



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA QUÍMICA – INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA FEL Y PMI PARA EL ANÁLISIS DE UN  
PROYECTO DE REFINACIÓN

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
I. Q. CELIA DEL CARMEN DE LA CRUZ BARBA

TUTOR PRINCIPAL  
ING. CELESTINO MONTIEL MALDONADO  
LSyOP - FACULTAD DE QUÍMICA

Ciudad Universitaria, CD. MX

Marzo, 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M. C. Leticia Lozano Ríos  
Secretario: M. I. Ezequiel Millan Velasco  
Vocal: MBA. Elisa Guinea Corres  
1er. Suplente: DR. José Sabino Sámano Castillo  
2do. Suplente: ING. Celestino Montiel Maldonado

Lugar donde se realizó la tesis: LSyOP – FAQ. QUÍMICA - UNAM

**TUTOR DE TESIS:**

ING. CELESTINO MONTIEL MALDONADO

-----  
**FIRMA**

## AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por permitirme terminar otro capítulo.

A mi madre, gracias por tu paciencia, y por seguir creyendo en mí.

A mis hermanos, Moy, Esther, Claus, Esteban, por compartir buenos y malos momentos juntos. Gracias por todo.

A mis sobrinos, David, Hiram, Gamaliel y Caleb, a quienes amo infinitamente, y me permiten divertirme con ustedes.

A Ericka, muchas gracias por alentarme a seguir adelante.

A Viri, mi hermana de chinos, tu amistad me levanta.

A mis amigos, familiares y compañeros agradezco su apoyo, su amor, su paciencia, y su forma de demostrarme que están conmigo en todo momento.

A quienes ya no están, pero creían firmemente que yo podía lograrlo. Los extraño.

# CONTENIDO

Resumen/Abstract	
Introducción	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
Capítulo I. Antecedentes	4
1.1. La reconfiguración de la Refinería de Minatitlán, Veracruz.	4
1.1.1. Naturaleza del Proyecto	4
1.2. Planta de Coquización Retardada	7
1.2.1. Sección de Coquización	8
1.2.2. Sección de Fraccionamiento	10
1.2.3. Manejo de Coque	15
1.2.4. Unidad Regeneradora de DEA de Coquización (U-50000)	15
Capítulo II. Metodología FEL y PDRI	20
2.1. Metodología FEL	20
2.1.1. Etapas de FEL	21
2.1.1.1. FEL I (Visualización)	22
2.1.1.2. FEL II (Conceptualización)	23
2.1.1.3. FEL III (Definición del Proyecto)	23
2.1.2. Costo en la Estructura FEL	24
2.1.3. La contingencia en la Metodología FEL	25
2.1.4. El Riesgo en la Metodología FEL	26
2.1.5. PMI	27
2.1.6. ¿Qué es la Gestión del Proyecto?	28
2.2. Project Definition Rating Index (PDRI)	30
2.2.1. Puntuación del PDRI	32
Capítulo III. Aplicación de la Metodología FEL Y PDRI	33
3.1. FEL I	33
3.1.1. Proyecto	33
3.1.1.1. Descripción del Proyecto	33
3.1.1.2. Justificación del Proyecto	33

3.1.1.3. Recursos	34
3.1.2. Bases de Usuario	34
3.1.3. Objetivo del Proyecto	35
3.1.4. Alternativas del Proyecto	35
3.1.4.1. Coquización Retardada	35
3.1.4.2. Coquización Fluida	36
3.1.4.3. Flexicoquización	37
3.1.5. Alternativas de Sitio del Proyecto	38
3.1.6. Alcance Preliminar	40
3.1.7. WBS	40
3.1.8. Programa Preliminar del Proyecto	42
3.1.9. Estimado de Costo Clase V	44
3.2. FEL II	45
3.2.1. Proyecto	45
3.2.1.1. Selección de Sitio	45
3.2.1.2. Estudios Preliminares	46
3.2.1.3. Selección de Proceso y Tecnología	47
3.2.2. Bases de Diseño	49
3.2.3. Alcance	50
3.2.4. Ingeniería Básica	51
3.2.5. Estimado de Costos Clase IV	56
3.2.6. Identificación de Riesgos	56
3.2.6.1. Plan de Respuesta de Riesgos	62
3.3. FEL III	64
3.3.1. Proyecto	64
3.3.1.1. Alcance	64
A) Alcance del Proyecto	64
B) Alcance de las instalaciones	66
3.3.2. WBS	67
3.3.3. Programa	86
3.3.3.1. Ruta Crítica	86

3.3.4. Estimado de Costos Clase II	91
3.4. PDRI	92
3.4.1. PDRI en la planta coquizadora	93
Capítulo IV. Análisis del Proyecto de la Planta Coquizadora	98
4.1. Resultados de FEL	98
4.2. PDRI en la planta coquizadora	102
Capítulo V. Conclusiones	103
Capítulo VI. Bibliografía	105
Anexo A. Identificación y Análisis del Proyecto de la Planta Coquizadora	108

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Paquetes de IPC y HD de la Reconfiguración	6
Tabla 2. Puntuación de PDRl para cada categoría	32
Tabla 3. Estimado de costo Clase V	44
Tabla 4. Localización de la planta	45
Tabla 5. Entregables de Ingeniería por disciplinas	52
Tabla 6. Estimado de Costo clase IV	56
Tabla 7. Identificación de Riesgos	57
Tabla 8. Valor Numérico de la Probabilidad de Riesgos	58
Tabla 9. Tipo de Riesgo de acuerdo a su probabilidad	58
Tabla 10. Clasificación de los riesgos de proyecto	60
Tabla 11. Plan de respuesta a riesgos	63
Tabla 12. WBS de la planta de coquización retardada de la reconfiguración de la refinería de Minatitlán, Veracruz	72
Tabla 13. Hitos del proyecto de la planta coquizadora	86
Tabla 14. Estimado de Costos Clase II	91
Tabla 15. PDRl de la planta de coquización retardada	95
Tabla 16. Fechas Clave del Proyecto	100
Tabla 17. Estimado de Costo durante FEL	100
Tabla 18. Resumen de planta de coquización retardada	101
Tabla 19. Programa financiero de la reconfiguración de la refinería	108
Tabla 20. Programa de avance físico de la reconfiguración de la refinería	109
Tabla 21. Producción de la reconfiguración de la refinería	115



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo del proceso de coquización retardada	8
Figura 2. Sección de Coquización	9
Figura 3. Sección de Fraccionamiento	14
Figura 4. Etapas de un proyecto de acuerdo a la estructura FEL	21
Figura 5. Etapas de la estructura FEL en un proyecto	22
Figura 6. Influencia y Gastos a través del tiempo del proyecto	24
Figura 7. Contingencia por cada etapa	25
Figura 8. Reducción del Riesgo del Proyecto durante la estructura FEL y la ejecución de fases	27
Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de coquización retardada	36
Figura 10. Diagrama de flujo de proceso de coquización fluida	37
Figura 11. Diagrama de Flujo del proceso de flexicoquización	38
Figura 12. Mapa de la refinería de Minatitlán, Veracruz	39
Figura 13. WBS Preliminar del Proyecto	41
Figura 14. Programa Preliminar del Proyecto	43
Figura 15. Localización de la planta de coquización retardada	46
Figura 16. Diagrama de proceso de coquización retardada	48
Figura 17. WBS Estructura de Descomposición del trabajo parte 1	68
Figura 18. WBS Estructura de Descomposición del trabajo parte 2	69
Figura 19. WBS Estructura de Descomposición del trabajo parte 3	70
Figura 20. WBS Estructura de Descomposición del trabajo parte 4	71
Figura 21. Programa Preliminar del Proyecto parte 1	87
Figura 22. Programa Preliminar del Proyecto parte 2	88
Figura 23. Programa Preliminar del Proyecto parte 3	89
Figura 24. Programa Preliminar del Proyecto parte 4	90

## RESUMEN

En este trabajo se desarrolla de una manera general la metodología FEL para una planta de la refinería de Minatitlán, Veracruz: planta de coquización retardada. Esta planta fue presupuestada por la empresa contratista en \$ 317,900,000.00 USD. Durante el desarrollo de cada una de las etapas de FEL, se obtuvo un estimado de costo que se iba aproximando al estimado por el contratista. Al comparar el estimado de costo obtenido en FEL III (\$ 310,656,667.00 USD) vs el estimado de la empresa contratista, se observa que la diferencia es menor al 5%.

Además, se realizó PDRI a fin de observar si el desarrollo de la planta fue exitoso. La puntuación fue de 204 puntos, esto quiere decir que, a pesar de que hubo un programa bien planeado para la ejecución del proyecto, se presentaron algunos contratiempos que perjudicaron en costo y tiempo de entrega del proyecto.

Esta planta en la refinería tardó más de 3 años en toda su ejecución, debido a todos los problemas que se presentaron, provocando incrementos en el costo total (\$ 418,700,000.00 USD) e incremento en el tiempo de ejecución del proyecto (de 38 meses a 95 meses).

*Palabras clave:* FEL, metodología, estimado de costos, costo, Ingeniería básica, ingeniería de detalle, ingeniería conceptual, WBS, refinería, Minatitlán, planta de coquización retardada, proyecto IPC.

## ABSTRACT

The FEL methodology is developed in a general way for a plant of Minatitlan refinery: delayed coking plant. This plant was budgeted by the contractor at \$ 317,900,000.00 USD. During the development of each of FEL's stages, a cost estimate was obtained that was close to the contractor's estimate. When comparing the cost estimate obtained in FEL III (\$310,656,667.00 USD) vs. the contractor's estimate, it can be seen that the difference is less than 5%.

In addition, PDRI was conducted in order to observe whether the plant development was successful. The score was 204 points, which means that, despite the fact that there was a well planned program for the execution of the project, there were some setbacks that affected the cost and delivery time of the project.

This plant in the refinery took more than 3 years in all its execution, due to all the problems that were presented, causing increases in the total cost (\$ 418,700,000.00 USD) and increase in the time of execution of the project (from 38 months to 95 months).

*Keywords:* FEL, methodology, cost estimate, costs, Basic Engineering, detail Engineering, WBS, refinery, Minatitlán, delayed coking plant, EPC project.

# INTRODUCCIÓN

En esta tesis se aplica la metodología FEL para el proyecto de la planta de coquización retardada con capacidad de 55,800 BPD (barriles por día). Esta planta fue parte del proyecto de la reconfiguración de la Refinería de Minatitlán, Veracruz.

El propósito del proyecto de la reconfiguración fue la modernización de la refinería para darle viabilidad en su operación, asegurar el suministro de petrolíferos, y contribuir a incrementar los niveles de empleo directo e indirectos en su zona de influencia. Al mismo tiempo, se pretendía que, con este tipo de proyecto, no solo se mejorara la calidad de la gasolina, sino también se abasteciera eficientemente al sureste del país.

El propósito de este trabajo fue aplicar la metodología FEL y PDRI a la planta de coquización retardada de la reconfiguración de la Refinería ubicada en Minatitlán, Veracruz; que proponía un tiempo aproximado de 38 meses y un costo total de \$317,900,000.00 USD, para un proyecto IPC (Ingeniería, Procura y Construcción).

Se utiliza la metodología FEL en la gestión de proyectos, que está basada en compuertas de aprobación, en donde para pasar a la siguiente etapa se tienen que aprobar la anterior. Se incluye una planificación y un diseño al principio del ciclo de vida del proyecto, en un momento en que la capacidad de influir en los cambios en el diseño es relativamente alta y el costo de esos cambios es relativamente bajo, es decir, a etapas tempranas del proyecto.

Mediante la metodología FEL se obtiene como resultado un programa preliminar y un costo aproximado del proyecto de la planta. Se pretende que al comparar lo obtenido mediante la estructura FEL con el proyecto de la planta coquizadora durante su ejecución, se puedan identificar las causas de las incidencias presentadas durante el proyecto, tales como: incumplimientos de condiciones de contrato por ambas partes, fechas de entregas de equipos y materiales extemporáneas, excedentes de costos debido a renta de maquinaria o pago de indemnizaciones al proyectista, entre otros.

Por último, se calcula el PDRI (Project Definition Rating Index) a la planta coquizadora. Esta herramienta establece el grado de definición de un proyecto, es comúnmente utilizado para facilitar la evaluación de riesgos, para supervisar el progreso a varias etapas del proyecto durante las etapas de planeación. Cuenta con 3 diferentes secciones: bases de decisión del proyecto, bases de diseño del proyecto y enfoque en la ejecución.

Para poder examinar este trabajo con PDRI, cada una de las secciones con las que cuenta PDRI tiene diferentes categorías con distintos valores cada uno; de manera que se busca que la puntuación sea menor o igual a 200 puntos, entre menor será el valor obtenido la probabilidad de éxito aumenta considerablemente.

## **OBJETIVOS**

- Aplicar las 3 fases de la metodología FEL a la planta de coquización retardada de Minatitlán, Veracruz con capacidad de 55,800 BPD (barriles por día), partiendo del 100% de la ingeniería de detalle para definir el plazo de ejecución del proyecto IPC.
- Aplicar el software APEA de ASPEN versión 10 para elaborar el estimado de costo de inversión clase II de la planta de coquización retardada de Minatitlán, Veracruz.
- Calcular el PDRI para evaluar el nivel de definición del proyecto para comprobar que la planificación del proyecto es aceptable.

## **HIPÓTESIS**

Aplicando la metodología FEL al proyecto de la planta de coquización retardada con un nivel de información del 100% de la ingeniería de detalle, se puede estimar el costo de inversión Clase II, y el plazo de ejecución con un rango de probabilidad mayor al 90%.

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. La reconfiguración de la Refinería de Minatitlán, Veracruz.**

### **1.1.1. Naturaleza del Proyecto**

El proyecto de la reconfiguración de la refinería consistió en la construcción de nueve plantas nuevas, además de: servicios auxiliares, tratamiento de aguas amargas, regeneración de DEA y la integración de dichas instalaciones, las cuales todas pertenecen al mismo proyecto.

La actividad del proyecto de Reconfiguración de la Refinería de Minatitlán, es procesar o refinar 150 miles de barriles por día (MBPD) de petróleo crudo 100% maya, lo cual permite cumplir con las demandas y especificaciones de combustibles para el año 2007 de la Refinería.

La factibilidad y sustentabilidad del proyecto de la reconfiguración de la refinería, se basó en los siguientes aspectos y acciones:

- Ubicación estratégica por su cercanía a los centros de producción y distribución de crudo.
- Modernizar la estructura de la planta productiva hacia productos de mayor valor agregado.
- Facilidad para distribuir gasolinas y destilados intermedios a los estados del sureste del país.
- Incrementar la refinación de crudo Maya, puesto que el crudo destilado que se manejaba en la refinería era una mezcla de 67% Istmo y 33% Maya.
- Aumentar la producción de destilados y mejorar la calidad de los combustibles.
- Incrementar la proporción de manejo de aceites pesados (de 33 a 71%), con un nuevo tren de refinación 100% Maya.

- Ampliar la capacidad de proceso de petróleo crudo hasta 350 Mbd.
- Ayudar a cubrir parte de la demanda de gasolinas y sustituir su importación.
- Aportar mayores volúmenes de diésel UBA y turbosina y reducir la producción de combustóleo.
- Reforzar la viabilidad económica del centro de trabajo.
- Cumplir con la normatividad ambiental.

Como parte de los requerimientos de contratación, se estableció que en los paquetes IPC se debía realizar lo siguiente:

- El desarrollo de ingeniería de detalle a partir de los paquetes básicos de ingeniería proporcionados por los licenciantes de las unidades, la documentación técnica proporcionada por Pemex y los lineamientos, normas técnicas e ingeniería señaladas para cada una de las unidades.
- El suministro de todos los equipos y materiales necesarios durante el desarrollo de las obras hasta su culminación.
- Desarrollo y ejecución de las obras de edificación, tuberías de procesos y servicios, hidráulicas, eléctricas, de telecomunicaciones, electromecánicas, de instrumentación, control automático y todas aquellas que se requirieran para el desarrollo del proyecto.

La Reconfiguración se realizó en seis grandes paquetes de IPC y un hidrogenoducto, los cuales incluían la instalación de nuevas unidades de proceso, unidades complementarias, servicios auxiliares y las construcciones requeridas.

*Tabla 1. Paquetes de IPC y HD de la Reconfiguración, (2007), Recuperado de Dirección Corporativa de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos.*

IPC 1	Construcción del camino de acceso y acondicionamiento del sitio para la reconfiguración de la refinería ubicada en Minatitlán, Veracruz.
IPC 2	Obras y servicios para el desarrollo de la ingeniería de detalle, procura de equipo y materiales, construcción, pruebas, capacitación, preparativos de arranque, arranque y pruebas de comportamiento y entrega de la documentación para la Planta de servicios auxiliares, Planta de tratamiento de aguas amargas no. 3 y obras de integración para interrelacionar las unidades de proceso con otras áreas de operación de la refinería.
IPC 3	Desarrollo de las obras y servicios para el suministro, desarrollo de la ingeniería de detalle, procura de equipo y materiales, construcción, pruebas, capacitación, preparativos de arranque, arranque y pruebas de comportamiento y entrega de la documentación de la Planta combinada 100% Maya, planta hidrodesulfuradora de diésel y planta de desintegración catalítica no. 2.
IPC 4	Desarrollo de la ingeniería de detalle, procura de equipo y materiales, construcción, pruebas, capacitación, preparativos de arranque, arranque y pruebas de comportamiento y entrega de la documentación para la Planta hidrodesulfuradora de gasóleos, Planta de hidrógeno y Planta recuperadora de azufre (sección Claus y sección de tratamiento de gas de cola).
IPC 5	Obras y servicios para el desarrollo de la ingeniería de detalle, procura de equipo y materiales, construcción, pruebas, capacitación, preparativos de arranque, arranque y pruebas de comportamiento y entrega de la documentación para la Planta regeneradora de amina, Planta hidrodesulfuradora de naftas de



	coquización, Planta de coquización retardada y Planta de gas asociada.
IPC 6	Desarrollo de la ingeniería de detalle, procura de equipo y materiales, construcción, pruebas, capacitación, preparativos de arranque; arranque y pruebas de comportamiento y entrega de la documentación para dos unidades de alquilación (sección de hidrogenación selectiva Huels y la sección de alquilación HF Alkylation).
Hidrogenoducto	Elaboración de ingeniería complementaria, procura de equipos y materiales, construcción, preparativos de arranque y puesta en servicio del hidrogenoducto.

**1.2. Planta de Coquización Retardada** (PEMEX Refinación; Instituto Mexicano del Petroleo, n.d., 2005)

La planta de Coquización Retardada que fue instalada en la Refinería de Minatitlán, Veracruz; fue diseñada para procesar 55,800 BPD de residuo de vacío proveniente de la planta de Combinada 100% maya.

La planta de Coquización retardada consta de tres secciones:

- Coquización.
- Fraccionamiento.
- Manejo de coque.

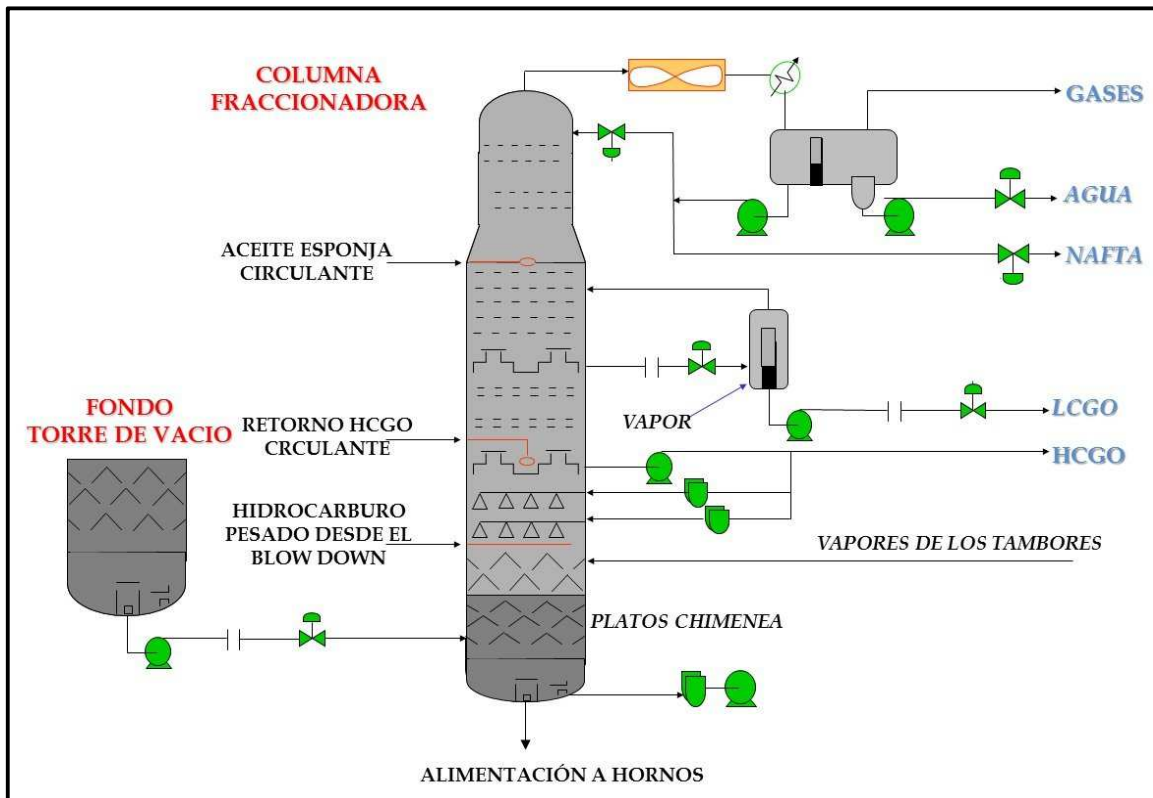


Figura 1. Diagrama de Flujo del proceso de coquización retardada, (2018), recuperado de <https://busy.org/@ennyta/procesamiento-del-crudo-en-un-mejorador-descripcion-del-proceso-de-coquificacion-retardada/amp>.

