



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS
ENERGÉTICOS XIII PROMOCIÓN

**“EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA LA REPOSICIÓN DE LOS
REACTORES R-1111 A/B, R-1101 Y R-1121 EN LA PLANTA DE
PARAFINAS DE LA GRB DE ECOPETROL S.A.”**

ING. JOAQUIN GUERRERO TORRES
ING. MAURICIO ACUÑA GUTIERREZ
ING. GILBERTO SUAREZ GOMEZ

**30 de noviembre de
2020**



INTRODUCCIÓN

El funcionamiento de la planta de parafina depende en gran parte del estado de los reactores encargados del procesamiento de bases lubricantes y ceras características con el tratamiento del hidrógeno ya que a través de éstos se cumple la actividad principal como lo es la producción de la base nafténica, base parafínica y la ceras parafinadas, por lo cual se debe hacer un seguimiento a estos equipos estáticos para conocer su actual funcionamiento de tal forma que se encaminen acciones al mejoramiento del proceso.

Dentro del seguimiento general para llevar a cabo este proyecto se parte de:

1. La descripción de la empresa,
2. La situación encontrada en la planta de parafina
3. Se hace la propuesta de reposición de los equipos con todo el diseño de diagramas de flujo, *data sheet* de los reactores, Programa Detallado de Trabajo (PDT), Presupuesto de Montaje y compra de los Equipos a fin de llevar a cabo esta reposición de reactores en la planta de parafinas.
4. se deja como parte final una vez analizado la reposición la evaluación financiera con sus análisis de sensibilidades e incremental.



DESCRIPCION GENERAL DE LA GRB

La Gerencia Refinería Barrancabermeja procesa crudos de varias calidades para producir diferentes tipos de productos requeridos por el mercado nacional.

El área de refinación produce principalmente gasolinas y destilados. El área de petroquímica manufactura productos petroquímicos tales como: bases lubricantes, parafinas, aromáticos y polietilenos. En el área de *cracking* se cargan gasóleos principalmente para producir GLP y nafta por medio del rompimiento de moléculas de hidrocarburos grandes. Las Plantas Principales de la Refinería de Barrancabermeja, se presentan la siguiente tabla:

Cantidad de Plantas	Plantas
5	Destilación Atmosférica de Crudo
4	Destilación al Vacío de Crudo
4	Ruptura Catalítica
2	Viscorreductora
1	Demex (Desasfaltado con Solvente)
1	Unibón (Hidrodeshidrosulfurización)
2	Generación de Hidrógeno
1	Alquilación (Avigas)
1	Ácido Sulfúrico
1	Aromáticos
1	Parafinas
1	Turboexpander
2	Etileno I y II
2	Polietileno
1	Nitrógeno
1	Plantas de Especialidades
3	Recuperación de Azufre
1	Tratamiento de Aguas Ácidas
1	Tratamiento de Aguas Residuales



IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la importancia que en la planta de parafinas juegan los reactores en las revisiones se ha notado que cuentan con 37 años de servicio y su metalurgia se encuentra degradada. Mediante inspecciones del ICP y GCB en el 2003 se encontraron 40 grietas respectivamente, para el caso del R1121 (C1/2Mo) se identificaron 24 superficiales en el metal base en juntas longitudinales y circunferenciales y 16 grietas embebidas longitudinales y circunferenciales. Estas grietas tienen longitudes de 8", 6.7" y 0.43", 0.38" de profundidad respectivamente, para el caso del R1101 (2 1/4 Cr 1 Mo) se presentan 21 grietas circunferenciales y 19 longitudinales en longitudes de 13" y 27" las mas criticas y profundidad de hasta 0.826", las cuales superan el tamaño critico de grieta, donde el equipo presentaría fugas antes de fractura. Este parámetro ubica los defectos en la zona de probabilidad de ocurrencia de propagación rápida e inestable de la grieta. Según el análisis de *Fitness for Service* del 2003 todas las grietas estaban en el rango de operación segura. ECOPETROL – GRB. Planta de parafinas. Redacción por observación de los ingenieros autores del proyecto que laboran en dicha planta.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

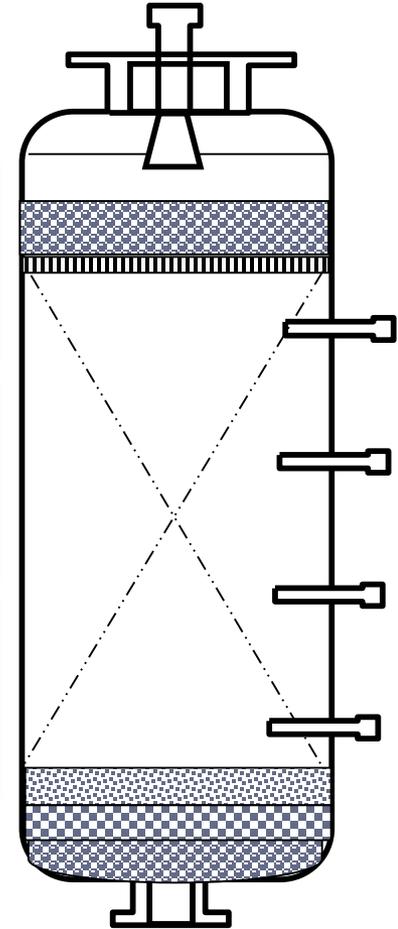
DEGRADACION DE LA METALURGIA DE LOS REACTORES

R1101 - R1111A/B Y R1121

Ataque por hidrógeno a alta temperatura (HTHA) debido a: Material susceptible (C-Mo)

La metalurgia actual 2 1/4Cr 1 Mo es susceptible a fragilización por revenido.

