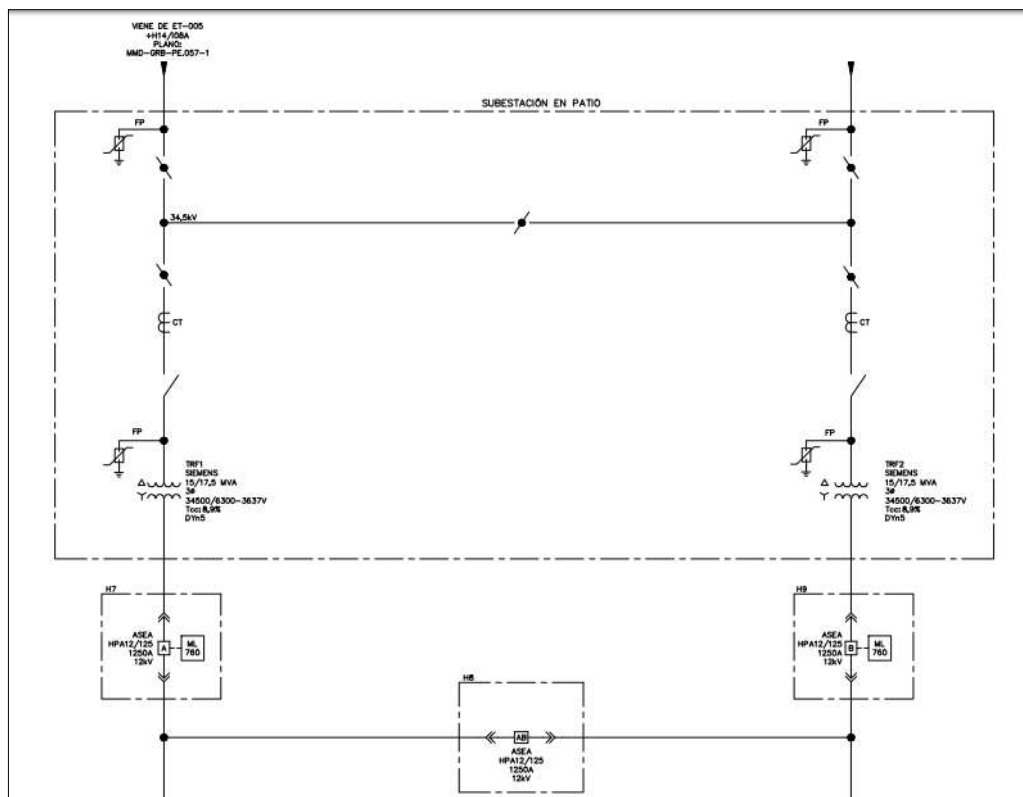
- Sistema de 34.5 Kv
  - Dos Transformadores de Potencia de 17.5 MVA/34.5 kV/6.3 kV DYn5 que trabajan uno como principal y el otro como respaldo, y a su vez pueden trabajar con cargas distribuidas.
  - Seis Interruptores de potencia
  - Sistema de protección de descargas atmosféricas.
  - Seis Transformadores de Potencial
  - Seis Transformadores de Corriente
  - Seccionadores.
  
- Sistema de 6.3 kV
  - Dos Transformadores de Potencia de 1.5MVA/6.3kV/480V DYn5
  - Dos interruptores de los transformadores de Potencia ASEA HPA12/125 – 1250 A /12 kV c/u.
  - Interruptor de Acople de barras ASEA HPA12/125 – 1250 A /12 kV.
  - Quince (15) Interruptores de potencia de unidades principales, distribuidos a saber: Tres (3) Interruptores para el Sistema de L12” Galán – Salgar, Tres (3) Interruptores para el Sistema de L18” Galán – Ayacucho, Cuatro (4) Interruptores para el Sistema de L16” Galán – Salgar, Dos (2) Interruptores para el Sistema de L8” Propanoducto Galán – Salgar, Dos (2) Interruptores para el Sistema de L10” Galán – Bucaramanga y Un (1) Interruptor para el Sistema de Nafta Galán – Ayacucho.



- Un Interruptor de Potencia para la Planta de Propano, contigua a la Estación Galán de propiedad de la GRB y que cuenta con este suministro como respaldo de su sistema eléctrico.
- Un Banco de Condensadores.
- Sistema de 480V
  - Un Transformador de 480 VAC/ 220 VAC TB1 150 kVA
  - Dos Interruptores de potencia de 6.3KV FUJI ELECTRIC DA230QB – 2000 A – 660 V c/u.
  - Un Interruptor de acople de barras FUJI ELECTRIC DA230QB – 2000 A – 660 V
  - Cincuenta y Cuatro (54) Motores distribuidos entre Bombas Booster, Auxiliares de las Unidades Principales de Bombeo y bombas tanques de Relevo,
  - CCM de Emergencia con respaldo de suministro de energía de la GRB para manejo de Cargas auxiliares a 220 vAC
- Sistema de 220 V
  - Un Transformador de 220V/110V TB2 150 kVA
  - Un Rectificador de 125Vdc.
  - Un Banco de Baterías
  - Una UPS de 15 KVA
  - Cargas de Sistema Auxiliar

El plano unifilar de la subestación se encuentra en el Anexo B.

**Figura 4.** Diagrama Unifilar Subestación Poliductos Galán.



**Figura 5.** Unidades de Bombeo Estación Galán.



La Planta de Bombeo Galán Barrancabermeja, utiliza líneas de 4", 6", 8", 12", 16" y 18".

Para operar las seis líneas de bombeo, la estación cuenta con Quince bombas centrífugas con motores eléctricos que oscilan entre 1.000 y 2.500 HP de potencia alimentados a 6.3kV.

**Figura 6.** Subestación Eléctrica Planta Galán.



La subestación eléctrica consta de dos Transformadores de Potencia de 17.5 MVA refrigerados en aceite, trabajando uno en operación y otro en Stand by, cuyo nivel de tensión de entrada es de 34.5 KV, y de salida de 6.3 KV.

Datos relevantes de la Planta Galán:

- Consumo de Energía Total Promedio: 45.818.538 Kw/año 2009

- Barriles transportados: : 68.166.000 Barriles/año 2009
- Horas de paro de bombeo causadas por falla de energía: 33 horas/año por sistema.

## **1.5 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA**

Para el año 2006 la situación de generación de la Gerencia de Refinación de Barrancabermeja (GRB) quien es la que proporciona energía directa a la Planta Galán de la VIT, era bastante dramática por decirlo así, ya que no contaba con la disponibilidad suficiente de generación, producto del mantenimiento que se le estaba realizando a las unidades de generación en ese momento, que implicaba una disminución de su capacidad instalada; lo anterior había conllevado a la GRB a realizar compras de energía a la ESSA para poder sostener su producción y el suministro a sus demás dependencias para las vigencias 2003 , 2004 y 2005, incluyendo una adición a dicho contrato para la vigencia del 2006.

Si se tiene en cuenta que para este contrato las dependencias de Casabe, El Distrito el Centro, Cantagallo, Estación Galán (Gerencia de Poliductos), suministraron las vigencias futuras correspondientes para llevar a cabo la ejecución del mismo con la ESSA, dichas vigencias quedaron cortas, porque el nivel de criticidad de generación de la GRB aumentó, obligando a realizar mayores compras de energía a la ESSA y por ende se aumentaron las adiciones presupuestales por cada dependencia para cumplir con las obligaciones respectivas, las cuales no estaban presupuestados; esto motivo a realizar una reunión con la GRB para aclarar esta situación y tomar las medidas pertinentes respecto al tema en cuestión. Se adjunta apartes del Acta de Acuerdo VIT –VRP 2006 (ver Anexo C) de la reunión respectiva, donde se dan a conocer los problemas de generación que se estaban presentando en dicho momento y que

motivo a realizar un adendo al contrato inicial mientras se recuperaba la capacidad instalada de la GRB, con unos costos bastante onerosos para la Vicepresidencia de Transporte, ya que el valor pactado en dicha adición era superior (\$178 KWH) al que inicialmente estaba pactado como se menciona en los apartes de esta Acta adjunta.

### **1.5.1 Situación de Generación de GRB 2006**

Turbinas de Vapor fuera de servicio: 2951 (18 MW), 2952 (18 MW), 2403 (10 MW)

Generadores con capacidad limitada: 2960 (8 de 25 MW), 2952 (7 de 18 MW)

Generación Total Disponible: 37 MW.

Compras externas: 48 MW.

### **1.5.2 Costos de compra de energía:**

Primeros 20 MW los cuales son generados por las Unidades 1 y 2 de Termobarranca a 52\$/KW-H

Por encima de 20 MW y por debajo de 45 MW – a \$152 / KW-H

### **1.5.3 Manejo de Tarifas con la estación Galán:**

Si la Generación es:

- Mayor a 68 MW, se suministra energía a Galán y su costo no es desembolsable sino va cargado al concepto de Transferencias.
- Menor de 68 pero mayor de 48 MW, Galán queda alimentado por las Unidades 1 y 2 de Termobarranca y el costo es a \$52/KW-H y se paga según factura de ESSA

- Menor de 48 MW, Galán queda conectado a la red nacional a través de Termobarranca y el costo es \$152/KW-H y se paga según factura de ESSA

Teniendo en cuenta lo anterior y que la generación actualmente está en 37 MW, Galán tomará su energía de la red nacional a través de Termobarranca a un costo aproximado de \$150 KW-H. Hasta tanto no se superen los niveles anteriormente mencionados.

#### 1.5.4 Programa de Entrada en Servicio Equipos de Generación

**Tabla 3.** Programa de entrada en servicio equipos de generación

<b>Turbina para Galán (\$/KW-H) \$52</b>	<b>Fecha</b>	<b>Potencia</b>	<b>Total Disponible</b>	<b>Costo</b>
2951	Febr.18	18 MW	55 MW	
2953	Marzo 10	11 MW	66 MW	
2952	Junio 30	18 MW	84 MW	
2403	Junio 30	10 MW	94 MW	
Transf.. (*)				

(\*) El Valor del KW-H por transferencia es el que resulte de la liquidación que efectúa GCB según los costos de Servicios Industriales aplicables.

Según el programa anterior el costo de la energía consumida por la estación Galán sería \$152/KW-H hasta febrero 18, luego a \$52 hasta junio y en adelante a \$65 por transferencias.

VIT Manifiesta que dado el nivel de criticidad de la estación Galán en el sistema de transporte, para mejorar la confiabilidad en el suministro iniciará un estudio para conectarse al Sistema Interconectado Nacional a nivel de 115 KV.

Cabe anotar que antes de la situación crítica que se presentó en la GRB, La Planta galán de la Gerencia de Poliductos de la Vicepresidencia de Transporte, en promedio venía pagando mensualmente a la GRB por dicho suministro un valor de \$ 48 KWH, lo que conllevó a la Vicepresidencia de Transporte a realizar un presupuesto mayor para las vigencias posteriores, que nunca se había realizado (Ver Anexo D de Compras de Energía 2005 de GRB).

**Tabla 4.** Pronostico compras energía eléctrica 2005.

<b>MES /DEPENDENCIA</b>	<b>GCB</b>	<b>GPO</b>	<b>GRM</b>
<b>Dic-04</b>	\$ 305.990.658	\$ 556.425.782	\$ 383.963.991
<b>Ene-05</b>	\$ 206.711.675	\$ 604.840.758	\$ 377.604.379
<b>Feb-05</b>	\$ 423.482.830	\$ 611.808.010	\$ 372.299.533
<b>Mar-05</b>	\$ 786.359.692	\$ 539.289.371	\$ 383.757.133
<b>Abr-05</b>	\$ 835.658.134	\$ 613.800.000	\$ 689.583.547
<b>May-05</b>	\$ 171.292.053	\$ 178.429.222	\$ 669.749.382
<b>Jun-05</b>	\$ 331.592.866	\$ 553.800.562	\$ 702.874.476
<b>Jul-05</b>	\$ 294.865.352	\$ 456.641.147	\$ 706.879.221
<b>Ago-05</b>	\$ 91.917.903	\$ 183.835.806	\$ 500.441.916
<b>Sep-05</b>	\$ 92.837.082	\$ 185.674.164	\$ 505.446.335
<b>Oct-05</b>	\$ 93.765.453	\$ 187.530.906	\$ 510.500.799
<b>Nov-05</b>	\$ 960.620.429	\$ 632.400.000	\$ 726.902.699
<b>Dic-05</b>	\$ 0	\$ 0	\$ 425.111.726
<b>TOTAL</b>	4.595.094.127,0	5.304.475.727,6	6.955.115.137,9
<b>Año 2005</b>			<b>\$ 16.854.684.992,5</b>

En la anterior tabla se consignan los valores de compra de energía GPO (Gerencia de Poliductos-Vicepresidencia de Transporte) por un valor de \$5.304.475.727 producto del suministro que realiza Termobarranca cuando la

Gerencia del Complejo Barrancabermeja le compra energía a la ESSA por la no disponibilidad de generación en la Refinería; dicho valor está por encima del 70% aproximadamente de lo que la Gerencia de Poliductos de la Vicepresidencia de Transporte le venía pagando a la GRB, cuando la refinería tenía su total capacidad de Generación disponible sin la necesidad de realizar compras de energía.

Por otra parte al depender de una sola fuente de energía y presentarse interrupciones ya sea por TERMOBARRANCA o por la GRB, o porque falle la línea de transmisión, ocurre una parada no técnica de todos los sistemas de bombeo, presentándose daños a equipos principales y al sistema de control distribuido DCS, lo cual conlleva a pérdidas de tiempo, que en promedio alcanzan las dos horas y media para reanudar la operación en línea.

El sistema es deficiente en su infraestructura porque la acometida existente desde la ET 005 a la subestación principal de Galán, se instaló en banco de ductos con 13 Manholes de inspección en cable 350 MCM de tipo monopolar XLP, con una longitud de 1.3 Km con exposición permanente a humedad, en los últimos años se le realizaron pruebas de aislamiento, detectando deterioro progresivo razón por la cual es imperioso la instalación de una acometida alterna o de respaldo.

Se analizaron los datos en planillas del Centro Control de Potencia de la GRB de todos los paros de bombeo generados por pérdida de disponibilidad eléctrica, eventos ocurridos por diferentes razones del proveedor durante los años 2007, 2008, teniendo en cuenta que allí se registran hora a hora todas las maniobras que se realizan en la ET 005, subestación de alimenta la energía a la planta Galán.

A continuación se adjuntan los cuadros de cortes de energía suscitados en los años 2007 y 2008 en la Subestación ET-005 que suministra energía directamente a la Planta Galán (Oleoductos).



- Para el 2007: Se presentaron 13 cortes de energía como se describen en el cuadro y su causa correspondiente, si bien el número de horas de paro durante al año fue de 2.38, el reinicio en la Planta Galán es un promedio mucho mayor, ya que al restablecerse el servicio de energía, en forma inicial se debe realizar consulta con el Centro de Control de Refinería (CCP) para poder empezar a entrar las cargas correspondientes para el reinicio de bombeo en la Planta, restablecimiento que muchas veces se podía demorar más de una hora hasta tanto la GRB no estabilizara en forma total la potencia instalada en ese momento.
  
- Para el año 2008: se presentaron 11 cortes de energía, que sumados dieron 11.8 horas.

Es importante anotar que para los años que se está realizando este análisis el sistema de Generación de la GRB seguía aún con muchas falencias y a esta fecha las demás dependencias seguían comprando energía a la ESSA a través del contrato que en ese momento seguía en pie con ellos y coordinado por la GRB.

**Tabla 5.** Cortes de energía ET-005 2007

Usuario	Fecha	Subestación	Circuito	Evento 1		Evento 2		Total Duración evento x día		Total Horas x usuario	DESCRIPCION / CAUSA
				Fecha y Hora disparo (24H)	Fecha y Hora cierre (24H)	Fecha y Hora disparo (24H)	Fecha y Hora cierre (24H)	Hora	Min		
<b>DOL</b>	12/01/2007	ET-005	I08A	19:49	20:49	2:34	2:38	1	4	3,70	Deslastre por frecuencia ante disparo del I15A/ET-005/Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2952
	21/03/2007	ET-005	I08A	19:54	19:58				2	0,03	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2953
	16/04/2007	ET-005	I08A	4:08	4:11				3	0,05	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2961
	01/05/2007	ET-005	I08A	1:10	1:26				16	0,27	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2961
	21/05/2007	ET-005	I08A	7:36	7:39				3	0,05	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2952
	19/06/2007	ET-005	I08A	18:40	18:42				2	0,03	Disparo por frecuencia al sincronizar GCB con SIN
	01/07/2007	ET-005	I08A	12:44	12:47				3	0,05	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2961
	04/07/2007	ET-005	I08A	0:38	0:40				2	0,03	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2951
	12/08/2007	ET-005	I08A	9:56	10:14				18	0,30	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2961
	30/08/2007	ET-005	I08A	16:01	16:08				7	0,12	Disparo del TG-2961
	28/09/2007	ET-005	I08A	7:21	7:24				3	0,05	Disparo del TG-2961
	06/10/2007	ET-005	I08A	6:27	6:37				10	0,17	Disparo por baja frecuencia al cerrar del I06/ECP-01
	20/11/2007	ET-005	I08A	14:05	14:15				10	0,17	Deslastre por frecuencia ante disparo del TG-2961

Figura 7. Cortes de energía ET-005 2007

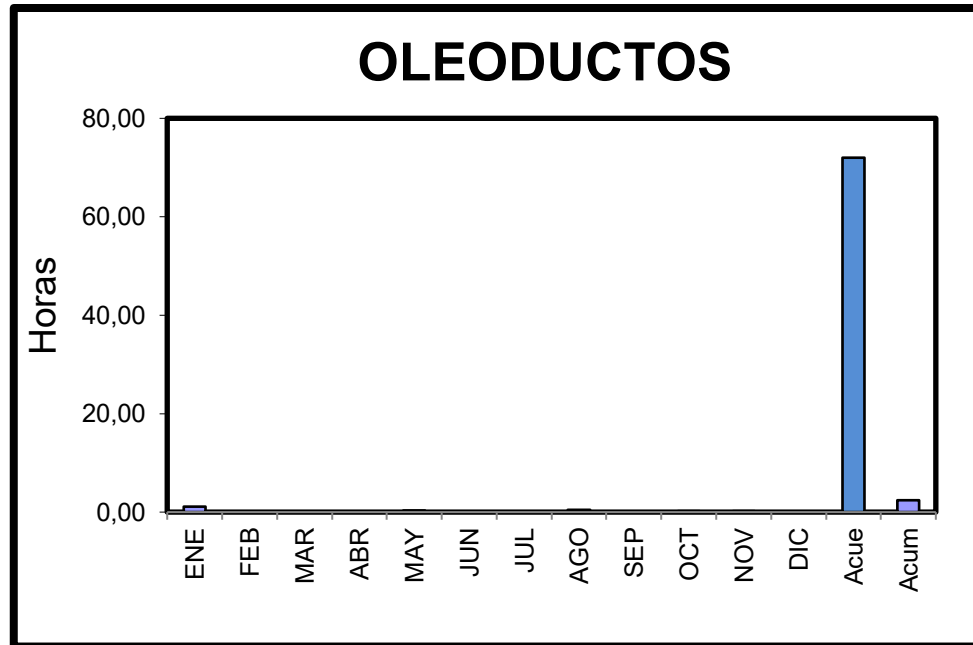
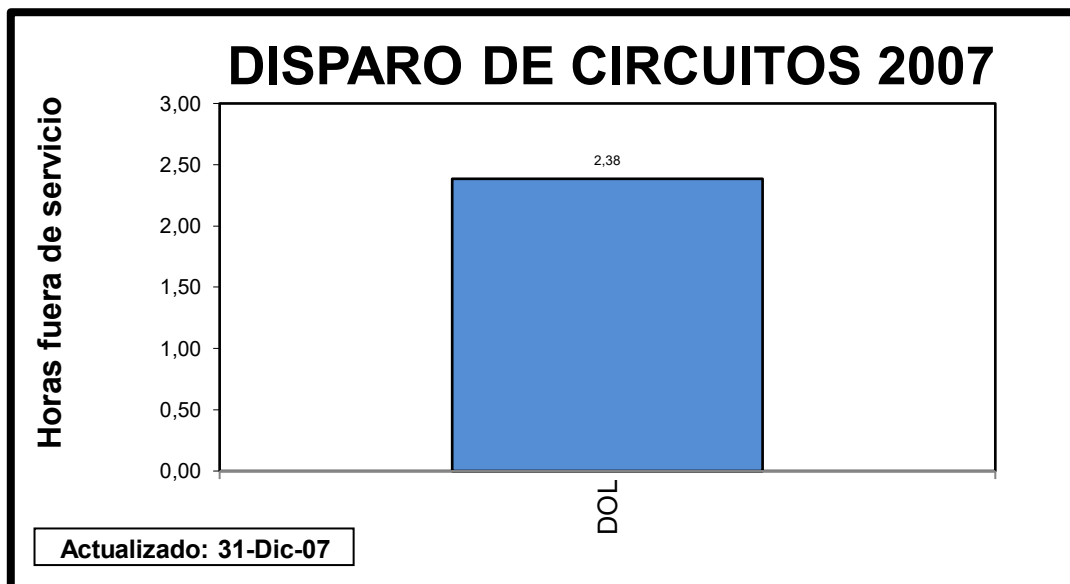