### 1.2.1. Sección de Coquización

Los residuos de vacío se envían de límites de batería al Intercambiador de Alimentación de Rebombeo de HCGO (Gasóleo Pesado de Coquizadora) y entran al fondo de la Fraccionadora y la recirculación se combina con la alimentación fresca en el fondo de la torre y fluye a la bomba de carga al calentador, la cual está equipada con un impulsor de quebrado de coque. El líquido se bombea a través de los calentadores 1 y 2, donde se calienta rápidamente al nivel de temperatura deseado para la formación de coque en los Tambores de coque. Finalmente, los vapores fluyen hacia la sección de fraccionamiento.



### 1.2.1. Sección de Fraccionamiento

El vapor del tanque acumulador V-31009, fluye hacia el tanque de succión del compresor V-31507, con la finalidad de remover cualquier líquido encausado y/o contener un derrame de líquidos del tanque V-31009. El líquido acumulado en el tanque de succión del compresor es bombeado intermitentemente mediante las bombas P-31509/P-31510 y mezclado con la corriente de descarga del compresor. El vapor del tanque de succión V-31507 entra a las dos etapas del compresor de gas C-31501.

El vapor de descarga de la primera etapa de compresión es mezclado con vapor proveniente del domo de un agotador localizado en la unidad de hidrot ratamiento de gasóleos y con el agua de lavado proveniente del tanque de alimentación, V-31506, del absorbedor-despropanizador o con agua de alimentación para calderas proveniente del enfriador E-31511.

La mezcla obtenida es enviada al condensador inter-etapa del compresor, AC-31501, donde es enfriada y condensada parcialmente. La mezcla de vapor-hidrocarburos líquidos-agua, es enviada al tanque separador de tres fases, V-31508, el vapor resultante de la separación es enviado a la segunda etapa del compresor en tanto que el agua amarga es devuelta al tanque acumulador, V-31009 de la columna fraccionadora de coque, V-31006, o al agotador de agua amarga usando las bombas P-31517/P-31518. Por su parte, los hidrocarburos líquidos son enviados mediante las bombas P-31507/P-31508 a la descarga de la segunda etapa de compresión.

El vapor de descarga de la segunda etapa de compresión es mezclado con las siguientes corrientes:

- Agua de lavado proveniente del tanque acumulador V-31009 de la fraccionadora y/o agua de alimentación para calderas proveniente del enfriador E-31511.

- Nafta sin estabilizar proveniente de la unidad hidrotratadora de gasóleos (GOHT).
- Hidrocarburos líquidos del tanque separador de tres etapas V-31508.
- Vapor del domo de la sección de despropanización del absorbedor-despropanizador V-31501.
- Líquidos provenientes del tanque de succión del compresor V-31507.
- Aceite rico del fondo de la sección de absorción del absorbedor-despropanizador V-31501.

El flujo combinado de estas corrientes pasa por el condensador de alimentación al absorbedor-despropanizador AC-31502, donde es enfriado y parcialmente condensado. La mezcla vapor-hidrocarburos líquidos-agua pasa entonces al tanque separador de tres fases, V-31506, de donde se obtienen las siguientes corrientes:

- Vapor que es enviado al plato de fondos de la sección de absorción del absorbedor-despropanizador V-31501.
- Hidrocarburos líquidos que son enviados usando las bombas P-31501/P-31502 al plato de domos de la sección de despropanización del absorbedor-despropanizador V-31501.
- Agua amarga que es devuelta a la descarga de la primera etapa del compresor C-31501, o al agotador de agua amarga.

En el despropanizador, los hidrocarburos líquidos provenientes del tanque V-31506 son separados para remover propano e hidrocarburos más ligeros. El calor necesario para realizar la separación es suministrado por gasóleo pesado proveniente de la sección de coquizado (HCGO) en el rehervidor del absorbedor-despropanizador V-31501. El vapor del domo de la despropanizadora es devuelto a la descarga de la segunda etapa de compresión en tanto que el líquido del fondo de la despropanizadora es enviado al fondo de la torre desbutanizadora V-31503.

En el absorbedor, el vapor proveniente del tanque separador de carga, V-31506, fluye en contracorriente con aceite pobre. El aceite pobre está compuesto por nafta sin estabilizar proveniente del tanque separador de domos, V-31009, de la torre fraccionadora de coque, y por una corriente fría de nafta estabilizada proveniente del fondo de la torre desbutanizadora V-31503.

El aceite rico del fondo del absorbedor es enviado a la descarga de la segunda etapa del compresor. La corriente de domos del absorbedor es enviada al fondo del absorbedor con aceite esponja, V-31502, donde fluye en contracorriente con aceite esponja pobre y frío. El aceite esponja pobre está compuesto por gasóleo ligero de coquizado (LCGO), que es enfriado primeramente en el intercambiador aceite esponja pobre/aceite esponja rico, E-31503, posteriormente continua su enfriamiento en los enfriadores AC-31503 y E-31504 antes de ingresar al absorbedor con aceite esponja. El propósito del absorbedor con aceite esponja es minimizar la pérdida de nafta en el proceso. El aceite esponja rico del fondo del absorbedor fluye directamente al intercambiador aceite esponja pobre/aceite esponja rico para recuperar calor y posteriormente es devuelto al fraccionador de coque V-31006.

Vapor del domo del absorbedor con aceite esponja es combinado con gas amargo proveniente de un separador a baja presión localizado en la unidad hidrotrotadora de gasóleos y enviado al separador de gas producto V-31511, donde el líquido atrapado es removido y devuelto al fraccionador de coque. El gas producto del domo del separador V-31511 fluye a la torre lavadora con amina, V-31505 donde es endulzado antes de ingresar al sistema de gas combustible de la refinería. La amina pobre alimentada a la torre lavadora proviene de la unidad regeneradora de amina, por su parte la amina rica obtenida del fondo de la torre lavadora es combinada con la amina rica del fondo del contactor de butanos con amina V-31504, y entonces es devuelta a la unidad regeneradora de amina.

En la torre desbutanizadora la carga alimentada es separada en dos corrientes: una corriente de butanos obtenida por el domo y una corriente de nafta estabilizada por el fondo de la torre. El calor necesario para efectuar la separación es

proporcionado por gasóleo pesado proveniente de la sección de coquizado (HCGO) a través del intercambiador E-31505.

La nafta estabilizada del fondo de la torre desbutanizadora es enviada a los enfriadores, AC-31505 y E-31507 antes de ser enviada mediante las bombas P-31511/P-31512 a límites de batería para ser empleada como alimentación a unidades hidrotratadoras o bien a almacenamiento como producto. Una parte de esta nafta estabilizada es reciclada al absorbedor-despropanizador V-31501 como aceite pobre.

El vapor del domo de la torre desbutanizadora es totalmente condensado en el condensador AC-31504 y enviado al tanque separador de tres fases, V-31512, en donde parte de los hidrocarburos líquidos colectados son devueltos como reflujo a la torre desbutanizadora y el resto es bombeado como alimentación al contactor de butanos con amina V-31504. Por su parte el agua amarga que pudiera ser colectada en este separador es devuelta al tanque separador de domos del fraccionador V-31009, localizado en la sección de coquizado o al agotador de agua amarga.

En el contactor de butanos con amina V-31504, los butanos líquidos fluyen en contracorriente con amina pobre para remoción de ácido sulfhídrico. La amina rica del fondo del contactor es combinada con la amina rica del fondo de la torre lavadora de gas con amina V-31505, y enviada a la unidad regeneradora de amina. La corriente de butanos dulces obtenida por el domo del contactor fluye al tanque asentador, V-31513, en donde cualquier cantidad de amina arrastrada con los butanos producto es atrapada y enviada a la unidad regeneradora de amina. Por su parte los butanos producidos en el domo del tanque asentador, V-31513, son enviados a la unidad tratadora de butanos después de ser enfriados en el equipo E-31508.

La unidad tratadora de butanos es un proceso licenciado para la remoción de ácido sulfhídrico, mercaptanos y sulfuro de carbonilo (COS). Los butanos producidos son entonces enviados a límites de batería.





### **1.2.3. Manejo de Coque**

El coque en bruto cortado de los tambores, cae en la fosa de coque en donde después se desagua a través del laberinto de asentamiento de coque. Después desaguarse, el coque en bruto se recupera de la fosa de coque o de la pila de existencias de emergencia, por medio de una grúa viajera de cucharón para manejo de coque. El producto entonces se alimenta al Transportador de coque.

### **1.2.4. Unidad Regeneradora de DEA de Coquización**

Esta unidad forma parte de la planta de Coquización retardada. En virtud del alto contenido de ácido en la corriente del gas producto ( $C_3$  y ligeros) y en la corriente de butano producto en la planta coquizadora, se utilizará el proceso de DEA que se aplica comúnmente para el endulzamiento (eliminación del ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ )) de este tipo de gases, mediante el lavado a contracorriente con una solución de DEA pobre (DEA regenerada), tratamiento conocido con el nombre de Proceso Girbotol.

La efectividad de cualquier amina para absorber gases ácidos, se debe a la alcalinidad de la solución, por lo que posteriormente la solución de DEA con gas ácido (DEA rica), desorberá estos ácidos mediante un proceso de regeneración de amina.

La solución de DEA rica, obtenida por el lavado citado anteriormente, se envía a regenerar con la finalidad de obtener una corriente de DEA pobre (solución acuosa al 20% en peso), la cual se recircula en circuito cerrado para reiniciar el lavado; como subproducto de esta etapa se obtiene una corriente de gas ácido (aprox. 95.8 % mol de  $H_2S$ ), la cual se envía como carga a la Planta de Azufre.

La solución de DEA rica procedente del absorbedor y contactor de la Planta Coquizadora, se mezclan para mandarse a límite de batería a 7.05 kg/cm<sup>2</sup> man. y 61 °C y se recibe en el separador de Hidrocarburos de DEA Rica FA-50001, el cual

opera a 1.2 kg/cm<sup>2</sup> man. y a 61 °C. A estas condiciones se tiene una mezcla en dos fases (vapor y líquido); la fase vapor, constituida por hidrocarburos ligeros, se envía a desfogue mediante un control de presión en rango dividido con la corriente de presurización procedente de la red de Gas Combustible. Por su parte, la fase líquida constituida por dos líquidos inmiscibles (hidrocarburos pesados y solución de DEA rica) se separa mediante la implementación de una mampara interna (formando dos compartimentos) en este separador, el cual funciona como sigue: la mezcla de líquidos se reciben en el primer compartimento, de donde por diferencia de densidades, la fase ligera (agua amarga aceitosa) rebosa la mampara llenando parcialmente el segundo compartimento, de aquí son enviados mediante un control de nivel ubicado en el separador FA-50001 hacia las Plantas de Aguas Amargas nuevas. En lo que respecta a la fase líquida acuosa (fase pesada), es extraída por el fondo del recipiente del primer compartimento mediante un controlador de nivel del separador FA-50001, pasando primero por el filtro de DEA rica FG-50006 donde se eliminan sólidos y partículas de sulfuro de hierro de la solución de DEA rica y después por la bomba GA-50001/R para elevar la presión de 0.7 a 7.60 kg/cm<sup>2</sup> man., para que de esta forma pueda llegar al Intercambiador de DEA Rica/DEA Pobre EA-50001 A/D (lado tubos, para minimizar problemas de corrosión) con el producto de fondos de la regeneradora de DEA DA-50001 (lado coraza), es necesario que la DEA rica llegue previamente precalentada a la regeneradora DA-50001 y gracias al calentamiento proporcionado por el intercambiador EA-50001 A/D se eleva su temperatura de 61°C hasta 101°C.

Una vez precalentada la DEA rica se alimentará en el plato 4 de la torre regeneradora DA-50001. La finalidad de la regeneradora es separar por los domos la corriente de gas ácido (H<sub>2</sub>S) mediante el calor que se desprende de la condensación de los vapores producidos en el rehervidor al subir la temperatura de la amina; y por los fondos se obtendrá una solución de DEA pobre. Esta torre cuenta con 23 unidades de transferencia tipo válvula, los primeros tres platos se utilizan para lavar el gas ácido que se envía a la planta de azufre, al mismo tiempo que se evitan pérdidas de DEA. La máxima temperatura de operación en el fondo de la torre deberá ser de 126.6°C para evitar problemas de corrosión debido a la

degradación de la amina. Por lo que las condiciones de operación de esta torre son: por los domos una presión de 1.1 kg/cm<sup>2</sup> man. y 116°C; y 1.3 kg/cm<sup>2</sup> man. y 125.4°C por el fondo.

La corriente de salida del domo de este equipo se enfría en dos etapas; en la primera etapa se utiliza el Primer Condensador EC-50001 A/D tipo aerofriador, que enfría desde 116 °C hasta 60 °C, y para la segunda etapa se utiliza agua de enfriamiento en un Segundo Condensador EA-50002 donde desciende la temperatura de 60°C a 40°C. La temperatura de condensación se regula mediante un control de temperatura que recibe señal de la línea de proceso efluente del EC-50001 A/D, actuando sobre la velocidad del ventilador, modificando así el paso del aire a través del haz de tubos. Para proteger a los equipos periféricos del regenerador se inyecta el inhibidor de corrosión en la línea de vapores del domo de la torre DA-50001.

La mezcla que sale del condensador EA-50002 (lado coraza) se recibe en el Acumulador de la Regeneradora FA-50002, el cual opera a 0.95 kg/cm<sup>2</sup> man. y 40°C, donde se separan las fases. La fase vapor, constituida por el gas ácido, se envía a control de presión como carga a la planta de Azufre, entregándola a 0.7 kg/cm<sup>2</sup> man. y 40 C en L.B.

Por su parte, la fase líquida pesada (constituida principalmente de DEA Pobre) se maneja mediante la Bomba de Reflujo de DEA Pobre GA-50002/R, en donde se eleva la presión a 4.5 kg/cm<sup>2</sup> man. previo control de flujo en cascada con el nivel del Acumulador FA-50002, enviándose como reflujo al plato 1 del Regenerador de DEA DA-50001. Asimismo, la fase ligera (agua amarga aceitosa) se envía a la Fosa API de la Planta Coquizadora, mediante un control de nivel ubicado en el acumulador FA-50002.

El total de líquido efluente del plato 23 se recolecta en una charola de sello, de donde se envía como carga al Rehervidor de la Regeneradora EA-50003 A/B, de tipo Kettle para proporcionar los requerimientos térmicos para la separación de los gases ácidos; en este equipo se logra una vaporización del 12.21 % en peso al

incrementar la temperatura de 125°C a 126°C. Tanto el líquido como el vapor que salen del rehervidor se retornan a la torre; en el caso del líquido, se le adiciona una corriente de agua de reposición para mantener la concentración de amina para compensar las pérdidas por arrastre en las diferentes fases del tratamiento, antes de regresar a la torre.

El rehervidor EA-50003 A/B utiliza, como medio de calentamiento, vapor saturado de baja presión de 3.5 kg/cm<sup>2</sup> man. y 150°C que es alimentado a control de flujo en cascada con control de temperatura de la corriente gaseosa que sale del mismo equipo. Una vez cumplido su servicio el vapor se condensa para enviarse al sistema de recuperación de condensados en la Unidad de Servicios Auxiliares Nueva.

El producto de fondos de la regeneradora de DEA DA-50001, constituido por la solución de DEA pobre a 125.4°C, precalienta la corriente de DEA rica mediante el Intercambiador de DEA Rica/DEA Pobre EA-50001 A/D, enfriándose hasta 85°C. A esta corriente fría se le inyecta en línea un agente antiespumante para minimizar la formación de espuma que pudiera dañar el equipo de bombeo; eventualmente es necesario efectuar la inyección de solución de DEA para mantener la composición de la solución de DEA pobre al 20 % en peso.

Una vez mezclada la solución de DEA pobre con el antiespumante y la DEA de reposición, es enviada a la Bomba de Recirculación de DEA Pobre GA-50003/R, la cual incrementa la presión hasta 22.1 kg/cm<sup>2</sup> man. y es enviada al Enfriador de DEA Pobre EC-50002 A/D que enfría de 85 a 55°C.

La corriente fría se divide de tal manera que, aproximadamente un 20% de la solución de DEA pobre pase a través del Primer Filtro de DEA Pobre FG-50001 con la finalidad de eliminar partículas sólidas y continuar hacia el Segundo Filtro de DEA Pobre FG-50002, de tipo de carbón activado, donde se eliminan impurezas coloridas y productos de la degradación de la DEA.

Finalmente pasa al Tercer Filtro de DEA Pobre FG-50003 donde se eliminan

partículas arrastradas del filtro de carbón activado y, en general, partículas mayores a 5 micrones. Esta corriente filtrada se vuelve a unir con el resto de la corriente de DEA (aprox. 80%) que no pasó por los filtros y que fue regulada por medio de un control de flujo.

Finalmente, la DEA pobre (20% peso) es enviada a L.B. con una Presión de 17.6 kg/cm<sup>2</sup> man. y una Temperatura de 55°C, para ser recibida en la Planta Coquizadora a estas condiciones.

Para la eventual reposición de la solución de DEA Pobre se utiliza solución proveniente del Acumulador de Reposición de DEA FA-50003, el cual recibe, además de las corrientes recuperadas, solución de DEA fresca contenida en el Tanque de almacenamiento de solución de DEA pobre FB-50001; la reposición se hace mediante la Bomba de la fosa de DEA GA-50004 previo paso por el Filtro de DEA de reposición FG-50004. El tanque FA-50003, se utiliza también para preparar la solución de DEA pobre al 20 % en peso, empleando DEA de alta concentración, cuya temperatura de solidificación es de 28°C, por lo que previamente se debe acondicionar para disminuir la viscosidad y facilitar su manejo al voltear el tambor hacia el registro con pescante (balancín o similar); finalmente se adiciona el agua desmineralizada para la dilución requerida.

Para evitar la oxidación de la solución de DEA fresca almacenada en el tanque FB-50001, se inyecta nitrógeno a control de presión por la parte superior del tanque, de manera que forme un sello para evitar este fenómeno.

Por otra parte, para mantener una viscosidad de la DEA que le permita fluir hacia el tanque FA-50003, es necesario inyectar vapor de calentamiento de baja presión (3.5 kg/cm<sup>2</sup> man. y 150°C) en el tanque de almacenamiento FB-50001 a través del serpentín ubicado en el fondo del mismo.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA FEL Y PDRI**

### **2.1. Metodología FEL**

Front-end loading (FEL) es el proceso para el desarrollo conceptual de proyectos en industrias procesadoras como upstream, petroquímica, refinación y farmacéutica. Esto implica desarrollar suficiente información estratégica con la que los propietarios puedan abordar el riesgo y tomar decisiones para comprometer recursos a fin de maximizar el potencial de éxito.

La estructura FEL incluye una planificación y un diseño al principio del ciclo de vida del proyecto, en un momento en que la capacidad de influir en los cambios en el diseño es relativamente alta y el costo de esos cambios es relativamente bajo.

Esta metodología generalmente se aplica a las industrias con proyectos intensivos en capital y de ciclo de vida largo (es decir, cientos de millones o miles de millones de dólares durante varios años antes de que se generen ingresos). Aunque a menudo agrega una pequeña cantidad de tiempo y costo a la parte inicial de un proyecto, estos costos son menores en comparación con la alternativa de los costos y el esfuerzo necesarios para realizar cambios en una etapa posterior del proyecto.

También suele utilizar un proceso de compuerta gradual, mediante el cual un proyecto debe pasar por puertas formales en hitos bien definidos dentro del ciclo de vida del proyecto antes de recibir fondos para pasar a la siguiente etapa de trabajo. La metodología FEL generalmente es seguida por un diseño detallado o ingeniería detallada.

### 2.1.1. Etapas de FEL

Es práctica común de la industria dividir las actividades en tres etapas: FEL I, FEL II y FEL III. La mayoría de los proyectos industriales generalmente se completan en cinco etapas:

- Tres etapas FEL para planificación comercial, planificación de instalaciones y planificación de proyectos.
- Etapa de ejecución del proyecto.
- Puesta en marcha y etapa de operaciones.



Figura 4. Etapas de un proyecto de acuerdo a la estructura FEL, (2018), Elaboración Propia.

La figura 4 resalta un sistema de proyectos de puertas automáticas y debe revisarse junto con los requisitos mínimos de datos y las actividades para cada fase de FEL. Es imperativo que los fundamentos de cualquier proyecto sean sólidos: la estructura FEL forma una parte clave para proporcionar el marco y la estructura necesarios para un proyecto exitoso (figura 5).