Efecto combinado de fatiga térmica debido a gran cantidad ciclos de parada-arrancada durante los 10 años que estuvo fuera de servicio el C1101/02B





JUSTIFICACIÓN

Es de vital importancia la revisión de los reactores de la planta de parafinas puesto que debido a los años de funcionamiento, éstos han ido degradando su metalurgia, lo cual ha permitido que se generen grietas que pueden provocar una ruptura del reactor permitiendo fugas de materia, esto generaría pérdidas económica a la empresa ya que se pasa a tener un lucro cesante por la no utilización de las plantas hidrotratadoras.

Se quiere reponer estos equipos realizando el mínimo de modificaciones dimensionales exteriores, de tal forma que tengan un impacto mínimo en las facilidades actuales de soportación civil, tubería, instrumentos y eléctrico. Lo anterior con el ánimo de minimizar tiempos en el montaje, ingeniería y fabricación lo que generará un tiempo mínimo en la reposición de estos equipos.



OBJETIVOS DEL PROYECTO

- ✓ Llevar la confiabilidad en la operación al 100% de los reactores R1101, R1111 A/B y R1121 cumpliendo con objetivos de ECOPETROL S.A de preservar y asegurar la integridad del personal, previniendo cualquier tipo de accidente catastrófico por las grietas en el cuerpo de los reactores.
- ✓ Asegurar la operación de la unidad que asegure la entrega de producto terminado en el negocio de las bases parafinas y ceras de la refinería.
- ✓ Eliminar el riesgo de parada de planta por posibles daños en los reactores causadas por la degradación de materiales al cabo de los 37 años de servicio.
- ✓ Mitigar el riesgo de afectación a las personas, al ambiente y a los activos de ECOPETROL S.A.



ALINEACIÓN CON LA ESTRATEGIA DEL NEGOCIO

- ✓ Optimiza la disponibilidad y calidad de aceites y ceras parafínicas media, liviana y Bright Stock.
- ✓ Mayor cubrimiento de la demanda de productos y búsqueda de nuevas oportunidades de mercado.
- ✓ Cumplir con el plan de producción, maximizando la eficiencia.
- ✓ Optimización de los costos operacionales del proceso.
- ✓ Aumentar la confiabilidad operacional.
- ✓ Asegurar la satisfacción del cliente en términos de producto



ALCANCE GENERAL

Reposición de los reactores de la planta de Hidrotratamiento de la Planta de Parafinas. Esta reposición comprende el desmonte, Izaje y Montaje (instalación) de los Reactores R-1111 A/B, R-1101 y R-1121, Instalación de tubería, equipos de Instrumentación y sus acometidas e Instalaciones Eléctricas (alumbrado y tomas trifásicos), cuyo fin sea optimizar la logística en el montaje, ingeniería y fabricación, lo que generará una reducción del tiempo de reposición del equipo y en consecuencia en la parada de la planta.



RESTRICCIONES DEL PROYECTO

- ❖ Los reactores son equipos de larga entrega y altamente especializados, esto como consecuencia de las características especiales de metalurgia.
- ❖ El proyecto debe ejecutarse con firmas contratistas que tengan experiencia en el montaje y puesta en servicio de equipos similares.
- ❖ De los posibles riesgos que se pueden tener con ocasión del transporte de los reactores se tiene demoras en la llegada de la carga, dificultades en la nacionalización, tipo de embalaje realizado que exija su ubicación en un lugar de condiciones especiales atmosféricas.
- ❖ En la elaboración de las especificaciones técnicas deben considerar todos los aspectos que afectan el contrato tales como contratación con terceros, riesgos de seguridad industrial, Análisis de Precios Unitarios (APU) y cotizaciones.



ESTRATEGIA TECNOLÓGICA

Para la reposición de los reactores, se evaluaron las mejores propuestas según el tipo de materiales y normas bajo los cuales se debían construir, basados en las dimensiones generales de los reactores existentes. La metalurgia de los reactores bajo los cuales fueron construidos es: 2 ¼ Cr 1 Mo CLAD 304 ASME SEC 8 DIV 1.

Para la evaluación de alternativas de las especificaciones del material, las opciones que se analizaron fueron:

- a. SA 387 Gr. 22 (2 1/4Cr 1Mo) CLAD 347 ASME SECC 8 DIV 1, API 934
- b. SA 387 Gr. 22 (2 1/4Cr 1Mo) CLAD 347 ASME SECC 8 DIV 2, API 934
- c. SA387 Gr. 22 y Gr 11 CLAD 347 ASME SECC 8 DIV 1

Para la reposición de los reactores R-1111A/B, R-1101 y R-1121 se seleccionó la Alternativa SA 387 Gr. 22 (2 1/4Cr 1Mo) CLAD 347 ASME SECC 8 DIV 2, API 934, lo anterior se soportó con DEP 31.22.20.31-Gen. March 2001 CHOICE BETWEEN DIVISION 1 AND DIVISION 2, con consultas técnicas a especialistas y revisión de normas técnicas.



ALCANCE POR ESPECIALIDADES

ESPECIALIDAD ELECTRICA

- Asegurar una intensidad mínima de iluminación en la base y en las tres plataformas siguientes de 500 luxes.
- Contar con mínimo una toma para iluminación tipo FSQC230 y una toma de soldadura tipo FSQC5640 de Crouse Hinds.
- Garantizar el correcto aterrizaje de los equipos y elementos necesarios, partiendo desde la platina de tierras ubicada en la base.
- La tubería conduit metálica tipo RIGID METAL CONDUIT, Norma ANSI C80.1 deberá tenderse en tramos horizontales o verticales



ESPECIALIDAD ESTATICO

- Instalar del aislamiento térmico principal en los Reactores y en las líneas de transmisión de vapor.
- Suministrar, prefabricar, construir y montar las nuevas adecuaciones e interconexiones de tubería.
- Fabricar e instalar de facilidades para descargue de catalizador (pierna).
- Seguir y verificar la construcción de los reactores de acuerdo a los data sheet enviados por ECP





ALCANCE POR ESPECIALIDADES

ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

- Instalar termocuplas tipo E y sus respectivos termo posos, que van cableadas hasta el cuarto satélite sur de la planta.
- Instalar de transmisores de presión, que van cableadas hasta el cuarto satélite sur de la planta, las señales deben llegar a las tarjetas de entrada/salida del DCS, referencia FMB43 (comunicación Foxcom)
- Todos los transmisores de temperatura y presión requieren repetidor, y serán instalados en la base de los reactores.