Tabla 6. Disparo de circuitos 2007

CIRCUITO	HORAS F/S
DOL	2,38

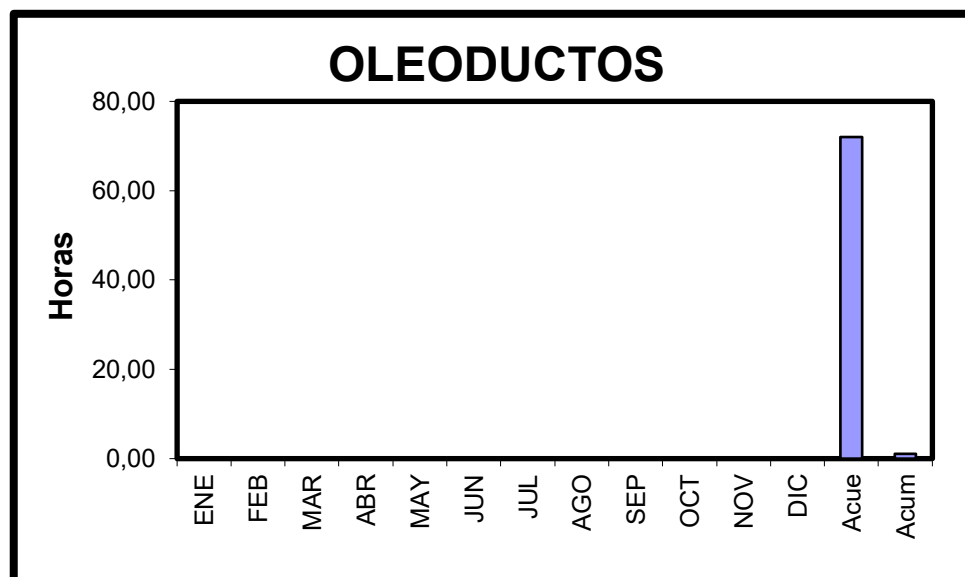
Figura 8. Disparo de circuitos 2007



**Tabla 7. Cortes de energía ET-005 2008**

Usuario	Fecha	Subestación	Circuito	Evento 1		Evento 2		Total Duración evento x día	Total Horas x usuario	DESCRIPCION / CAUSA
				Fecha y Hora disparo(24 H)	Fecha y Hora cierre(24 H)	Fecha y Hora disparo(24 H)	Fecha y Hora cierre(24 H)	Min		
DOL	13/03/2008	ET-005	I08 A	22:05	22:08	22:26	22:28	5	27,55	Por disparo del TG-2961
	19/03/2008	ET-005	I08 A	9:44	9:47			3	3,05	Por disparo del TG-2961
	21/03/2008	ET-005	I08 A	14:01	14:02			1	1,02	Por disparo del TG-2961
	22/03/2008	ET-005	I08 A	21:06	21:10			4	4,07	Deslastre por disparo del TG-2961
	10/04/2008	ET-005	I08 A	5:02	5:06			4	4,07	Deslastre por disparo del TG-2961
	16/04/2008	ET-005	I08 A	13:33	13:44			11	11,18	Deslastre por frecuencia ante falla en celda de Polietileno II
	03/06/2008	ET-005	I08 A	10:02	10:13			11	11,18	Disparo del TG-2951
	05/07/2008	ET-005	I08 A	9:53	10:04			11	11,18	Disparo por falla en cable del I19A/U-2400 en MH-302
	06/09/2008	ET-005	I08 A	9:37	9:40			3	3,05	Disparo por deslastre, falla del TIB
	21/09/2008	ET-005	I08 A	1:50	1:57			7	7,12	Disparo del TG-2961
	29/11/2008	ET-005	I08 A	0:11	0:16			5	5,08	Por disparo del TG-2961

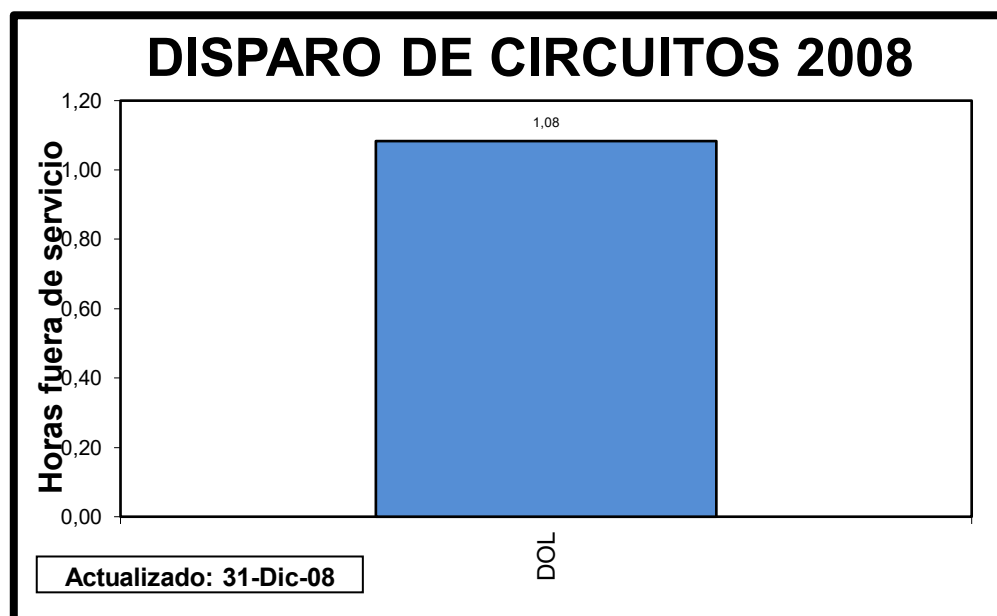
**Figura 9.** Cortes de energía ET-005 2008.



**Tabla 8.** Disparo de circuitos 2008.

CIRCUITO	HORAS F/S
DOL	1,08

**Figura 10.** Disparo de circuitos 2008.



A continuación se presenta la Tabla 9, donde se dan a conocer las distintas Líneas de bombeo que parten de la Estación de bombeo de Galán, con sus promedios mensuales de transporte y sus promedios de costo por barril que nos permiten conocer el valor en pesos del barril transportado por cada una de ellas; teniendo como base estos valores, se calcula el valor en pesos (\$) de lo dejado de transportar en el año en la totalidad de las líneas.

Se obtuvo como resultado que para el año 2008 hubo 33,78 horas de parada por sistema debido a falla en el suministro de energía. Aplicando la tarifa por barril transportado para cada una de las líneas se obtiene una pérdida de ingresos de \$ 1.594.026.422 pesos. A su vez se realiza un comparativo teniendo la nueva línea de interconexión de 115 kV conectada a la Planta de bombeo de Galán y asumiendo un número de paradas al año, doce (12) en total con el anterior suministro de GRB con el fin de determinar cuánto puede ser el ahorro anual teniendo esta nueva condición.

**Tabla 9. Barril transportado.**

Sistemas y Líneas	Valor de línea galón	Valor Barril	ME: Agosto Bis	Valor en \$ Transportado
Galán - Salgar 8"	\$176	\$7.399	568.846	\$ 4.208.732.277
Galán - Sebastopol 16"	128	\$5.376	3.197.707	\$ 17.190.872.832
Galán - Sebastopol 12"	128	\$5.376	1.564.064	\$ 8.408.408.064
Galán - Bucaramanga	113,17	\$4.753	565.165	\$ 2.686.308.368
Galán - Lizama	84,28	\$3.540	250.970	\$ 888.373.567
Galán - Ayacucho L18"	36,13	\$1.517	920.000	\$ 1.396.063.200
Pozos Colorados-Drummond	50,56	\$2.124	119.511	\$ 253.783.999
Cartagena - Barranquilla	83,07	\$3.489	335.362	\$ 1.170.057.896
Total en \$ Transportado				\$ 36.202.600.203
Total Transportado	\$100	\$4.197	6.601.625	\$ 36.202.600.203
Total Programado	\$98	\$4.116	6.008.978	\$ 24.732.953.448

**Tabla 10.** Ahorro anual con Nueva Línea de Transmisión.

Sistemas y Lineas	Valor en \$ Transportado Mes	Valor en \$ Transportado Promedio Hora	No de Horas de Paro-Año	Valor en \$ dejado de Transportar al año	No de Horas de Paro-Año Nueva Línea	Valor en \$ dejado de Transportar al año Nueva Línea	Ahorro Anual nueva Línea por Paradas	Costo KWH VFF 2008
Galán - Salgar 8"	\$ 4.208.732.277	5.845.461,50	33	192.900.229,37	12	70.145.537,95	122.754.691,42	178,815449
Galán - Sebastopol 16"	\$ 17.190.872.832	23.876.212,27	33	787.915.004,80	12	286.514.547,20	501.400.457,60	178,815449
Galán - Sebastopol 12"	\$ 8.408.408.064	11.678.344,53	33	385.385.369,60	12	140.140.134,40	245.245.235,20	178,815449
Galán - Bucaramang 9"	\$ 2.686.308.368	3.730.983,84	33	123.122.466,87	12	44.771.806,14	78.350.660,74	178,815449
Galán - Lizama	\$ 888.373.567	1.233.852,18	33	40.717.121,83	12	14.806.226,12	25.910.895,71	178,815449
Galán - Ayacucho 11g"	\$ 1.396.063.200	1.938.976,67	33	63.986.230,00	12	23.267.720,00	40.718.510,00	178,815449
TOTAL				1.594.026.422,47		579.645.971,81	1.014.380.450,66	

Inicialmente damos a conocer los Consumos promedios mensuales de energía y las tarifas asociadas a estos para la Planta de Bombeo Galán de la Vicepresidencia de Transporte – VIT.

**Tabla 11.** Simulación de precios EPM

<b>HORA</b>	<b>CARGOS NO REGULADOS G+C</b>	<b>CARGOS REGULADOS</b>	<b>APORTE FONDO DE SOLIDARIDAD 20%</b>	<b>PRECIO HORARIO</b>
1	80,239848	58,9707924	27,84212808	167,0527685
2	80,239848	58,9707924	27,84212808	167,0527685
3	80,239848	58,9707924	27,84212808	167,0527685
4	80,239848	58,9707924	27,84212808	167,0527685
5	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
6	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
7	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
8	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
9	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
10	80,239848	66,8848596	29,42494152	176,5496491
11	80,239848	66,8848596	29,42494152	176,5496491
12	80,239848	66,8848596	29,42494152	176,5496491
13	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
14	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
15	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
16	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
17	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
18	80,239848	71,8201598	30,41200157	182,4720094
19	80,239848	75,337523	31,11547421	186,6928452
20	80,239848	75,337523	31,11547421	186,6928452
21	80,239848	75,337523	31,11547421	186,6928452
22	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
23	80,239848	63,3674964	28,72146888	172,3288133
24	80,239848	58,9707924	27,84212808	167,0527685
PROMEDIO PONDERADO				173,9753789



**Tabla 12.** Promedios de consumos mensuales y de facturación de GRB

	CONSUMOS MENSUALES				
	2008	2009	2.010	2.011	2.012
<b>Albán</b>	1.464.248	1.532.211	1.608.529	1.685.044	1.761.758
<b>Andalucía</b>	219.000	219.000	219.000	219.000	219.000
<b>Apiay</b>	3.118.004	2.880.948	2.304.586	2.609.066	2.414.050
<b>Araguaney</b>	225.000	225.000	225.000	225.000	225.000
<b>Ayacucho</b>	1.629.536	1.677.507	1.707.544	1.204.360	1.234.041
<b>Cantagallo</b>	664.624	767.000	2.520.000	2.520.000	2.520.000
<b>Cartago</b>	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000
<b>Caucasia</b>	60.000	63.000	66.150	69.458	72.930
<b>Cisneros</b>	873.465	873.465	873.465	873.465	873.465
<b>Coveñas GCA</b>	1.921.282	1.880.338	1.878.491	1.970.737	1.969.054
<b>Coveñas ODC</b>	355.000	376.300	398.878	422.810	448.179
<b>Edificios Ecopetrol</b>	234.500	315.000	315.000	315.000	315.000
<b>Fresno</b>	386.224	395.884	403.077	410.220	417.381
<b>Guaduro</b>	1.578.577	1.664.570	1.729.658	1.794.414	1.859.328
<b>Gualanday</b>	108.001	107.519	109.196	110.908	112.625
<b>Herveo</b>	389.346	402.856	413.345	423.804	434.286
<b>ICP</b>	575.000	600.125	621.129	642.869	665.369
<b>Isla 4</b>	440.000	638.000	2.880.000	2.880.000	2.880.000
<b>Llanito 1</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 2</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 3</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 4</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 5</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 6</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 7</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 8</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 9</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>Llanito 10</b>	0	78.793	82.718	86.653	90.598
<b>La Cira Infantas</b>	0	9.749.818	29.462.071	39.856.484	39.856.484
<b>Mansilla</b>	302.877	300.553	294.738	288.892	283.030
<b>Mariquita</b>	530.000	530.000	530.000	530.000	530.000
<b>Medellín</b>	479.832	480.515	473.960	467.307	460.635
<b>Orito</b>	892.800	2.498.781	15.107.306	20.426.566	20.789.767
<b>Pozos Colorados</b>	117.000	117.000	117.000	117.000	117.000
<b>Provincia</b>	0	1.656.000	1.656.000	1.656.000	1.656.000
<b>Puerto Salgar</b>	2.812.114	3.009.681	3.181.581	3.352.875	3.524.595
<b>Quimbaya</b>	445.300	700.800	846.800	992.800	992.800

<b>Refinería Barrancabermeja</b>	<b>4.339.045</b>	<b>4.339.045</b>	<b>2.271.588</b>	<b>1.597.209</b>	<b>1.709.707</b>
<b>Refinería Cartagena</b>	660.000	1.380.000	2.780.000	4.360.000	3.410.000
<b>Sebastopol Malena</b>	2.279.116	2.307.670	2.343.640	2.379.784	2.416.015
<b>Tello</b>	1.825.000	262.800	262.800	262.800	262.800
<b>Tenay</b>	766.500	1.335.199	2.341.898	2.436.798	2.692.298
<b>Tisquirama</b>	0	504.000	504.000	504.000	504.000
<b>Tibú</b>	743.950	743.950	175.002	319.525	413.594
<b>Tocancipá</b>	1.685.246	1.685.246	2.049.943	2.068.673	2.169.391
<b>Toldado</b>	730.000	109.500	365.000	511.000	511.000
<b>Vasconia</b>	3.061.579	3.291.985	3.482.457	3.672.575	3.863.169
<b>Villete</b>	1.388.164	1.462.113	1.550.098	1.636.373	1.722.835
<b>Yariguí</b>	652.644	4.972.644	7.132.644	7.132.644	7.132.644
<b>Yumbo</b>	89.898	81.200	83.163	84.958	86.753
	38.122.873	57.005.155	96.191.919	113.976.946	114.511.961
	38.122.873	684.061.865	1.154.303.026	1.367.723.356	1.259.631.572

Teniendo en cuenta los datos consignados en la tabla anterior se realizó el cálculo del Valor del KWH tomando los datos de Consumo de la Refinería de Barrancabermeja y su facturación correspondiente del mes, ya que dicha Refinería es la encargada del suministro de energía para la Estación Galán; de acuerdo a lo anterior el valor del KWH es de \$ 178.815, este valor nos sirve para realizar un comparativo entre las dos tarifas asociadas al suministro de energía por la GRB y EPM (Empresas Públicas de Medellín) y el ahorro anual que se tendría de acuerdo al número de horas de paro presupuestadas en el año si se construyera la línea de Transmisión proyectada.

**Tabla 13.** Suministro de energía Estación Galán (Consumo mensual)

<b>SUMINISTRO DE ENERGIA GALAN</b>					
<b>CONSUMO MENSUAL</b>	<b>Valor Kw/H Contrato Actual</b>	<b>Valor Kw/H Contrato Futuro</b>	<b>Costo Mensual Actual</b>	<b>Costo Mensual Futuro</b>	<b>Ahorro Mensual</b>
4.500.000,00	178,815449	173,9753789	804.669.520,60	782.889.205,18	21.780.315,42

**Tabla 14.** Suministro de energía Estación Galán (Consumo promedio hora).

CONSUMO PROMEDIO HORA	Valor Kw/H Contrato Actual	COSTO CONSUMO HORA	NUMERO DE HORAS DE PARADA AL AÑO	COSTO CONSUMO ANUAL POR PARADAS	AHORRO ANUAL
6.250,00	178,815449	1.117.596,56	12	13.411.158,68	
6.250,00	173,9753789	1.087.346,12	1	1.087.346,12	
					12.323.812,56

El costo de no contar con un sistema confiable de energía puede llevar al negocio a incurrir en onerosos costos como puede ser el transporte de combustible a los terminales de distribución utilizando para ello carrotanques. Para movilizar los 256.792 Barriles al año por carrotanques se requeriría un pago de fletes cercano a \$ 1.547.502.000 al año, cuyo valor está determinado por el trazado ó la ruta que debe seguir el carrotanque desde su inicio de cargue hasta el punto de descargue final y donde se tienen en cuenta los insumos de Mantenimiento, Llantas, combustibles, seguros e impuestos y peajes; estas tarifas están determinadas por la Coordinación de Carrotanques de la Vicepresidencia de Transporte – VIT y pueden oscilar entre \$4 USD y \$10 USD más que el valor del transporte por ductos, se adjunta cuadro enviado por dicha dirección correspondientes al año 2008. (Ver Anexo E: Tarifas oleoductos y poliductos vicepresidencia de transporte ECOPEPETROL).