Figura 5. Etapas de la Estructura FEL en un proyecto, (2018), Recuperado de <https://www.potencianatural.com.mx/energia/Articulos/Septiembre2009/VielmaSep09.htm>.

### 2.1.1.1. FEL I (Visualización)

Antes de comenzar un proyecto, el organismo que financia el proyecto, debe demostrar la viabilidad económica y la necesidad del proyecto; de la misma manera, quien realiza el proyecto debe hacer un estudio de factibilidad para que quien invierte en el proyecto pueda auspiciar el mismo, ¿generará el proyecto los ingresos y las ganancias requeridas? Esta fase captura el razonamiento detrás de iniciar el proyecto y puede tomar un tiempo considerable para prepararse.



### **2.1.1.2. FEL II (Conceptualización)**

El objetivo de la planificación de la estructura FEL II es garantizar la selección de una solución óptima y poner algunos detalles detrás del proyecto, tales como: la sección del sitio, documentos entregables para asegurar la definición del proyecto. Aquí podemos confirmar la viabilidad física y el costo anticipado de un proyecto antes de que se desperdicie tiempo y energía innecesarios. Esta etapa del plan puede tomar de 2 a 6 meses dependiendo de la complejidad del proyecto.

Liderados por el propietario, el desarrollador o un contratista de ingeniería designado con experiencia, estos problemas son realizados por un equipo conjunto y deben incluir una variedad de especialistas técnicos, de ingeniería, ambientales, sociales y legales. De acuerdo al estimado de costos de ASPEN TECH, el nivel de costo estimado en este punto es típicamente +/- 20%.(PEMEX Refinación; Instituto Mexicano del Petroleo, 2011)

### **2.1.1.3. FEL III (Definición del Proyecto)**

La planificación del proyecto o la fase de diseño de ingeniería de entrada busca desarrollar la solución seleccionada aprobada estrechando el costo estimado a +/- 10%, y logrando un mayor nivel de programación de desarrollo. (PEMEX Refinación; Instituto Mexicano del Petroleo, 2011)

En este punto, cualquier parte significativa del proyecto ha sido identificada como parte del proceso de evaluación de impacto ambiental y social; y las medidas de mitigación adecuadas acordadas con los stakeholders.

### 2.1.2. Costo en la Estructura FEL

La figura 6 ilustra el hecho de que la estructura FEL del proyecto es aquella en la que los propietarios y/o inversores tienen la mayor influencia e impacto en el proyecto con el menor costo y gasto. Las decisiones clave que quedan para más adelante en el ciclo de vida del proyecto vienen con una penalización de alto costo, con poca influencia para cambiar el resultado.

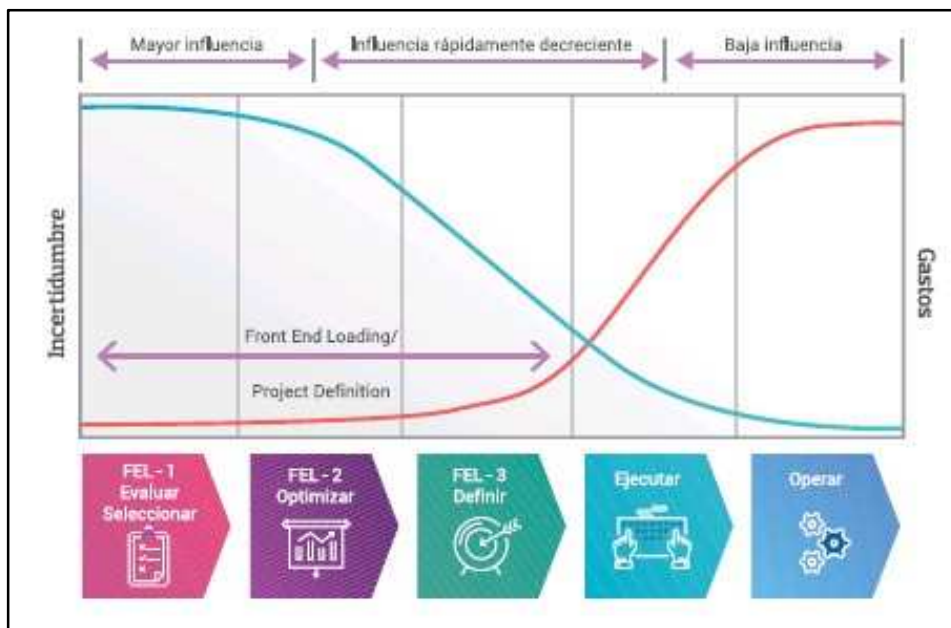


Figura 6. Influencia y Gastos a través del tiempo del proyecto, (2018), Recuperado de <https://www.pressreader.com/chile/la-tercera/20190616/281943134399507>.

La figura anterior indica que en las primeras fases de la metodología FEL, mientras que el gasto es bajo, se toman grandes decisiones. La capacidad de influir en la forma del proyecto es alta. Por lo tanto, es esencial en esta etapa que el inversor y el ingeniero trabajen estrechamente y consideren los resultados de valor agregado de todas las posibles soluciones. Para que esto sea efectivo, la experiencia es esencial.

Como con la mayoría de los métodos estándar de estimación, las primeras etapas del proyecto, las cosas permanecen indefinidas y se requiere una gran contingencia para cubrir los aspectos esperados pero desconocidos del diseño.

En esta etapa del proyecto, se está buscando proporcionar datos que le proporcionen comparaciones con otros desarrollos potenciales y ver si se pueden lograr los rendimientos esperados.

### 2.1.3. La contingencia en la Metodología FEL

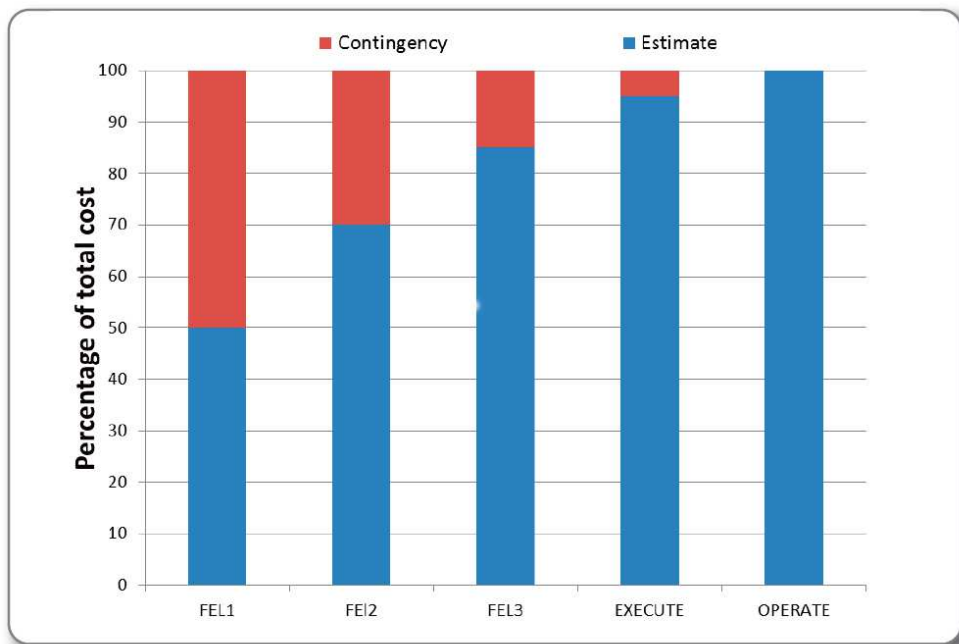


Figura 7. Contingencia por cada etapa, (2018), Recuperado de <http://www.threehouses.com/frontendloading.htm>.

Se debe tener en cuenta que la contingencia es parte de la estimación y no es discrecional: se gastará. Por lo tanto, la adición de una contingencia arbitraria para cubrir las deficiencias estimadas no es una solución viable.

Hay que tener en cuenta que la contingencia intenta cubrir aquellos costos adicionales derivados de una definición incompleta del proyecto, errores de diseño, malas estimaciones de costo; ya que se pretende disminuir el riesgo de sobrepasar el estimado de costo.

A lo largo de las etapas del proyecto, el conocimiento y la certeza mejoran hasta que el desarrollador tenga la confianza suficiente para aprobar el gasto total.

Cuando el desarrollo de la estructura FEL se ha desarrollado correctamente, el costo de salida o "costo de referencia" del proyecto permanece igual y la contingencia y las incógnitas se intercambian por certeza y conocimiento. Se reduce el riesgo del proyecto y se confía más en la estimación de referencia.

#### **2.1.4. El Riesgo en la Metodología FEL**

La siguiente gráfica (Figura 8) ilustra que, durante las fases de FEL, la reducción de los riesgos del proyecto es la más efectiva. También muestra cómo el proceso total de FEL y la ejecución encajan correctamente. Por supuesto, incluso en el traspaso del proyecto aún existe algún riesgo residual operacional, aunque si el proceso se ha seguido correctamente, debe ser mínimo.

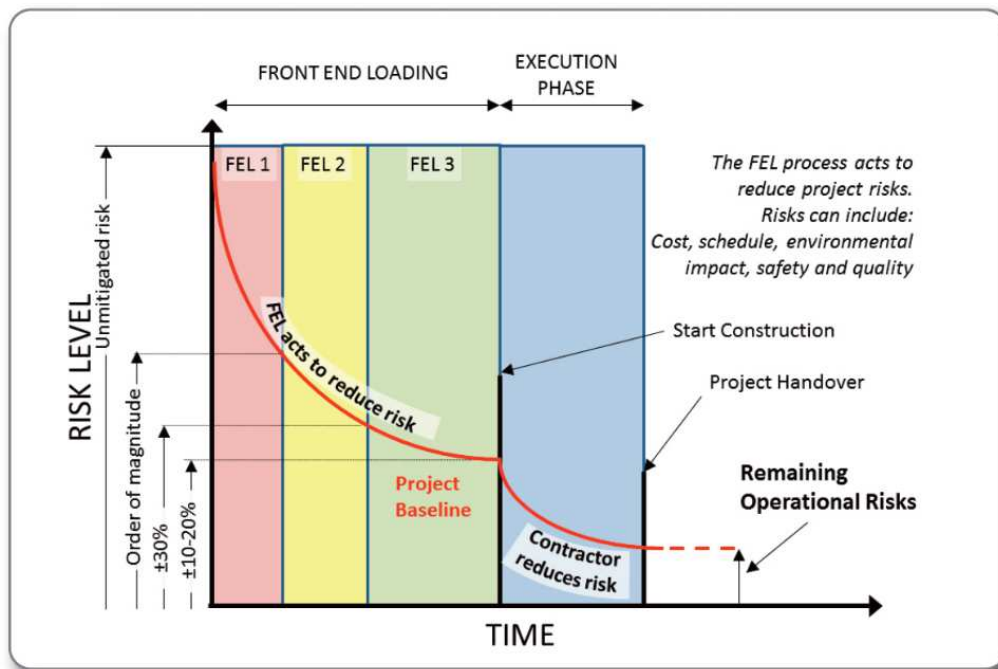


Figura 8. Reducción del Riesgo del Proyecto durante la estructura FEL y la ejecución de las fases, (2018), Recuperado de [https://www.qca.org.au/wp-content/uploads/2019/05/31749\\_DBCT-Incremental-Expansion-Study-DAAU-R06-Final-tracked-changes-to-resubmission\\_Redacted-1.pdf](https://www.qca.org.au/wp-content/uploads/2019/05/31749_DBCT-Incremental-Expansion-Study-DAAU-R06-Final-tracked-changes-to-resubmission_Redacted-1.pdf).

### 2.1.5. PMI

Para poder entender que es la metodología del PMI, se necesita definir que es un proyecto, ya que el PMI (Project Management Institute) se refiere a la gestión de Proyectos.

Un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único. Es temporal ya que tiene un principio y un final de tiempo definidos y, por lo tanto, un alcance y recursos definidos.

Además, un proyecto es único en el sentido de que no es una operación de rutina, sino un conjunto específico de operaciones diseñadas para lograr un objetivo

singular. Por lo tanto, un equipo de proyecto a menudo incluye personas que generalmente no trabajan juntas, a veces de diferentes organizaciones y en múltiples geografías.

Los proyectos deben ser administrados por expertos para entregar los resultados, el aprendizaje y la integración a tiempo y dentro del presupuesto que las organizaciones necesitan.

### *¿Qué se tiene que hacer para llevar a cabo un proyecto?*

Es necesario plantear las siguientes preguntas:

- ¿Qué se quiere hacer o sobre qué se quiere investigar?
- ¿Para qué se va a hacer?
- ¿Qué se necesita para hacerlo?
- ¿Con qué se realizará?
- ¿Dónde encontrar lo que se necesita?
- Asignar responsabilidades: ¿Quiénes realizarán cada una de las tareas?
- ¿Evaluar el plan, los pasos dados y los resultados obtenidos?

#### **2.1.6. ¿Qué es la Gestión del Proyecto?**

La gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para proyectar actividades que cumplan con los requisitos del proyecto. Es una función de supervisión que está alineada a la administración de la empresa y que engloba el ciclo de vida del proyecto.

Es un marco de referencia que da al gerente de proyecto y su equipo, la estructura, procesos, modelos de toma de decisiones y herramientas para manejar el proyecto, para apoyar y controlar que el proyecto tenga una entrega exitosa. Es un elemento crítico para cualquier proyecto sobre todo en los más complejos y riesgosos.

Provee un método comprensivo, tanto para el control del proyecto para asegurar su éxito, de manera confiable y respetando las prácticas que deben repetirse en un proyecto. Es una referencia para tomar decisiones de proyecto, definir roles responsabilidades para ejecutar el proyecto con éxito, y determina la efectividad de la gerencia de proyecto.

La gestión del proyecto, involucra tanto a Stakeholders, como a las políticas documentadas, procedimientos y estándares, responsabilidades y autoridades.

Los procesos de gestión de proyectos se dividen en cinco grupos:

- Inicio
- Planeación
- Ejecución
- Monitoreo y control
- Cierre

El conocimiento de gestión de proyectos se basa en diez áreas:

- Integración
- Alcance
- Tiempo
- Costo
- Calidad
- Obtención
- Recursos humanos
- Comunicaciones
- Gestión de riesgos
- Gestión de los interesados

## 2.2. Project Definition Rating Index (PDRI)

Project Definition Rating Index (PDRI), es una herramienta que, mediante una verificación de contenido mínimo, establece el grado de definición de un proyecto, antes de iniciar su ejecución. Es una checklist que un equipo de proyecto puede usar para determinar los pasos necesarios a seguir para definir el objetivo del proyecto.

La industria lo usa para evaluar la totalidad del paquete de definición del objetivo del proyecto para facilitar la evaluación de riesgos y la predicción de escalación, potencial para controversias. Además, se usa como un medio para supervisar el progreso a varias etapas del proyecto durante el trabajo de planeación.

Es una herramienta que ayuda en la comunicación y promueve alineamiento entre contratistas y titulares en las zonas más definidas en un paquete de definición del objetivo. Un instrumento de evaluación para organizaciones para usar en la evaluación de la definición del proyecto contra el desarrollo de proyectos anteriores, ambos dentro de la organización y externamente, en orden de predecir la probabilidad de éxito en futuros proyectos.

Al emplear esta herramienta, desde una etapa temprana del proyecto, PDRI sirve para:

- Estructurar desde el inicio una sólida planeación y asegurar el control del alcance, del tiempo (cronograma) y del costo (presupuesto) del proyecto.
- Minimizar los riesgos que impactan en sobre costos, reprocesos y mayores tiempos en la ejecución del proyecto.
- Apoyar para la toma de decisión y aprobación de la continuación del proyecto, con base en el grado de definición que tenga el proyecto en diferentes momentos específicos.

Existen 3 tipos de PDRI: Industrial, Building e Infraestructura, y se utiliza de acuerdo al tipo de proyecto que se esté desarrollando. Se divide en 3 secciones: Bases de



decisión del Proyecto, bases de diseño del proyecto y enfoque en la ejecución; cada una está dividida en diferentes categorías y, a su vez, cada una en elementos (70 en total).

1. Bases de decisión del Proyecto, se mide la definición de los objetivos del proyecto y el caso de negocio. Las categorías dentro de esta sección son:

- Objetivos de manufactura
- Objetivos de Negocio
- Información básica de investigación y desarrollo
- Definición del alcance
- Ingeniería de Valor

2. Bases de Diseño, donde se miden los procesos e información técnica, las categorías son:

- Información de Sitio
- Procesos/Mecánica
- Alcance de Equipos
- Civil, estructural y Arquitectónico
- Infraestructura
- Electricidad e instrumentación

3. Enfoque de ejecución, donde se mide la definición de los elementos de ejecución en función a los requerimientos. Sus categorías son:

- Estrategia de procura
- Entregables
- Control del Proyecto
- Plan de Ejecución del proyecto

### 2.2.1. Puntuación del PDRI

Para cada elemento de las diferentes categorías se evalúa su nivel de definición, en donde se puntúa de acuerdo a 6 posibles grados, que se encuentran en la tabla 2.1.

*Tabla 2.* Puntuación de PDRI para cada categoría, (2018), Elaboración Propia.

0	No aplica.
1	Definición completa (no se requiere trabajo adicional).
2	Deficiencias menores (no se requiere trabajo adicional antes de la fase de implementación).
3	Algunas deficiencias (se requiere trabajo adicional de definición antes de la fase de implementación).
4	Deficiencias mayores (se requiere mucho trabajo adicional antes de la fase de implementación).
5	Incompleto o poca definición (muy poca información o se desconoce la información).

Después de evaluar cada uno de los elementos de acuerdo a la puntuación anterior, se suman las puntuaciones de los 70 elementos, obteniendo un puntaje del proyecto.

Un puntaje bajo en PDRI representa que los paquetes de definición del proyecto están bien definidos, y en general, aumentan la probabilidad de éxito del proyecto.

# **CAPÍTULO III. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA FEL Y PDRI**

## **3.1. FEL I**

### **3.1.1. Proyecto**

*Planta de Coquización Retardada en la Reconfiguración de la Refinería ubicada en Minatitlán, Veracruz.*

#### **3.1.1.1. Descripción del Proyecto**

Construcción de la planta de coquización retardada dentro de la reconfiguración de la Refinería para procesar petróleo crudo 100% maya proveniente de la planta combinada maya.

#### **3.1.1.2. Justificación del Proyecto**

Debido a que la refinería presenta elevados grados de obsolescencia, se consideró la reconfiguración de la misma por ser la refinería más antigua del país.

Por su ubicación y capacidad, se buscaba la modernización de la refinería y una expansión debido al aumento de la demanda de combustibles.

Se requería aumentar la calidad de los productos, además de incluir nuevas tecnologías para eliminar azufre y disminuir la producción de residuos.

### **3.1.1.3. Recursos**

Los recursos para financiar este proyecto provienen de PIDIREGAS, los Pidiregas son un esquema de inversión (exclusivo de PEMEX y CFE) sustentado en financiamientos provenientes de inversionistas privados, donde el Sector Público comienza a pagar esta inversión, con recursos presupuestales, una vez recibidos los proyectos a entera satisfacción por la entidad contratante.

### **3.1.2. Bases de Usuario**

Este proyecto está diseñado para cumplir con las necesidades del cliente. Se busca cumplir con los siguientes aspectos con respecto a lo acordado con el cliente:

- Diseño, construcción de una planta coquizadora para la refinería de Minatitlán, Veracruz.
- Refinar petróleo crudo maya proveniente de la planta combinada maya que se encontrará en el área de la reconfiguración de la refinería.
- Obtener coque de alta pureza, utilizando como alimentación los productos residuales de la columna de destilación al vacío.
- Asegurar el abasto de energéticos que requiere la economía del país.
- Se requería aumentar la calidad de los productos, además de incluir nuevas tecnologías para eliminar azufre y disminuir la producción de residuos.

### **3.1.3. Objetivo del Proyecto**

El objetivo de la reconfiguración de la refinería es proveer combustible a los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Chiapas, Puebla y zonas aledañas.

La actividad del proyecto de Reconfiguración de Refinería de Minatitlán, será la de procesar o refinar 55,800 MBPD de petróleo crudo 100% maya, lo cual permite cumplir con las demandas y combustibles para el año 2007 de la refinería.

### **3.1.4. Alternativas del Proyecto**

#### **3.1.4.1. Coquización Retardada (Universidad Tecnológica Nacional, 2015)**

Es un proceso de craqueo térmico empleado para convertir residuos pesados en productos de alto valor comercial. Se dice retardada porque se requiere primero el craqueo y “retardar” la coquización. Se procesan residuos pesados que no pueden ser empleados en procesos catalíticos.

Se fraccionan mediante craqueo térmico los residuos de vacío “fondos de barril” para obtener productos de mayor valor agregado, como butano-butileno, nafta de coquización, gasóleos ligero y pesado y coque.

En este proceso se minimizan los rendimientos en combustóleo por craqueo térmico energético de los productos tales como residuos de vacío y alquitranes térmicos. Además, permite aumentar cerca del 20% de los destilados para la producción de gasolina. Este proceso se lleva a cabo a baja presión y recirculación y en el que se obtiene la máxima producción de líquidos.