ESPECIALIDAD CIVIL

- Retirar del fireproofing en la parte interna del Skirt.
- Retirar el grout nivelación existente, realizar limpieza a los pernos e inspeccionar, retirar los equipos existentes y montar los nuevos equipos
- Aplicar un espesor de 25 mm de Grout de nivelación.
- Instalar el fireproofing de acuerdo con el estándar de ECOPETROL
- Construcción de bases de cimentación en concreto reforzado para las estructuras metálicas y soportes de tubería y donde se requiera de acuerdo a la nueva ingeniería





ASPECTOS AMBIENTALES

Impacto del proyecto sobre el aire, agua, tierra (ruido y otros)

El proyecto no causará impactos ambientales nuevos, simplemente se presentarán impactos ambientales inherentes a la etapa de construcción.

Determinación y aplicación de permisos ambientales en vigencia

La Planta cuenta actualmente con los permisos ambientales vigentes para operar. El proyecto no requiere permisos ambientales para el montaje de los reactores.

Localización del sitio muy próxima a un asentamiento urbano

El proyecto se llevará a cabo dentro de las instalaciones de la Refinería y la ubicación de la Planta de Parafinas se encuentra distante de asentamientos urbanos.

Supervisión del agua subterránea local.

El Proyecto no contempla actividades que afecten negativamente el subsuelo y por lo tanto no se impactarán las aguas subterráneas de la Planta.



ASPECTOS AMBIENTALES

Requerimientos de contención

En la etapa de construcción se contemplará canalizar los residuos líquidos de lavado hacia el alcantarillado de aguas aceitosas y los residuos sólidos se contendrán en tabiques de madera.

Evaluación del estado del PMA

En la Ejecución del Proyecto se diseñará un Plan de Manejo Ambiental (PMA) específico para las actividades que se realizarán durante construcción y durante la operación se regirá por los parámetros establecidos en el Plan de Manejo Ambiental de la GRB

Evaluación del estudio del impacto ambiental

En la Ejecución del Proyecto se construirá la matriz de aspectos e impactos ambientales de las diferentes actividades durante la construcción, siguiendo lo establecido en el procedimiento de Ecopetrol ECP-DRI-P-020 "Identificación y evaluación de Aspectos e Impactos Ambientales".

Evaluación del estado de los planes de contingencia en la etapa de construcción y operación.

En la Ejecución del Proyecto se establecerán los planes de contingencia que se requieran para la etapa de construcción y operación de los reactores, los cuales estarán alineados al Plan de Manejo Emergencias de la GRB, GRB-DHS-M-002.



EVALUACIÓN FINANCIERA



Evaluación Financiera con Flujo de Caja Libre

Proyectos de Crecimiento
Proyectos de Optimización
Adquisición, fusión y nuevos negocios

Evaluación Financiera con Factor J

Proyectos de continuidad Operativa: Ejemplo Reposición de equipos, Compra de Software y hardware

Evaluación Financiera con Tarifa

Proyectos de Construcción de Infraestructura de Transporte



EVALUACIÓN FINANCIERA

La herramienta empleada para la evaluación financiera de Factor J es un formato de hoja de cálculo de Microsoft Excel. El “Formato de Evaluaciones Financieras de Factor J” es la guía para la estructuración del modelo financiero de los Proyectos de Inversión de Continuidad Operativa (ICOS) y es requerido para la maduración de los proyectos.

En términos generales, una evaluación de Factor J, consiste en determinar los beneficios marginales que se obtendrían frente a un estado o situación actual sin proyecto. Por consiguiente, al realizar este tipo de evaluaciones es necesario considerar dos escenarios:

- a) Análisis sin proyecto (situación actual)
- b) Análisis con proyecto



EVALUACIÓN FINANCIERA

En la herramienta de evaluación financiera de Factor J, es necesario considerar los siguientes aspectos:

**Pérdidas
potenciales por la
no realización del
proyecto**

**Costos de
mantenimiento,
operación con
proyecto**

**Tasa de descuento
(costo de
oportunidad
ECOPETROL S.A).**

**Mitigación de
riesgos de
pérdidas
potenciales**

**Vida útil del
proyecto**

**TRM (bases de
portafolio de
inversiones)**

**Costos de
mantenimiento,
operación sin
proyecto**

**Limite Económico
del Campo
(cuando aplique)**

**Precios de los
productos crudos
y refinados**



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez que se han ingresado a la hoja de cálculo los datos necesarios para su funcionamiento, y se hayan determinado las variaciones de cada una de las respectivas variables, se obtendrán los siguientes resultados:

Relación Beneficio/Costo	
Análisis de Sensibilidad +	
Análisis de Sensibilidad -	
Análisis de Sensibilidad Crítico	

El Factor J se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Factor J} = \frac{(\text{VPN Riesgo Base} - \text{VPN con Proyecto})}{\text{VPN Inversión}}$$

El análisis de sensibilidad consiste en determinar la variación del Factor J ante variaciones porcentuales de la inversión, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Sensibilidad Factor J} = \frac{(\text{VPN Riesgo Base} - \text{VPN con Proyecto})}{\text{VPN Inversión} * (1 \pm \% \text{Sensibilidad})}$$