**Tabla 15.** Barril transportado carrotanques.

Sistemas y Líneas	Costo de Carrotanque \$/Bls	Barriles a transportar / Año	Flujo Promedio BPH	Valor en \$ dejado de Transportar al año
Galán - Salgar 8"	\$ 5.500	29.700	900	163.350.000
Galán - Sebastopol 16"	\$ 5.080	165.000	5.000	838.200.000
Galán - Sebastopol 12"	\$ 5.080	66.000	2.000	335.280.000
Galán - Bucaramanga	\$ 4.480	26.400	800	118.272.000
Galán - Lizama	\$ 0	0	800	0
Galán - Ayacucho L18"	\$ 1.400	66.000	2.000	92.400.000
TOTAL		353.100		1.547.502.000

Adicional a la afectación por pérdidas de ingreso se presentan otras afectaciones las cuales no han sido cuantificadas para el presente estudio como son: los daños en equipos, disminución de existencias de atención de demandas en distribuidores, afectación a la cadena de producción de la GRB. De igual forma todo lo anteriormente enunciado esta soportado con la metodología utilizada de Evaluación de Riesgos utilizada en ECOPETROL S.A: como es la Matriz RAM (Risk Assessment Matrix), sobre la cual nos apoyaremos para la sustentación del desarrollo del Proyecto.

La Matriz de Evaluación de Riesgos es una herramienta para la evaluación cualitativa de los riesgos y facilita la clasificación de las amenazas a la salud, seguridad, medio ambiente, relación con clientes, bienes e imagen de la Empresa. Los ejes de la matriz según la definición de riesgo corresponden a las consecuencias y a la probabilidad.

Para determinar el nivel de las consecuencias se utiliza una escala de "0" a "5"; para evaluar la probabilidad se utiliza una escala de "A" a "E", basándose en la experiencia o evidencia histórica en que las consecuencias identificadas se han materializado dentro de la industria, la empresa o el área; representa la probabilidad de que se desencadenen las consecuencias potenciales o reales estimadas, según el caso.

El cruce de las dos escalas determina la evaluación y clasificación cualitativa del riesgo.

Para este caso de la RAM, estimar la probabilidad y las consecuencias no es una ciencia exacta. La estimación de la consecuencia se basa en la respuesta a "qué ocurrió" o "qué pudo o podrá ocurrir; mientras que la estimación de la probabilidad se basa en información histórica respecto de casos ocurridos anteriormente en

similares condiciones, sabiendo que las circunstancias nunca son exactamente las mismas.

### 1.5.5 Aplicación de la matriz RAM

La aplicación de esta Matriz la vamos a usar en el tema específico de “Diseño” que es donde se enmarca este proyecto.

**Tabla 16.** Área o Tema.

ÁREA O TEMA	EJEMPLO
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de factibilidad</li> <li>• Evaluaciones de impacto ambiental</li> <li>• Selección de estándares de diseño</li> <li>• Aplicación de control de cambios</li> </ul>

**1.5.5.1 Evaluación de las consecuencias:** Para la evaluación y clasificación de las consecuencias tomaremos como base el hecho de no contar con una Línea Alterna de suministro de energía para la Planta Galán de la VIT.

**Tabla 17.** Evaluación de las consecuencias.

SITUACION HIPOTETICA	CONSECUENCIA REAL	CONSECUENCIA POTENCIAL
No contar con una Línea alterna de suministro de energía para la Planta Galán de la VIT	Afectación de la cadena de abastecimiento de combustibles del País	Afectación a la Atención de Clientes. Afectación de la Imagen de la empresa. Realizar transporte de combustible por medio de Carrotaques.

**1.5.5.2 Evaluación de la probabilidad:** El eje horizontal representa la medición de probabilidad de la ocurrencia del evento, con la consecuencia identificada.

La escala del eje horizontal se define como:

A – No ha ocurrido en la industria

B – Ha ocurrido en la industria

C – Ha ocurrido en nuestra Empresa

D – Sucede varias veces por año en nuestra Empresa

E – Sucede varias veces por año en la Unidad, Superintendencia o Departamento.

**1.5.5.3 Clasificación de los riesgos:** La evaluación y clasificación de los riesgos se hará teniendo en cuenta los siguientes tres elementos:

- El primero es la categoría de consecuencia con la cual está relacionada la evaluación: Personas (PE), Económica (EC), Ambiental (MA), Cliente (CL) e Imagen (IM).
- El segundo corresponde a la gravedad de las consecuencias: 0-5.
- El tercero corresponde al nivel de probabilidad del suceso: A-E.

La intersección de la fila elegida con la columna seleccionada corresponde a la clasificación del riesgo.

Los incidentes pueden tener consecuencias en las cinco categorías, por lo tanto, para la evaluación o clasificación, examinaremos las categorías PE, EC, MA, CL e IM.

#### 1.5.5.4 Definición de las categorías de las consecuencias

- **Daños a las Personas:**

No existe afectación para las personas en ningún nivel de clasificación para la situación hipotética que estamos planteando.

- **Consecuencia Económica:**

**Tabla 18.** Consecuencia económica.

No	DESCRIPCION
0	<b>Ninguna</b>
1	<b>Marginal (menos de 10 mil dólares - daños leves):</b> No hay interrupción de la actividad (producción, mantenimiento, puesta en marcha, etc.).
2	<b>Importante (de 10 mil a 100 mil dólares - daños menores):</b> Interrupción breve de la actividad (degradaciones, recirculación, reprocesos).
3	<b>Severo (de 100 mil a 1 millón de dólares - daños locales):</b> Pérdidas económicas por parada temporal, lucro cesante o responsabilidad civil.
4	<b>Grave (de 1 millón a 10 millones de dólares - daños mayores):</b> Pérdida parcial en las operaciones o de la planta desde uno hasta 10 millones de dólares
5	<b>Catastrófica (más de 10 millones de dólares - daños generalizados):</b> Pérdida total o sustancial en la producción, en la infraestructura, etc.

Para el análisis se tendría como consecuencia un **Nivel 3** con pérdidas económicas entre 100 mil a 1 millón de dólares, asumiendo que en cada parada por no disponibilidad de generación en la GRB en un día, el promedio de reinicio de las actividades de bombeo son de 5 Horas y que se estima por lucro cesante en este número de Horas de acuerdo a lo dejado de transportar \$ 23.169 USD, valor extractado de la suma del costo del Barril transportado en el mes de cada una de las Líneas de Bombeo que salen de la Planta Galán - VIT

- **Efectos en el Medio Ambiente**

Se considera que tendríamos una afectación leve y temporal dentro de las instalaciones con acciones de remediación en el inmediato plazo, ya que el trazado propuesto en forma inicial para la línea alterna se encuentra entre las dos áreas de servidumbre de dos líneas eléctricas de Media Tensión que están dentro del mismo corredor saliendo desde Termobarranca y en terrenos propios de Ecopetrol S.A; lo anterior tendría una Clasificación de **Nivel 1** de acuerdo a la Matriz RAM.

- **Afectación al Cliente**

**Tabla 19.** Afectación al cliente.

No	DESCRIPCION
0	Ningún impacto a los clientes
1	Riesgo de incumplir cualquiera de las especificaciones acordadas con el cliente: Circunstancias planeadas o no planeadas, que afectan procesos o productos que pueden impactar los compromisos establecidos con los clientes, pero con posibilidades de solución antes de que el cliente perciba el potencial incumplimiento



No	DESCRIPCION
2	Implica quejas y/o reclamos: Cuando efectivamente situaciones planeadas o no planeadas impactan procesos o productos comprometidos con los clientes, que generan quejas y/o reclamos en cualquier cantidad, cuyo trámite de solución está definido dentro del compromiso y/o contrato con los clientes.
3	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento: Decisiones y/o circunstancias que implican afectación a procesos y/o productos comprometidos con los clientes, que pueden afectar la relación comercial y/o el índice de lealtad, al punto de llevar al cliente a que tome la decisión de no volver a comprarle a ECOPETROL, o que efectivamente no se pueda asegurar el suministro confiable para algún mercado objetivo de la Sociedad.
4	Pérdida de participación en el mercado (para mercado internacional pérdida en la participación en el presupuesto del cliente destinado a la compra de productos ofertados por ECOPETROL): Decisiones y/o circunstancias de cualquier índole, de una magnitud tal, que implique pérdida efectiva de participación en el Mercado para productos de Comercialización nacional, y en el mercado internacional la pérdida de participación en el presupuesto de compra del cliente.
5	Veto a ECOPETROL como proveedor: Decisiones y/o circunstancias de impacto comercial a gran escala, que impliquen el bloqueo por parte de segmentos de Clientes que a su vez conforman mercados objetivo, a los productos y servicios Comercializados por ECOPETROL.

Para el caso hipotético propuesto la afectación estaría enmarcada en el **Nivel 4** ya que el desabastecimiento que se produciría ante los cortes prolongados de energía de la GRB afectaría los clientes internos (Consignatarios, Gaseros) en los

centros de entrega ó terminales que tiene destinados la VIT en las ciudades principales y a donde llegan los Poliductos que salen de la Planta Galán, así como los clientes externos, teniendo en cuenta que desde la Planta Galán sale un Oleoducto hasta la Planta Ayacucho y este a su vez distribuye hasta el Puerto Coveñas para efectos de Exportación, incumpliendo los programas y/o Nominaciones que tiene prevista la VSM (Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo) con los Clientes externos; de igual forma, se verían afectados en forma directa, los campos de producción que alimentan la GRB al no poder hacer llegar estos crudos por altos inventarios que se presentarían en la refinería al no poder despachar los distintos productos refinados por las diferentes líneas de la VIT existentes en la Planta Galán.

Por tanto el Nivel de afectación sería 4 de acuerdo a la Evaluación de la Matriz RAM.

- **Impacto en la Imagen de la Empresa.**

**Tabla 20.** Impacto en la imagen de la empresa.

No	DESCRIPCION
0	Ningún impacto: No es de interés
1	Interna: Puede ser de conocimiento interno de la empresa pero no de interés público.
2	Local - interés público local relativo: Atención de algunos medios de prensa, comunidades y ONGs locales que potencialmente pueden afectar a la empresa
3	Regional - interés público regional: Oposición de los medios locales de prensa. Relativa atención de los medios nacionales de prensa y/o partidos políticos locales/regionales. Oposición de ONGs regionales y del gobierno local

No	DESCRIPCION
4	Nacional - interés público nacional: Oposición general de los medios de prensa nacionales. Políticas nacionales/regionales con medidas potencialmente restrictivas y/o impacto en el otorgamiento de licencias. Quejas de ONGs nacionales. Posible afectación del valor de las Acciones.
5	Internacional – interés público internacional: Oposición general de los medios de prensa internacionales. Políticas nacionales/internacionales con un impacto potencialmente grave en las relaciones internacionales de la Empresa, el otorgamiento de licencias y/o la legislación impositiva. Afectación del valor de las Acciones.

De acuerdo al análisis se considera un nivel de afectación 1 ya que el problema de Generación que se presenta en la actualidad en la GRB es más bien interno y como tal se ha venido manejando con las demás dependencias internas de producción y Transporte; por tanto consideramos que la afectación es de Nivel 1.

Después de haber realizado este análisis procederemos a realizar el análisis de probabilidad, la cual nos determinará la fila a elegir que al cruzarla con la columna de evaluación de Consecuencias nos permitirá clasificar el riesgo de la situación hipotética planteada.

De acuerdo a la situación que se ha venido presentando en la GRB a nivel de Generación por los trabajos de mantenimiento de las Unidades y que no ha permitido operar al 100% estos equipos, provocando varios cortes de suministro de energía en el transcurso del año, la Probabilidad de este evento está clasificada como D “Sucede varias veces al año en nuestra Empresa”, lo cual permite que al cruzar dicha Línea con la evaluación de consecuencias nos clasifica el Riesgo en H.

Por lo tanto el riesgo del caso hipotético planteado se debe clasificar de acuerdo con la categoría de consecuencia que tenga mayor clasificación, que en este caso es el de Afectación a clientes 4D. El anterior análisis nos permite en forma inicial plantear una solución alterna de Suministro de Energía para la Planta Galán de la VIT.

## 2. MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta el problema suscitado de no tener un suministro adecuado de energía para la Planta Galán de la Vicepresidencia de Transporte el cual no está asegurando la Disponibilidad, Confiabilidad y Seguridad del Transporte de los diferentes sistemas de bombeo, la Vicepresidencia de Transporte está buscando una forma alterna de suministro a dicha Planta que garantice los aspectos anteriormente mencionados.

Para tal efecto se realizó un análisis previo de cómo llevar dicho suministro de energía a la Planta Galán por intermedio de una Línea de Interconexión de 115 kV verificando no solo el punto de conexión en la Planta si no el punto inicial de partida de la misma y el proveedor de dicha energía; por su ubicación, la Planta Galán se encuentra en las cercanías de las instalaciones de la Planta Generadora Termobarranca de la ESSA de Santander y a sabiendas que no existe otro Generador cercano, se optó por revisar esta alternativa, teniendo en cuenta que dicha generadora esta interconectada con el SIN (Sistema de Interconexión Nacional).

Se procedió a realizar una revisión de los puntos de conexión inicial y final, con el fin de poder estructurar la viabilidad de dicho suministro; se revisó en las instalaciones de Termobarranca la disponibilidad de celdas y de interruptores de potencia para tal fin, encontrando disponibilidad en celdas más no en Interruptores, pero si las conexiones tanto a barrajes para el punto de salida como al punto de interconexión con el SIN, situación que permitió realizar las respectivas solicitudes ante dicho Generador para contar con dicha disponibilidad y los permisos necesarios para realizar la elaboración del proyecto.

De igual forma se revisó la conexión del punto final en el pódico ubicado frente a la Subestación Eléctrica en Galán y su viabilidad, confirmando la disponibilidad y la continuación de la elaboración del proyecto; con las anteriores condiciones se procedió a realizar el trazado ó diseño de la línea, el cual se trazó entre dos líneas de transmisión que salen de Termobarranca y que son propiedad del Distrito del Centro, que permitía la viabilidad de no negociar Servidumbre por estar en terrenos de ECOPETROL S.A.

Con base en lo anterior se estructurará el proyecto, realizando un Cronograma de Preinversión, que nos permita tener una Consultoría para el desarrollo de la Ingeniería de detalle de Construcción de la línea y la viabilidad del mismo, se realizará el diseño correspondiente de la línea, teniendo en cuenta los equipos, materiales y mano de obra para tal fin, haciendo énfasis que tanto el personal a utilizar para la consultoría como para la construcción se deberá regir por las Tarifas estipuladas por ECOPETROL S.A a la fecha de iniciación del proyecto y por los salarios establecidos por la Convención Colectiva de Trabajadores de la Unión Sindical Obrera por encontrarse laborando en predios de ECOPETROL S.A.

Se realizará la evaluación financiera correspondiente verificando los Ingresos y los Egresos que se conllevaría el proyecto y la realización de la Sensibilidad del proyecto que nos permita verificar las variables más influyentes en el mismo y el tiempo de recuperación de la inversión si es factible.

De las anteriores acciones a realizar se espera que la Confiabilidad de la operación de la Planta Galán aumente considerablemente, ya que no existirá la dependencia de suministro de energía de un solo Proveedor que en este caso sería la GRB, si no que dicho Proveedor sería el suministro Alterno a la alimentación directa que se espera tener con la construcción de esta nueva línea de transmisión interconectada al Sistema Nacional; adicionalmente los costos de transporte de producto por s serian muy puntuales y solo se realizarían de acuerdo

a los compromisos establecidos que tiene la Vicepresidencia de Transporte con los clientes en la actualidad, producto de estar garantizando un suministro permanente por los distintos Poliductos y Oleoductos que salen de la Planta Galán y disminuyendo de esta forma los paros de bombeos continuos que se vienen presentando.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Para mejorar los índices de Confiabilidad y Disponibilidad de la estación Galán es necesario disminuir la cantidad de horas de paradas de bombeo ocasionadas por falla de energía, teniendo una fuente alterna de suministro para lo cual se plantean los siguientes trabajos:

- Tendido de una nueva acometida subterránea de reemplazo de la existente en falla proveniente de la Subestación ET – 007 de GRB. Estas labores de tendido de la acometida se asumirán como un trabajo complementario al tendido de Línea Alterna propuesta con el fin de garantizar el respaldo que se pueda tener en su momento a través de la Gerencia de refinación de Barrancabermeja, pero que nos servirá como parámetro de comparación con la nueva propuesta a realizar.
- Tendido de una nueva Línea de Interconexión eléctrica de 34.5 kV entre Termobarranca y la estación Galán y sobre la cual está planteado este trabajo.

#### 3.1. NUEVA ACOMETIDA SUBTERRANEA

Se procederá a tender una acometida subterránea a través de Manholes existentes desde la subestación ET – 007 de la GRB con una longitud aproximada de 1480 m en Conductor XLP 350 MCM (ver Anexo F).



El tiempo de ejecución estimado para esta actividad es de 150 días aproximadamente, teniendo en cuenta el tiempo que se puede demorar en la solicitud del cable bajo pedido que se estima en cuatro meses aproximadamente y una ejecución por espacio de 30 días.

El Costo Total de dicha obra será aproximadamente de \$ 571.939.372.

Las obras para el tendido de acometida eléctrica subterránea desde la subestación eléctrica ET-007 de GRB hasta subestación eléctrica de planta GALÁN de la vicepresidencia de transporte, se encuentran a continuación (ver también Anexo G – Cotización de cables para elaboración de presupuesto).

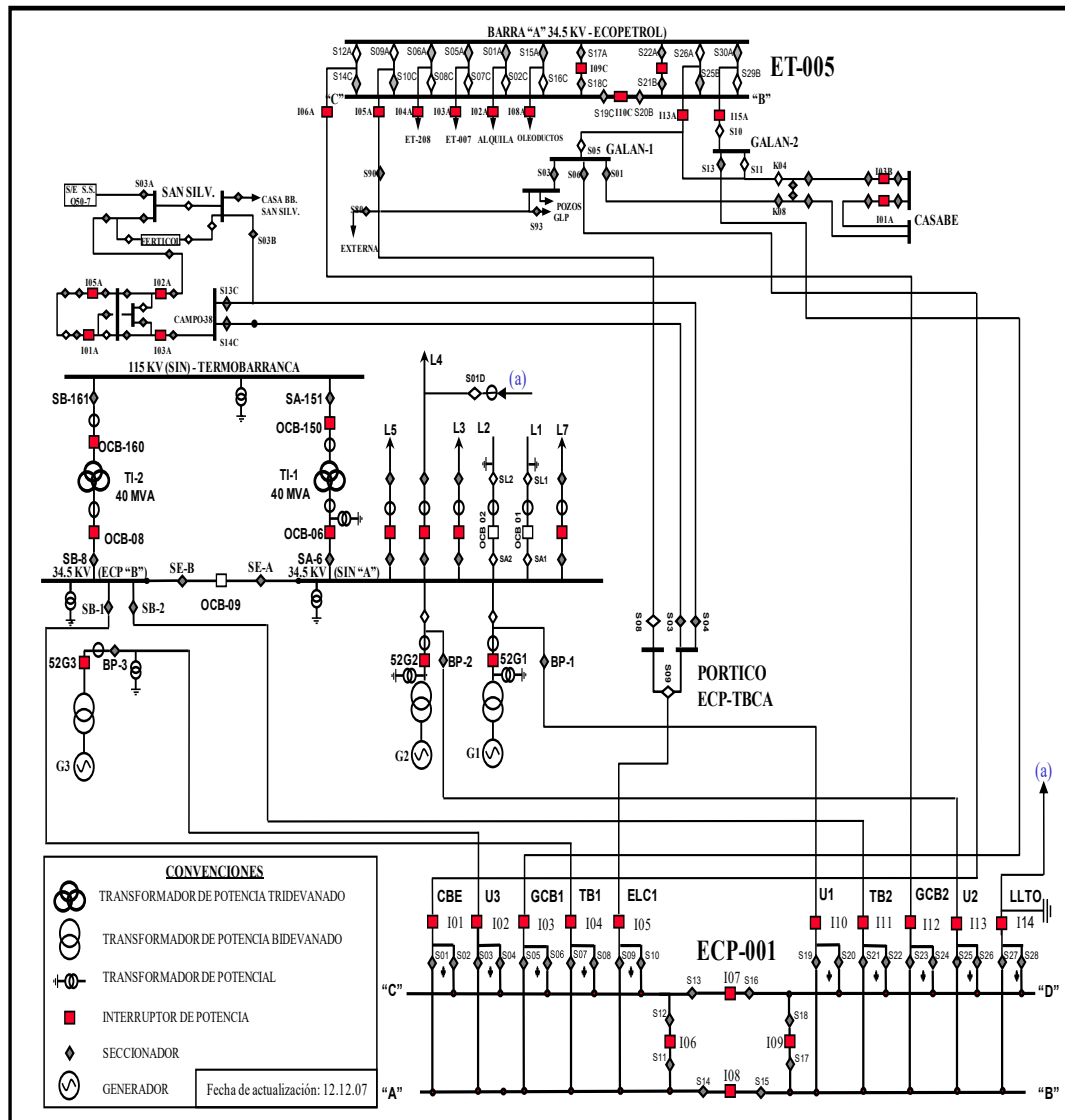
**Tabla 21.** Obras para el tendido de acometida eléctrica.