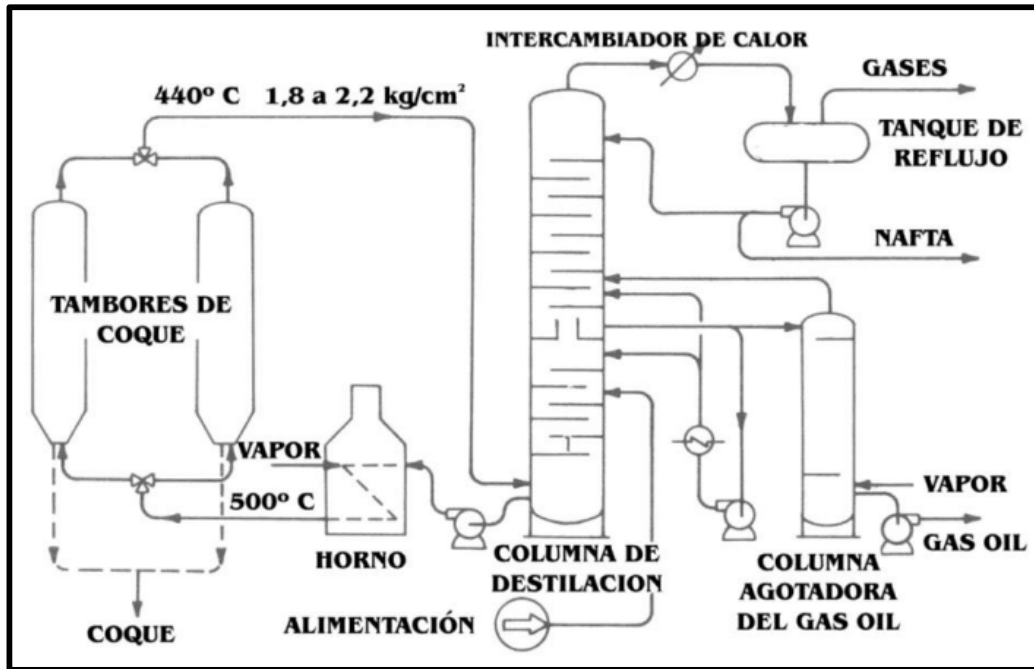


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de coquización retardada, (2015), Recuperado de Universidad Tecnológica Nacional, n.d.

### 3.1.4.2. Coquización Fluida (Goldar, Alejandro; Delzo, 2010)

Es un proceso de craqueo térmico en lecho fluidizado y continuo en el cual no se utilizan hornos de precalentamiento. Al ser continua se disminuyen los tiempos de operación y el consumo energético al usar coque como medio de transferencia.

Se utiliza para convertir hidrocarburos pesados (residuos de vacío, crudo extra pesado o bitumen) en un amplio rango de productos líquidos livianos y coque.

Proceso de lecho móvil que opera a presiones menores y temperaturas más altas que la coquización retardada.

En este proceso, las partículas de coque son usadas como fase continua, conjuntamente con un reactor y un quemador. El proceso es continuo, ya que hay un flujo constante de coque y carga.

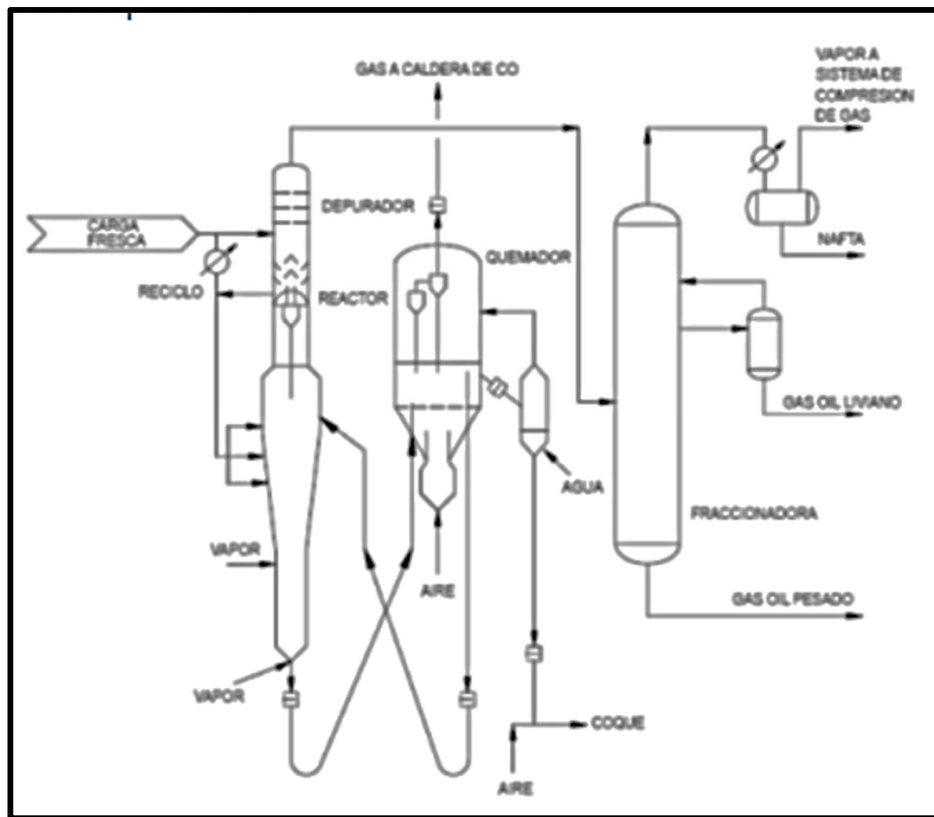


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de coquización fluida, (2010), Recuperado de Golder, Alejandro; Delzo.

### 3.1.4.3. Flexicoquización

Se aplica para conversión de residuos en refinerías con salidas limitadas de coque, para la conversión de alimentaciones pesadas y para la producción de un combustible sustituto donde el gas natural tiene alto valor.

Contempla una etapa adicional en la que se realiza la gasificación del coque que se va acumulando en el proceso. Capaz de procesar cualquier tipo de hidrocarburo pesado.

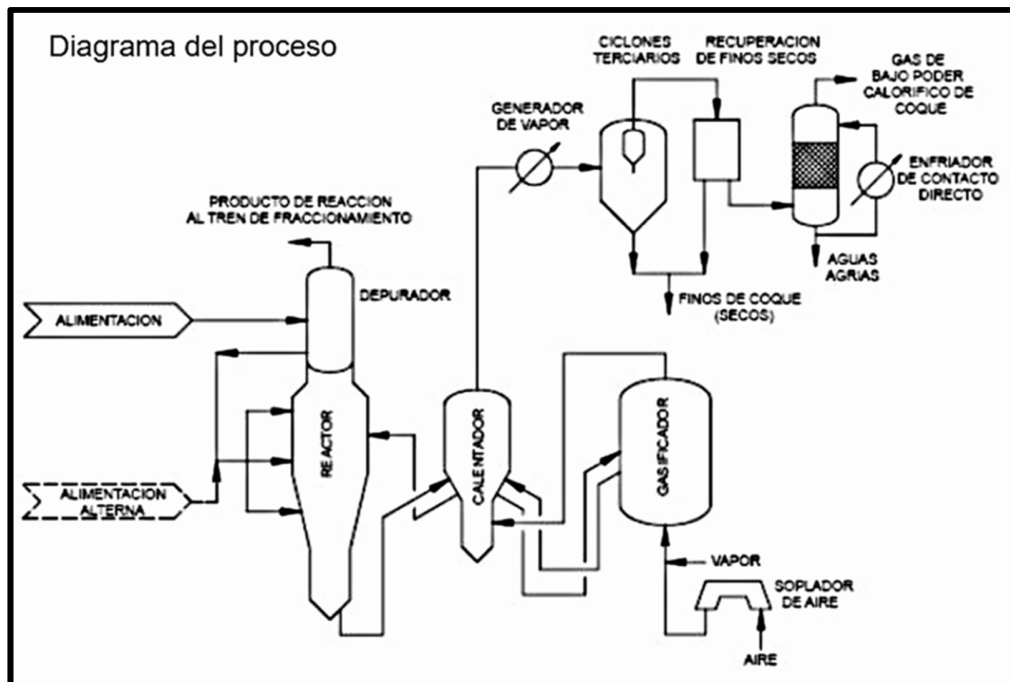


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de flexicoquización, (2010), Recuperado de Goldar, Alejandro; Delzo.

### 3.1.5. Alternativas de Sitio del Proyecto

La planta de coquización retardada requiere ser construida dentro del área de la refinería Gral. Lázaro Cárdenas. Se ha designado un área delimitada para la reconfiguración; donde se planea construir 9 plantas nuevas, incluyendo los servicios auxiliares, tratamiento de aguas amargas, regeneración de DEA y la integración de las mismas.



La ubicación de la refinería la sitúa en un lugar estratégico (Minatitlán, Veracruz) ya que se encuentra cercana a los centros de producción y distribución de aceite crudo, además que cuenta con facilidades para distribuir gasolinas y destilados intermedios al área de mercado de otras refinerías.



*Figura 12.* Mapa de la Refinería de Minatitlán, Veracruz, (2018), Recuperado de Google Maps.

### **3.1.6. Alcance Preliminar**

Diseño y construcción de una planta de coquización retardada en la refinería de Minatitlán, Veracruz, dentro del área designada para la reconfiguración; capaz de procesar petróleo crudo maya de la planta combinada maya, que también se encontrará en la reconfiguración.

Dado que es un proyecto IPC, es decir, de Ingeniería, Procura y Construcción, debe desarrollarse la ingeniería conceptual, básica y de detalle de la planta, de acuerdo a los requerimientos solicitados por el cliente.

Puesta en operación de la planta, capacitación y entrenamiento al personal del cliente para el correcto funcionamiento y operación de la misma.

### **3.1.7. WBS (Work Breakdown Structure)**

En el WBS o estructura de descomposición del trabajo, se describen de manera general los trabajos que se requieren para la planta de coquización retardada, de acuerdo a cada una de las disciplinas involucradas en el proyecto y al alcance del proyecto.

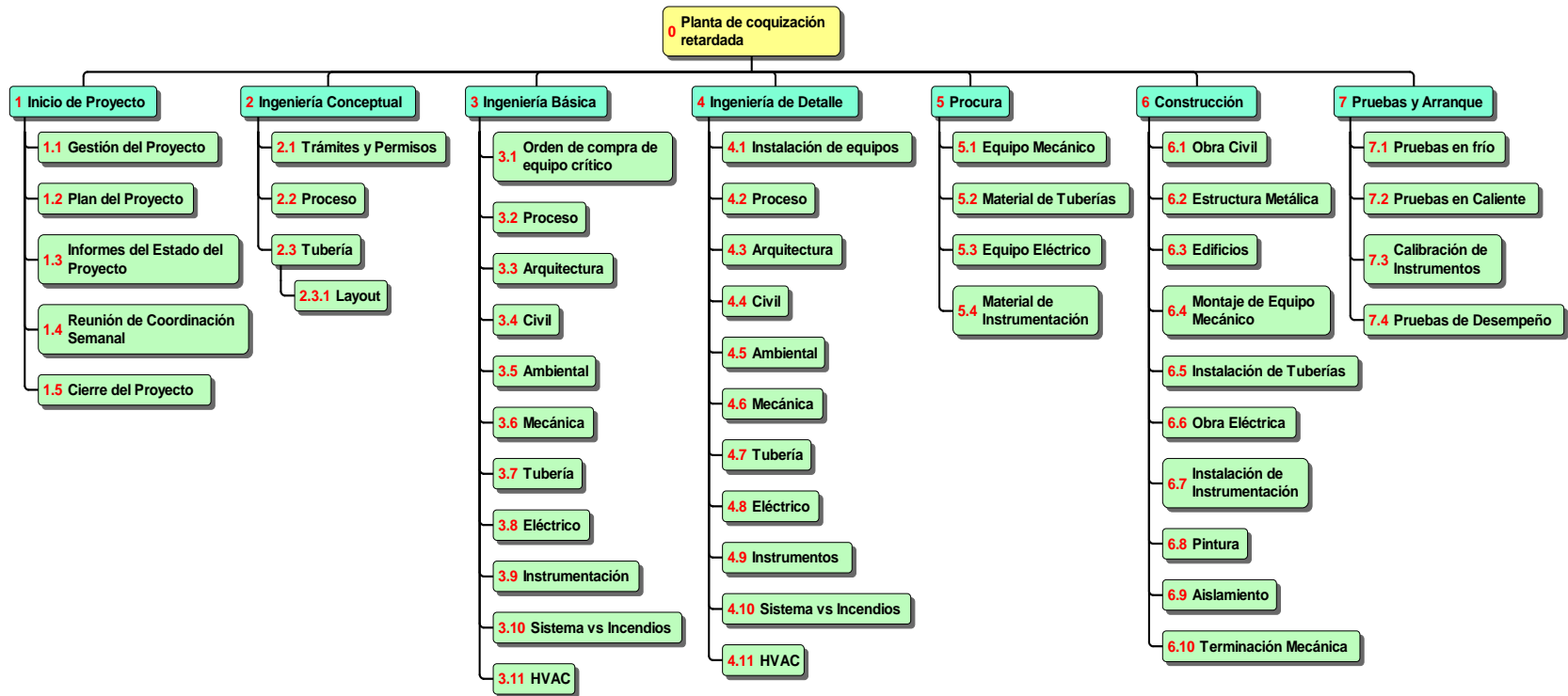


Figura 13. WBS preliminar del Proyecto, (2018), Elaboración Propia.

### **3.1.8. Programa Preliminar del Proyecto**

En la siguiente hoja, se muestra el programa preliminar para todas las fases de la planta de coquización retardada de la reconfiguración de la refinería ubicada en el municipio de Minatitlán, del estado de Veracruz.

Se prevé que, para el diseño, construcción y puesta en marcha de dicha planta, inicien los trabajos el 1 de febrero de 2005 y finalicen el 4 de marzo de 2008.



### 3.1.9. Estimado de Costo Clase V

El monto total estimado de las obras que se requiere se describe en la siguiente tabla. Se realizó un estimado de costos Clase V para FEL I; en donde el costo final del proyecto puede variar considerablemente (+50%, -30%). Se utilizó *Aspen Process Economic Analyzer* versión 10 de la paquetería de Aspen Plus.

*Tabla 3. Estimado de Costo Clase V, (2019), Elaboración Propia.*

<b>Concepto</b>	<b>Costo (USD)</b>
Total del Proyecto para FEL I	\$ 211,536,310.00
<i>Estimado de Costo del proyecto por contratista</i>	<i>\$ 317,900,000.00</i>

La tabla muestra la diferencia en el estimado de costo final del contratista vs el estimado de costo clase V, la diferencia es mayor al 30%. La información disponible se limita al tamaño, capacidad, ubicación geográfica, especificación preliminar de los insumos y productos.

## 3.2. FEL II

### 3.2.1. Proyecto

*Planta de Coquización Retardada en la Reconfiguración de la Refinería ubicada en Minatitlán, Veracruz.*

#### 3.2.1.1. Selección de Sitio

Se seleccionó la refinería que se ubica en Minatitlán, Veracruz; debido a que se requiere expandir el volumen de crudo refinado dentro de la misma refinería, por lo que la planta de coquización retardada se encontrará dentro del área delimitada para la reconfiguración; donde, además, se planea construir 9 plantas nuevas, incluyendo los servicios auxiliares, tratamiento de aguas amargas, regeneración de DEA y la integración de dichas instalaciones.

Esto se debe a que se sitúa en un lugar estratégico, cercana a los centros de producción y distribución de aceite crudo, además cuenta con facilidades para distribuir gasolinas y destilados intermedios al área de mercado de otras refinerías.

*Tabla 4. Localización de la planta, (2012), Recuperado de PEMEX Refinación.*

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
<i>País/Estado/Área:</i>	México/Veracruz/Minatitlán
<i>Localización:</i>	Latitud: 17°59' Norte / Longitud: 94°32' Oeste
<i>Ambiente:</i>	Ambiente altamente corrosivo, por SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , H <sub>2</sub> S y brisa marina. Costa a 20 km con vientos de mar a tierra y clima tropical húmedo.
<i>Altitud:</i>	20.0 m sobre el nivel del mar
<i>Presión Barométrica:</i>	759 mmHg
<i>Elevación:</i>	20.0 m sobre el nivel del mar

En la siguiente imagen se muestra el área que ocupará la planta de coquización retardada dentro de la reconfiguración de la refinería en Minatitlán, Veracruz



Figura 15. Localización de la planta de coquización retardada, (2018), Recuperado de Google Maps.

### 3.2.1.2. Estudios Preliminares

Los estudios preliminares permiten reconocer el terreno para recabar información, datos y antecedentes necesarios para poder definir los diseños y procedimientos del proyecto de construcción, obteniendo así un diseño más completo, alcance económico y tiempo de ejecución. Con la información adecuada para el diseño del



proyecto, evitar sobrecostos, daños estructurales y posibles riesgos de seguridad en el futuro.

Los estudios que se realizan durante esta etapa son los siguientes:

- HAZOP
- EIA – Estudio de Impacto Ambiental
- SIL (Safety Integrity Level)
- Análisis Cuantitativo de Riesgos
- Estudio de Suelos
- Relevamiento Topográfico
- Estudios hidrológicos

### **3.2.1.3. Selección de Proceso y Tecnología**

Se propone utilizar el proceso de coquización retardada, el cual se lleva a cabo a baja presión y recirculación y en el que se obtiene la máxima producción de líquidos.

En esta planta se fraccionarían mediante craqueo térmico los residuos de vacío “fondos de barril” para obtener productos de mayor valor agregado, como butano-butileno, nafta de coquización, gasóleos ligero y pesado y coque, con una operación nominal estimada de 55,797 BPD.

En este proceso se minimizan los rendimientos en combustóleo por craqueo térmico energético de los productos tales como residuos de vacío y alquitranes térmicos. Además, permite aumentar cerca del 20% de los destilados para la producción de gasolina.

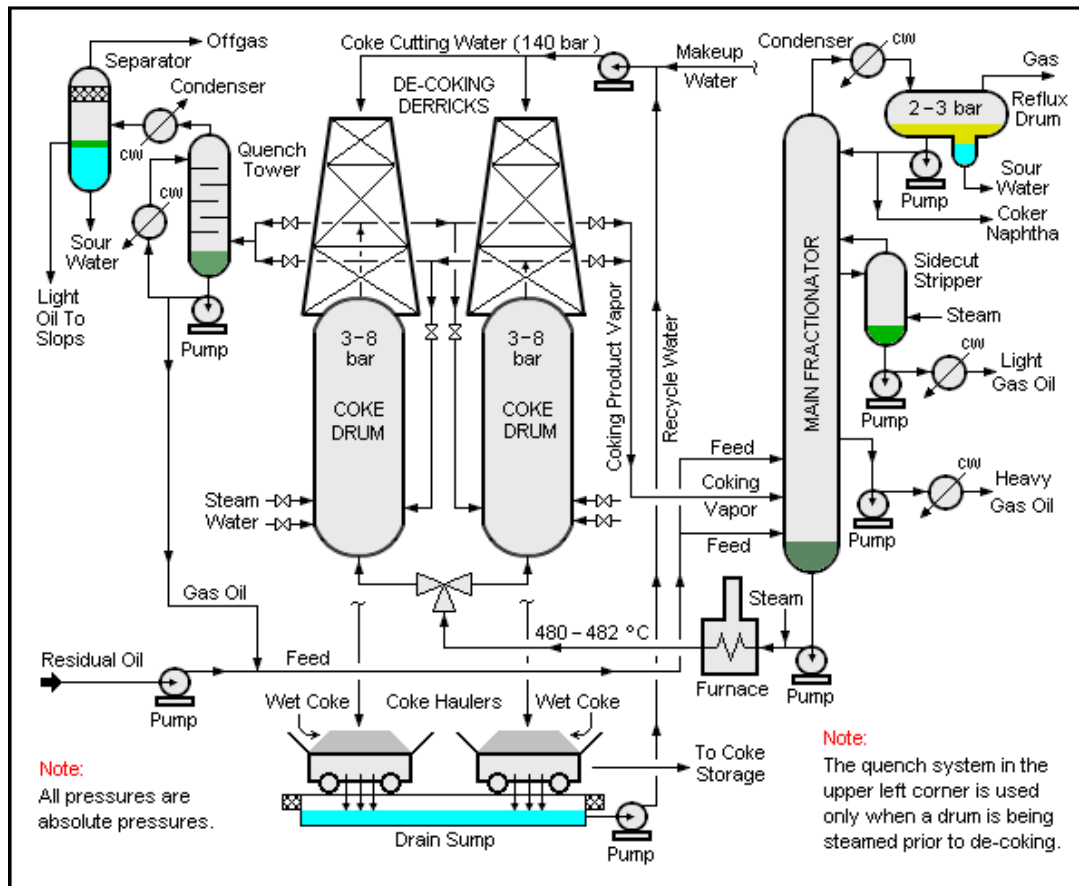


Figura 16. Diagrama de Proceso de la planta de coquización retardada, (2018), Recuperado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Delayed\\_Coker.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Delayed_Coker.png).

La planta de coquización retardada estaría integrada por las siguientes secciones:

- Sección de Coquización
- Sección de Fraccionamiento
- Sección de manejo de coque

### 3.2.2. Bases de Diseño

La sección de coquización de la unidad de coquización retardada es una parte de un proyecto de expansión de refinería que consta de las siguientes unidades:

- unidad de coquización retardada
- planta de gas

La unidad de coquización retardada está diseñada para procesar 50,000 bpsd de residuos de vacío de 1050°F de petróleo crudo maya a baja presión (15 psig), operación de reciclaje ultra baja. El diseño ha sido revisado para procesar 53,973 bpd de residuos de vacío de una mezcla de crudo 70/30 istmo/maya; además se han identificado las limitaciones del caso de diseño.