PÉRDIDAS POTENCIALES POR LA NO REALIZACIÓN DEL PROYECTO

CARGA DE LAS UNIDADES

U1100 - Destilados Parafinicos			
	BPDC	BPDO	B/Hr.
Liviano	698	2192	91
Medio	380	2218	92
Pesado	274	2419	100
“Bright Stock”	468	2161	90

U-1100 (Tratamientos de Ceras)

t = Tiempo Reposición - (# días almacenamiento)

t = (9meses)*(30Días) - (3 Días)

t = 267 días Perdidas

U-1110 Destilados Naftenicos.			
	BPDC	BPDO	B/Hr.
Medio	993	2117	88
Pesado	993	2117	88

U-1110 (Tratamientos de Destilados Naftenicos)

t = Tiempo Reposición - (# días almacenamiento)

t = (9meses)*(30Días) - (3 Días)

t = 267 días Perdidas

U-1120 Parafina			
	BPDC	BPDO	B/Hr.
Liviana	504	1583	66
Media	293	1714	71
Pesada	116	1200	50
Micro Cristalina	199	1200	50

U-1120 (Tratamiento Parafinico)

t = Tiempo Reposición - (# días almacenamiento)

t = (9meses)*(30Días) - (6 Días)

t = 264 días Perdidas

Fuente: "MANUAL DE OPERACIONES PARA LAS UNIDADES DE TRATAMIENTOS CON H2 DE LA PLANTA DE PARAFINAS Y BASES LUBRICANTES U-1100, U-1110, U-1120"



PÉRDIDAS POTENCIALES POR LA NO REALIZACIÓN DEL PROYECTO

Costos de Pérdidas por Disponibilidad de las Plantas

Unidad	Destilados Parafinicos		Tiempo Estimado	Perdidas por	Costos de las Perdidas por Disponibilidad (KSUD)															
	BPD	Dias			Barriles	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
U-1100		698	267	186,366	20,404.7	20,636.7	20,862.1	21,080.2	21,290.1	21,491.0	21,681.8	21,861.6	22,029.3	22,183.7	22,323.7	22,447.9	22,554.9	22,643.4	22,711.8	22,800.9
	Precio del producto en USD*				109.5	110.7	111.9	113.1	114.2	115.3	116.3	117.3	118.2	119.0	119.8	120.5	121.0	121.5	121.9	122.3
		380	267	101,460	14,684.3	14,891.6	15,097.3	15,301.0	15,502.5	15,701.2	15,896.7	16,088.4	16,275.9	16,458.7	16,636.0	16,807.2	16,971.7	17,128.8	17,277.6	17,598.9
	Precio del producto en USD*				144.7	146.8	148.8	150.8	152.8	154.8	156.7	158.6	160.4	162.2	164.0	165.7	167.3	168.8	170.3	173.5
		468	267	124,956	15,709.5	15,987.2	16,270.0	16,557.9	16,851.2	17,149.8	17,453.9	17,763.6	18,079.0	18,400.2	18,727.3	19,060.4	19,399.6	19,745.0	20,096.8	20,590.6
Precio del producto en USD*				125.7	127.9	130.2	132.5	134.9	137.2	139.7	142.2	144.7	147.3	149.9	152.5	155.3	158.0	160.8	164.8	
TOTAL KUSD					50,798.6	51,515.5	52,229.3	52,939.2	53,643.8	54,342.0	55,032.4	55,713.7	56,384.2	57,042.6	57,686.9	58,315.4	58,926.2	59,517.2	60,086.2	60,990.5

Unidad	Destilados Naftenicos		Tiempo Estimado	Perdidas por disponibilidad	Costos de las Perdidas por Disponibilidad (KSUD)															
	BPD	Dias			Barriles	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
U-1110		993	267	265,131	29,028.5	29,358.5	29,679.2	29,989.5	30,288.1	30,573.8	30,845.3	31,101.1	31,339.6	31,559.3	31,758.4	31,935.1	32,087.5	32,213.4	32,310.7	32,437.5
	Precio del producto en USD*				109.5	110.7	111.9	113.1	114.2	115.3	116.3	117.3	118.2	119.0	119.8	120.5	121.0	121.5	121.9	122.3
	TOTAL KUSD					29,028.5	29,358.5	29,679.2	29,989.5	30,288.1	30,573.8	30,845.3	31,101.1	31,339.6	31,559.3	31,758.4	31,935.1	32,087.5	32,213.4	32,310.7

Unidad	Parafina		Tiempo Estimado	Perdidas por	Costos de las Perdidas por Disponibilidad (KSUD)															
	BPDC	Dias			Barriles	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
U-1120		504	264	133,056	20,536.3	20,409.5	20,280.0	20,147.7	20,012.6	19,874.6	19,733.6	19,589.5	19,442.2	19,291.6	19,137.6	18,980.2	18,819.3	18,654.7	18,486.3	18,230.3
	Precio del producto en USD*				154.3	153.4	152.4	151.4	150.4	149.4	148.3	147.2	146.1	145.0	143.8	142.6	141.4	140.2	138.9	137.0
		293	264	77,352	12,244.9	12,169.3	12,092.1	12,013.2	11,932.6	11,850.3	11,766.3	11,680.3	11,592.5	11,502.7	11,410.9	11,317.1	11,221.1	11,123.0	11,022.6	10,932.9
	Precio del producto en USD				158.3	157.3	156.3	155.3	154.3	153.2	152.1	151.0	149.9	148.7	147.5	146.3	145.1	143.8	142.5	141.3
		199	264	52,536	9,564.0	9,504.9	9,444.6	9,383.0	9,320.1	9,255.8	9,190.1	9,123.0	9,054.4	8,984.3	8,912.6	8,839.3	8,764.3	8,687.7	8,609.3	8,510.1
Precio del producto en USD				182.0	180.9	179.8	178.6	177.4	176.2	174.9	173.7	172.3	171.0	169.6	168.3	166.8	165.4	163.9	162.0	
TOTAL KUSD					42,345.1	42,083.6	41,816.6	41,543.9	41,265.4	40,980.8	40,690.0	40,392.8	40,089.1	39,778.6	39,461.2	39,136.6	38,804.7	38,465.3	38,118.2	37,673.4