ITEM	NOMBRE	UNID	CANT	P. UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
<b>Tendido de Acometida de 34.5 kV Desde el CMT Subestación Eléctrica ET-007 de GRB hasta Subestación Eléctrica de Planta Galán de la VIT</b>					
<u>1.0</u>	Limpieza de Manholes	GB	1	271,185	271,185
<u>2.0</u>	Conexión de Celda a Barraje Existente del CMT de la ET-007 de GRB	GB	1	4,781,499	4,781,499
<u>3.0</u>	Pruebas de Celda de Media Tensión Marca	UN	1	1,589,998	1,589,998
<u>4.0</u>	Tendido de cable 3 X 4/0 CU a través de Manholes de 35 kV	ML	1,480	302,633	447,897,121
<u>5.0</u>	Conexión de Cable 3 X 4/0 CU en la Subestación Eléctrica Planta Galán	GB	1	1,832,176	1,832,176
<u>6.0</u>	Pruebas de Aislamiento y Continuidad del Cable 3 X 4/0 CU	UN	1	589,998	589,998
<u>7.0</u>	Puesta en Marcha y Operación del Sistema	UN	1	590,001	590,001
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 457,551,978</b>
<b>ADMINISTRACION (%)</b>					12 \$ 54,906,237
<b>UTILIDAD (%)</b>					5 \$ 22,877,599
<b>IMPREVISTOS (%)</b>					8 \$ 36,604,158
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>\$ 114,387,994</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 571,939,972</b>

### 3.2. NUEVA LINEA DE INTERCONEXION ELECTRICA DE 34.5 KV

Se plantea construir una nueva línea de interconexión eléctrica de 34.5 kV desde la subestación eléctrica de TERMOBARRANCA hasta el pódico Galán ubicado en el costado suroriental de la Planta. Esta línea tendrá una longitud aproximada de 8 Km en forma aérea con postes de concreto.

Figura 11. Plano unifilar Termobarranca Ecopetrol



Para tal efecto se procederá en forma inicial a estimar los costos de una realización de Consultoría del proyecto y el tiempo de ejecución del proyecto en sí, el cual nos dará las bases suficientes para realizar el Diseño y el presupuesto de toda la Línea de suministro alterna planteada.

### **3.3 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

Para obtener las cantidades de obra y presupuesto para la construcción de la línea de 34.5 kV, se procedió inicialmente a cuantificar los materiales a utilizar durante el montaje evaluados por sus precios unitarios, calculando la mano obra con salarios convencionales asociados a la industria del petróleo en dicho sector.

El proyecto tendrá una duración de 10 meses, distribuidos así:

- Dos meses de ingeniería
- Dos meses en trámites y contratación.
- Dos meses de ensamblaje.
- Tres meses de compra.
- Dos meses de Ensamblaje
- Un mes de construcción.
- Un mes de puesta en marcha y de estabilización.

El costo de esta actividad es de \$1.809.831.043 pesos distribuidos así:

Ingeniería y Gastos administrativos \$208.276.801 pesos.

**Tabla 22.** Componentes de Preinversión – Tarifas

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR MENSUAL	FACTOR MULTI-PLICADOR	VALOR MENSUAL TOTAL	MESES	VALOR TOTAL	OBSERVACIONES
<b>PERSONAL</b>								
Gerente del Proyecto (Especialista Grado 1)	1	EA	\$ 7.027.092,00	2,3	\$16.162.311,60	3	\$ 48.486.934,80	Especialista con experiencia de 10 años ò más
Consultor (Especialista Grado II)	1	EA	\$ 5.120.769,00	2,3	\$11.777.768,70	2	\$ 23.555.537,40	
Ingeniero De Diseño Eléctrico (Especialista Grado II)	1	EA	\$ 5.120.769,00	2,3	\$11.777.768,70	1	\$ 11.777.768,70	
Ingeniero ambiental (Interventor HSE I)	1	EA	\$ 5.120.769,00	2,3	\$ 8.597.664,50	2	\$ 17.195.329,00	
Auxiliar Administrativo	1	EA	\$ 1.624.658,00	2,3	\$ 3.255.838,60	10	\$ 32.558.386,00	
Secretaria II	1	EA	\$ 910.311,00	2,3	\$ 2.226.634,60	10	\$ 22.266.346,00	
<b>COSTO SUBTOTAL PERSONAL</b>							<b>\$ 155.840.301,90</b>	
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>								
Arriendo		<b>GB</b>	\$ 800.000,00	1,21	\$ 968.000,00	10	\$ 9.680.000,00	
Equipo de Oficina		GB	\$ 250.000,00	1,21	\$ 302.500,00	10	\$ 3.025.000,00	
Servicios		GB	\$ 125.000,00	1,21	\$ 151.250,00	10	\$ 1.512.500,00	
Papelería y documentación		GB	\$ 150.000,00	1,21	\$ 181.500,00	10	\$ 1.815.000,00	
Muebles		GB	\$ 40.000,00	1,21	\$ 48.400,00	10	\$ 484.000,00	
Pasajes aéreos	1	GB	\$ 600.000,00	1,21	\$ 726.000,00	10	\$ 7.260.000,00	
Viáticos		GB	\$ 1.000.000,00	1,21	\$ 1.210.000,00	10	\$ 12.100.000,00	
<b>COSTO SUBTOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>							<b>\$ 35.876.500,00</b>	
<b>TRANSPORTE</b>								
Vehículos	2	EA	\$ 3.600.000,00	1,15	\$ 8.280.000,00	2	\$ 16.560.000,00	
<b>COSTO TOTAL</b>							<b>\$ 208.276.801,90</b>	

- Compras y Construcción \$ 1.608.437.323 (Ver Tabla 43 Presupuesto 34.5 KV.)

Para la elaboración del presupuesto a llevar a cabo se tomo como base las Tarifas de Consultoría de la GRB para el año 2008, las cuales nos permiten conocer las diferentes tarifas estipuladas para los cargos a tener en cuenta en la Consultoría del proyecto así como también de los otros gastos adicionales como alquiler de equipos, vehículos y los gastos administrativos que estos conllevan (Anexo C); para este fin se elaboró la Tabla 23 donde se consignan tanto las tarifas a tener en cuenta por cada uno de estos rubros, así como el tiempo estimado de utilización de cada uno de estos recursos.

Como se puede observar de acuerdo a los cálculos realizados se tiene que para dicha consultoría se estima un valor de Gastos Administrativos de \$ 35.876.500 durante toda la etapa de duración del proyecto. De igual forma con base en este presupuesto se realizó la distribución de los gastos en el período de 10 meses que se tomo como una buena base de diseño y construcción del Proyecto y el que a su vez nos sirvió para tener en cuenta en el Flujo de caja del proyecto; a continuación se adjunta la tabla con el Cronograma de Preinversión.

**Tabla 23.** Cronograma de Preinversión – Recurso humano Mes 1 a Mes 6.

DESCRIPCIÓN	CANT	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Director del proyecto	1	\$ 4.040.577,9	\$ 4.040.577,9	\$ 4.040.577,9	\$ 4.040.577,9	\$ 4.040.577,9
Consultor	1	\$ 5.888.884,4	\$ 2.944.442,2	\$ 2.944.442,2		
Ingeniero de Diseño Eléctrico	1	\$ 5.888.884,4	\$ 11.777.768,7	\$ 5.888.884,4		
Auxiliar administrativo	1	\$ 3.255.838,6	\$ 3.255.838,6	\$ 3.255.838,6	\$ 3.255.838,6	\$ 3.255.838,6
Ingeniero Ambiental						
Secretaria	1	\$ 2.226.634,6	\$ 2.226.634,6	\$ 2.226.634,6	\$ 2.226.634,6	\$ 2.226.634,6
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 21.300.819,8</b>	<b>\$ 24.245.262,0</b>	<b>\$ 18.356.377,6</b>	<b>\$ 9.523.051,1</b>	<b>\$ 9.523.051,1</b>

**Tabla 24.** Cronograma de Preinversión – Recurso humano Mes 7 a Mes 12.

DESCRIPCIÓN	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	TOTAL PREINVERSIÓN
Director del proyecto	\$ 4.040.577,9	\$ 4.040.577,9	\$ 8.081.155,8	\$ 8.081.155,8			<b>\$ 48.486.936</b>
Consultor							<b>\$ 11.777.770</b>
Ingeniero de Diseño Eléctrico							<b>\$ 23.555.538</b>
Auxiliar administrativo	\$ 3.255.838,6	\$ 3.255.838,6	\$ 3.255.838,6	\$ 3.255.838,6			<b>\$ 32.558.387</b>
Ingeniero Ambiental			\$ 8.597.664,5	\$ 8.597.664,5			<b>\$ 17.195.329</b>
Secretaria	\$ 2.226.634,6	\$ 2.226.634,6	\$ 2.226.634,6	\$ 2.226.634,6			<b>\$ 22.266.347</b>
	<b>\$ 9.523.051,1</b>	<b>\$ 9.523.051,1</b>	<b>\$ 13.563.629,0</b>	<b>\$ 13.563.629,0</b>		<b>\$ 0,0</b>	<b>\$ 138.644.973</b>

**Tabla 25.** Cronograma de Preinversión-Gastos administrativos Mes 1 a Mes 6.

DESCRIPCIÓN	CANT	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Arriendo		\$ 968.000,00	\$ 968.000,0	\$ 968.000,0	\$ 968.000,0	\$ 968.000,0
Equipo de Oficina		\$ 302.500,00	\$ 302.500,0	\$ 302.500,0	\$ 302.500,0	\$ 302.500,0
Servicios		\$ 151.250,00	\$ 151.250,0	\$ 151.250,0	\$ 151.250,0	\$ 151.250,0
Papelería y documentación		\$ 181.500,00	\$ 181.500,0	\$ 181.500,0	\$ 181.500,0	\$ 181.500,0
Muebles		\$ 48.400,00	\$ 48.400,0	\$ 48.400,0	\$ 48.400,0	\$ 48.400,0
Pasajes aéreos	1	\$ 726.000,00	\$ 726.000,0	\$ 726.000,0	\$ 726.000,0	\$ 726.000,0
Viáticos		\$ 1.210.000,00	\$ 1.210.000,0	\$ 1.210.000,0	\$ 1.210.000,0	\$ 1.210.000,0
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>

**Tabla 26.** Cronograma de Preinversión-Gastos administrativos Mes 7 a Mes 12.

DESCRIPCIÓN	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	TOTAL PREINVERSIÓN
Arriendo	\$ 968.000,0	\$ 968.000,0	\$ 968.000,0	\$ 968.000,0			\$ 9.680.000,00
Equipo de Oficina	\$ 302.500,0	\$ 302.500,0	\$ 302.500,0	\$ 302.500,0			\$ 3.025.000,00
Servicios	\$ 151.250,0	\$ 151.250,0	\$ 151.250,0	\$ 151.250,0			\$ 1.512.500,00
Papelería y documentación	\$ 181.500,0	\$ 181.500,0	\$ 181.500,0	\$ 181.500,0			\$ 1.815.000,00
Muebles	\$ 48.400,0	\$ 48.400,0	\$ 48.400,0	\$ 48.400,0			\$ 484.000,00
Pasajes aéreos	\$ 726.000,0	\$ 726.000,0	\$ 726.000,0	\$ 726.000,0			\$ 7.260.000,00
Viáticos	\$ 1.210.000,0	\$ 1.210.000,0	\$ 1.210.000,0	\$ 1.210.000,0			\$ 12.100.000,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 3.587.650,0</b>	<b>\$ 0,0</b>	<b>\$ 0,0</b>	<b>\$ 35.876.500,0</b>

**Tabla 27.** Cronograma de Preinversión Mes 1 a Mes 6.

DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Ingeniería						
Tramites y Contratación						
Compras						
Ensamblaje						
Construcción y Montaje						
Puesta en Marcha y Estabilización						

**Tabla 28.** Cronograma de Preinversión Mes 7 a Mes 10.

DESCRIPCIÓN	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
Ingeniería				
Tramites y Contratación				
Compras				
Ensamblaje				
Construcción y Montaje				
Puesta en Marcha y Estabilización				

Para la elaboración de dicho presupuesto se tomo como base el Valor Mensual de la tarifa del Cuadro de Preinversión y se llevó a la Tabla de “Cronograma de Preinversión” multiplicando este valor por un factor asociado al tiempo de permanencia proyectado durante la ejecución del proyecto en sí, por ejemplo, para el caso del Director del Proyecto, se estimo un tiempo de permanencia de 0.25 durante el mes por los diez meses del proyecto a saber: \$ 16.162.311 Valor Mensual por 0.25, para un Valor Total al mes de \$ 4.040.577 y así sucesivamente para los demás integrantes del proyecto; para los demás rubros como transporte y Gastos Administrativos se realizó la Proyección Mes a Mes de acuerdo a lo calculado en la Tabla de Preinversión de su valor Mensual.

Siguiendo este procedimiento se tiene que el costo de Sumar los Gastos de Personal más los Gastos Administrativos y el Alquiler de Vehículos es igual a \$ 208.276.801 que representaría el costo Total de la Preinversión durante todo el proyecto.

### **3.4 DISEÑO DEL TRAZADO DE LA LINEA**

La realización del diseño y construcción de una línea de transmisión consta de una serie de etapas, tomando como primera de ellas, el criterio de selección del tipo de conductor, tomando como base el estudio eléctrico que garantice el cumplimiento de las exigencias del servicio, seguido de un estudio mecánico que tenga en cuenta las características topográficas y atmosféricas de la zona donde se va a construir la línea.

Las características del terreno son parcialmente fangosas lo que conlleva a fabricar bases de concreto para los postes a tender por todo el proyecto. Se trazará paralela a la línea 2-2 (Pórtico 2 – Casabe) y se llevará directamente



bordeando el río hasta la estación Galán. El tipo de estructura a utilizar será de tipo H estructura simple para 34.5 kV, y línea de guarda doble. Se considera el trazado a una distancia mínima de 20 metros de las estructuras existentes para evitar el acercamiento en valores de flecha máxima, y facilidad de montaje y mantenimiento.

Para el cálculo de la flecha y el plantillado para cada uno de los vanos se debe tener en cuenta las siguientes características:

- E: Módulo de elasticidad del conductor (kg/m<sup>2</sup>).
- a: Coeficiente de dilatación lineal por grado centígrado del conductor (c-1).
- A: Área de sección transversal del conductor (m<sup>2</sup>).
- D: Velocidad del viento asumida de acuerdo a normas internacionales de 100Km/H
- Tr: Tensión de ruptura del conductor.

Para obtener más detalles ver el Anexo H "TRAZADO DE LINEA 34.5 KV".

### **3.5. ESTRUCTURA A UTILIZAR**

La estructura a utilizar será de tipo H – circuito simple Rh-231 estructura Icel de retención y de suspensión SH-226, en poste de 14 mts, metálico de 6" de diámetro o poste en concreto de 1050 kgs (Ver detalles en el Anexo I: POSTES).

### **3.6. PROTECCIONES**

Se ubicarán al final de la línea un conjunto de tres (3) pararrayos para protección de posible sobre-voltaje sobre la línea y para proteger el pódico de seccionamiento aéreo. Dispondrá de un seccionador tripolar para operación bajo carga con el fin de abrir el circuito para efectos de mantenimiento y flexibilidad. Se instalará un seccionamiento tripolar con operación bajo carga en el pódico Ecopetrol – Barrancabermeja.

La línea dispone de cable de guarda de acero No 4 que garantice un ángulo de apantallamiento para protección de la línea contra descargas atmosféricas, y el cual se aterriza en la estructura de arranque y fin de la línea, al igual que cada cuatro apoyos consecutivos durante el recorrido de la línea.

### **3.7. CONDUCTOR**

Los conductores de la línea de 115 kV serán de 605 MCM ACSR, para asegurar una potencia de la línea de 30 MW. El cable de guarda será en # 4 para garantizar el apantallamiento efectivo de la línea en todo el trayecto.

Los conductores que se utilicen se ajustaran a las normas ASTM A-230, ICEA, S61-402, S-55-524, ASTM B2-B3-B8 ICONTEC 307, 359, 911, 1099, 1332, 1745, 1816, 2186, y demás aplicables.

#### **3.7.1 Parámetros de la línea de transmisión.**

**3.7.1.1 Parámetros eléctricos:** para la realización de este estudio se tomaron los siguientes datos como condiciones de diseño.

**Tabla 29.** Parámetros de la línea.

<b>POTENCIA ( r )</b>	30	MW
<b>F.P.</b>	0,95	Atraso
<b>PERDIDAS</b>	4,0%	
<b>REGULACION</b>	10%	
<b>LONGITUD</b>	2.7	Km
<b>V. De Diseño</b>	34.5	KV

**3.7.1.2 Parámetros mecánicos:** Dentro de las posibles condiciones medioambientales a las cuales eventualmente se podría enfrentar la línea se han definido una serie de hipótesis de condiciones críticas.

**Tabla 30.** Hipótesis A y B. Máxima velocidad del viento y Temperatura mínima.

<b>HIPOTESIS A ( Máxima velocidad del viento )</b>			<b>HIPOTESIS B ( Temperatura mínima )</b>		
Velocidad del viento	140	km/h	Velocidad del viento	20	km/h
Temperatura del conductor	26	°C	Temperatura del conductor	5	°C
Incremento de temperatura	20	°C	Incremento de temperatura	20	°C

**Tabla 31.** Hipótesis C y D. Condición diaria y máxima Temperatura.

<b>HIPOTESIS C ( Condición diaria )</b>			<b>HIPOTESIS D ( Máxima temperatura )</b>		
Velocidad del viento	12	km/h	Velocidad del viento	0	km/h
Temperatura del conductor	27	°C	Temperatura del conductor	65	°C
Incremento de temperatura	20	°C			

**3.7.1.3 Cálculos eléctricos.** Cuatro parámetros afectan principalmente la capacidad de una línea para cumplir la función de esta, dentro de un sistema de potencia que son: Resistencia, Inductancia, Capacitancia y Conductancia. Los cálculos eléctricos se realizan con el fin de encontrar el conductor en la disposición más adecuada para suplir las exigencias del servicio.

A continuación se presenta el procedimiento para el cálculo de dichos parámetros

- Inductancia de la línea por unidad de longitud

$$l = 2 * 10^{-7} \ln\left(\frac{Dm}{Ds}\right)$$

Dónde:

$Dm$  = Distancia media geométrica mutua, que depende de la disposición que tengan los conductores en las estructuras a emplearse en la construcción de la línea.