El circuito HGCO de gasóleo pesado de coque, que incluye el bombeo del HCGO del fraccionador, el fraccionador de HCGO y el producto HCGO hasta los límites adecuados, ha sido rediseñado para el caso de alimentación de istmo/maya 70/30. Además, la unidad es capaz de procesar una corriente de lodo que consiste en varios tipos de desechos de lodos y una corriente de desechos de refinería de 2000 bpsd que puede contener agua, nafta, diésel, gasóleo pesado o una mezcla de estos materiales.

La sección de coque está diseñada para producir coque, gasóleo combinado, nafta no estabilizada y vapores aéreos. La sección de coque está dividida en sistemas de coquización y fraccionamiento y consta de los siguientes equipos:

- dos unidades de coquización
- 4 tambores de coque
- un fraccionador de coque con 2 separadores de corrientes laterales
- un sistema de purga de coque
- instalaciones de generación de vapor
- equipo de almacenamiento y clarificación de agua

- instalaciones para el precalentamiento económico de los productos alimenticios
- instalaciones para la entrega del producto hasta los límites de la batería
- instalaciones de manipulación de lodos
- sistema de inyección de polisulfuro

### **3.2.3. Alcance**

Para el proyecto de la planta de coquización retardada, se considera lo siguiente:

- Elaboración de HAZOP para la ejecución de obras relacionadas con la planta.
- Cumplir con las recomendaciones, acciones y/o requerimientos de protección ambiental de la SEMARNAT, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y sus reglamentos, normas y estándares aplicables.
- Desarrollo de la ingeniería conceptual, básica y de detalle de una planta de coquización retardada, de acuerdo a los requerimientos solicitados por el cliente.
- Suministro y puesta en sitio de todos los equipos y materiales y refacciones necesarias para los preparativos, arranque y pruebas de comportamiento.
- Puesta en operación de la planta coquizadora, y pruebas de comportamiento.
- Elaboración de dibujos finales de construcción.
- Planeación, programación y control de avances.
- Capacitación y entrenamiento al personal.

### **3.2.4. Ingeniería Básica**

La Ingeniería Básica tiene por objetivo completar el alcance de la alternativa seleccionada durante la fase de Ingeniería Conceptual y desarrollar un plan de ejecución del proyecto que permita en cierta medida comprometer fondos o iniciar la gestión para obtener el financiamiento requerido.

Durante esta fase se fija el alcance del proyecto de manera concreta, se establecen las capacidades y las características de los productos y servicios que genera el proyecto, se definen los aspectos relacionados con el medioambiente y la seguridad, las filosofías operativas y la selección de materiales documentando los resultados obtenidos de forma completa y adecuada. Se establecen además las especificaciones detalladas que van a seguirse en las fases siguientes.

Los siguientes documentos son los documentos mínimos para poder asegurar el nivel de definición del proyecto en línea con el rango de exactitud de la estimación económica:

Tabla 5. Entregables de Ingeniería Básica por disciplinas, (2016), Recuperado de Centro Argentino de Ingeniería.

<b>General</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de Diseño</li> <li>• Estimado de Costos Clase 2</li> <li>• Plan de Ejecución del Proyecto</li> <li>• Memoria Descriptiva</li> </ul>
<b>Procesos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria descriptiva de Procesos</li> <li>• Diagrama de Bloques</li> <li>• Diagramas de Flujo de Procesos (ISBL y OSBL)</li> <li>• Diagramas de Flujo de Servicios</li> <li>• Balance de Masa y Energía</li> <li>• Memoria de cálculo del sistema de protección de Incendio</li> <li>• Listado de Equipos</li> <li>• Informe Estudio HAZOP</li> <li>• Diagrama de Tuberías e Instrumentos DTI's</li> <li>• Lista de Tie-Ins</li> <li>• Lista de Líneas</li> <li>• Sumario de Servicios auxiliares, Químicos y Catalizadores</li> <li>• Sumario de Efluentes (líquidos, gaseosos o sólidos) y residuos</li> <li>• Memoria de Cálculo de Sistema de Venteos</li> <li>• Guía de Operaciones</li> <li>• Matriz Causa Efecto</li> <li>• Filosofía de Operación, Control y Seguridad</li> <li>• Diagrama de selección de materiales</li> </ul>
<b>Mecánica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoja de Datos de Equipos mecánicos estáticos</li> <li>• Hoja de Datos de Equipos mecánicos rotantes</li> <li>• Especificación Técnica de equipos mecánicos estáticos y rotantes</li> <li>• Especificación Técnica de Soldadura (si aplica)</li> </ul>

<p><b>Tuberías</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantación de equipos (distribución general de Equipos)</li> <li>• Clases Materiales de Tuberías (Piping Class)</li> <li>• Especificaciones y típicos de diseño</li> <li>• Distribución Gral. del complejo - ubicación unidades</li> <li>• Memoria descriptiva de tuberías</li> <li>• Especificación Técnica de Aislación</li> <li>• Especificación Técnica de Pintura y recubrimiento</li> <li>• Lista de Materiales de tuberías</li> <li>• Distribución general de estructuras elevadas</li> <li>• Plano Llave</li> <li>• Planos de Desmontaje</li> <li>• Planos preliminares de Planta, Cortes y Detalles</li> </ul>
<p><b>Electricidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria Descriptiva de la Instalación Eléctrica</li> <li>• Diagramas Unifilares</li> <li>• Especificación Técnica de Equipos Eléctricos</li> <li>• Hoja de Datos de Equipos Eléctricos</li> <li>• Lista de equipos eléctricos</li> <li>• Lista de Cargas</li> <li>• Clasificación de áreas eléctricas</li> <li>• Esquemas Funcionales Típicos</li> <li>• Típicos de Montaje de Iluminación</li> <li>• Típicos de Montaje de PAT y SPDA</li> <li>• Típicos de Montaje de FM y Comando</li> <li>• Planos de PAT</li> <li>• Planos de Iluminación General</li> <li>• Planos de Descargas Atmosféricas</li> <li>• Especificación Técnica de Protección Catódica</li> <li>• Especificación Técnica de Tracing Eléctrico</li> <li>• Distribución general de SE/Sala Eléctrica</li> <li>• Memoria de cálculo de Cables de Potencia Principales</li> <li>• Memoria de cálculo de Cortocircuito y Flujo de Carga</li> <li>• Memoria de cálculo de Arranque de Motores</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lista de Cables de Potencia Principales</li> <li>• Ruteo General de Cables Principales</li> <li>• Lista Preliminar de Materiales Eléctricos</li> <li>• Ruteo General de Cables Principales</li> </ul>
<b>Instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria Descriptiva de la instalación de Instrumentación y Control</li> <li>• Listado de Instrumentos</li> <li>• Hoja de datos Válvulas de Control y Autorreguladoras</li> <li>• Hoja de datos Válvulas ON-OFF</li> <li>• Hoja de datos Válvula motorizada</li> <li>• Hoja de datos Válvulas de Seguridad</li> <li>• Hoja de datos Caudalímetros para Medición Fiscal</li> <li>• Hoja de Datos de Elementos Primarios de Caudal (Coriolis, Ultrasónicos, Electromagnéticos)</li> <li>• Hojas de datos de Instrumentos de Temperatura</li> <li>• Hojas de datos de Instrumentos de Nivel</li> <li>• Hojas de datos de Instrumentos de Presión</li> <li>• Especificación Técnica de Analizadores Complejos de Procesos</li> <li>• Especificación Técnica DCS (Distributed Control System) y SIS (Safety Integration System)</li> <li>• Arquitectura del Sistema de Control &amp; Seguridad</li> <li>• Típicos de Montaje Eléctrico y mecánico de Instrumentos</li> <li>• Especificaciones Técnicas de Instrumentos</li> <li>• Especificación de los Sistemas de Comunicaciones</li> <li>• Cómputo de cables y materiales (eléctricos y mecánicos) de instalación</li> <li>• Distribución general (layout) de sala de control</li> <li>• Plano de Canalizaciones Troncales</li> </ul>



<p><b>Civil</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos de Arquitectura de Edificios. Fachadas</li> <li>• Lista de Materiales y Cómputos de Obra</li> <li>• Drenajes - Planos Distribución general con ubicación de cámaras y tuberías</li> <li>• Drenajes - Memoria de cálculo hidráulico</li> <li>• Drenajes - Detalles típicos</li> <li>• Estructuras de Hormigón Armado - Memoria de Cálculo Preliminar</li> <li>• Especificación técnica. Estructuras de Hormigón. Fundaciones. Pilotes. Pavimentos Drenajes</li> <li>• Estructuras metálicas - Especificación técnica. Incluye ignifugado</li> <li>• Estructuras Metálicas - Memoria de cálculo Preliminar</li> <li>• Estructuras Implantación - Distribución General</li> <li>• Fundaciones - Memoria de cálculo Preliminar</li> <li>• Distribución General de Fundaciones</li> <li>• Obra Civil - Memoria Descriptiva</li> <li>• Movimiento de suelos</li> <li>• Demolición /Relleno/Compactación</li> <li>• Distribución General, Planos de Plantas, vistas, cortes y detalles</li> <li>• Estudio de Suelos - Especificación Técnica e Informe</li> <li>• Obra Civil- Típicos</li> <li>• Relevamiento Topográfico - Especificación Técnica</li> </ul>
<p><b>Sistema vs Incendios</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Áreas Potenciales de Incendio (si aplica)</li> <li>• Lista de Elementos de Lucha Contra Incendio</li> <li>• Listado de Partes especiales, filtros y temporarios, etc.</li> </ul>

### 3.2.5. Estimado de Costos Clase IV

Para el estimado de costos que se realizó para la planta coquizadora de la reconfiguración de la refinería de Minatitlán, Veracruz para FEL II; se utilizó el programa *Aspen Process Economic Analyzer* versión 10 de la paquetería de Aspen Plus.

*Tabla 6. Estimado de Costos Clase IV, (2019), Elaboración Propia.*

<b>Concepto</b>	<b>Costo (USD)</b>
Total del Proyecto para FEL II	\$ 261,465,725.00
<i>Estimado de Costo del proyecto por contratista</i>	<i>\$ 317,900,000.00</i>

Está basado solamente en la definición de unidades de procesamiento principales o de secciones importantes de unidades de procesamiento, ya se han concluido los estudios para preseleccionar el tipo y tamaño de los equipos mayores y se han preparado los diagramas principales de flujo. La diferencia entre los estimados de costos es mayor al 15% dado que el estimado es clase IV.

### 3.2.6. Identificación de Riesgos

Dentro de los proyectos se requiere identificar los riesgos que se pueden llegar a presentar durante la ejecución del mismo, por lo que se utiliza la metodología para CRE (causa-riesgo-efecto) para minimizar el impacto de los riesgos y evitar retrasos que impacten negativamente en el tiempo y costo de la planta de coquización retardada.

Tabla 7. Identificación de Riesgos, (2019), Elaboración Propia.

Código	Nombre de Riesgo	Informe del Riesgo		
		Causa	Riesgo	Efecto
<b>P</b>	<i>Político</i>			
<b>P-01</b>	Desinformación del proyecto	Debido a información falsa que circule sobre el proyecto.	Existe el riesgo de que haya poco o nulo conocimiento sobre el proyecto.	Provoca que los implicados desconozcan el trabajo que se realiza en la planta.
<b>P-02</b>	Falta de definición de los beneficios	Gobierno no encuentre "beneficios tangibles".	Crear desconfianza con el gobierno al no tener bien definidos los beneficios.	Retrasos en los trámites para el inicio programado del proyecto.
<b>P-03</b>	Normas Estrictas	Normas estrictas en cuanto al contenido de azufre en los petrolíferos.	Equipos no cumplan con las normas.	Incremento en el precio de equipos. Aumento en el plazo de entrega de equipos.
<b>A</b>	<i>Alcance</i>			
<b>A-01</b>	Indefinición en el alcance	No hay una correcta definición del alcance.	No se contemplan posibles ampliaciones. Existe el riesgo de que no se delimite correctamente el alcance.	Cambios en el alcance. Atrasos en el inicio de proyecto. Mala estimación de costos del proyecto.
<b>A-02</b>	Cambios	Cambios en el alcance.	Rediseño y redimensionamiento de la planta.	Retrasos en el proyecto. Cambios en el costo final del proyecto no contemplados en la estimación.
<b>E</b>	<i>Económico</i>			
<b>E-01</b>	Mala estimación de Costos	Cambios en los precios de equipos.	Sobreestimación o baja estimación de costos.	Disminución de la utilidad.
<b>E-02</b>	Alza de precio de petrolíferos	Incrementos en la demanda de petrolíferos.	Desequilibrio entre la oferta y la demanda de equipos y materiales.	Incremento en el precio de equipos. Dificultad de suministro de equipos y materiales.
<b>E-03</b>	Mano de Obra	Contratación de Mano de obra fuera de tiempo.	Incremento en el costo de mano de obra.	Cambios en el costo final del proyecto no contemplados en la estimación.
<b>E-04</b>	Fluctuación de Paridad	Mal presupuesto del proyecto.	Fluctuaciones de paridad cambiaria.	Costo de equipos y materiales afectados.
<b>E-05</b>	Renta de Maquinaria	Renta de maquinaria y equipo por mayor tiempo.	Mayor costo por la renta.	Aumento en el costo.
<b>M</b>	<i>Ambiental</i>			
<b>M-01</b>	Temporada de Lluvias	La temporada de lluvias suele ser intensa durante el verano en Minatitlán.	Lluvias demasiado intensas y duraderas que interfieran en la construcción; paro parcial o total durante los trabajos.	Retrasos en los trabajos que se realizan durante la construcción de la planta, mayor tiempo de construcción.
<b>T</b>	<i>Tiempo</i>			
<b>T-01</b>	Cambio en el cronograma.	Solicitudes en el cambio del alcance del Proyecto.	Invertir tiempo extra durante la planeación del proyecto.	Retrasos en el inicio del proyecto y/o las actividades implicadas. Mayores costos debido a atrasos en obras. Multas y/o penalizaciones .
	Incumplimiento de cronograma del proyecto.	Incumplir con el tiempo programado.	Atrasos en el proyecto.	Multas y/o penalizaciones. Aumentos en costos de obra.

Se requiere identificar que riesgos pueden afectar el proyecto y documentar sus características, de manera que se evalúe la probabilidad y el impacto para costo, tiempo, alcance y calidad del proyecto.

En esta tabla se presenta el valor numérico de la probabilidad y del impacto para la evaluación cuantitativa del proyecto.

*Tabla 8.* Valor Numérico de la Probabilidad de Riesgos, (2007), Recuperado de Dharma Consulting.

<b>Probabilidad</b>	<b>Valor Numérico</b>	<b>Impacto</b>	<b>Valor Numérico</b>
Muy improbable	0.1	Muy bajo	0.05
Relativamente Probable	0.3	Bajo	0.10
Probable	0.5	Moderado	0.20
Muy Probable	0.7	Alto	0.40
Casi Certeza	0.9	Muy Alto	0.50

Al evaluar la probabilidad y el impacto de cada uno de los riesgos, se identifica el tipo de riesgos que podría presentar, y las consecuencias que podría provocar en la ejecución del proyecto.

*Tabla 9.* Tipo de Riesgo de acuerdo a su probabilidad, (2007), Recuperado de Dharma Consulting.

<b>Tipo de Riesgo</b>	<b>Probabilidad por Impacto</b>
Muy Alto	Mayor a 0.50
Alto	Menor a 0.50
Moderado	Menor a 0.30
Bajo	Menor a 0.10
Muy Bajo	Menor a 0.05

La siguiente tabla presenta los riesgos del proyecto y el impacto probable de cada uno dentro del proyecto; de manera que, al conocer el impacto de cada uno de los riesgos, se ejecuten medidas preventivas para aminorar el impacto dentro del proyecto.

Tabla 10. Clasificación de los riesgos de proyecto, (2019), Elaboración Propia.

Código	Descripción	Causa	Est. de prob.	Objetivo Afectado	Est. de Impacto	Prob. x Impacto	Tipo de Riesgo
P-01	Desinformación sobre el proyecto	Mala información y/o falsa que circule sobre el proyecto.	0.3	Alcance	0.1	0.03	Moderado
				Tiempo	0.1	0.03	
				Costo	0.1	0.03	
				Calidad	0.05	0.015	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.105</b>	
P-02	Indefinición de beneficios	No hay beneficios tangibles.	0.3	Alcance			Bajo
				Tiempo	0.1	0.03	
				Costo	0.2	0.06	
				Calidad			
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.09</b>	
P-03	Normas Estrictas	Normas estrictas en cuanto al contenido de azufre en los petrolíferos.	0.3	Alcance	0.1	0.03	Alto
				Tiempo	0.4	0.12	
				Costo	0.4	0.12	
				Calidad	0.2	0.06	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.33</b>	
A-01	Indefinición del Alcance	No hay una correcta definición del alcance.	0.1	Alcance	0.2	0.02	Bajo
				Tiempo	0.2	0.02	
				Costo	0.2	0.02	
				Calidad	0.2	0.02	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.08</b>	
A-02	Cambios en el alcance	No hay correcta definición del alcance.	0.3	Alcance	0.2	0.06	Moderado
				Tiempo	0.2	0.06	
				Costo	0.4	0.12	
				Calidad	0.1	0.03	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.27</b>	
E-01	Mala estimación de costos	Cambios en los costos de los equipos.	0.1	Alcance	0.1	0.01	Bajo
				Tiempo	0.1	0.01	
				Costo	0.4	0.04	
				Calidad	0.2	0.02	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.08</b>	
E-02	Alza de Precio de Petrolíferos	Incremento en la demanda de petrolíferos.	0.3	Alcance			Moderado
				Tiempo			
				Costo	0.2	0.06	
				Calidad	0.2	0.06	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.12</b>	

E-03	Mano de Obra	Contratación de Mano de obra fuera de tiempo.	0.3	Alcance	0.2	0.06	Moderado
				Tiempo	0.2	0.06	
				Costo	0.2	0.06	
				Calidad	0.2	0.06	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.24</b>	
E-04	Fluctuación de Paridad	Mal presupuesto del Proyecto.	0.1	Alcance	0.2	0.02	Moderado
				Tiempo	0.4	0.04	
				Costo	0.4	0.04	
				Calidad	0.2	0.02	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.12</b>	
E-05	Renta de Maquinaria	Renta de maquinaria y equipo por mayor tiempo por cambios en el programa, atraso en entrega de equipos.	0.3	Alcance			Moderado
				Tiempo	0.1	0.03	
				Costo	0.2	0.06	
				Calidad	0.4	0.12	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.21</b>	
M-01	Temporada de Lluvias	Intensas lluvias en verano.	0.3	Alcance	0.05	0.015	Bajo
				Tiempo	0.1	0.03	
				Costo	0.1	0.03	
				Calidad	0.05	0.03	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.09</b>	
T-01	Cambios en el programa	Solicitudes de cambio en el proyecto.	0.3	Alcance	0.1	0.03	Moderado
				Tiempo	0.2	0.06	
				Costo	0.2	0.06	
				Calidad	0.2	0.06	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.21</b>	
T-02	Incumplimiento del programa	Incumplir con el tiempo programado de las actividades.	0.1	Alcance	0.05	0.005	Bajo
				Tiempo	0.2	0.02	
				Costo	0.2	0.02	
				Calidad	0.1	0.01	
				<b>Total Prob. x Impacto</b>		<b>0.055</b>	

### **3.2.6.1. Plan de Respuesta de Riesgos**

En la siguiente tabla se presentan las respuestas a los riesgos que se identificaron en la tabla anterior para minimizar el impacto durante la ejecución del proyecto de la planta coquizadora.



Tabla 11. Plan de Respuesta a Riesgos, (2019), Elaboración Propia.