TOTAL KUSD (U-1100 + U-1110 + U-1120)	122,172.2	122,957.6	123,725.2	124,472.6	125,197.3	125,896.6	126,567.7	127,207.5	127,812.9	128,380.5	128,906.5	129,387.2	129,818.4	130,195.9	130,515.1	131,101.3
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

* Nota: De acuerdo a la lista PRECIOS PRODUCTOS - LARGO PLAZO - Paridad Exportación GCB



COSTOS POR MANTENIMIENTO

Considerando que el tipo de falla que presentan los reactores es por deterioro y no es posible realizar reparación por el debilitamiento de los materiales No se consideran actividades de mantenimiento para los equipos hasta su sustitución.

Costo de inspección

Estos costos se basaron en los costos de Inspección referenciados en la OC 557756 de los Nuevos reactores R1101/R1121, por \$11.800 Euros (USD = \$16.732) y un incremento de 16% cada cuatro años sobre el valor de la última inspección.



INVERSIONES DE CAPITAL (CAPEX) DEL PROYECTO

Costos de la compra de equipos

RESUMEN DE COMPRA DE EQUIPOS			
	ITEM	DESCRIPCION	VALOR (KUSD)
COSTOS		REACTORES	\$ 7.489
	1	REACTOR R-1101	\$ 1.400
	2	REACTOR R-1111A	\$ 1.260
	3	REACTOR R-1111B	\$ 1.560
	4	REACTOR R-1121	\$ 3.269
	COSTO DIRECTO COMPRA REACTORES		\$ 7.489
TOTALES	COSTOS DE IMPORTACIÓN PARA ECOPETROL		23,26% \$ 1.742
	COSTO TOTAL DE COMPRA REACTORES		\$ 9.231

Cronograma de pagos de los reactores

CRONOGRAMA DE PAGOS DE LOS REACTORES					
OC	ITEM	% PAGO	DESCRIPCION	VALOR/EURO	FECHA SEGUN OC
OC 557756 (2010)	ítem 1	10%	Aceptación de la OC	€ 528.126	Jun-10
	ítem 2	20%	Entrega de PDT y planos para aprobación	€ 1.056.252	Ago-10
	ítem 3	24.59%	Entrega de OC de materiales	€ 1.298.662	Dic-10
OC 557774 (2011)	ítem 1	25.41%	Avance 70% fabricación	€ 1.341.968	Mar-11
	ítem 2	20%	Después de entrega de equipos	€ 1.056.252	Jul-11
TOTAL COMPRA EUROS				€ 5.281.260	
PAGOS USD AÑO 2010				USD 4.088.245	
PAGOS USD AÑO 2011				USD 3.400.755	
TOTAL COMPRA USD				USD 7.489.000	



INVERSIONES DE CAPITAL (CAPEX) DEL PROYECTO

Presupuesto de Construcción y Montaje

RESUMEN DEL PRESUPUESTO MONTAJE					
	ITEM	DESCRIPCION		VALOR/COP\$	PESO %
	COSTOS		GESTION DE COMPRAS		\$57.317.123
		GESTION DE COMPRAS	8%	\$57.317.123	
		SUMINISTROS:		\$716.464.040	3,06%
1		MECANICA		\$34.413.288	
2		ELECTRICOS		\$51.408.858	
3		CIVIL		\$1.759.968	
4		INSTRUMENTACION		\$336.131.249	
5		TUBERIA		\$292.750.677	
		CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE:			74,89%
1		ESPECIALIDAD MECANICA		\$6.536.177.500	28%
2		ESPECIALIDAD TUBERIA		\$9.386.802.291	40%
3		ESPECIALIDAD ELECTRICA		\$7.900.193	0%
4		ESPECIALIDAD INSTRUMENTACION		\$421.590.969	2%
5		ESPECIALIDAD CIVIL		\$397.788.852	2%
		COSTO DIRECTO CONSTRUCCION Y MONTAJE		\$17.524.040.968	
TOTALES		A.I.U. CONSTRUCCION Y MONTAJE	28%	\$4.906.731.471	20,97%
		ADMINISTRACIÓN	16%	\$2.803.846.555	
		IMPREVISTOS	5%	\$876.202.048	
		UTILIDAD	7%	\$1.226.682.868	
		SUB-TOTAL PRESUPUESTO DE OBRA (Sin IVA)		\$23.204.553.602	
		IMPUESTO AL VALOR AGREGADO IVA (Sobre Utilidad)	16%	\$196.269.259	0,84%
		COSTO TOTAL PRESUPUESTO DE OBRA (Incluido IVA)		\$23.400.822.860,8	100,00%



INVERSIONES DE CAPITAL (CAPEX) DEL PROYECTO

Para el presupuesto de montaje se aplicó una “contingencia” que es una cantidad presupuestada para cubrir costos que pueden resultar por condiciones imprevistas e imprevisibles, o incertidumbres, calculada como un porcentaje del costo total del presupuesto de montaje.

Presupuesto Final de Construcción y Montaje

“OBRAS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS REACTORES R-1111 A/B, R-1101 Y R-1121 EN LA PLANTA DE HIDROTRATAMIENTO DE BASES NAFTENICAS, CERAS Y PARAFINAS U-1110 Y U-1120 DE LA GRB DE ECOPEPETROL S.A.”