$Ds$  = Distancia media geométrica propia, que resulta de aproximar los conductores en haz de una fase, al centro del mismo.

- Reactancia Inductiva de la línea por unidad de longitud

$$Xl = 2 * \pi * f * 2 * 10^{-7} \ln\left(\frac{Dm}{Ds}\right) = 0.0754 * \ln\left(\frac{Dm}{Ds}\right)$$

Para la inductancia  $Ds = \sqrt[n]{RMG * x * D}$ , donde D y x corresponden a la distancia entre los conductores, y la aproximación de los conductores al centro del haz respectivamente.

*RMG* = Radio medio geométrico, propio de cada conductor y extraído de las tablas de los conductores ACSR (aluminum conductor steel reinforced) utilizados en las líneas de transmisión aéreas.

- Capacitancia de la línea por unidad de longitud:

$$C_n = \left( 18 * 10^9 * \ln \left( \frac{Dm}{Dsc} \right) \right)^{-1}$$

*Dsc* = Distancia media geométrica propia para la capacitancia y depende directamente del radio del conductor y del número de estos por haz.

- Suceptancia de la línea por unidad de longitud

$$b = 12 * 10^4 * \pi * \left( 18 * 10^9 * \ln \left( \frac{Dm}{Dsc} \right) \right)^{-1}$$

- Resistencia: la resistencia corresponde a las suministradas por las tablas de conductores ACSR

$$R_f = \frac{r}{n}$$

Siendo *n* el número de conductores por haz y donde *r* es suministrada por las tablas de acuerdo a la temperatura y composición de conductor.

- Impedancia total en serie de la línea

$$Z = z * l = (Rf + jXl) * l$$

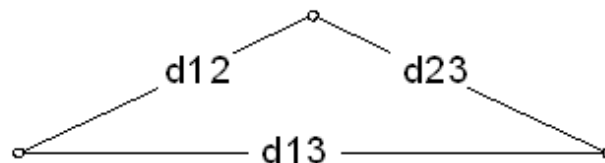
- Admitancia total en paralelo

$$Y_T = Y * l$$

#### 3.7.1.4 Selección del conductor y configuración de la línea

Para determinar la configuración de la línea se nos ha planteado que la altura sobre el nivel del mar es de 89m, y por lo tanto asumimos una temperatura ambiente de 28°C. En los cálculos para la configuración que va a ser presentada se asume una temperatura de operación de 50°C y los conductores para dicha configuración serán seleccionados para que las corrientes a transmitir sean a los sumo el 75% del valor tabulado. Los valores de  $m_f$  y  $m_s$ , que son coeficientes de superficie y de forma respectivamente, se han definido como 0.9 para ambos casos, ya que estamos trabajando con conductores nuevos. Se realizaron cálculos para la configuración definida y los conductores que mejor se ajustan al diseño.

- Configuración triangular asimétrica



Para esta configuración se escogieron las siguientes distancias de separación  $d_{12}=d_{23}=4[m]$  y  $d_{13}= 6[m]$ . Como se trabaja con un conductor por fase, la corriente a transmitir es  $I=528.47 [A]$ .

El conductor utilizado para el análisis correspondiente a esta configuración, fue el siguiente:

**Tabla 32.** Características del cable.

<b>DUCK</b>		<b>Diámetro Hilo Acero</b>	2,8699
<b>Calibre</b>	605	<b>Área Sección Total.</b>	346,3486
<b>N° Hilos de Al</b>	54	<b>RMG</b>	9,78408
<b>N° Hilos de Acero</b>	7	<b>Carga de rotura</b>	10205,8
<b>Diámetro Nominal</b>	24,206	<b>Peso Total</b>	1158
<b>Área Sección Al</b>	306,58	<b>Corriente</b>	754
<b>Diámetro Hilo Al</b>	2,8699	<b>Resistencia a 50°</b>	0,106

**Tabla 33.** Características de la línea.

<b>Reactancia</b>	0,44913	[ $\Omega$ / km ]
<b>Capacitancia</b>	9,6720E-09	{ F / km }
<b>Impedancia</b>	0,106+0,449132167986441i	[ $\Omega$ / km ]
<b>Admitancia</b>	3,64625434249098E-06i	[ S / km ]
<b>Zc</b>	353,367137050713-41,1341713029282i	[ $\Omega$ / km ]
<b><math>\gamma</math></b>	0,00014998565073807+0,00128846645796477i	

**Tabla 34.** Parámetros A B C D, de la línea.

<b>A</b>	0,999959877825465+0,0000094691958838749i
<b>B</b>	0,741980152888964+3,14388547082106i
<b>C</b>	-8,05636611679243E-11+0,0000255234390400501i
<b>D</b>	0,999959877825465+0,0000094691958838749i

**Tabla 35.** Cálculo de voltaje y corriente en el extremo generador.

<b>Vr</b>	34,6410161513775	[ kV ]
<b>Ir</b>	0,288675134594813-0,094882928301684i	[ kA ]
<b>Vg</b>	34,8604037384079+0,358846591622206i	[ kV ]
<b>Ig</b>	0,288673172033679-0,0945027980531009i	[ kA ]

**Tabla 36.** Regulación y pérdidas.

<b>Sg</b>	30,6214684054495+12,4619317694326i [ MVA ]
<b><math>\delta</math>%</b>	4,73031938425184
<b>Pp%</b>	2,07156135149834
<b><math>\eta</math>%</b>	97,9704813720203

**3.7.1.5 Cálculos mecánicos.** Con la selección del conductor, se proceder a realizar los cálculos mecánicos de la línea ante diferentes circunstancias teniendo en cuenta diferentes situaciones ambientales y de operación.

Se analizan con detalle, ya que poseen variables que someten a los conductores, aisladores y soportes de la línea a condiciones de máxima operación.

La información sobre el terreno es de gran importancia ya que a partir de esta es posible contemplar posibles situaciones a las que se somete el conductor.

Partiendo del anterior análisis, se tendrán en cuenta las hipótesis a las diferentes condiciones a la que puede estar sometida la línea, realizándose una serie de cálculos que se exponen a continuación.

Hipótesis A: máxima velocidad del viento

Hipótesis B: temperatura mínima

Hipótesis C: temperatura promedio

Hipótesis D: temperatura máxima



Teniendo como referencia estos valores, se iniciara al proceso de cálculo y diseño de la línea de transmisión.

**3.7.1.6 Hipótesis de condiciones de operación.** De acuerdo a las condiciones medio ambientales típicas del sitio donde se va a ubicar la línea se han supuesto cuatro hipótesis críticas de condiciones de operación, las cuales son muy útiles al momento de evaluar el comportamiento en las distintas épocas del año durante la operación de la línea.

**Tabla 37.** Hipótesis de condiciones de operación.

<b>HIPOTESIS A ( Máxima velocidad del viento )</b>			<b>HIPOTESIS B ( Temperatura mínima )</b>		
Velocidad del viento	140	km/h	Velocidad del viento	20	km/h
Temperatura del conductor	26	°C	Temperatura del conductor	5	°C
Incremento de temperatura	20	°C	Incremento de temperatura	20	°C
<b>HIPOTESIS C ( Condición diaria )</b>			<b>HIPOTESIS D ( Máxima temperatura )</b>		
<i>Velocidad del viento</i>	12	km/h	<i>Velocidad del viento</i>	0	km/h
<i>Temperatura del conductor</i>	27	°C	<i>Temperatura del conductor</i>	65	°C
<i>Incremento de temperatura</i>	20	°C			

**Tabla 38.** Cálculos adicionales.

Factor de seguridad mínimo	2		Factor de seguridad diario	5	
Vano mínimo	55		M	Vano máximo	M
Coeficiente de dilatación ( $\alpha$ )	<b>1,9530E-05</b>	°C-1	Módulo de elasticidad ( E )	<b>7,9869E+03</b>	kg/mm <sup>2</sup>
Carga de rotura aparente (tr)	<b>29,467</b>	kg/mm <sup>2</sup>	Peso aparente ( w )	<b>3,3435E-03</b>	kg/m/mm <sup>2</sup>
PvA	<b>1,99263792</b>	kg/m	mA	<b>1,990228268</b>	
PvB	<b>0,04066608</b>	kg/m	mB	<b>1,00061643</b>	
PvC	<b>0,014639789</b>	kg/m	mC	<b>1,000079911</b>	
PvD	<b>0</b>	kg/m	mD	<b>1</b>	

**3.7.1.7 Parámetros propios:** Se calculará los valores propios del conductor y de cada escenario propuesto anteriormente:

- Carga de ruptura aparente.

A través de las tablas de conductores de aluminio tipo ACSR, se obtiene el valor de la carga de ruptura y la sección de área transversal del conductor:

$$Tr \quad s$$

La carga de ruptura por unidad de área se determinara con la siguiente relación

$$t_r = \frac{Tr}{s}$$

- Peso aparente.

A través de las tablas de conductores de aluminio tipo ACSR, obtenemos el valor del peso del cable, por unidad de longitud:  $p$

Se calcula el valor del peso aparente, o cociente entre el peso por unidad de longitud y la sección de área transversal del cable:

$$w = \frac{p}{s}$$

- Modulo elástico para cable compuesto.

Utilizando las tablas de conductores de aluminio tipo ACSR, podemos obtener el diámetro de cada hilo de aluminio y acero para el conductor, así como el número de hilos de cada material, que componen el cable

$$d_{al} \quad n_{al} \quad d_{ac} \quad n_{ac}$$

Se utilizaran valores estándar para el módulo de elasticidad del aluminio y del acero, valores que pueden variar entre cada fabricante, dependiendo de la forma como fueron tratados y compuestos los materiales utilizados en la construcción del cable:

$$E_{al} \quad E_{ac}$$

Se calcula el valor del módulo elástico propio del conductor, mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{E_{al}n_{al} + E_{ac}n_{ac}}{n_{al}d_{al}^2 + n_{ac}d_{ac}^2}$$

- Coeficiente de dilatación lineal para cable compuesto

De igual manera se usaran valores estándar de coeficiente de dilatación lineal, para el aluminio y el acero, valores que pueden variar entre cada fabricante:  $\alpha_{al}$

$$\alpha_{ac}$$

Se calcula el valor del módulo elasticidad propia del conductor, mediante la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{\alpha_{al} E_{al} n_{al} + \alpha_{ac} E_{ac} n_{ac}}{E_{al} n_{al} + E_{ac} n_{ac}}$$

- Presión ejercida por el viento para cada escenario o hipótesis

Para cada una de las hipótesis, se calculara la presión que ejerce el viento sobre el conductor. Para ello, se utilizara el valor del diámetro nominal del cable obtenido en las tablas de conductores de aluminio tipo ACSR, correspondiente a  $d$ , en la siguiente fórmula:

$$Pv_A = 0.0042(Vv_A)^2 d$$

$$Pv_B = 0.0042(Vv_B)^2 d$$

$$Pv_C = 0.0042(Vv_C)^2 d$$

$$Pv_D = 0.0042(Vv_A)^2 d]$$

- Factor de sobrecarga para cada escenario o hipótesis

De igual forma se calculara el factor de sobrecarga para cada hipótesis, mediante la siguiente formula

$$m_A = \sqrt{1 + \left(\frac{Pv_a}{p}\right)^2}$$

$$m_B = \sqrt{1 + \left(\frac{Pv_b}{p}\right)^2}$$

$$m_C = \sqrt{1 + \left(\frac{Pv_c}{p}\right)^2}$$

$$m_D = \sqrt{1 + \left(\frac{Pv_d}{p}\right)^2}$$

- Carga máxima

Se calculara la carga máxima que puede soportar la línea, a partir del factor de seguridad mínimo:

$$t_r = \frac{T_r}{S}$$

$$t_{MAX} = \frac{t_r}{FS_{min}}$$

- Vano crítico

A partir de los datos calculados y las características expuestas, se hallará mediante la siguiente expresión el valor del vano crítico, el cual nos permite suponer la hipótesis donde se presenta los máximos esfuerzos en la línea.

$$a_c = \frac{t_{MAX}}{w} \sqrt{\frac{24 \alpha (\theta_A - \theta_B)}{m_A^2 - m_B^2}}$$

**3.7.1.8 Comprobación de hipótesis.** En base a las hipótesis anteriormente planteadas se procede a la comprobación de cambios de estado para analizar la situación más crítica en la operación de la línea.

**Tabla 39.** Análisis de conductor B a conductor C.

<b>SE ANALIZA DE B a C</b>					
Temp. 1	5	m1	1,00061643	t1	14,733
Temp. 2	47	m2	1,000079911		
A	-8,086	[ kg/mm^2 ]		tc	8,976
B	20,93	[ kg/mm^2 ]^3		Fsegc	3,283
<b>NO CUMPLE CON EL FACTOR DE SEGURIDAD</b>					

Como en esta condición no cumple con el factor de seguridad se analiza de C a B y se verifica que si cumple.

**Tabla 40.** Análisis de conductor C a conductor A.

<b>SE ANALIZA DE C a A</b>					
Temp. 1	47	m1	1,000079911	t1	5,8934
Temp. 2	46	m2	1,990228268		
A	-5,447			ta	6,4534
B	82,89			Fsega	4,5661
<b>CUMPLE CON EL FACTOR DE SEGURIDAD</b>					
f'a	0,725	m	<b>Flecha máxima inclinada primera iteración</b>		
Ha	969,819	m	<b>Ordenada máxima</b>		
ha	969,094	m	<b>Ordenada mínima</b>		
fa	0,726	m	<b>Flecha máxima inclinada</b>		
Fva	0,365	m	<b>Flecha máxima vertical</b>		

**Tabla 41.** Análisis de conductor C a conductor D.

<b>SE ANALIZA DE C a D</b>					
Temp. 1	47	m1	1,000079911	t1	5,8934
Temp. 2	65	m2	1		
A	-2,4830			td	4,3302
B	20,93			Fsegd	6,8050
<b>CUMPLE CON EL FACTOR DE SEGURIDAD</b>					
f'd	0,543	m	<b>Flecha máxima inclinada primera iteración</b>		
Hd	1295,13	m	<b>Ordenada máxima</b>		
hd	1294,59	m	<b>Ordenada mínima</b>		
fd	0,543	m	<b>Flecha máxima inclinada</b>		
Fvd	0,543	m	<b>Flecha máxima vertical</b>		

**3.7.1.9 Resultados mecánicos y distancias de seguridad.** Una vez analizados los datos arrojados por la comprobación de las ecuaciones de cambio de estado obtenemos que:

**Tabla 42.** Flecha máxima.

FLECHA MÁXIMA VERTICAL		0,543	[ m ]
ÁNGULO( i )		59,83731004	
FLECHA MÁXIMA INCLINADA		0,726	[ m ]
DISTANCIA MÍNIMA AL TERRENO		5,530	[ m ]
DISTANCIA DE AISLAMIENTO		0,330	[ m ]
DISTANCIA DE SERVIDUMBRE		1,730	[ m ]
K	VI > 30kV	VI < 30kV	
i > 60°	0,7	0,65	
40° < i < 60°	0,65	0,6	
i < 40°	0,6	0,55	
K	0,65		
DISTANCIA ENTRE FASES		4,7335	[ m ]
ALTURA DE LA TORRE	10,170	[ m ]	

**Nota:** Por condiciones físicas y ambientales del terreno se han seleccionado estructuras de paso y retención con una altura de 16[m]

Con toda la información anterior pasamos a realizar el presupuesto de toda la obra Civil y Eléctrica de la Línea basado en el diseño propuesto, a saber:

Tabla 43. Presupuesto 34.5 KV1

<b>PRESUPUESTO OBRA ELECTRICA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID</b>	<b>PRECIO/ UNIDAD</b>	<b>VALOR PARCIAL</b>
<b>1.0</b>	<b>ESTRUCTURAS DE SALIDA Y LLEGADA</b>				
<b>1.1</b>	SUMINISTRO E INSTALACION ESTRUCTURA EN H CIRCUITO SIMPLE, CRUCETAS SENCILLAS	2.0	UN	\$1,200,000	\$2,400,000
<b>1.2</b>	SUMINISTRO E INSTALACION SECCIONADOR TRIPOLAR PARA 34,5KV, ACCIONAMIENTO MECANICO	2.0	UN	\$2,650,000	\$5,300,000
<b>1.3</b>	SUMINISTRO E INSTALACION PARARRAYO PARA 34,5KV L-L	6.0	UN	\$1,250,000	\$7,500,000
<b>1.4</b>	SUMINISTRO E INSTALACION CAJA CORTACIRCUITOS TIPO CAÑUELA CON CAMARA APAGA CHISPAS	6.0	UN	\$1,380,000	\$8,280,000
<b>1.5</b>	SUMINISTRO E INSTALACION DIAGONAL DE ARRIOSTRAMIENTO EN X	4.0	UN	\$650,000	\$2,600,000
<b>1.6</b>	SUMISTRO E INSTALACION POSTE EN CONCRETO 16m - 1050KG	4.0	UN	\$2,355,000	\$9,420,000
<b>2.0</b>	<b>ESTRUCTURAS DE PASO</b>				
<b>2.1</b>	SUMINISTRO E INSTALACION ESTRUCTURA EN H CIRCUITO SIMPLE, CRUCETAS SENCILLAS, CABLE DE GUARDA	29.0	UN	\$1,200,000	\$34,800,000
<b>2.2</b>	SUMINISTRO E INSTALACION DIAGONAL DE ARRIOSTRAMIENTO EN X	116.0	UN	\$650,000	\$75,400,000
<b>2.3</b>	SUMINISTRO E INSTALACION POSTE EN CONCRETO 16m - 1050KG	58.0	UN	\$2,355,000	\$136,590,000
<b>3.0</b>	<b>ESTRUCTURAS CON RETENCION</b>				
<b>3.1</b>	SUMINISTRO E INSTALACION ESTRUCTURA EN H CIRCUITO SIMPLE, CRUCETAS SENCILLAS, CABLE DE GUARDA	10.0	UN	\$1,200,000	\$12,000,000
<b>3.2</b>	SUMINISTRO E INSTALACION DIAGONAL DE ARRIOSTRAMIENTO EN X	40.0	UN	\$650,000	\$26,000,000
<b>3.3</b>	SUMINISTRO E INSTALACION RETENIDA DIRECTA A TIERRA (CABLE ACERO EXTRARRESISTENTE), MAS REFUERZO EN CONCRETO BASE DE POSTE	10.0	UN	\$417,600	\$4,176,000
<b>3.4</b>	SUMINISTRO E INSTALACION POSTE EN CONCRETO 16m - 1050KG	20.0	UN	\$2,355,000	\$47,100,000
<b>4.0</b>	<b>PARARRAYOS RECORRIDO DE LA LINEA</b>				



4.1	SUMINISTRO E INSTALACION PARARRAYO PARA 34,5KV L-L UBICADOS CADA 10 ESTRUCTURAS CON CRUCETA	9.0	UN	\$1,750,000	\$15,750,000
5.0	<b>ACOMETIDA SUBTERRANEA</b>				
5.1	MANHOLERIA PARA ACOMETIDA SUBTERRANEA EN LA SALIDA Y LLEGADA DE LA LINEA	6.0	UN	\$3,500,000	\$21,000,000
5.2	SUMINISTRO E INSTALACION CABLE XLPE 35KV, 1000MCM	600.0	ML	\$209,000	\$125,400,000
5.3	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA CONDUIT TIPO RIGID 6"	200.0	ML	\$468,500	\$93,700,000
6.0	<b>CABLE AEREO ACSR</b>				
6.1	SUMINISTRO E INSTALACION CABLE AEREO ACSR DUCK 605 MCM	8,400.0	ML	\$37,800	\$317,520,000
7.0	<b>CABLE DE GUARDA</b>				
7.1	SUMINISTRO E INSTALACION CABLE DE GUARDA CALIBRE 3/8" EN ACERO	5,600.0	ML	\$5,509	\$30,850,400
8.0	<b>VARILLAS PAT</b>				
8.1	SUMINISTRO E INSTALACION VARILLAS DE PUESTA A TIERRA EN COBRE 5/8" DE 2,4m	41.0	UN	\$850,000	\$34,850,000
9.0	<b>CONCRETO</b>				
9.1	CONCRETO DE 3500 PSI (BASE ESTRUCTURAS DE RETENCION)	25	M3	\$785,000	\$19,625,000
9.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACION CONCRETO ROJO 1:2:3	10	M3	\$485,000	\$4,850,000
9.3	CONCRETO DE 3000 PSI (BANCO DUCTOS Y ESTRUCTURAS DE PASO)	122	M3	\$550,000	\$67,100,000
10.0	<b>EXCAVACION Y RELLENOS</b>				
10.1	EXCAVACION PARA ENTERRAMIENTO DE ESTRUCTURAS	230	M3	\$25,000	\$5,750,000
10.2	EXCAVACION PARA TUBERIA DE 6"	120	M3	\$25,000	\$3,000,000
10.3	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	72	M3	\$19,500	\$1,404,000
11.0	<b>TOPOGRAFIA</b>				
11.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO, PERFIL DEL TERRENO, GEORREFERENCIAMIENTO DE LA LINEA	1	GL	\$7,500,000	\$7,500,000
12.0	<b>EQUIPOS</b>				
12.1	SUMINISTRO DE INTERRUPTOR DE POTENCIA EN S/E TERMOBARRANCA	1	EA	\$155,457,525	\$155,457,525
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$1,275,322,925</b>
	ADMINISTRACION			10%	\$127,532,293
	IMPREVISTOS			8%	\$102,025,834
	UTILIDAD			7%	\$89,272,605
	IVA SOBRE UTILIDAD			16%	\$14,283,617
	<b>TOTAL</b>				<b>\$1,608,437,273</b>

Toda la información consignada en el presupuesto adjunto se extractó con base en precios del año 2010 a través de la consulta realizada con diferentes empresas especialistas en la materia encargadas de realizar este tipo de montajes y confrontándolos con los precios del mercado que sirvieron para corroborar los mismos.