Código	Amenaza/ Oportunidad	Descripción	Causa	Prob x Impacto	Tipo de Riesgo	Respuestas
P-01	Oportunidad	Desinformación sobre el proyecto.	Poca información y/o falsa que circule sobre el proyecto.	0.105	Moderado	Mantener la comunicación con los involucrados, reunión constante para la retroalimentación del proyecto y revisar los avances del mismo.
P-02	Oportunidad	Indefinición de beneficios.	No hay beneficios tangibles.	0.09	Bajo	Dar a conocer a los involucrados los beneficios del proyecto; constante comunicación.
P-03	Oportunidad	Normas Estrictas.	Normas estrictas en cuanto al contenido de azufre en los petrolíferos.	0.33	Alto	Revisión anticipada de normas oficiales y requerimientos a nivel internacional.
A-01	Amenaza	Indefinición del Alcance.	No hay una correcta definición del alcance.	0.08	Bajo	Establecer los objetivos del proyecto con los involucrados, definiendo el alcance del proyecto, lo que incluye el y las exclusiones del mismo.
A-02	Amenaza	Cambios en el alcance.	No hay correcta definición del alcance.	0.27	Moderado	Ya bien definido el alcance, debe respetarse. Definir el plan de gestión de alcance.
						Desarrollar un plan de gestión de cambios, donde se detallen los costos y tiempos dentro del proyecto.
E-01	Amenaza	Mala estimación de costos.	Cambios en costos de equipos y materiales.	0.08	Bajo	Estimación de costos de equipos y materiales de acuerdo a tendencias futuras del mercado.
E-02	Amenaza	Alza de Precio de petrolíferos.	Incremento en la demanda de petrolíferos.	0.12	Moderado	Monitorear constantemente los costos de petrolíferos y sus tendencias futuras.
E-03	Amenaza	Mano de Obra.	Contratación de mano de obra fuera de tiempo.	0.24	Moderado	Definir y seguir el cronograma del proyecto, ajustar de acuerdo al programa y durante la ejecución del proyecto.
E-04	Amenaza	Fluctuación de Paridad.	Diversos motivos de oferta y demanda.	0.12	Moderado	Estimar costo de equipos y materiales tratando de minimizar el impacto de la paridad cambiaria.
E-05	Amenaza	Renta de Maquinaria.	Renta de maquinaria y equipo por mayor tiempo por cambios en el programa, atraso en entrega de equipos.	0.21	Moderado	Definir y seguir el cronograma del proyecto, ajustar de acuerdo al programa y durante la ejecución del proyecto
R-05	Amenaza	Temporada de lluvias.	Intensas lluvias en verano.	0.09	Bajo	Monitorear el clima, preparando plan de contingencia.
R-07	Amenaza	Cambios en el programa.	Solicitudes de cambio en el proyecto.	0.21	Moderado	Elaborar plan de contingencia, donde se detallen los costos y tiempos dentro del proyecto.
R-06	Amenaza	Incumplimiento del programa.	Incumplir con el tiempo programado de las actividades.	0.055	Bajo	Supervisión constante del trabajo.
						Elaborar un plan de Contingencia.

### **3.3. FEL III**

#### **3.3.1. Proyecto**

*Planta de Coquización Retardada en la Reconfiguración de la Refinería ubicada en Minatitlán, Veracruz.*

##### **3.3.1.1. Alcance**

###### **A) Alcance del Proyecto**

- Elaboración de Hazop para la ejecución de las obras relacionadas con la planta.
- Cumplir con las recomendaciones, acciones, y/o requerimientos de Protección ambiental de la SEMARNAT, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y sus reglamentaciones y las normas y estándares aplicables.
- Desarrollo de toda la ingeniería conceptual, básica, de detalle y del METI de la planta de coquización retardada, de acuerdo a los requerimientos solicitados por el cliente.
- La ingeniería de detalle debe incluir los ajustes a la ingeniería básica que sean resultado de la revisión del proceso que debe realizar el contratista para cumplir con las especificaciones del contrato.
- Suministro y puesta en sitio de todos los equipos y materiales y refacciones necesarias para los preparativos, arranque y pruebas de comportamiento.
- Suministro de aditivos, aceites y lubricantes para equipos mecánicos y motores, necesarios para las puestas en operación de las unidades.

- Suministro de químicos y aditivos, tal como se especifica en la ingeniería básica, así como los químicos y aditivos que se requieran derivado del desarrollo de la ingeniería de detalle.
- Licencias para el uso de los derechos de propiedad industrial e intelectual, el uso de los derechos de patente y el uso de la información técnica de software y de tecnología para equipos especiales y equipos o sistemas relacionados con la operación comercial de instrumentación, equipos especiales y sistemas del paquete de proceso requeridos en las unidades y cuya tecnología y patente sean propiedad exclusiva del licenciante o tecnólogo.
- Construcción y montaje de las unidades y su integración.
- Automatización de las unidades de proceso, empleando la instrumentación adecuada para la operación de los siguientes sistemas: SCD, ESD, Sistema de seguridad (fuego y gas), Sistema de comunicación y voice, SCCTV, y sistemas ininterrumpibles de energía.
- Inspección y pruebas a materiales y equipos de instalación permanente, así como supervisión de control de calidad durante el desarrollo de las obras de construcción.
- Pruebas y limpieza de equipos.
- Trabajos previos a los preparativos, arranque y pruebas de comportamiento.
- Capacitación y/o entrenamiento al personal operativos de Pemex Refinación.
- Puesta en operación y pruebas de comportamiento.
- Elaboración de dibujos finales de construcción (planos AS Built)
- Elaboración de manuales de entrenamiento y operación.
- Emisión de libros de documentos finales.
- Planeación, programación y control de los avances.
- Control detallado de todas las comunicaciones con Pemex Refinación generado durante el proyecto.

## **B) Alcance de las instalaciones**

La planta de coquización retardada cuenta con las siguientes instalaciones:

- Sección de Coquización
- Sección de Fraccionamiento
- Sección de manejo de coque

La planta de gas consiste en:

- Compresor de gas de coque de 2 etapas
- Depropanizador absorbedor
- Absorbedor de esponja
- Debutanizador
- Depurador de gas amina producto coque
- Contactor de C<sub>4</sub> amina
- Tratador de C<sub>4</sub>

Adicionalmente se tienen sistemas para el uso combinado de la sección de coque y de la sección de la planta de gas:

- sistema de lavado y sellado de aceite
- sistema de deserción de mantenimiento
- sistema de recolección de condensado
- Sistema de desfogues (Desfogue de Alta, Desfogue de Baja)

- Sistema de paro de emergencia

Edificios:

- Cuarto de Control Central
- Subestación eléctrica principal
- Caseta de vigilancia

Urbanización del área fuera de límite de batería:

- Calles, banquetas, guarniciones y pavimentos
- Drenajes
- Ductos

Otros:

- Cabezales de succión y descarga
- Interconexión con ducto existente de 48"

### **3.3.2. WBS**

Se describen los trabajos que se requieren para la planta de coquización, de acuerdo a cada una de las disciplinas involucradas en el proyecto.

Debido al gran tamaño del WBS, se presenta de acuerdo a cada una de las áreas que se desarrollan en el proyecto de la planta coquizadora.

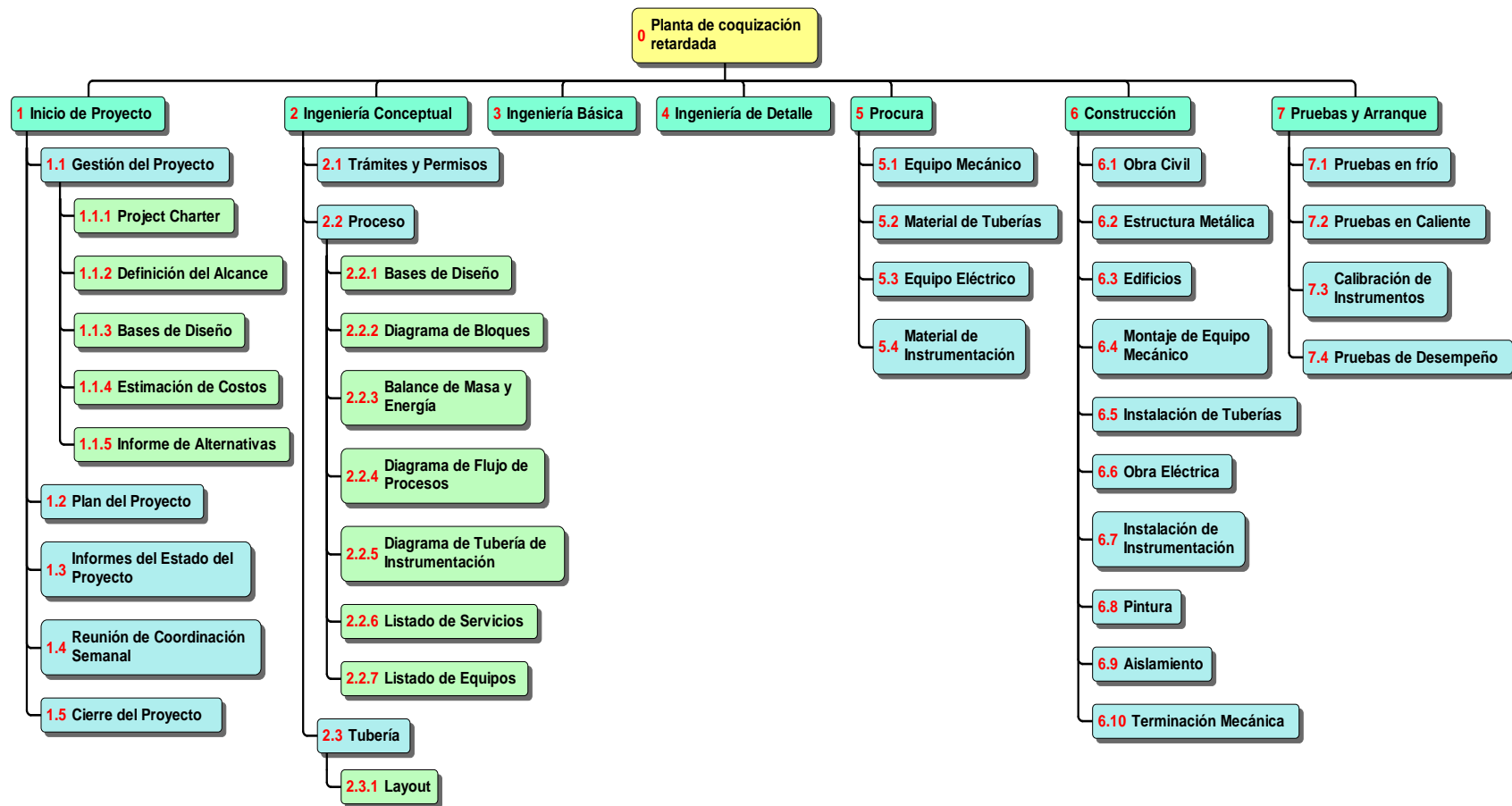


Figura 17. Estructura de Descomposición del Trabajo, parte 1 (2018), Elaboración Propia.

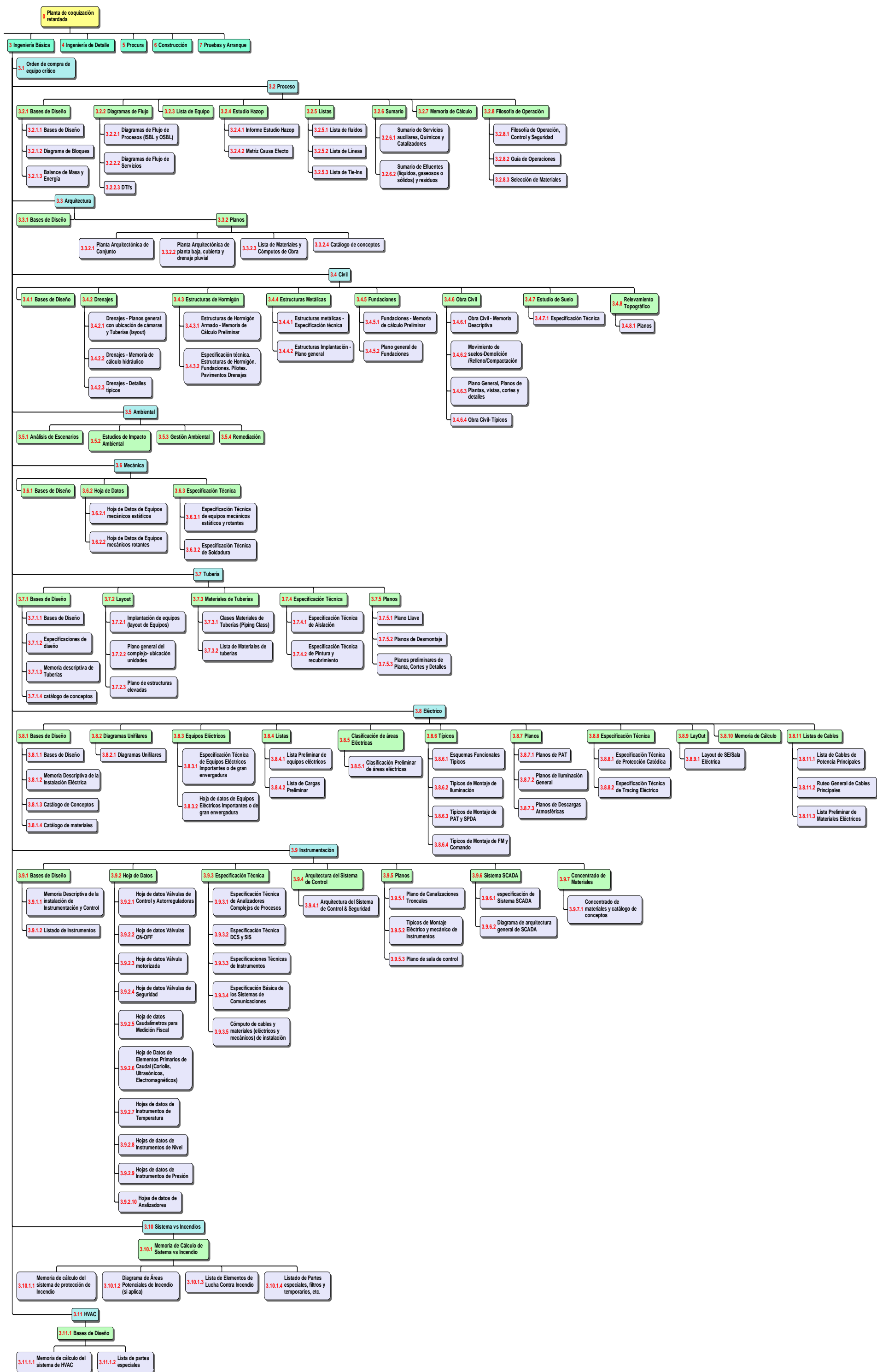


Figura 18. Estructura de Descomposición del Trabajo, parte 2, (2018), Elaboración Propia.

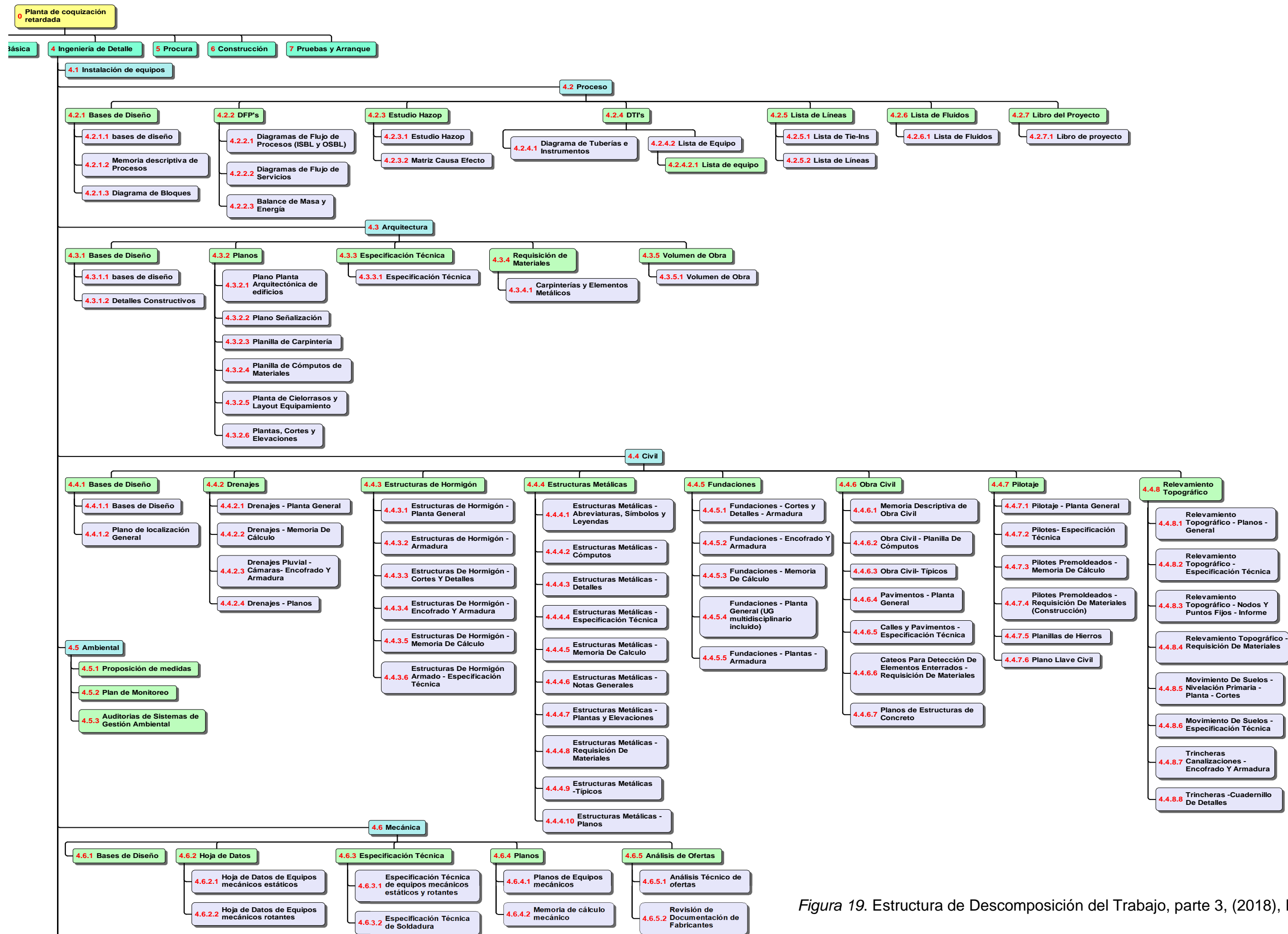


Figura 19. Estructura de Descomposición del Trabajo, parte 3, (2018), Elaboración Propia.



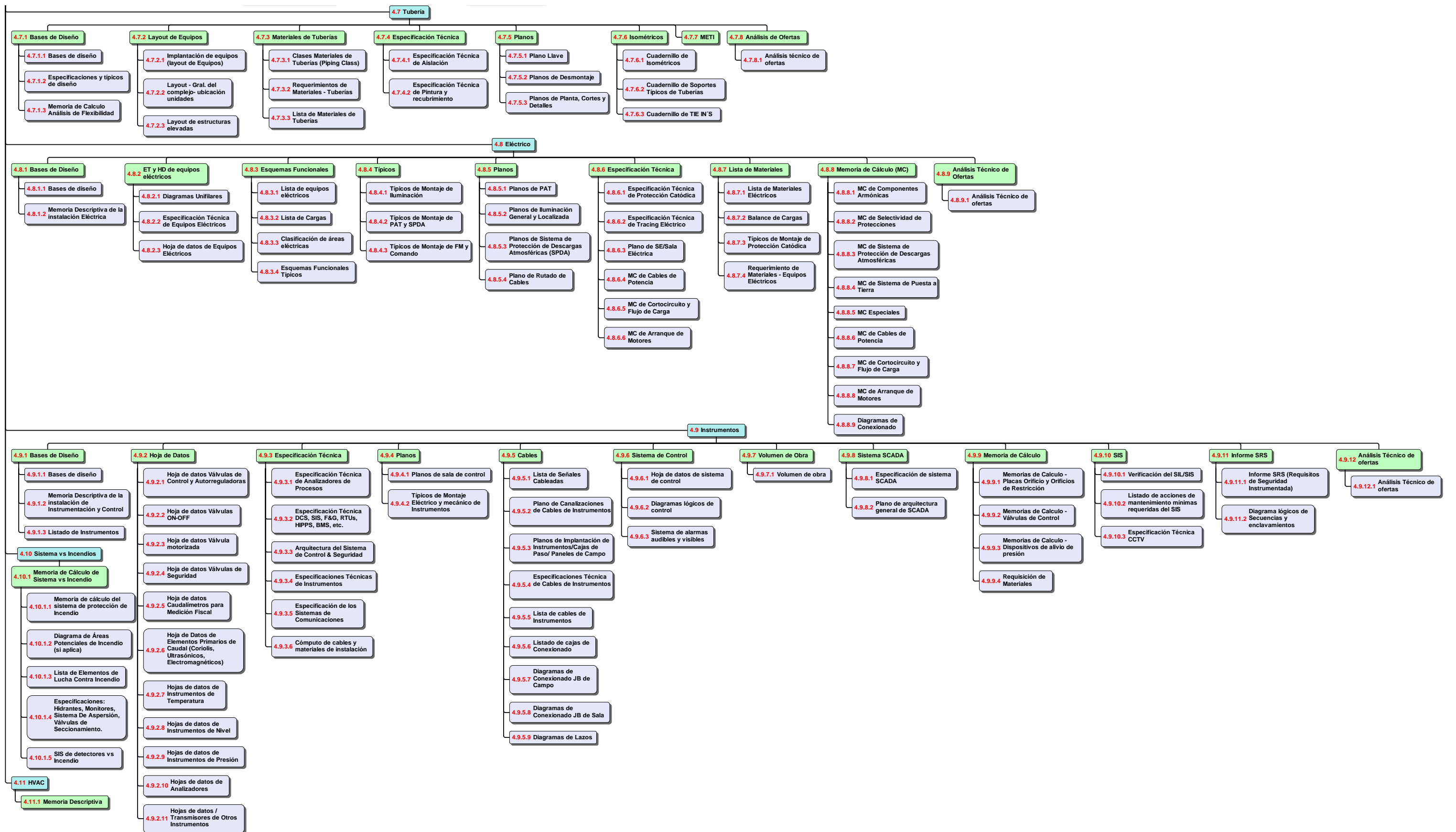


Figura 20. Estructura de Descomposición del Trabajo, parte 4, (2018), Elaboración Propia.