DESCRIPCIÓN	COP	KUSD
PRESUPUESTO MONTAJE	\$ 23.400.822.861	\$ 12.316
RESERVA CONTINGENCIAS 11.4%	\$ 2.661.843.600	\$ 1.401
VALOR TOTAL DEL PROYECTO MONTAJE	\$ 26.062.666.462	\$ 13.717



OTROS ASPECTOS CLAVES

Ciclo Vida del Producto

R1111A/B (2011 - 2036) 25 años
R1101/1121 (2011 - 2036) 25 años

TRM (bases de portafolio de inversiones)

2011 \$1900 COP

Tasa de descuento (costo de oportunidad ECOPETROL S.A).

11,1 % ea



RIESGO BASE (ANÁLISIS SIN PROYECTO)

TMR 11.1% EA. USD | TRM 1900

RIESGO BASE

Beneficios Económicos en KUSD (por equipo y falla)

Perdidas y Costos sin Proyecto	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad	-\$ 122,172	-\$ 122,958	-\$ 122,958	-\$ 123,725	-\$ 124,473	-\$ 125,197	-\$ 125,897	-\$ 126,568	-\$ 127,208	-\$ 127,813	-\$ 128,380	-\$ 128,906	-\$ 129,387	-\$ 129,818	-\$ 130,196	-\$ 130,515
Perdidas por energía																
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	-\$ 122,172	-\$ 122,958	-\$ 122,958	-\$ 123,725	-\$ 124,473	-\$ 125,197	-\$ 125,897	-\$ 126,568	-\$ 127,208	-\$ 127,813	-\$ 128,380	-\$ 128,906	-\$ 129,387	-\$ 129,818	-\$ 130,196	-\$ 130,515
Máxima probabilidad de ocurrencia	60%	70%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Perdidas brutas *probabilidad de ocurrencia	-\$ 73,303	-\$ 86,070	-\$ 110,662	-\$ 111,353	-\$ 112,025	-\$ 112,678	-\$ 113,307	-\$ 113,911	-\$ 114,487	-\$ 115,032	-\$ 115,542	-\$ 116,016	-\$ 116,448	-\$ 116,837	-\$ 117,176	-\$ 117,464
Costos de Inspección	-\$ 17				-\$ 19				-\$ 22				-\$ 26			
Costos de operación																
Costos de disposición																
Costos de parada																
Costos ambientales																
Costos de energía																
Flujo de caja	-\$ 73,320	-\$ 86,070	-\$ 110,662	-\$ 111,353	-\$ 112,044	-\$ 112,678	-\$ 113,307	-\$ 113,911	-\$ 114,509	-\$ 115,032	-\$ 115,542	-\$ 116,016	-\$ 116,474	-\$ 116,837	-\$ 117,176	-\$ 117,464
Flujo de caja con declinación	-\$ 73,320	-\$ 86,070	-\$ 110,662	-\$ 111,353	-\$ 112,044	-\$ 112,678	-\$ 113,307	-\$ 113,911	-\$ 114,509	-\$ 115,032	-\$ 115,542	-\$ 116,016	-\$ 116,474	-\$ 116,837	-\$ 117,176	-\$ 117,464
Declinación Anual de producción (porcentaje)	0%															

VPN Total Riesgo base sin declinación	-\$ 860,978
VPN Total riesgo base con Declinación	-\$ 860,978
VPN Riesgo base	-\$ 860,978



REPOSICIÓN DE LOS REACTORES (ANÁLISIS CON PROYECTO)

Distribución de la Inversión de Capital

PRESUPUESTO PROYECTO (KUSD)			
	2010	2011	2012
Compra R1101/R1121/R1111A/B	\$ 4,088	\$ 3,401	
Presupuesto Montaje (4) Reactores		\$ 12,345	\$ 1,372
NLe Impuestos de la compra		\$ 1,742	
TOTAL	\$ 4,088	\$ 17,488	\$ 1,372
TOTAL PRESUPUESTO PROYECTO KUSD			\$ 22,948

Costos de Perdidas de Disponibilidad y Confiabilidad. Para el año 2010 se debe considerar en el análisis el mismo costo de Perdidas de Disponibilidad y Confiabilidad que se describió en el análisis del Riesgo base (-\$ 73,303 KUSD) y para el año 2011 un valor proporcional del costo de Perdidas de Disponibilidad y Confiabilidad al periodo que va estar funcionando los reactores a reponer (9 meses) este valor es de 64,553 KUSD.



REPOSICIÓN DE LOS REACTORES (ANÁLISIS CON PROYECTO)

RIESGO CON PROYECTO

Inversiones en KUSD (por equipo)

TMR

11.1%

EA. USD

TRM

1900

Descripción de la Inversión	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingeniería																
Compras (Global para la actividad)	-\$ 4,088	-\$ 3,401														
Montaje (Global para la actividad)		-\$ 12,345	-\$ 1,372													
Nacionalización e Impuestos		-\$ 1,742														
Bruto (Global para la actividad)	-\$ 4,088	-\$ 17,488	-\$ 1,372	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo inicial de compra (Inversión inicial)	-\$ 20,941															
Costos de Inspección	-\$ 17					-\$ 19				-\$ 22				-\$ 26		
Costos de operación																
Costos de disposición																
Costos de parada																
Costos ambientales																
Costos de energía																
Pérdidas por disponibilidad y confiabilidad	-\$ 73,303	-\$ 64,553	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Pérdidas por energía																
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)	-\$ 73,303	-\$ 64,553	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
FLUJO DE CAJA	-\$ 77,408	-\$ 82,041	-\$ 1,372	\$ 0	\$ 0	-\$ 19	\$ 0	\$ 0	\$ 0	-\$ 22	\$ 0	\$ 0	\$ 0	-\$ 26	\$ 0	\$ 0

VPN del Riesgo con proyecto

-\$ 152,390



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

$$\text{Factor J} = \frac{(\text{VPN Riesgo Base} - \text{VPN con Proyecto})}{\text{VPN Inversión}}$$

VPN Riesgo Base	-860,978
VPN Riesgo Alternativa (KUSD)	-152,390
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	-20,941
Relación Beneficio/Costo (Factor J)	33.84

Para el caso base el factor J calculado es de 33.84, del análisis del Modelo determinístico básico se concluye que el proyecto de reposición es viable, ya que el factor J es superior a 1.