## 4. EVALUACIÓN FINANCIERA

Para la realización de la viabilidad financiera del proyecto se utilizaron los métodos de evaluación basados en el flujo de caja proyectado para obtener el Valor Presente Neto - VPN, la Tasa Interna de Retorno – TIR, y el periodo de recuperación de capital.

Modelo de Flujo de Caja Libre: Para poder analizar la bondad económica de un proyecto se debe medir su capacidad de consumo de recursos y de generación de los mismos como retorno líquido (efectivo). Esta generación de efectivo neto se debe calcular en términos reales para el inversionista. Esto se logra descontando los flujos a la Tasa de Interés de Oportunidad. Un proyecto con una TIR igual a la Tasa de Interés de Oportunidad del inversionista representaría que el proyecto no generaría ingresos adicionales, solamente se recuperaría el capital en el tiempo, por ende el Valor Presente Neto sería igual cero. Por tanto el objetivo del análisis es lograr una TIR superior a la Tasa de Interés de Oportunidad.

El modelo financiero consta de dos partes:

### **4.1 CAPEX (Capital Expenditures ó Gastos de Capital):**

Son erogaciones o inversiones de capital que crean beneficios, que usualmente ocurren al principio del proyecto. Una erogación de capital se realiza cuando un negocio gasta dinero tanto para comprar un activo fijo (Interruptores de Potencia, Equipos de Patio de Subestación) como para añadir valor a un activo existente

con una vida útil que se extiende más allá del año imponible. Los CAPEX son utilizados por una compañía para adquirir o mejorar los activos fijos tales como equipamientos, propiedades o edificios industriales.

A fines impositivos, los CAPEX son costos que no pueden ser deducidos en el año en el cual son efectuados y deben ser capitalizados. La regla general es que si la propiedad adquirida tiene una vida útil más larga que el año imponible, el costo debe ser capitalizado. Los costos relacionados con los CAPEX son amortizados o depreciados a lo largo de la vida útil del activo en cuestión. Tal como explicado anteriormente, los CAPEX crean o aumentan la base del activo o propiedad, la cual una vez ajustada, determinará la responsabilidad impositiva en caso de venta o transferencia. En Colombia los costos por inversión en activos pueden deducirse hasta en un 30%, sin embargo, cursa en el Congreso Nacional una reforma tributaria que eliminaría este beneficio, por lo cual no ha sido tenido en cuenta en el modelo financiero.

Para el proyecto en particular se integran en el CAPEX todos los costos de pre-inversión del proyecto que incluyen:

- Estudios previos, Consultorías e Ingenierías
- Compra de Equipos
- Construcción y Montaje

Ver detalles en el Anexo J: CONSULTORIAS 01-2008, Tablas de Preinversión, Cronogramas de Preinversión (Tablas 23 a 28).

A continuación se anexa tabla de Depreciación de Línea recta que se tuvo en cuenta para el Interruptor de potencia a montar en Termobarranca.

**Tabla 44.** Depreciación de equipos “interruptor Termobarranca”

<b>Valor del activo (Interruptor):</b>		150.000.000	VA		
<b>Valor de salvamento:</b>		30.000.000	VS		
<b>Vida útil (años)</b>		15	N		
DEPRECIACION		VALOR EQUIPO - VALOR SALVAMENTO) / VIDA UTIL			
DEPRECIACION		8.000.000	por año		
AÑO	VALOR INICIAL	DEPRECIACION PERIODO	DEPRECIACION ACUMULADA	VALOR EN LIBROS	
1	150.000.000	8.000.000	8.000.000	142.000.000	150.000.000
2	150.000.000	8.000.000	16.000.000	134.000.000	150.000.000
3	150.000.000	8.000.000	24.000.000	126.000.000	150.000.000
4	150.000.000	8.000.000	32.000.000	118.000.000	150.000.000
5	150.000.000	8.000.000	40.000.000	110.000.000	150.000.000
6	150.000.000	8.000.000	48.000.000	102.000.000	150.000.000
7	150.000.000	8.000.000	56.000.000	94.000.000	150.000.000
8	150.000.000	8.000.000	64.000.000	86.000.000	150.000.000
9	150.000.000	8.000.000	72.000.000	78.000.000	150.000.000
10	150.000.000	8.000.000	80.000.000	70.000.000	150.000.000
11	150.000.000	8.000.000	88.000.000	62.000.000	150.000.000
12	150.000.000	8.000.000	96.000.000	54.000.000	150.000.000
13	150.000.000	8.000.000	104.000.000	46.000.000	150.000.000
14	150.000.000	8.000.000	112.000.000	38.000.000	150.000.000
15	150.000.000	8.000.000	120.000.000	30.000.000	150.000.000

**4.2 OPEX:**

Son los gastos de funcionamiento o gastos operativos que también incluyen un proceso de amortización de instalaciones y maquinaria que se utilizan en el proceso de producción, a su vez es un costo permanente para el funcionamiento. Para el proyecto en particular se integran todos los gastos y costos de:

- Gastos de Operación y Mantenimiento
- Overhauls periódicos
- Gastos Administrativos

Para la tabla que a continuación se adjunta se tuvieron en cuenta las siguientes actividades a saber:

- 1- Una cuadrilla especializada contratada por el primer año de servicio de la línea de transmisión, para casos puntuales de mantenimiento que se requieran.
- 2- Personal Operativo de la Planta contratado específicamente para la Supervisión y Monitoreo de la Línea de Transmisión, como sería el Supervisor de Turno y el Ingeniero Electricista del Área.

Para el caso de la cuadrilla de Mantenimiento se tuvieron en cuenta los salarios de la Convención Colectiva de Trabajo pactado entre la USO (Union Sindical Obrera) y ECOPETROL, debido a que estas labores impactan a la Industria del petróleo y esta es una de las condiciones específicas para pagar estos salarios y no los legales que tienen preestablecidos el Gobierno Nacional, de esta manera se procedió a Extraer estos valores de los salarios de la convención del año 2008, con todas las prestaciones que estos conllevan y que se consignan en la tabla adjunta.

Para el caso del personal operativo de ECOPETROL S.A, se tomó como base el salario legal estipulado por la empresa para el personal Directivo con las prestaciones sociales para dicho salario; de esta forma se calculan estos costos y nos llevan al Costo anualizado de Operación y Mantenimiento que se consigna en el flujo de caja.

**Tabla 45.** Presupuesto de mantenimiento de redes eléctricas de transmisión y distribución de media y baja tensión.

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (\$) MENSUAL	VALOR TOTAL AÑO
<b>A. PERSONAL OPERATIVO</b>				
Jefe de Cuadrilla	1	100,000	3,000,000	36,000,000
Electricistas-Liniero	4	50,000	6,000,000	72,000,000
Auxiliares	4	30,000	3,600,000	43,200,000
<b>Subtotal</b>	<b>9</b>	<b>180,000</b>	<b>12,600,000</b>	<b>151,200,000</b>
Horas extras cuadrilla	100	28,125	281,250	2,250,000
Auxilios de alimentación cuadrilla	100	20,000	200,000	1,600,000
<b>Costo total cuadrilla</b>			<b>13,081,250</b>	<b>155,050,000</b>
Ingeniero Electricista (Disponibilidad 30%)	1	9000	270,000	3,240,000
<b>Costo total salarios</b>			<b>13,351,250</b>	<b>158,290,000</b>
<b>PRESTACIONES</b>				
Aportes Caja Compensación			534,050	6,331,600
Aportes I.C.B.F.			400,538	4,748,700
Aportes Sena			267,025	3,165,800
Sena FIC			161,550	1,915,309
Aportes seguridad social			3,550,097	42,089,311
Primas Legales ( 30 días )			1,112,159	13,185,557
Subsidio de Transporte			406,400	1,625,600
Cesantías			1,112,159	13,185,557
Intereses sobre Cesantías			141,523	1,677,874
Vacaciones ( 15 días )			534,050	6,331,600
<b>Subtotal</b>			<b>8,219,551</b>	<b>94,256,908</b>
<b>VALOR TOTAL PERSONAL OPERATIVO</b>			<b>21,570,801</b>	<b>252,546,908</b>
<b>B. GASTOS SEDE</b>				
Valor canon de arrendamiento sede	1	25,000	750,000	9,000,000
Valor servicios Públicos (Agua, Luz , Tel.)	global			
Valor Equipo de Oficina	global			
Papelería	global			
<b>Subtotal</b>				

<b>C. GASTOS VEHICULO</b>				
Arrendamiento camioneta todo costo sin chofer	2	150,000	9,000,000	108,000,000
<b>Subtotal</b>		<b>150,000</b>	<b>9,000,000</b>	<b>108,000,000</b>
<b>D. HERRAMIENTAS, DOTACION Y SEGURIDAD</b>				
Herramientas	1	50,000	1,500,000	18,000,000
Dotación y equipo individual de seguridad	10	40,000	400,000	4,800,000
Equipo de primeros auxilios	10	2,000	20,000	240,000
<b>Subtotal</b>			<b>1,920,000</b>	<b>23,040,000</b>
<b>E. EQUIPOS DE COMUNICACIÓN (RADIO MOVIL)</b>				
	4	8,000	<b>960,000</b>	<b>3,840,000</b>
<b>VALOR TOTAL COSTO DIRECTO</b>				
Administración ( % )	10			
Imprevistos ( % )	5			
Utilidad ( % )	5			
<b>VALOR TOTAL COSTO DIRECTO + A.I.U.</b>				
IVA ( % )	16			
<b>TOTAL</b>				
<b>PERSONAL PROPIO OPERATIVO</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR	VALOR	VALOR
		UNITARIO	TOTAL (\$) MENSUAL	TOTAL AÑO
<b>PERSONAL OPERATIVO</b>				
Supervisor Grupo 9	0.1	125,000	375,000	4,500,000
<b>Subtotal</b>	<b>0.1</b>	<b>125,000</b>	<b>375,000</b>	<b>4,500,000</b>
<b>Costo total</b>			<b>375,000</b>	<b>4,500,000</b>
<b>Costo total salarios</b>			<b>375,000</b>	<b>4,500,000</b>
<b>PRESTACIONES</b>				
Aportes Caja Compensación			15,000	180,000
Aportes I.C.B.F.			11,250	135,000
Aportes Sena			7,500	90,000
Sena FIC			4,538	54,450
Aportes seguridad social			99,713	1,196,550
Primas Legales ( 30 días )			31,238	374,850
Subsidio de Transporte			0	0
Cesantías			31,238	374,850
Intereses sobre Cesantías			3,975	47,700
Vacaciones ( 15 días )			15,000	180,000



<b>Subtotal</b>			<b>219,452</b>	<b>2,633,400</b>
<b>VALOR TOTAL PERSONAL OPERATIVO</b>			<b>594,452</b>	<b>7,133,400</b>
<b>PERSONAL PROPIO DIRECTIVO</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR	VALOR TOTAL (\$)	VALOR TOTAL
		UNITARIO	MENSUAL	AÑO
<b>PERSONAL OPERATIVO</b>				
Ingeniero Electricista Grupo 8	0.3	175,000	1,575,000	18,900,000
<b>Subtotal</b>		<b>0.3</b>	<b>175,000</b>	<b>18,900,000</b>
<b>Costo total</b>			<b>1,575,000</b>	<b>18,900,000</b>
<b>Costo total salarios</b>			<b>1,575,000</b>	<b>18,900,000</b>
<b>PRESTACIONES</b>				
Aportes Caja Compensación			63,000	756,000
Aportes I.C.B.F.			47,250	567,000
Aportes Sena			31,500	378,000
Sena FIC			19,058	228,690
Aportes seguridad social			418,793	5,025,510
Primas Legales ( 30 días )			131,198	1,574,370
Subsidio de Transporte			406,400	4,876,800
Cesantías			131,198	1,574,370
Intereses sobre Cesantías			16,695	200,340
Vacaciones ( 15 días )			63,000	756,000
<b>Subtotal</b>			<b>1,328,092</b>	<b>15,937,080</b>
<b>VALOR TOTAL PERSONAL DIRECTIVO</b>			<b>2,903,092</b>	<b>34,837,080</b>

La proyección se realizó a 10 años, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Tasa de Interés de Oportunidad: 12%
- Equity: 100%
- Modelo financiero a pesos constantes, es decir con cero inflación y cero devaluación.

Para la sensibilización se tomó la variable más crítica que es el valor de la inversión y se inicio con la elaboración teniendo en cuenta la construcción de un flujo de caja (ver Tabla siguiente), para empezar a determinar la viabilidad

financiera ó no del proyecto, dicho flujo se construyó teniendo en cuenta los siguientes parámetros: los EGRESOS e INGRESOS que se consideran debemos tener presente en este proyecto a saber:

**Tabla 46.** Conceptos (Mes 1 a Mes 6)

	<b>Total</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>
<b>EGRESOS</b>	<i>Valores en COP\$</i>						
<b>1. Presupuesto de Inversión</b>	<b>2.390.689.893,08</b>						
1.1. Estudios de Preinversión	191.081.473	19.108.147	19.108.147	19.108.147	19.108.147	19.108.147	19.108.147
1.2. Montaje e Instalación							
1.2.1 Suministro e Instalación de línea de 34.5 kV	1.608.437.273						
1.2.1 Suministro e Instalación de Acometida Subterránea	571.939.972						
1.2.4. Costos de Trámites y Licencias (Derecho de Vías, compra de terrenos, licencia Ambiental y de construcción)	19.231.175	19.231.175					
1.2.5. Cronograma de Desembolsos (Como se van a realizar los pagos)							
<b>2. Presupuesto de Costos de Operación y Mantenimiento (Costos Anualizados)</b>	<b>219.156.104</b>						
2.1. Gastos de Administración	-						
2.1.1. Personal	41.970.480	3.497.540	3.497.540	3.497.540	3.497.540	3.497.540	3.497.540
2.2. Gastos de Mantenimiento							
2.2.1. Contrato Rutinas de Mantenimiento	30.000.000						
2.2.2. Consumibles	10.000.000						
2.4. Reposición de equipos (% por cada 3 años)	137.185.624					68.592.812	
<b>3. Egresos Financieros (Recursos propios, no se hace con créditos)</b>							
3.1. Intereses (%)							
3.2. Amortizaciones a deuda							
<b>4. Impuestos</b>	<b>0</b>						
Renta	0						
Servidumbre	-						
<b>5. Otros</b>							
Depreciación Anual (Asumos que se van a depreciar a 10 años ó mas)	<b>70.801.825</b>						

5.1 Depreciación Equipos de Maniobra a 15 años	8.000.000						
5.2 Depreciación de la Línea a 15 años	62.801.825						
<b>INGRESOS</b>							
<b>1. Ventas</b>							
<b>2. Ahorros (La sustitución de un pago a un tercero porque ya se tiene la línea)</b>	<b>1.297.524.551</b>						
2.1 Menores Costos (Tarifas) no pago a terceros.	283.144.100	21.780.315	21.780.315	21.780.315	21.780.315	21.780.315	21.780.315
2.2 Menores paradas	1.014.380.451	84.531.704	84.531.704	84.531.704	84.531.704	84.531.704	84.531.704
2.3 Gasto de Transporte por Carrotanque	1.547.502.000	128.958.500	128.958.500	128.958.500	128.958.500	128.958.500	128.958.500

**Tabla 47. Conceptos (Mes 7 a Mes 12)**

	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
<b>EGRESOS</b>						
<b>1. Presupuesto de Inversión</b>						
1.1. Estudios de Preinversión	19.108.147	19.108.147	19.108.147	19.108.147		
1.2. Montaje e Instalación						
1.2.1 Suministro e Instalación de línea de 34.5 kV						
1.2.2 Suministro e Instalación de Acometida Subterránea						
1.2.3. Costos de Trámites y Licencias (Derecho de Vías, compra de terrenos, licencia Ambiental y de construcción)						
1.2.4. Cronograma de Desembolsos (Como se van a realizar los pagos)						
<b>2. Presupuesto de Costos de Operación y Mantenimiento (Costos Anualizados)</b>						
2.1. Gastos de Administración						
2.1.1. Personal	3.497.540	3.497.540	3.497.540	3.497.540	3.497.540	3.497.540
2.2. Gastos de Mantenimiento						
2.2.1. Contrato Rutinas de Mantenimiento						
2.2.2. Consumibles						
2.4. Reposición de equipos (% por cada 3 años)				68.592.812		
<b>3. Egresos Financieros (Recursos propios, no se hace con créditos)</b>						

3.1. Intereses (%)						
3.2. Amortizaciones a deuda						
<b>4. Impuestos</b>						
Renta						
Servidumbre						
<b>5. Otros</b>						
Depreciación Anual (Asuminos que se van a depreciar a 10 años ó mas)						
5.1 Depreciación Equipos de Maniobra a 15 años						
5.2 Depreciación de la Línea a 15 años						
<b>INGRESOS</b>						
<b>1. Ventas</b>						
<b>2. Ahorros (La sustitución de un pago a un tercero porque ya se tiene la línea)</b>						
2.1 Menores Costos (Tarifas) no pago a terceros.	21.780.315	21.780.315	21.780.315	21.780.315	21.780.315	21.780.315
2.2 Menores paradas	84.531.704	84.531.704	84.531.704	84.531.704	84.531.704	84.531.704
2.3 Gasto de Transporte por Carrotanque	128.958.500	128.958.500	128.958.500	128.958.500	128.958.500	128.958.500