Tabla 12. WBS de la Planta de Coquización Retardada de la Reconfiguración de la Refinería de Minatitlán, Veracruz, (2016), Elaboración Propia, basado en Centro Argentino de Ingeniería.

<b>0</b>	<b>Planta de coquización retardada</b>
<b>1</b>	<b>Inicio de Proyecto</b>
<b>1.1</b>	<b>Gestión del Proyecto</b>
1.1.1	Project Charter
1.1.2	Definición del Alcance
1.1.3	Bases de Diseño
1.1.4	Estimación de Costos
1.1.5	Informe de Alternativas
1.2	Plan del Proyecto
1.3	Informes del Estado del Proyecto
1.4	Reunión de Coordinación Semanal
1.5	Cierre del Proyecto
<b>2</b>	<b>Ingeniería Conceptual</b>
<b>2.1</b>	<b>Trámites y Permisos</b>
<b>2.2</b>	<b>Proceso</b>
2.2.1	Bases de Diseño
2.2.2	Diagrama de Bloques
2.2.3	Balance de Masa y Energía
2.2.4	Diagrama de Flujo de Procesos
2.2.5	Diagrama de Tubería de Instrumentación
2.2.6	Listado de Servicios
2.2.7	Listado de Equipos
<b>2.3</b>	<b>Tubería</b>
2.3.1	Layout
<b>3</b>	<b>Ingeniería Básica</b>
3.1	Orden de compra de equipo crítico
<b>3.2</b>	<b>Proceso</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
3.2.1.1	Bases de Diseño
3.2.1.2	Diagrama de Bloques
3.2.1.3	Balance de Masa y Energía
<b>3.2.2</b>	<b>Diagramas de Flujo</b>

3.2.2.1	Diagramas de Flujo de Procesos (ISBL y OSBL)
3.2.2.2	Diagramas de Flujo de Servicios
3.2.2.3	DTI's
3.2.3	Lista de Equipo
<b>3.2.4</b>	<b>Estudio Hazop</b>
3.2.4.1	Informe Estudio Hazop
3.2.4.2	Matriz Causa Efecto
<b>3.2.5</b>	<b>Listas</b>
3.2.5.1	Lista de fluidos
3.2.5.2	Lista de Líneas
3.2.5.3	Lista de Tie-Ins
<b>3.2.6</b>	<b>Sumario</b>
3.2.6.1	Sumario de Servicios auxiliares, Químicos y Catalizadores
3.2.6.2	Sumario de Efluentes (líquidos, gaseosos o sólidos) y residuos
<b>3.2.7</b>	<b>Memoria de Cálculo</b>
<b>3.2.8</b>	<b>Filosofía de Operación</b>
3.2.8.1	Filosofía de Operación, Control y Seguridad
3.2.8.2	Guía de Operaciones
3.2.8.3	Selección de Materiales
<b>3.3</b>	<b>Arquitectura</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Planos</b>
3.3.2.1	Planta Arquitectónica de Conjunto
3.3.2.2	Planta Arquitectónica de planta baja, cubierta y drenaje pluvial
3.3.2.3	Lista de Materiales y Cómputos de Obra
3.3.2.4	Catálogo de conceptos
<b>3.4</b>	<b>Civil</b>
3.4.1	Bases de Diseño
<b>3.4.2</b>	<b>Drenajes</b>
3.4.2.1	Drenajes - Planos general con ubicación de cámaras y Tuberías (layout)
3.4.2.2	Drenajes - Memoria de cálculo hidráulico
3.4.2.3	Drenajes - Detalles típicos
<b>3.4.3</b>	<b>Estructuras de Hormigón</b>

3.4.3.1	Estructuras de Hormigón Armado - Memoria de Cálculo Preliminar
3.4.3.2	Especificación técnica. Estructuras de Hormigón. Fundaciones. Pilotes. Pavimentos Drenajes
<b>3.4.4</b>	<b>Estructuras Metálicas</b>
3.4.4.1	Estructuras metálicas - Especificación técnica
3.4.4.2	Estructuras Implantación - Plano general
<b>3.4.5</b>	<b>Fundaciones</b>
3.4.5.1	Fundaciones - Memoria de cálculo Preliminar
3.4.5.2	Plano general de Fundaciones
<b>3.4.6</b>	<b>Obra Civil</b>
3.4.6.1	Obra Civil - Memoria Descriptiva
3.4.6.2	Movimiento de suelos-Demolición /Relleno/Compactación
3.4.6.3	Plano General, Planos de Plantas, vistas, cortes y detalles
3.4.6.4	Obra Civil- Típicos
<b>3.4.7</b>	<b>Estudio de Suelo</b>
3.4.7.1	Especificación Técnica
<b>3.4.8</b>	<b>Relevamiento Topográfico</b>
3.4.8.1	Planos
<b>3.5</b>	<b>Ambiental</b>
3.5.1	Análisis de Escenarios
3.5.2	Estudios de Impacto Ambiental
3.5.3	Gestión Ambiental
3.5.4	Remediación
<b>3.6</b>	<b>Mecánica</b>
3.6.1	Bases de Diseño
<b>3.6.2</b>	<b>Hoja de Datos</b>
3.6.2.1	Hoja de Datos de Equipos mecánicos estáticos
3.6.2.2	Hoja de Datos de Equipos mecánicos rotantes
<b>3.6.3</b>	<b>Especificación Técnica</b>
3.6.3.1	Especificación Técnica de equipos mecánicos estáticos y rotantes
3.6.3.2	Especificación Técnica de Soldadura
<b>3.7</b>	<b>Tubería</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
3.7.1.1	Bases de Diseño

3.7.1.2	Especificaciones de diseño
3.7.1.3	Memoria descriptiva de Tuberías
3.7.1.4	catálogo de conceptos
<b>3.7.2</b>	<b>Layout</b>
3.7.2.1	Implantación de equipos (layout de Equipos)
3.7.2.2	Plano general del complejo- ubicación unidades
3.7.2.3	Plano de estructuras elevadas
<b>3.7.3</b>	<b>Materiales de Tuberías</b>
3.7.3.1	Clases Materiales de Tuberías (Piping Class)
3.7.3.2	Lista de Materiales de tuberías
<b>3.7.4</b>	<b>Especificación Técnica</b>
3.7.4.1	Especificación Técnica de Aislación
3.7.4.2	Especificación Técnica de Pintura y recubrimiento
<b>3.7.5</b>	<b>Planos</b>
3.7.5.1	Plano Llave
3.7.5.2	Planos de Desmontaje
3.7.5.3	Planos preliminares de Planta, Cortes y Detalles
<b>3.8</b>	<b>Eléctrico</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
3.8.1.1	Bases de Diseño
3.8.1.2	Memoria Descriptiva de la Instalación Eléctrica
3.8.1.3	Catálogo de Conceptos
3.8.1.4	Catálogo de materiales
<b>3.8.2</b>	<b>Diagramas Unifilares</b>
3.8.2.1	Diagramas Unifilares
<b>3.8.3</b>	<b>Equipos Eléctricos</b>
3.8.3.1	Especificación Técnica de Equipos Eléctricos Importantes o de gran envergadura
3.8.3.2	Hoja de datos de Equipos Eléctricos Importantes o de gran envergadura
<b>3.8.4</b>	<b>Listas</b>
3.8.4.1	Lista Preliminar de equipos eléctricos
3.8.4.2	Lista de Cargas Preliminar
<b>3.8.5</b>	<b>Clasificación de áreas Eléctricas</b>
3.8.5.1	Clasificación Preliminar de áreas eléctricas
<b>3.8.6</b>	<b>Típicos</b>

3.8.6.1	Esquemas Funcionales Típicos
3.8.6.2	Típicos de Montaje de Iluminación
3.8.6.3	Típicos de Montaje de PAT y SPDA
3.8.6.4	Típicos de Montaje de FM y Comando
<b>3.8.7</b>	<b>Planos</b>
3.8.7.1	Planos de PAT
3.8.7.2	Planos de Iluminación General
3.8.7.3	Planos de Descargas Atmosféricas
<b>3.8.8</b>	<b>Especificación Técnica</b>
3.8.8.1	Especificación Técnica de Protección Catódica
3.8.8.2	Especificación Técnica de Tracing Eléctrico
<b>3.8.9</b>	<b>LayOut</b>
3.8.9.1	Layout de SE/Sala Eléctrica
<b>3.8.10</b>	<b>Memoria de Cálculo</b>
<b>3.8.11</b>	<b>Listas de Cables</b>
3.8.11.1	Lista de Cables de Potencia Principales
3.8.11.2	Ruteo General de Cables Principales
3.8.11.3	Lista Preliminar de Materiales Eléctricos
<b>3.9</b>	<b>Instrumentación</b>
<b>3.9.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
3.9.1.1	Memoria Descriptiva de la instalación de Instrumentación y Control
3.9.1.2	Listado de Instrumentos
<b>3.9.2</b>	<b>Hoja de Datos</b>
3.9.2.1	Hoja de datos Válvulas de Control y Autorreguladoras
3.9.2.2	Hoja de datos Válvulas ON-OFF
3.9.2.3	Hoja de datos Válvula motorizada
3.9.2.4	Hoja de datos Válvulas de Seguridad
3.9.2.5	Hoja de datos Caudalímetros para Medición Fiscal
3.9.2.6	Hoja de Datos de Elementos Primarios de Caudal (Coriolis, Ultrasónicos, Electromagnéticos)
3.9.2.7	Hojas de datos de Instrumentos de Temperatura
3.9.2.8	Hojas de datos de Instrumentos de Nivel
3.9.2.9	Hojas de datos de Instrumentos de Presión
3.9.2.10	Hojas de datos de Analizadores
<b>3.9.3</b>	<b>Especificación Técnica</b>

3.9.3.1	Especificación Técnica de Analizadores Complejos de Procesos
3.9.3.2	Especificación Técnica DCS y SIS
3.9.3.3	Especificaciones Técnicas de Instrumentos
3.9.3.4	Especificación Básica de los Sistemas de Comunicaciones
3.9.3.5	Cómputo de cables y materiales (eléctricos y mecánicos) de instalación
<b>3.9.4</b>	<b>Arquitectura del Sistema de Control</b>
3.9.4.1	Arquitectura del Sistema de Control & Seguridad
<b>3.9.5</b>	<b>Planos</b>
3.9.5.1	Plano de Canalizaciones Troncales
3.9.5.2	Típicos de Montaje Eléctrico y mecánico de Instrumentos
3.9.5.3	Plano de sala de control
<b>3.9.6</b>	<b>Sistema SCADA</b>
3.9.6.1	especificación de Sistema SCADA
3.9.6.2	Diagrama de arquitectura general de SCADA
<b>3.9.7</b>	<b>Concentrado de Materiales</b>
3.9.7.1	Concentrado de materiales y catálogo de conceptos
<b>3.10</b>	<b>Sistema vs Incendios</b>
<b>3.10.1</b>	<b>Memoria de Cálculo de Sistema vs Incendio</b>
3.10.1.1	Memoria de cálculo del sistema de protección de Incendio
3.10.1.2	Diagrama de Áreas Potenciales de Incendio (si aplica)
3.10.1.3	Lista de Elementos de Lucha Contra Incendio
3.10.1.4	Listado de Partes especiales, filtros y temporarios, etc.
<b>3.11</b>	<b>HVAC</b>
<b>3.11.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
3.11.1.1	Memoria de cálculo del sistema de HVAC
3.11.1.2	Lista de partes especiales
<b>4</b>	<b>Ingeniería de Detalle</b>
4.1	Instalación de equipos
<b>4.2</b>	<b>Proceso</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
4.2.1.1	bases de diseño
4.2.1.2	Memoria descriptiva de Procesos
4.2.1.3	Diagrama de Bloques
<b>4.2.2</b>	<b>DFFP's</b>

4.2.2.1	Diagramas de Flujo de Procesos (ISBL y OSBL)
4.2.2.2	Diagramas de Flujo de Servicios
4.2.2.3	Balance de Masa y Energía
<b>4.2.3</b>	<b>Estudio Hazop</b>
4.2.3.1	Estudio Hazop
4.2.3.2	Matriz Causa Efecto
<b>4.2.4</b>	<b>DTI's</b>
4.2.4.1	Diagrama de Tuberías e Instrumentos
<b>4.2.4.2</b>	<b>Lista de Equipo</b>
4.2.4.2.1	Lista de equipo
<b>4.2.5</b>	<b>Lista de Líneas</b>
4.2.5.1	Lista de Tie-Ins
4.2.5.2	Lista de Líneas
<b>4.2.6</b>	<b>Lista de Fluidos</b>
4.2.6.1	Lista de Fluidos
<b>4.2.7</b>	<b>Libro del Proyecto</b>
4.2.7.1	Libro de proyecto
<b>4.3</b>	<b>Arquitectura</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
4.3.1.1	bases de diseño
4.3.1.2	Detalles Constructivos
<b>4.3.2</b>	<b>Planos</b>
4.3.2.1	Plano Planta Arquitectónica de edificios
4.3.2.2	Plano Señalización
4.3.2.3	Planilla de Carpintería
4.3.2.4	Planilla de Cómputos de Materiales
4.3.2.5	Planta de Cielorrasos y Layout Equipamiento
4.3.2.6	Plantas, Cortes y Elevaciones
<b>4.3.3</b>	<b>Especificación Técnica</b>
4.3.3.1	Especificación Técnica
<b>4.3.4</b>	<b>Requisición de Materiales</b>
4.3.4.1	Carpinterías y Elementos Metálicos
<b>4.3.5</b>	<b>Volumen de Obra</b>
4.3.5.1	Volumen de Obra
<b>4.4</b>	<b>Civil</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>



4.4.1.1	Bases de Diseño
4.4.1.2	Plano de localización General
<b>4.4.2</b>	<b>Drenajes</b>
4.4.2.1	Drenajes - Planta General
4.4.2.2	Drenajes - Memoria De Cálculo
4.4.2.3	Drenajes Pluvial - Cámaras- Encofrado Y Armadura
4.4.2.4	Drenajes - Planos
<b>4.4.3</b>	<b>Estructuras de Hormigón</b>
4.4.3.1	Estructuras de Hormigón - Planta General
4.4.3.2	Estructuras de Hormigón - Armadura
4.4.3.3	Estructuras De Hormigón - Cortes Y Detalles
4.4.3.4	Estructuras De Hormigón - Encofrado Y Armadura
4.4.3.5	Estructuras De Hormigón - Memoria De Cálculo
4.4.3.6	Estructuras De Hormigón Armado - Especificación Técnica
<b>4.4.4</b>	<b>Estructuras Metálicas</b>
4.4.4.1	Estructuras Metálicas - Abreviaturas, Símbolos y Leyendas
4.4.4.2	Estructuras Metálicas - Cómputos
4.4.4.3	Estructuras Metálicas - Detalles
4.4.4.4	Estructuras Metálicas - Especificación Técnica
4.4.4.5	Estructuras Metálicas - Memoria De Calculo
4.4.4.6	Estructuras Metálicas - Notas Generales
4.4.4.7	Estructuras Metálicas - Plantas y Elevaciones
4.4.4.8	Estructuras Metálicas - Requisición De Materiales
4.4.4.9	Estructuras Metálicas -Típicos
4.4.4.10	Estructuras Metálicas - Planos
<b>4.4.5</b>	<b>Fundaciones</b>
4.4.5.1	Fundaciones - Cortes y Detalles - Armadura
4.4.5.2	Fundaciones - Encofrado Y Armadura
4.4.5.3	Fundaciones - Memoria De Cálculo
4.4.5.4	Fundaciones - Planta General (UG multidisciplinario incluido)
4.4.5.5	Fundaciones - Plantas - Armadura
<b>4.4.6</b>	<b>Obra Civil</b>
4.4.6.1	Memoria Descriptiva de Obra Civil
4.4.6.2	Obra Civil - Planilla De Cómputos
4.4.6.3	Obra Civil- Típicos

4.4.6.4	Pavimentos - Planta General
4.4.6.5	Calles y Pavimentos - Especificación Técnica
4.4.6.6	Cateos Para Detección De Elementos Enterrados - Requisición De Materiales
4.4.6.7	Planos de Estructuras de Concreto
<b>4.4.7</b>	<b>Pilotaje</b>
4.4.7.1	Pilotaje - Planta General
4.4.7.2	Pilotes- Especificación Técnica
4.4.7.3	Pilotes Premoldeados - Memoria De Cálculo
4.4.7.4	Pilotes Premoldeados - Requisición De Materiales (Construcción)
4.4.7.5	Planillas de Hierros
4.4.7.6	Plano Llave Civil
<b>4.4.8</b>	<b>Relevamiento Topográfico</b>
4.4.8.1	Relevamiento Topográfico - Planos - General
4.4.8.2	Relevamiento Topográfico - Especificación Técnica
4.4.8.3	Relevamiento Topográfico - Nodos Y Puntos Fijos - Informe
4.4.8.4	Relevamiento Topográfico - Requisición De Materiales
4.4.8.5	Movimiento De Suelos - Nivelación Primaria - Planta - Cortes
4.4.8.6	Movimiento De Suelos - Especificación Técnica
4.4.8.7	Trincheras Canalizaciones - Encofrado Y Armadura
4.4.8.8	Trincheras -Cuadernillo De Detalles
<b>4.5</b>	<b>Ambiental</b>
4.5.1	Proposición de medidas
4.5.2	Plan de Monitoreo
4.5.3	Auditorias de Sistemas de Gestión Ambiental
<b>4.6</b>	<b>Mecánica</b>
4.6.1	Bases de Diseño
<b>4.6.2</b>	<b>Hoja de Datos</b>
4.6.2.1	Hoja de Datos de Equipos mecánicos estáticos
4.6.2.2	Hoja de Datos de Equipos mecánicos rotantes
<b>4.6.3</b>	<b>Especificación Técnica</b>
4.6.3.1	Especificación Técnica de equipos mecánicos estáticos y rotantes
4.6.3.2	Especificación Técnica de Soldadura

<b>4.6.4</b>	<b>Planos</b>
4.6.4.1	Planos de Equipos mecánicos
4.6.4.2	Memoria de cálculo mecánico
<b>4.6.5</b>	<b>Análisis de Ofertas</b>
4.6.5.1	Análisis Técnico de ofertas
4.6.5.2	Revisión de Documentación de Fabricantes
<b>4.7</b>	<b>Tubería</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
4.7.1.1	Bases de diseño
4.7.1.2	Especificaciones y típicos de diseño
4.7.1.3	Memoria de Calculo Análisis de Flexibilidad
<b>4.7.2</b>	<b>Layout de Equipos</b>
4.7.2.1	Implantación de equipos (layout de Equipos)
4.7.2.2	Layout - Gral. del complejo- ubicación unidades
4.7.2.3	Layout de estructuras elevadas
<b>4.7.3</b>	<b>Materiales de Tuberías</b>
4.7.3.1	Clases Materiales de Tuberías (Piping Class)
4.7.3.2	Requerimientos de Materiales - Tuberías
4.7.3.3	Lista de Materiales de Tuberías
<b>4.7.4</b>	<b>Especificación Técnica</b>
4.7.4.1	Especificación Técnica de Aislación
4.7.4.2	Especificación Técnica de Pintura y recubrimiento
<b>4.7.5</b>	<b>Planos</b>
4.7.5.1	Plano Llave
4.7.5.2	Planos de Desmontaje
4.7.5.3	Planos de Planta, Cortes y Detalles
<b>4.7.6</b>	<b>Isométricos</b>
4.7.6.1	Cuadernillo de Isométricos
4.7.6.2	Cuadernillo de Soportes Típicos de Tuberías
4.7.6.3	Cuadernillo de TIE IN´S
<b>4.7.7</b>	<b>METI</b>
<b>4.7.8</b>	<b>Análisis de Ofertas</b>
4.7.8.1	Análisis técnico de ofertas
<b>4.8</b>	<b>Eléctrico</b>
<b>4.8.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
4.8.1.1	Bases de diseño

4.8.1.2	Memoria Descriptiva de la instalación Eléctrica
<b>4.8.2</b>	<b>ET y HD de equipos eléctricos</b>
4.8.2.1	Diagramas Unifilares
4.8.2.2	Especificación Técnica de Equipos Eléctricos
4.8.2.3	Hoja de datos de Equipos Eléctricos
<b>4.8.3</b>	<b>Esquemas Funcionales</b>
4.8.3.1	Lista de equipos eléctricos
4.8.3.2	Lista de Cargas
4.8.3.3	Clasificación de áreas eléctricas
4.8.3.4	Esquemas Funcionales Típicos
<b>4.8.4</b>	<b>Típicos</b>
4.8.4.1	Típicos de Montaje de Iluminación
4.8.4.2	Típicos de Montaje de PAT y SPDA
4.8.4.3	Típicos de Montaje de FM y Comando
<b>4.8.5</b>	<b>Planos</b>
4.8.5.1	Planos de PAT
4.8.5.2	Planos de Iluminación General y Localizada
4.8.5.3	Planos de Sistema de Protección de Descargas Atmosféricas (SPDA)
4.8.5.4	Plano de Rutado de Cables
<b>4.8.6</b>	<b>Especificación Técnica</b>
4.8.6.1	Especificación Técnica de Protección Catódica
4.8.6.2	Especificación Técnica de Tracing Eléctrico
4.8.6.3	Plano de SE/Sala Eléctrica
4.8.6.4	MC de Cables de Potencia
4.8.6.5	MC de Cortocircuito y Flujo de Carga
4.8.6.6	MC de Arranque de Motores
<b>4.8.7</b>	<b>Lista de Materiales</b>
4.8.7.1	Lista de Materiales Eléctricos
4.8.7.2	Balance de Cargas
4.8.7.3	Típicos de Montaje de Protección Catódica
4.8.7.4	Requerimiento de Materiales - Equipos Eléctricos
<b>4.8.8</b>	<b>Memoria de Cálculo (MC)</b>
4.8.8.1	MC de Componentes Armónicas
4.8.8.2	MC de Selectividad de Protecciones
4.8.8.3	MC de Sistema de Protección de Descargas Atmosféricas