<i>Factor J < 1</i>	<i>Proyecto no conveniente (inversión mayor a los beneficios generados)</i>
<i>Factor J = 1</i>	<i>Proyecto no conveniente (inversión igual a los beneficios generados)</i>
<i>Factor J > 1</i>	<i>Proyecto conveniente (beneficios generados mayores a la inversión realizada)</i>



ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES

Cálculo del Factor J Sensibilidad Inversión + 30%

VPN Riesgo Base	-860.978
VPN Riesgo Alternativa (KUSD)	-158.672
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	-27.223
Relación Beneficio/Costo (Factor J)	25,80

Cálculo del Factor J Sensibilidad Inversión - 20%

VPN Riesgo Base	-860.978
VPN Riesgo Alternativa (KUSD)	-148.202
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	-16.752
Relación Beneficio/Costo (Factor J)	42,55

Análisis de Sensibilidad Crítico. El análisis de sensibilidad crítico nos indica que la inversión debe aumentar un 3284% para que la relación beneficio/costo (Factor J) sea 1

$$\text{Sensibilidad Crítico} = \left(\frac{(\text{VPN Riesgo Base} - \text{VPN con Proyecto})}{\text{VPN Inversión}} - 1 \right) \times 100$$

VPN Riesgo Base	-860,978
VPN Riesgo Alternativa (KUSD)	-152,390
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	-20,941
Análisis de Sensibilidad Crítico	3284%

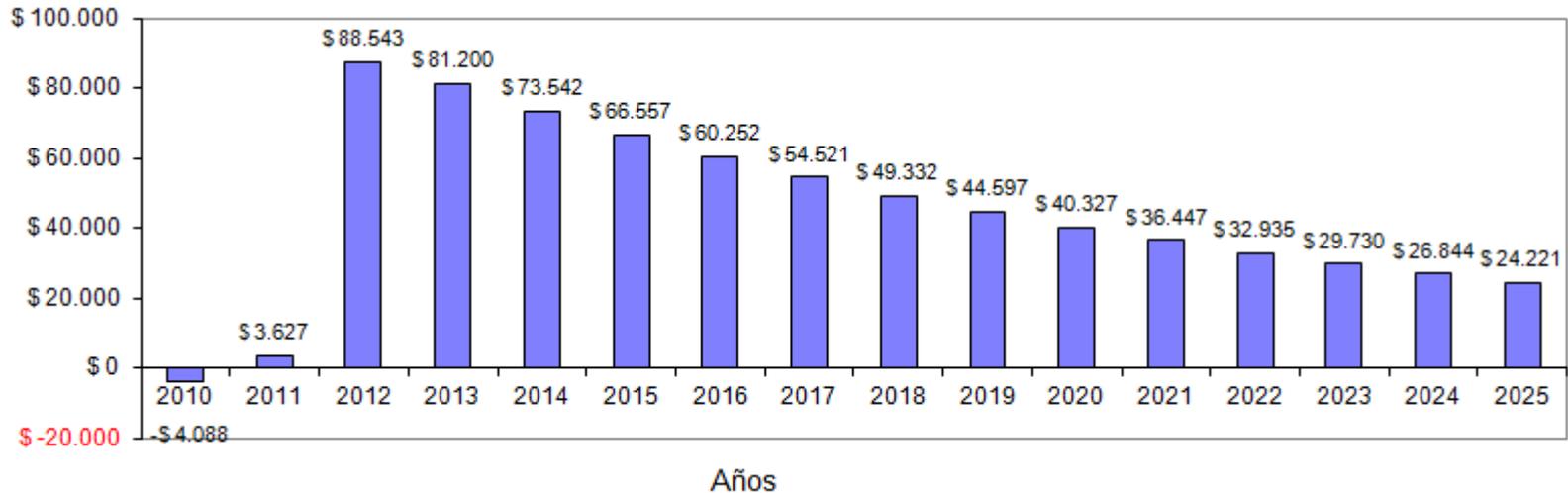


ANÁLISIS INCREMENTAL DEL PROYECTO

El análisis incremental representa el ahorro logrado, si el proyecto es viable el valor debe ser positivo, se calcula restando el flujo de caja de la alternativa propuesta (reposición de los Reactores) del flujo de caja del riesgo base, obteniéndose un nuevo flujo de caja. Este flujo de caja se lleva a Valor Presente Neto, obteniéndose el ahorro de la alternativa propuesta respecto a la base o situación actual.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riesgo base	\$-73.320	\$-77.471	\$-89.654	\$-81.200	\$-73.542	\$-66.568	\$-60.252	\$-54.521	\$-49.332	\$-44.606	\$-40.327	\$-36.447	\$-32.935	\$-29.737	\$-26.844	\$-24.221
Riesgo con proyecto	\$-77.408	\$-73.844	\$-1.111	\$0	\$0	\$-11	\$0	\$0	\$0	\$-9	\$0	\$0	\$0	\$-7	\$0	\$0
Análisis incremental	\$-4.088	\$3.627	\$88.543	\$81.200	\$73.542	\$66.557	\$60.252	\$54.521	\$49.332	\$44.597	\$40.327	\$36.447	\$32.935	\$29.730	\$26.844	\$24.221