#### 4.2.1 Egresos:

**4.2.1.1. Presupuesto de Inversión:** donde se tienen en cuenta los estudios de Preinversión, el Montaje y la Instalación de la Línea de Transmisión propuesta, los costos en trámites de Licencias ambientales (Derechos de Vías, Compra de terrenos, Licencia Ambiental y de Construcción) haciendo claridad para lo anterior, que el corredor a utilizar para la proyección de la línea es de propiedad de ECOPETROL S.A y se encuentra en la mitad de dos áreas de servidumbre de dos líneas de Transmisión existentes del Distrito del Centro y que parten de igual forma de Termobarranca, sin embargo se realizó una proyección de estos costos extraídos del Ministerio de Energía de Acuerdo al cálculo por resolución 1110 de 2002 a favor del Ministerio: La liquidación del cobro se sustenta mediante resolución 1110 del 25 de noviembre de 2002 (ver Anexo K), que se adjunta a continuación:

**Tabla 48.** Evaluación Ambiental.

VALOR DEL PROYECTO EN DOLARES US\$		653.264,88
VALOR DEL DÓLAR 15 DE SEPTIEMBRE DE 2008		2.100,00
VALOR DEL PROYECTO EN PESOS COLOMBIANOS \$		1.371.856.242,58
Vr Del Proyecto / Vr Salario Mínimo Legal Vigente =No Smmlv		
VALOR DEL SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE = \$		486.000,00
No DE SALARIOS		2.822,75
De conformidad con la Ley 633/2.000 artículo 96, se tiene que para		
No SMMLV mayor a 8.458, la tarifa máxima será 0.4 %		
TARIFA MAXIMA A APLICAR	0,004	
VALOR MAXIMO A COBRAR	\$	5.487.424,97

**Tabla 49.** Evaluación - Líneas de Interconexión más de 250 km.

CATEGOR	SALARIO MES (\$)	DEDMEN	* COSTO SAL. PROF.	VIS. ZON	DIADUR	TOT DIA	VIATIC DIARIO	TOTAL VIAT.	COSTO TOTAL
3	5.380.000,00	0,25	1.345.000,00	2	3	6	250.000,00	1.500.000,00	2.845.000,00
4	4.580.000,00	0,25	1.145.000,00	2	3	6	250.000,00	1.500.000,00	2.645.000,00
5	4.130.000,00	0,25	1.032.500,00	1	3	3	250.000,00	750.000,00	1.782.500,00
6	3.690.000,00	0,25	922.500,00	0	0	0	250.000,00	0,00	922.500,00
* EN ESTE VALOR SE INCLUYE EL FACTOR MULTIPLICADOR DE 1,3									
PASAJES AÉREOS				No. DE PASAJES			VALOR UNITARIO		
BTA – BARRANCABERMEJA - BTA				5			560.000,00		2.800.000,00
VALOR DEL SERVICIO DE EVALUACIÓN									10.995.000,00
COSTO DE ADMINISTRACIÓN 25%									2.748.750,00
VALOR TOTAL DE LA EVALUACIÓN CON FACTOR DE ADMINISTRACIÓN									13.743.750,00

**4.2.1.2. Presupuestos de Costos de Operación y Mantenimiento:** Se tienen en cuenta los Gastos Administrativos (personal) proyectados para la obra, Contrato de rutina de mantenimiento después de construida la línea y es un valor estimado sobre el mismo de acuerdo a las prácticas similares que tiene la Vicepresidencia de Transporte en otras estaciones de bombeo, donde la línea de transmisión eléctrica es propiedad de la Empresa; los consumibles que se utilizan en este tipo de actividades asociadas al mantenimiento, como (Accesorios de la línea, cadenas de aisladores, pararrayos, etc.); reposición de equipos que se estimó en un 10% del presupuesto del costo de la línea.

**4.2.1.3. Egresos Financieros:** los cuales para el proyecto en particular se realizará con recursos propios de la empresa que evitarán realizar préstamos a otras entidades.

**4.2.1.4. Impuestos:** Se asumió una tasa de impuesto de renta del 30%

**4.2.1.5. Otros:** En esta parte se tuvo en cuenta la depreciación de los equipos de Maniobra a 15 años, caso particular el Interruptor de Potencia a instalar en la casilla ó celda de Interconexión en Termobarranca propiedad de ESSA (ver Tabla 44: Depreciación de equipos “interruptor Termobarranca”) y depreciación de la línea de transmisión proyectada a 15 años:

**Tabla 50. Depreciación proyectada a 15 años línea de transmisión**

<b>Valor del activo:</b>		1.177.534.211			VA
<b>Valor de salvamento:</b>		235.506.842			VS
<b>Vida útil (años)</b>		15			N
<b>METODO DE LINEA RECTA</b>					
DEPRECIACION		(VALOR EQUIPO - VALOR SALVAMENTO) / VIDA UTIL			
DEPRECIACION		62.801.825			por año
AÑO	VALOR INICIAL	DEPRECIACION PERIODO	DEPRECIACION ACUMULADA	VALOR EN LIBROS	
1	1.177.534.211	62.801.825	62.801.825	1.114.732.387	1.177.534.211
2	1.177.534.211	62.801.825	125.603.649	1.051.930.562	1.177.534.211
3	1.177.534.211	62.801.825	188.405.474	989.128.738	1.177.534.211
4	1.177.534.211	62.801.825	251.207.298	926.326.913	1.177.534.211
5	1.177.534.211	62.801.825	314.009.123	863.525.088	1.177.534.211
6	1.177.534.211	62.801.825	376.810.948	800.723.264	1.177.534.211
7	1.177.534.211	62.801.825	439.612.772	737.921.439	1.177.534.211
8	1.177.534.211	62.801.825	502.414.597	675.119.614	1.177.534.211
9	1.177.534.211	62.801.825	565.216.421	612.317.790	1.177.534.211
10	1.177.534.211	62.801.825	628.018.246	549.515.965	1.177.534.211
11	1.177.534.211	62.801.825	690.820.071	486.714.141	1.177.534.211
12	1.177.534.211	62.801.825	753.621.895	423.912.316	1.177.534.211
13	1.177.534.211	62.801.825	816.423.720	361.110.491	1.177.534.211
14	1.177.534.211	62.801.825	879.225.544	298.308.667	1.177.534.211
15	1.177.534.211	62.801.825	942.027.369	235.506.842	1.177.534.211



## 4.2.2 Ingresos:

### 4.2.2.1 Ahorros

- Menores Costos (tarifas) por no pago a terceros: En este ítem se tiene en cuenta el ahorro mensual que se deja de pagar al tener la línea de transmisión construida y como suministro de la Planta de Bombeo respecto a los costos del valor KWH suministrado por el anillo de generación de la GRB.

**Tabla 51.** Consumos 2008 - Estación Galán

SUMINISTRO DE ENERGIA GALAN					
CONSUMO MENSUAL	Valor Kw/H Contrato Actual	Valor Kw/H Contrato Futuro	Costo Mensual Actual	Costo Mensual Futuro	Ahorro Mensual
4.500.000,00	178,815449	173,9753789	804.669.520,60	782.889.205,18	21.780.315,42

- Menores Paradas: Se tienen en cuenta los ahorros anuales distribuidos mes a mes producto de las paradas de energía que se puedan tener por diferentes circunstancias en la Planta de Bombeo de Galán, para el proyecto en particular se tuvieron en cuenta 12 paradas al año, cifra promedio estadística que se ha tenido por los problemas de suministro de energía la refinería.
- Gastos de transporte de productos por Carrotanque: se tiene en cuenta los costos de transporte por carrotanques en el caso de un desabastecimiento de energía en la Planta de Bombeo de Galán por no disponibilidad de suministro por la refinería y no contar con otra alternativa para cumplir los compromisos de entrega.

Con los datos anteriormente expuestos podemos construir el flujo de caja por confiabilidad y por transporte de carrotanques que nos permiten observar la viabilidad ó no del proyecto a implementar.

#### **4.2.3 Flujo de caja por confiabilidad (ver Anexo L).**

Se empieza a construir el flujo de caja anualizado, hasta 10 años para el análisis con los datos consignados en la Tabla de conceptos a saber.

Se trabaja con las columnas de Datos e Inversión a Año Cero (0), los cuales nos servirán para realizar u obtener los valores de flujo de caja desde el primer año hasta el año 10, que nos permitirá visualizar en qué año específico se recupera ó no la inversión del proyecto.

En la columna de Datos se consignan los siguientes valores:

##### **4.2.3.1 Ingresos:**

Ahorros: \$ 1.297.524.551.14 valor asociado a la suma de los valores de los ahorros por conceptos de “Menores Costos”, “Menores Paradas”, “Gasto de transporte por carrotanque” obtenido del cuadro “Conceptos”

##### **4.2.3.2 Egresos:**

Inversión: \$ 2.390.689.893 que incluye todos los costos de Preinversión (Estudios, Montaje e Instalación; Licencias Ambientales).

- Valores Anuales de:

Operación y Mantenimiento: \$ 219.156.104 pesos valor asociado al “Presupuesto de Costo y Operación de mantenimiento anualizado, extraído de la Tabla de Conceptos”.

Reposición de Equipos: \$ 137.185.624 pesos valor asociado a la reposición de equipos utilizados en el proyecto.

Depreciación Anual: \$ 70.801.824 pesos valor asociado a los costos de depreciación del Interruptor de Potencia y de la línea de transmisión a construir.

Impuestos: Se asumen en un 30%.

#### 4.2.3.3 Modelo de flujo de caja

**Tabla 52.** Modelo de Flujo de caja por confiabilidad.

DATOS DE ENTRADA	
Tasa de Interés de Oportunidad	12%
Crecimiento de los Ingresos	0%
Crecimiento de los Gastos	0%
TRM	\$2,100
Equity	100%
Crédito	0%
Tasa del Crédito	0%
Plazo del crédito (Años)	0
Periodo de gracia del crédito (Años)	0
Valor Residual a 20 años	20%

Los valores anteriormente consignados son asumidos en forma aproximada y de acuerdo al comportamiento en el mercado.

**Tabla 53.** Modelo de flujo de caja por confiabilidad años 0, 1, 2.

		<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>
	DATOS	INVERSION	OPERACIÓN	DATOS
<b>Datos de Entrada</b>				
Inflación	0%	0%	0%	0%
Devaluación	0%	0%	0%	0%
Tasa de Interés de Oportunidad	12%	12%	12%	12%
Crecimiento de los Ingresos	0%	0%	0%	0%
Crecimiento de los Gastos	0%	0%	0%	0%
TRM	\$2.100	\$ 2.100	\$2.100	\$2.100
Equity	100%			
Crédito	0%			
Tasa del Crédito	0%			
Plazo del crédito (Años)	-			
Periodo de gracia del crédito (Años)	-			
Valor Residual a 20 años	20%			
<b>CALCULOS</b>				
EGRESOS		\$-2.390.689.893		
UTILIDA NETA			\$754.857.913	\$754.857.913
Depreciación			\$70.801.825	\$70.801.825
Amortizaciones				
FLUJO DE CAJA LIBRE	0	\$-2.390.689.893	\$825.659.737	\$825.659.737
FLUJO ACUMULADO NOMINAL	0	\$-2.390.689.893	\$-1.565.030.156	\$-739.370.418
FLUJO ACUMULADO DESCONTADO	0	\$-2.390.689.893	\$-1.397.348.353	\$-660.152.159

- **Columna Año Cero (0) Inversión:** Se toman en cuenta los valores asociados a la Inversión consignados en la columna de Datos y los datos de

entrada del flujo de caja, y con base en estos realizamos el cálculo de Egresos que será negativo, ya que en este año solo se ha realizado Inversión; este monto representa la suma de recursos que la empresa deberá conseguir para realizar el proyecto. Se observa que para este año los valores de Flujo de Caja libre, Flujo Acumulado Nominal y Flujo Acumulado Descontado son iguales al valor de los Egresos, ya que para el cálculo del Valor de Flujo de Caja Libre se tienen en cuenta los siguientes valores: “ Valor de los Egresos sumado a la Utilidad Neta, sumado a la Depreciación y restado a las Amortizaciones”, los cuales para el año cero (0) no se tienen porque precisamente es el año de punto de partida donde solo se tiene Inversión. Ver Columna de Año Cero (0).

A continuación realizaremos los cálculos desde el Año 1 hasta el Año 10 que nos permitirán ver en qué momento se puede recuperar la Inversión del proyecto; para ello debemos tener en cuenta en forma inicial el comportamiento del Año 1 y posteriormente las proyecciones año a año.

- **Año Uno (1):** A partir de este año basados en el Estado de Resultados debemos tener en cuenta el rubro de “Utilidad antes de Impuestos”, donde ya entran a jugar las variables y costos de “Reposición de equipos y de depreciación anual del costo del interruptor y de la línea de transmisión proyectada”, los cuales los debemos descontar en forma inicial al valor de la Inversión; al realizar dicho cálculo obtenemos un valor de \$ 1,078,368,447; al anterior costo le deducimos un 30% de impuestos proyectados para un valor final de \$ 323.510.534 pesos, dicho valor lo restamos a la “Utilidad antes de Impuestos” y nos dará la “Utilidad Neta” asociada a los “EGRESOS” al primer año, cuyo valor será de \$ 754.857.913 pesos.

Con los valores obtenidos anteriormente procedemos a realizar los cálculos al Año Uno (1) de los “Flujos de Caja Libre”, “Flujo Acumulado Nominal” y “Flujo Acumulado Descontado”, a saber:

- **Cálculo Flujo de Caja Libre:**

Flujo de Caja Libre = “Utilidad Neta” + “Depreciación anual” – “Amortización”

Flujo de caja Libre = \$ 754.857.913 + \$ 70.801.825 – 0 recordemos que no se amortizará ningún valor ya que el costo es asumido en forma total por la empresa.

Flujo de Caja Libre = \$ 825.659.737 pesos.

- **Cálculo de Flujo Acumulado Nominal:**

Flujo Acumulado Nominal: Flujo Acumulado Nominal Año Cero (0) + Flujo de Caja Libre Año 1.

Flujo Acumulado Nominal: - \$ 2.390.689.893 + \$ 825.659.737 = \$ -1.565.030.156 pesos.

- **Año dos (2):** Para este año y los subsiguientes entran a jugar dos variables adicionales que son el crecimiento de los Ingresos y el crecimiento de los gastos presupuestados.

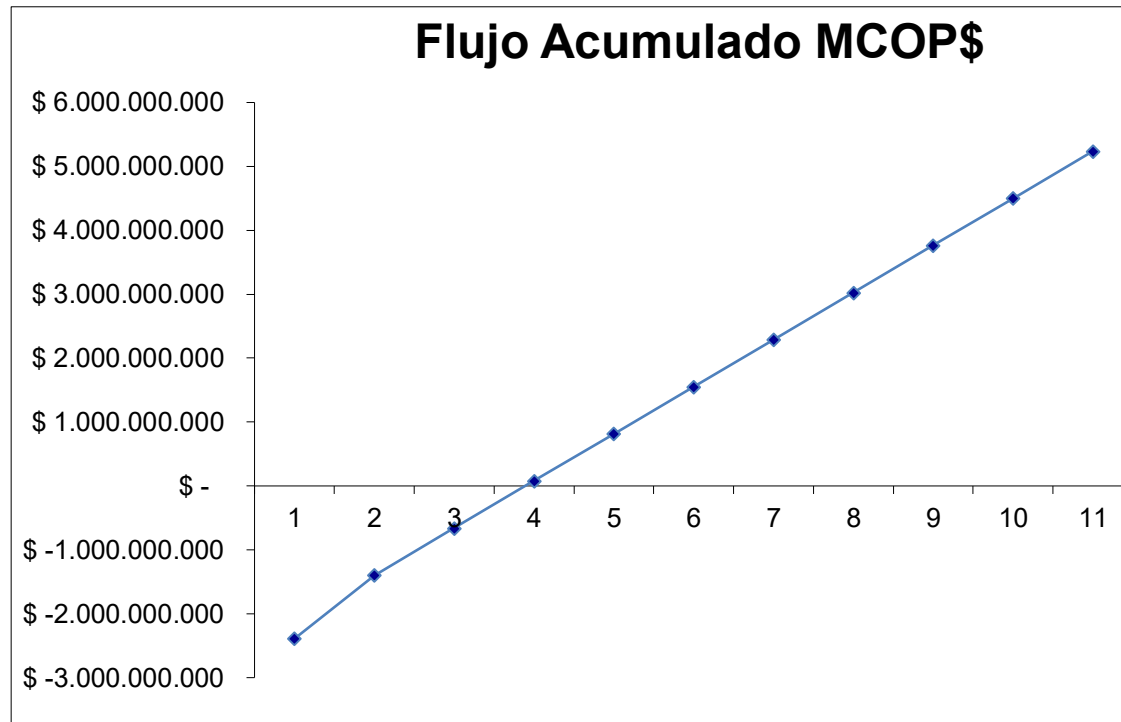
Para el modelo en pesos constantes estas variaciones se desprecian ya que su efecto en proyección es irrelevante. Por tanto para los años subsiguientes el valor de flujo neto será el mismo y solamente en los años de Overhaul, el flujo neto se disminuirá en el valor de la reposición.

Como resultado del modelo financiero obtenemos luego de 10 años de proyección una TIR del 32% y un VPN de \$ 2.030.778.365 de pesos positivos, lo cual es un indicador de un proyecto económicamente bondadoso. El proyecto recuperaría la inversión en 3 años.

**Tabla 54.** Tiempo de recuperación de la inversión por confiabilidad.

RESULTADOS	
TIR (%)	32%
VPN (COP\$)	\$ 2.030.778.365,11
Payback	3 años

**Figura 12.** Flujo Acumulado MCOP\$



**Tabla 55.** Flujo de caja por confiabilidad del año 3 al 10.

Datos de entrada	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
	OPERACIÓN							
Inflación	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Devaluación	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tasa de Interés de Oportunidad	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Crecimiento de los Ingresos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Crecimiento de los Gastos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TRM	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100
Equity								
Crédito								
	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Tasa del Crédito								
Plazo del crédito (Años)								
Periodo de gracia del crédito (Años)								
Valor Residual a 20 años								
<b>CALCULOS</b>								
EGRESOS								
UTILIDA NETA	\$754.857.913	\$754.857.913	\$754.857.913	\$754.857.913	\$754.857.913	\$754.857.913	\$754.857.913	\$754.857.913
Depreciación	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825
Amortizaciones								
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$825.659.737	\$825.659.737	\$825.659.737	\$825.659.737	\$825.659.737	\$825.659.737	\$825.659.737	\$825.659.737
FLUJO ACUMULADO NOMINAL	\$ 86,289,319	\$ 911,949,057	\$ 1,737,608,794	\$ 2,563,268,531	\$ 3,388,928,269	\$ 4,214,588,006	\$ 5,040,247,744	\$ 5,865,907,481
FLUJO ACUMULADO DESCONTADO	\$ 77,044,035	\$ 814,240,229	\$ 1,551,436,423	\$ 2,288,632,617	\$ 3,025,828,811	\$ 3,763,025,006	\$ 4,500,221,200	\$ 5,237,417,394



**4.2.4 Flujo de caja por carrotaques.** Se empieza a construir el flujo de caja anualizado, hasta 10 años para el análisis con los datos consignados en la Tabla de conceptos a saber. Se trabaja con las columnas de Datos e Inversión a Año Cero (0), los cuales nos servirán para realizar u obtener los valores de flujo de caja desde el primer año hasta el año 10, que nos permitirá visualizar en qué año específico se recupera ó no la inversión del proyecto.

En la columna de Datos se consignan los siguientes valores:

#### **4.2.4.1 Ingresos:**

Ahorros: \$ 1,547.502.000.14 pesos, valor asociado a los “Gastos de transporte por Carrotaque” obtenido de la tabla anexa de “Conceptos”.