Valor presente neto del análisis incremental **\$ 708.587,75**





CONCLUSIONES

- ✓ Según la valoración técnica los reactores de la planta de parafinas, por los 37 años de puesta en servicio han sufrido una metalurgia degradada, presentando fugas en el proceso, y se estima una vida residual del equipo de 70000 horas (8 años). Es decir se espera que el equipo trabaje en modo seguro hasta el Año 2011.
- ✓ El estudio técnico y de riesgos arrojó que la mejor alternativa es reponer estos equipos realizando el mínimo de modificaciones dimensionales exteriores, de tal forma que tengan un impacto mínimo en las facilidades actuales de soportación civil, tubería, instrumentos y eléctrico. Lo anterior con el ánimo de minimizar tiempos en el montaje, ingeniería y fabricación lo que generara un tiempo mínimo en la reposición de estos equipos.
- ✓ Se evaluaron las mejores propuestas según el tipo de materiales y normas bajo los cuales se debían construir los reactores, basados en las dimensiones generales de los reactores existentes. La metalurgia de los reactores bajo los cuales fueron construidos es: 2 ¼ Cr 1 Mo CLAD 304 ASME SEC 8 DIV 1. y la nueva Metalurgia propuesta es SA 387 Gr. 22 (2 1/4Cr 1Mo) CLAD 347 ASME SECC 8 DIV 2, API 934, lo anterior se soportó con DEP 31.22.20.31-Gen. March 2001 CHOICE BETWEEN DIVISION 1 AND DIVISION 2, con consultas técnicas a especialistas y revisión de normas técnicas.
- ✓ Con la reposición de los reactores se mejorará la calidad en el proceso en la obtención de bases lubricantes y ceras parafinicas óptimas para el mercado objetivo con muy buenas propiedades físicas, obteniendo una producción permanente y estable de las mismas.



CONCLUSIONES

- ✓ Las principales restricciones del proyectos son larga entrega de los equipos debido a que los reactores son de fabricación altamente especializados, esto como consecuencia de las características especiales de metalurgia y los posibles riesgos potenciales que se pueden liberar con ocasión del transporte de los reactores como por ejemplo demoras en la llegada de la carga, dificultades en la nacionalización, tipo de embalaje realizado que exija su ubicación en un lugar de condiciones especiales atmosféricas.
- ✓ Desde el punto de vista ambiental no se presentarán impactos negativos debido a que se cuenta con la licencia respectiva, los trabajos a realizar no están cercanos a asentamientos urbanos, los residuos líquidos son canalizados al sistema de alcantarillado de aguas aceitosas, los residuos sólidos de contienen en tabiques de madera, extendiendo la información al respectivo recurso humano de tal forma que se establezca la respectiva mitigación de riesgos ambientales.
- ✓ En ECOPETROL S.A. se aplican tres metodologías de evaluación financiera, una de ellas es el Factor J que se utiliza para establecer una comparación relativa de los beneficios marginales de un proyecto, generados por una inversión de capital. La reposición de los reactores según las bases del portafolio de Ecopetrol es una Inversión de Continuidad Operativa, y para este tipo de Inversiones se aplica el Factor J como herramienta del análisis financiero.

$$\text{Factor J} = \frac{(\text{VPN Riesgo Base} - \text{VPN con Proyecto})}{\text{VPN Inversión}}$$



CONCLUSIONES

- ✓ Para el cálculo del presupuesto Total de montaje se aplicó una “contingencia” que es una cantidad presupuestada para cubrir costos que pueden resultar por condiciones imprevistas e imprevisibles, o incertidumbres, para esta Contingencia se utilizó la metodología desarrollada por la Asociación para el Avance en la Ingeniería de Costos (AACE) y que está basada en el Índice FEED (*Front-End Engineering Definition*) que correlaciona el grado de definición de los entregables técnicos del proyecto con una base de datos de la contingencia para más de 2500 proyectos tipo en la industria del *Oil&Gas* desde 1998.
- ✓ En la siguiente Tabla se resume el presupuesto total de la reposición de los Reactores R-1101, R-1111A/B y R-1121 en Miles de Millones de Pesos Colombianos y en Miles de Dólares americanos.

PROYECTO "OBRAS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS REACTORES R-1111 A/B, R-1101 Y R-1121 EN LA PLANTA DE HIDROTRATAMIENTO DE BASES NAFTENICAS, CERAS Y PARAFINAS U-1110 Y U-1120 DE LA GRB DE ECOPETROL S.A"		
	MMCOP	KUSD
Compra R1101/R1121/R1111A/B	\$14.229	\$7.489
Montaje (4) R1101/R1121/R1111A/B	\$26.063	\$13.717
Nacionalización/Impuestos	\$3.310	\$1.742
TOTAL	\$43.602	\$22.948



CONCLUSIONES

- ✓ Para la interpretación de los resultados del análisis financiero del proyecto se aplicaron 3 tipos de análisis, el primero que es el modelo básico determinístico, otro probabilístico que es el de sensibilidades (+30% y 20%) y el análisis incremental que representa el ahorro de la alternativa propuesta (reposición de los reactores) respecto a la base o situación actual. En la siguiente tabla se resume los análisis adelantados en la monografía.

SENSIBILIDADES A LA INVERSIÓN			
INDICADOR	INVERSIÓN -20%	MODELO BÁSICO	INVERSIÓN +30%
VPN INVERSIÓN (KUSD)	\$ 16,752.43	\$ 20,940.54	\$ 27,222.70
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (FACTOR J)	42.55	33.84	25.80
ANÁLISIS CRITICO DE SENSIBILIDAD	3284%		
VPN ANÁLISIS INCREMENTAL (KUSD)		\$ 708,588	
FACTOR	0,8	1.00	1.3

- ✓ La conclusión definitiva del análisis financiero es que el proyecto es factible y de suma importancia para el Futuro de la planta de Parafinas, con un Factor J de 33.84 y un ahorro de 708,59 millones de dólares en el periodo considerado de 15 años para el estudio.



MUCHAS GRACIAS