#### **4.2.4.2 Egresos:**

Inversión: \$ 2.390. 689.893 pesos, que incluye todos los costos de Preinversión (Estudios, Montaje e Instalación; Licencias Ambientales).

- **Valores Anuales de:**

Operación y Mantenimiento: \$ 219.156.104 pesos, valor asociado al “Presupuesto de Costo y Operación de mantenimiento anualizado, extraído de la Tabla de Conceptos”

Reposición de Equipos: \$ 137.185.624 pesos, valor asociado a la reposición de equipos utilizados en el proyecto.

Depreciación Anual: \$ 70.801.824 pesos, valor asociado a los costos de depreciación del Interruptor de Potencia y de la línea de transmisión a construir.

Impuestos: Se asumen en un 30%.

**Tabla 56.** Flujo de caja por carrotanque.

ESTADO DE RESULTADOS (P&G)		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>INGRESOS</b>	DATOS	INVERSIÓN	OPERACIÓN									
Ventas												
	\$		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Ahorros	1.547.50 2.000,00		1.547.5 02.000	1.547.5 02.000	1.547.5 02.000	1.547.5 02.000	1.547.5 02.000	1.547.5 2.000	1.547.50 2.000	1.547.50 2.000	1.547.50 2.000	1.547.50 2.000
<b>EGRESOS</b>												
	\$	\$										
Inversión	2.390.68 9.893	2.390.6 89.893										
Pre-Inversión												
Equipos												
Construcción												
Valores Anuales												
	\$		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
O&M	219.156. 104		219.156 .104	219.15 6.104	219.15 6.104	219.15 6.104	219.15 6.104	219.156. 104	219.156. 104	219.156. 104	219.156. 104	219.156. 104
	\$					\$			\$		\$	\$
Reposición de equipos	137.185. 624					68.592. 812			137.185. 624		68.592.8 12	\$ -
	\$		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación Anual	70.801.8 25		70.801. 825	70.801. 825	70.801. 825	70.801. 825	70.801. 825	70.801.8 25	70.801.8 25	70.801.8 25	70.801.8 25	70.801.8 25
Gastos Financieros	0%											
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>			\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
			1.328.3 45.896	1.328.3 45.896	1.328.3 45.896	1.328.3 45.896	1.328.3 45.896	1.328.34 5.896	1.328.34 5.896	1.328.34 5.896	1.328.34 5.896	1.328.34 5.896
			\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Impuestos 30%	30%		398.503 .769	398.50 3.769	398.50 3.769	398.50 3.769	398.50 3.769	398.503. 769	398.503. 769	398.503. 769	398.503. 769	398.503. 769

#### 4.2.4.3 Modelo de flujo de caja

**Tabla 57.** Modelo de flujo de caja por carrotaques.

<b>DATOS DE ENTRADA</b>			
Tasa de Interés de Oportunidad	12%	Crédito	0%
Crecimiento de los Ingresos	0%	Tasa del Crédito	0%
Crecimiento de los Gastos	0%	Plazo del crédito (Años)	0
TRM	\$ 2,100	Periodo de gracia del crédito (Años)	0
Equity	100%	Valor Residual a 20 años	20%

Los valores anteriormente consignados son asumidos en forma aproximada y de acuerdo al comportamiento en el mercado.

**Tabla 58.** Modelo de flujo de caja por Carrotaque años 0, 1, 2.

<b>Datos de Entrada</b>		<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>
	DATOS	INVERSION	OPERACIÓN	
Inflación	0%	0%	0%	0%
Devaluación	0%	0%	0%	0%
Tasa de Interés de Oportunidad	12%	12%	12%	12%
Crecimiento de los Ingresos	0%	0%	0%	0%
Crecimiento de los Gastos	0%	0%	0%	0%
TRM	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100
Equity	100%			
Crédito	0%			
Tasa del Crédito	0%			
Plazo del crédito (Años)	-			
Periodo de gracia del crédito (Años)	-			
Valor Residual a 20 años	20%			
<b>CALCULOS</b>				
EGRESOS		\$ -2,390,689,893		
UTILIDA NETA			\$929.842.127	\$929.842.127
Depreciación			\$70.801.825	\$70.801.825
Amortizaciones				
FLUJO DE CAJA LIBRE	0	\$ -2,390,689,893	\$ 1,000,643,952	\$ 1,000,643,952
FLUJO ACUMULADO NOMINAL	0	\$ -2,390,689,893	\$ -1,390,045,941	\$ -389,401,990
FLUJO ACUMULADO DESCONTADO	0	\$ -2,390,689,893	\$ -1,241,112,448	\$ -347,680,348

- **Columna Año Inversión Cero (0):** Se toman en cuenta los valores asociados a la Inversión de la columna de Datos, los datos de entrada del flujo de caja y con base en estos realizamos el cálculo de Egresos que será negativo, ya que en este año solo se ha realizado Inversión, dicho valor es el asociado a la Inversión pero negativo. Se observa que para este año los valores de Flujo de Caja libre, Flujo Acumulado Nominal y Flujo Acumulado Descontado son iguales al valor de los Egresos, ya que para el cálculo del Valor de Flujo de Caja Libre se tienen en cuenta los siguientes valores: “ Valor de los Egresos sumado a la Utilidad Neta, sumado a la Depreciación y restado a las Amortizaciones”, los cuales para el año cero (0) no se tienen porque precisamente es el año de punto de partida donde solo se tiene Inversión. Ver Columna de Año Cero (0).

A continuación realizaremos los cálculos desde el Año 1 hasta el Año 10 que nos permitirán ver en qué momento se puede recuperar la Inversión del proyecto; para ello debemos tener en cuenta en forma inicial el comportamiento del Año 1 y posteriormente las proyecciones año a año.

- **Año Uno (1):** A partir de este año debemos tener en cuenta el rubro de “Utilidad antes de Impuestos” donde ya entran a jugar las variables y costos de “Reposición de equipos y de depreciación anual del costo del interruptor y de la línea de transmisión proyectada” los cuales las debemos descontar en forma inicial al valor de la Inversión, al realizar dicho cálculo obtenemos un valor de \$ 1,328,345,896; al anterior costo le deducimos un 30% de impuestos proyectados para un valor final de \$ 398,503,796, dicho valor lo restamos a la “Utilidad antes de Impuestos” y nos dará la “Utilidad Neta” asociada a los “EGRESOS” al primer año, cuyo valor será de \$ 929,842,127. Con los valores obtenidos anteriormente procedemos a realizar los cálculos al Año Uno (1) de los “Flujos de Caja Libre”, “Flujo Acumulado Nominal” y “Flujo Acumulado Descontado”, a saber:

- **Cálculo Flujo de Caja Libre:**

Flujo de Caja Libre = “Utilidad Neta” + “Depreciación anual” – “Amortización”

Flujo de caja Libre = \$ 929,842,127 + \$ 70,801,825 – 0 recordemos que no se amortizará ningún valor ya que el costo es asumido en forma total por la empresa.

Flujo de Caja Libre = \$ 1,000,643,952

- **Cálculo de Flujo Acumulado Nominal:**

Flujo Acumulado Nominal: Flujo Acumulado Nominal Año Cero (0) + Flujo de Caja Libre Año 1.

Flujo Acumulado Nominal: \$ - 2.390.689.893 + \$ 1,000,643,952 = \$ - 1.390.045.941

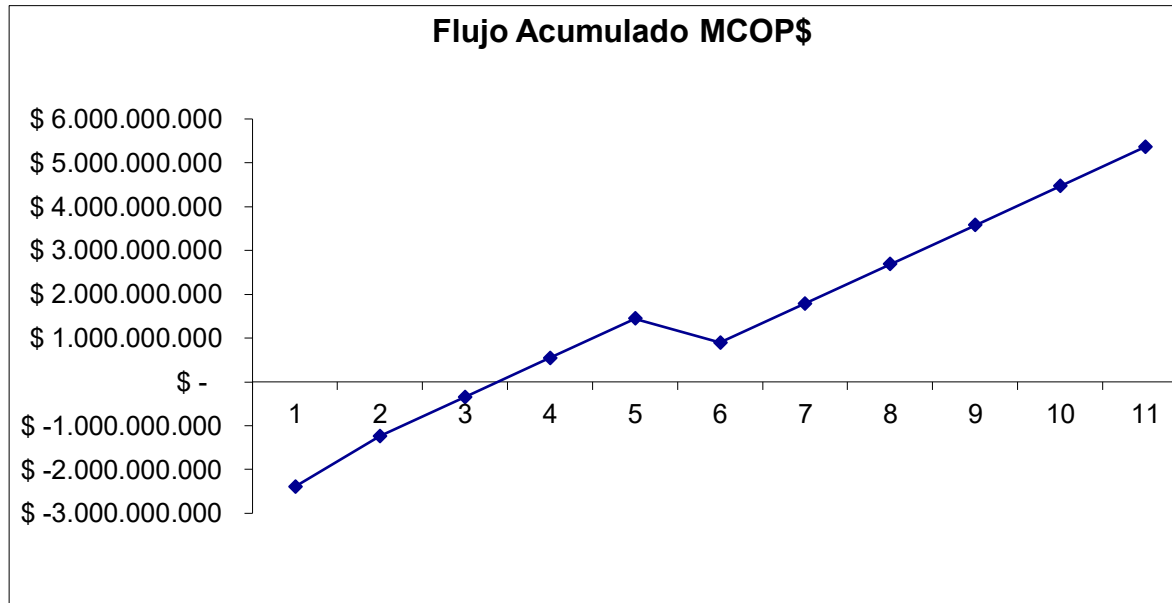
- **Año dos (2):** Para este año y los subsiguientes entran a jugar dos variable adicionales que son el crecimiento de los Ingresos y el crecimiento de los gastos presupuestados. Para el modelo en pesos constantes estas variaciones se desprecian ya que su efecto en proyección es irrelevante. Por tanto para los años subsiguientes el valor de flujo neto será el mismo y solamente en los años de Overhault, el flujo neto se disminuirá en el valor de la reposición. A partir del segundo año se empieza a recuperar la inversión asociada a lo que tendría que pagar a la Vicepresidencia de Transporte al asumir el dicho transporte al no contar con el suministro de energía.

Para los años subsiguientes Año Tres (3) Hasta el Año Diez (10) como se muestra en la Tabla adjunta se procede al mismo cálculo y se observa la proyección de cómo se va recuperando la inversión inicial. Al final obtenemos una TIR del 40% y un VPN de \$ 2.913.546.076 de pesos. El proyecto recuperaría su inversión en 3 años.

**Tabla 59.** Tiempo de recuperación de la inversión por carrotanques.

<b>RESULTADOS</b>	
<b>TIR (%)</b>	<b>40%</b>
<b>VPN (COP\$)</b>	<b>\$ 2.913.546.076,45</b>
<b>Payback</b>	<b>3 años</b>

**Figura 13.** Flujo acumulado MCOP\$



**Tabla 60.** Flujo de caja por Carro tanque del año 3 al 10.

	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>Datos de entrada</b>	OPERACIÓN							
Inflación	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Devaluación	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tasa de Interés de Oportunidad	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Crecimiento de los Ingresos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Crecimiento de los Gastos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TRM	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100	\$2.100
Equity								
Crédito								
Tasa del Crédito								
Plazo del crédito (Años)								
Periodo de gracia del crédito (Años)								
Valor Residual a 20 años								
<b>CALCULOS</b>								
<b>EGRESOS</b>								
UTILIDA NETA	\$929.842.127	\$929.842.127	\$929.842.127	\$929.842.127	\$929.842.127	\$929.842.127	\$929.842.127	\$929.842.127
Depreciación	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825	\$70.801.825
Amortizaciones								
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$1.000.643.952	\$1.000.643.952	\$1.000.643.952	\$1.000.643.952	\$1.000.643.952	\$1.000.643.952	\$1.000.643.952	\$1.000.643.952
FLUJO ACUMULADO NOMINAL	\$ 611,241,962	\$ 1,611,885,913	\$ 1,000,643,952	\$ 2,001,287,903	\$ 3,001,931,855	\$ 4,002,575,806	\$ 5,003,219,758	\$ 6,003,863,710
FLUJO ACUMULADO DESCONTADO	\$ 545,751,752	\$ 1,439,183,851	\$ 893,432,100	\$ 1,786,864,199	\$ 2,680,296,299	\$ 3,573,728,399	\$ 4,467,160,498	\$ 5,360,592,598

**Resultados Financieros:**

El proyecto presenta los siguientes resultados: una Tasa Interna de Retorno de 40% y un Valor Presente Neto de \$ 2.913.546.076, por lo cual el proyecto es económicamente viable, ya que en cualquiera de los dos modelos la TIR obtenida es muy superior a la Tasa de Interés de Oportunidad de la empresa, la recuperación de la inversión se realizará entre 3 años.

Al hacer la sensibilidad sobre la variable que más podría afectar el proyecto que es un posible desfase en el presupuesto de inversión, obtenemos que aún si se llegara a presentar un incremento hasta del 30% en la inversión, la TIR estaría alrededor del 40%.



## 5. ANALISIS DOFA.

Para el complemento del estudio de factibilidad del proyecto realizaremos un análisis interno y externo basado en la metodología DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas)

Para el estudio hemos tomado en consideración dos escenarios:

- Desarrollo del proyecto: condiciones internas y externas que hacen viable o afectan el desarrollo del proyecto en si (ingeniería, compras, construcción)
- Desarrollo de la Operación: condiciones internas y externas que afectan el desarrollo del negocio en operación.

Análisis DOFA para la Operación:

**Tabla 61.** Análisis DOFA.

<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
1. Mejorar el nivel de confiabilidad del suministro de energía	1. Ecopetrol cuenta con capacidad administrativa
2. Mejorar el nivel de disponibilidad de suministro de energía.	2. Ecopetrol cuenta con capacidad de Contratación.
3. Disminuir costos de paradas	3. Se cuenta con respaldo de energía de la refinería.
	4. Ecopetrol cuenta con amplia

	<p>experiencia en desarrollo de proyectos multidisciplinarios.</p> <p>5. Ecopetrol cuenta con la capacidad financiera para realizar el proyecto.</p> <p>6. Capacidad de negociación con proveedores.</p>
<p style="text-align: center;"><b>AMENAZAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambio en la legislación y regulación de líneas de transmisión que pudieran cambiar las condiciones del proyecto.</li> <li>2. Volatilidad del precio de la energía.</li> <li>3. Afectar la Cadena de Abastecimiento de combustibles al país.</li> <li>4. Desviación de presupuesto por incremento en costos del proyecto.</li> <li>5. Desviación del plazo de terminación.</li> <li>6. No aprobación de permisos por parte de entidades responsables.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>DEBILIDADES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ecopetrol no cuenta con experiencia en operación y mantenimiento de líneas de transmisión de energía.</li> <li>2. Ecopetrol no es especialista en el mercado de energía.</li> </ol>

## 6. ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO

El objetivo de la estrategia de mejoramiento es reforzar la posición interna (debilidades) y definir un plan que permita controlar y manejar las amenazas externas.

### 6.1 PROYECTO:

**6.1.1 Debilidades.** Para solventar la falta de experiencia en proyectos de construcción de líneas de transmisión de energía, se propone la realización del proyecto por etapas contratadas con empresas de reconocida trayectoria y experiencia en este tipo de proyectos:

- Ingeniería Básica
- EPC : Ingeniería, Compras y Construcción

Con esta estrategia se elimina la debilidad de la falta de experiencia en la realización de este tipo específico de proyectos.

**6.1.2 Amenazas.** Para resolver el tema de la volatilidad en costo y tiempo de entrega se propone realizar el proyecto en contrato “Llave en Mano” a precio global fijo, con un plazo definido de entrega. Esta estrategia es complementaria del contrato EPC.

Los permisos deberán tramitarse con el desarrollo de la ingeniería básica, de tal manera que cuando comiencen las actividades de alto costo como son las compras y construcción, el proyecto ya tendrá los permisos y licencias.

## **6.2 OPERACIÓN**

### **6.2.1 Debilidades**

Para eliminar falta de conocimiento en operación y mantenimiento de líneas de transmisión se propone realizar un contrato de outsourcing de mantenimiento con una empresa de reconocida trayectoria en este tipo de mantenimiento. Este mantenimiento debe presupuestar rutinas de mantenimiento preventivo, atención de emergencias y realización de overhauls.

### **6.2.2 Amenazas**

Para garantizar la continuidad del suministro se recomienda tener contratos de respaldo con otros generadores.

## CONCLUSIONES

- El proyecto es crítico para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de la Planta Galán en la cadena de abastecimiento de combustibles del país, teniendo en cuenta que una falla de energía que produzca la salida del sistema por un número de horas determinado afectaría la refinación, la cual restringiría su producción generando cuantiosos traumatismos operativos y elevados costos. De otro lado se afectan los distribuidores porque se disminuyen sus inventarios pudiendo ocasionarse desabastecimiento de combustibles en las principales ciudades del país. Además a la Planta Galán la afecta directamente en sus ingresos operativos ya que de un lado dejaría de recibir ingresos por el valor del barril transportado y se incrementarían sus costos en el caso de que se deba recurrir al transporte de carrotanques.
- De acuerdo a los diseños realizados el proyecto es viable técnicamente debido a la cercanía del punto de conexión a la subestación de Interconexión de Termobarranca.
- El proyecto cuenta con facilidades en su ejecución debido a que ya tiene los derechos de servidumbre y de concesión ya que su trazado se encuentra en los terrenos de dos líneas existentes de propiedad de Ecopetrol que salen de Termobarranca hacia el anillo de Refinería y el Distrito del centro.
- Financieramente el proyecto presenta bondades en su evaluación y sensibilidad, presentando una Tasa Interna de Retorno de 53%, un Valor Presente Neto de \$ 3.398.370.186,03 y una recuperación de capital de tres años.

- Al sensibilizar el valor de la Inversión entre +30% y -30% obtenemos que el proyecto sigue siendo en el peor de los casos atractivo con una Tasa interna de Retorno de 40%, la cual sigue siendo muy superior a la tasa de Interés de Oportunidad de la empresa.
- El proyecto presenta riesgos que son controlables siendo el más representativo los trabajos sobre la acometida subterránea proveniente del anillo de la GRB, ya que si no se tiene en cuenta dejaría sin respaldo a la Planta Galán ante una falla de la línea propuesta. Este riesgo se mitiga con una buena planeación en la ejecución.

## BIBLIOGRAFÍA

CHECA, Luis Maria. Líneas de transporte de energía eléctrica. Madrid: Marcombo BOIXAREU EDITORES, 1958. 591 p.

GARCÍA TROSANCOS, José. Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. Barcelona: Ediciones Paraninfo, 2010. 421 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGÍA ELÉCTRICA - ICEL. Normas para el diseño y construcción de sistemas de Subtransmisión y Distribución. [En línea]. Tarragona. (1971); <Disponible en: [http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/281000001/07-1-16315/DA\\_PROCESO\\_07-116315\\_281000001\\_116845.pdf](http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/281000001/07-1-16315/DA_PROCESO_07-116315_281000001_116845.pdf)> [consulta: 10 Jul 2011]

MUJAL, Ramón. Cálculo de líneas y redes eléctricas. Barcelona:CPET, 2002.

MUJAL ROSAS, Ramón. Tecnología eléctrica. Barcelona: Ediciones UPC, 2000.

STEVENSON, William. Análisis de sistemas eléctricos de potencia. Ed. Mc.Graw-Hill, 1992.

TORA GALVAN, José Luis. Transporte de la energía eléctrica. Madrid: Universidad Pontificia Comillas de Madrid, 1997.

VELASCO MARTINEZ, J Líneas y redes eléctricas. CPDA. ETSEIB. 1996