4.8.8.4	MC de Sistema de Puesta a Tierra
4.8.8.5	MC Especiales
4.8.8.6	MC de Cables de Potencia
4.8.8.7	MC de Cortocircuito y Flujo de Carga
4.8.8.8	MC de Arranque de Motores
4.8.8.9	Diagramas de Conexionado
<b>4.8.9</b>	<b>Análisis Técnico de Ofertas</b>
4.8.9.1	Análisis Técnico de ofertas
<b>4.9</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>4.9.1</b>	<b>Bases de Diseño</b>
4.9.1.1	Bases de diseño
4.9.1.2	Memoria Descriptiva de la instalación de Instrumentación y Control
4.9.1.3	Listado de Instrumentos
<b>4.9.2</b>	<b>Hoja de Datos</b>
4.9.2.1	Hoja de datos Válvulas de Control y Autorreguladoras
4.9.2.2	Hoja de datos Válvulas ON-OFF
4.9.2.3	Hoja de datos Válvula motorizada
4.9.2.4	Hoja de datos Válvulas de Seguridad
4.9.2.5	Hoja de datos Caudalímetros para Medición Fiscal
4.9.2.6	Hoja de Datos de Elementos Primarios de Caudal (Coriolis, Ultrasónicos, Electromagnéticos)
4.9.2.7	Hojas de datos de Instrumentos de Temperatura
4.9.2.8	Hojas de datos de Instrumentos de Nivel
4.9.2.9	Hojas de datos de Instrumentos de Presión
4.9.2.10	Hojas de datos de Analizadores
4.9.2.11	Hojas de datos / Transmisores de Otros Instrumentos
<b>4.9.3</b>	<b>Especificación Técnica</b>
4.9.3.1	Especificación Técnica de Analizadores de Procesos
4.9.3.2	Especificación Técnica DCS, SIS, F&G, RTUs, HIPPS, BMS, etc.
4.9.3.3	Arquitectura del Sistema de Control & Seguridad
4.9.3.4	Especificaciones Técnicas de Instrumentos
4.9.3.5	Especificación de los Sistemas de Comunicaciones
4.9.3.6	Cómputo de cables y materiales de instalación
<b>4.9.4</b>	<b>Plano</b>

4.9.4.1	Planos de sala de control
4.9.4.2	Típicos de Montaje Eléctrico y mecánico de Instrumentos
<b>4.9.5</b>	<b>Cables</b>
4.9.5.1	Lista de Señales Cableadas
4.9.5.2	Plano de Canalizaciones de Cables de Instrumentos
4.9.5.3	Planos de Implantación de Instrumentos/Cajas de Paso/ Paneles de Campo
4.9.5.4	Especificaciones Técnica de Cables de Instrumentos
4.9.5.5	Lista de cables de Instrumentos
4.9.5.6	Listado de cajas de Conexionado
4.9.5.7	Diagramas de Conexionado JB de Campo
4.9.5.8	Diagramas de Conexionado JB de Sala
4.9.5.9	Diagramas de Lazos
<b>4.9.6</b>	<b>Sistema de Control</b>
4.9.6.1	Hoja de datos de sistema de control
4.9.6.2	diagramas lógicos de control
4.9.6.3	sistema de alarmas audibles y visibles
<b>4.9.7</b>	<b>Volumen de Obra</b>
4.9.7.1	volumen de obra
<b>4.9.8</b>	<b>Sistema SCADA</b>
4.9.8.1	especificación de sistema SCADA
4.9.8.2	plano de arquitectura general de SCADA
<b>4.9.9</b>	<b>Memoria de Cálculo</b>
4.9.9.1	Memorias de Calculo - Placas Orificio y Orificios de Restricción
4.9.9.2	Memorias de Calculo - Válvulas de Control
4.9.9.3	Memorias de Calculo - Dispositivos de alivio de presión
4.9.9.4	Requisición de Materiales
<b>4.9.10</b>	<b>SIS</b>
4.9.10.1	Verificación del SIL/SIS
4.9.10.2	Listado de acciones de mantenimiento mínimas requeridas del SIS
4.9.10.3	Especificación Técnica CCTV
<b>4.9.11</b>	<b>Informe SRS</b>
4.9.11.1	Informe SRS (Requisitos de Seguridad Instrumentada)
4.9.11.2	Diagrama lógicos de Secuencias y enclavamientos

<b>4.9.12</b>	<b>Análisis Técnico de ofertas</b>
4.9.12.1	Análisis Técnico de ofertas
<b>4.10</b>	<b>Sistema vs Incendios</b>
<b>4.10.1</b>	<b>Memoria de Cálculo de Sistema vs Incendio</b>
4.10.1.1	Memoria de cálculo del sistema de protección de Incendio
4.10.1.2	Diagrama de Áreas Potenciales de Incendio (si aplica)
4.10.1.3	Lista de Elementos de Lucha Contra Incendio
4.10.1.4	Especificaciones: Hidrantes, Monitores, Sistema De Aspersión, Válvulas de Seccionamiento.
4.10.1.5	SIS de detectores vs Incendio
<b>4.11</b>	<b>HVAC</b>
4.11.1	Memoria Descriptiva
<b>5</b>	<b>Procura</b>
5.1	Equipo Mecánico
5.2	Material de Tuberías
5.3	Equipo Eléctrico
5.4	Material de Instrumentación
<b>6</b>	<b>Construcción</b>
6.1	Obra Civil
6.2	Estructura Metálica
6.3	Edificios
6.4	Montaje de Equipo Mecánico
6.5	Instalación de Tuberías
6.6	Obra Eléctrica
6.7	Instalación de Instrumentación
6.8	Pintura
6.9	Aislamiento
6.10	Terminación Mecánica
<b>7</b>	<b>Pruebas y Arranque</b>
7.1	Pruebas en frío
7.2	Pruebas en Caliente
7.3	Calibración de Instrumentos
7.4	Pruebas de Desempeño

### 3.3.3. Programa

El proyecto de la planta de coquización retardada se ha previsto para un plazo de 38 meses, con una fecha de inicio al mes de febrero de 2005 y una fecha de término en marzo de 2008. De acuerdo a la siguiente tabla, se muestran las fechas claves del programa.

Tabla 13. Hitos del Proyecto de la planta coquizadora. (Elaboración Propia, 2019).

<b>Descripción</b>	<b>Fecha</b>
Inicio del proyecto	01/Febrero/2005
Trámites y permisos	01/Marzo/2005
Orden de compra de equipo crítico	30/Marzo/2005
Ingeniería básica completa	16/Junio/2005
Inicio de Construcción	01/Octubre/2005
Ingeniería de Detalle completa	29/Agosto/2006
Inicio de la instalación de equipos	05/Septiembre/2006
Pruebas y Arranque	01/Enero/2008
Término de la obra	14/Marzo/2008

#### 3.3.3.1. Ruta Crítica

De acuerdo, a las siguientes imágenes, se muestra el programa de la planta, con las actividades que son críticas dentro del proyecto de la planta.



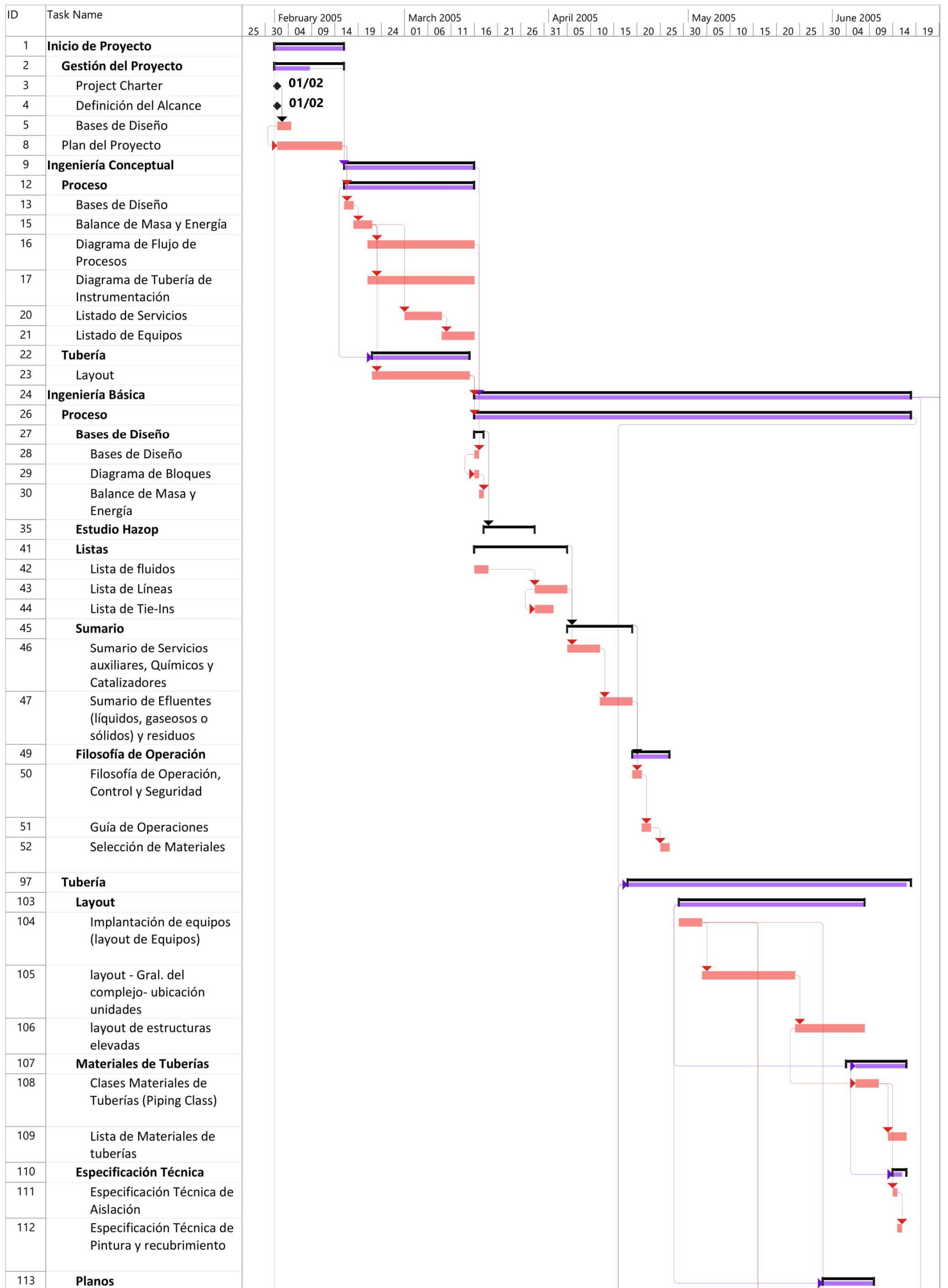


Figura 21. Programa Preliminar del Proyecto, parte 1 (2018), Elaboración Propia.





Figura 23. Programa Preliminar del Proyecto, parte 3 (2018), Elaboración Propia.



### 3.3.4. Estimado de Costos Clase II

Para el estimado de costos que se realizó para la planta coquizadora de la reconfiguración de la refinería de Minatitlán, Veracruz para FEL III; se utilizó el programa *Aspen Process Economic Analyzer* versión 10, de la paquetería de Aspen Plus.

*Tabla 14.* Estimado de Costos Clase II, (2019), Elaboración Propia.

<b>Concepto</b>	<b>Costo (USD)</b>
Total del Proyecto para FEL III	\$ 310,656,667.00
<i>Estimado de Costo del proyecto por contratista</i>	<i>\$ 317,900,000.00</i>

Durante esta etapa se desarrollan las siguientes actividades: se actualiza el programa, el wbs y el alcance, se detalla el plan para el desarrollo de la fase de ejecución del proyecto, se genera la ruta crítica; se ha completado la ingeniería básica. La diferencia entre estimado de costos es menor al 10%.

### 3.4. PDRI

Project Definition Rating Index (PDRI), es una herramienta que, mediante una verificación de contenido mínimo, establece el grado de definición de un proyecto, antes de iniciar su ejecución. Es una checklist que un equipo de proyecto puede usar para determinar los pasos necesarios a seguir para definir el objetivo del proyecto.

La industria lo usa para evaluar la totalidad del paquete y la probabilidad de éxito del proyecto para facilitar la evaluación de riesgos y la predicción de escalación, potencial para controversias. Además, se usa como un medio para supervisar el progreso a varias etapas del proyecto durante el trabajo de planeación.

Es una herramienta que ayuda en la comunicación y promueve alineamiento entre contratistas y titulares en las zonas más definidas en un paquete de definición del objetivo. Un instrumento de evaluación para organizaciones para usar en la evaluación de la definición del proyecto contra el desarrollo de proyectos anteriores, ambos dentro de la organización y externamente, en orden de predecir la probabilidad de éxito en futuros proyectos.

Al emplear esta herramienta, desde una etapa temprana del proyecto, se obtienen los siguientes resultados en un proyecto:

- Sirve para estructurar desde el inicio una sólida planeación y asegurar el control del alcance, del tiempo (cronograma) y del costo (presupuesto) del proyecto.
- Minimiza los riesgos que impactan en sobre costos, reprocesos y mayores tiempos en la ejecución del proyecto.
- Se utiliza como apoyo para la toma de decisión y aprobación de la continuación del proyecto, con base en el grado de definición que tenga el proyecto en diferentes momentos específicos.

Existen 3 tipos de PDRI: Industrial, Building e Infraestructura, se utiliza de acuerdo al tipo de proyecto que se esté desarrollando. Se divide en 3 secciones: Bases de decisión del Proyecto, bases de diseño del proyecto y enfoque en la ejecución; cada una está dividida en diferentes series de categorías.

Cada sección se va calificando sumando los puntos obtenidos, entre menor sea el valor obtenido la probabilidad de éxito del proyecto aumenta considerablemente; de manera que la puntuación debe ser igual o menor a 200 puntos.

### **3.4.1. PDRI en la planta coquizadora**

De acuerdo al proyecto de la planta de coquización retardada ejecutado por el contratista, se analizó la ejecución del proyecto de la planta durante la reconfiguración de la refinería, utilizando PDRI. En este caso se utiliza el tipo PDRI Industrial ya que se refiere a plantas industriales, plantas químicas y proyectos oil & gas.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al PDRI, se analizó la ejecución del proyecto de la planta coquizadora analizando las incidencias que se presentaron en los puntos anteriores.

Como se observa en la tabla 15, se representa el análisis de cada una de las secciones de PDRI. En la primera sección: en el inciso E, se obtienen alta puntuación debido a que no se planificó adecuadamente la ingeniería, ya que no se consideraron materiales alternativos y el cliente pidió unos proveedores exclusivamente para los proyectos de la reconfiguración.

En la sección II: Bases de Diseño del Proyecto, la calificación en general es baja, de manera que, las bases del proyecto están bien detalladas y no implican riesgo alguno.

Para la sección III: Aproximación de la ejecución, se observa que el inciso L, Estrategia de Procura, obtiene la mayor calificación, ya que la estrategia no fue bien definida y las complicaciones que se presentaron durante la ejecución del proyecto impactaron negativamente. Esto no solamente repercutió en la procura, sino en el control del proyecto; de manera que la ejecución del proyecto sufrió atrasos que impactaron negativamente tanto en tiempo como en costo.

Al contabilizar la puntuación de cada una de las secciones, se obtienen 204 puntos, aunque el proyecto fue definido correctamente, los contratiempos y las incidencias que se presentaron durante la ejecución, resultaron en retrasos en tiempo e incrementos en los costos de la planta.

A pesar de que, el pidió que equipos y materiales se solicitaran con ciertos fabricantes, afectando el tiempo de entrega y el costo de los equipos, y provocando que el contratista exigiera un ajuste en su contrato debido a los elevados costos de los equipos, y los contratiempos que se presentaron durante el proyecto. La planta finalizó y se encuentra en operación.



Tabla 15. PDRI de la Planta de Coquización Retardada, (2019), Elaboración Propia.

P D R I												
Proyecto: Planta de Coquización Retardada U-31000						Lugar: Minatitlán, Veracruz		Período: 2005-2012				
SECCIÓN I - BASES DE DECISIÓN DEL PROYECTO												
CATEGORIA						Niveles de Definición					Nivel de definición Proyectos	PUNTOS
Elemento	0	1	2	3	4	5						
A. CRITERIOS / OBJETIVOS DE MANUFACTURA / FABRICACIÓN						(Puntuación Máxima =45)						
A1. Filosofía de la Confiabilidad	0	1	5	9	14	20					2	5
A2. Filosofía de Mantenimiento	0	1	3	5	7	9					1	1
A3. Filosofía de Operación	0	1	4	7	12	16					1	1
TOTAL CATEGORIA												7
B. OBJETIVOS DEL NEGOCIO / FILOSOFÍA EMPRESARIAL						(Puntuación Máxima = 213)						
B1. Productos	0	1	11	22	33	56					1	1
B2. Estrategia de Mercadeo	0	2	5	10	16	26					3	10
B3. Estrategia del Proyecto	0	1	5	9	14	23					2	5
B4. Grado de Consecución del Proyecto / Vialidad	0	1	3	6	9	16					3	6
B5. Capacidades	0	2	11	21	33	55					1	2
B6. Consideraciones para futuras expansiones	0	2	3	6	10	17					1	2
B7. Ciclo de Expectativa de Vida del Proyecto	0	1	2	3	5	8					3	3
B8. Aspectos Sociales	0	1	2	5	7	12					1	1
TOTAL CATEGORIA												30
C. DATOS BÁSICOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO						(Puntuación Máxima = 94)						
C1. Tecnología	0	2	10	21	39	54					1	2
C2. Procesos	0	2	8	17	28	40					1	2
TOTAL CATEGORIA												4
D. ALCANCE DEL PROYECTO						(Puntuación Máxima = 120)						
D1. Declaración de los Objetivos del Proyecto (S/N)	0	2				25					1	2
D2. Criterios de diseño del Proyecto	0	3	6	11	16	22					1	3
D3. Características del sitio Disponible vs. Requerido (S/N)	0	2				29					1	2
D4. Requerimientos para Desmantelamiento y Demolición	0	2	5	8	12	15					1	2
D5. Alcance de las guías y disciplina del trabajo	0	1	4	7	10	13					2	4
D6. Programación del Proyecto (S/N)	0	2				16					5	16
TOTAL CATEGORIA												29
E. INGENIERÍA DEL VALOR						(Puntuación Máxima = 27)						
E1. Simplificación de los Procesos	0	0				8					5	8
E2. Diseño y Materiales Alternativos considerados	0	0				7					5	7
E3. Análisis de Diseño para Constructibilidad	0	0	3	5	8	12					3	5
TOTAL CATEGORIA												20
SECCIÓN I Puntuación Máxima =						499						
											<b>TOTAL</b>	<b>90</b>

P D R I											
Proyecto: Planta de Coquización Retardada U-31000					Lugar: Minatitlán, Veracruz						
					Período: 2005-2012						
SECCIÓN II - DEFINICIÓN DEL ALCANCE TÉCNICO											
CATEGORIA					Niveles de Definición					Nivel de definición Proyectos	PUNTOS
Elemento	0	1	2	3	4	5					
(Puntuación Máxima = 104)											
F. INFORMACIÓN DEL SITIO											
F1. Localización del Sitio	0	2				32			1	2	
F2. Reconocimiento y estudios de suelos	0	1	4	7	10	13			2	4	
F3. Evaluación del Medio Ambiente	0	2	5	10	15	21			2	5	
F4. Requerimientos de Permisos	0	1	3	5	9	12			2	3	
F5. Fuentes provenientes de servicios públicos y condiciones de suministro	0	1	4	8	12	18			3	8	
F6. Protección contra fuego y consideraciones de Seguridad	0	1	2	4	5	8			3	4	
TOTAL CATEGORIA										26	
(Puntuación Máxima = 196)											
G. INGENIERÍA MECÁNICA Y DE PROCESOS											
Hoja de Flujo de Proceso	0	2	8	17	26	36			1	2	
Balace de Masas y Energía	0	1	5	10	17	23			1	1	
Diagrama de Instrumentación y Tuberías (P&ID's)	0	2	8	15	23	31			1	2	
Gerencia de Seguridad de los Procesos	0	1	2	4	6	8			1	1	
Diagrama de Flujo de Servicios	0	1	3	6	9	12			1	1	
Especificaciones	0	1	4	8	12	17			1	1	
Requerimientos de los Sistemas de Tuberías	0	1	2	4	6	8			1	1	
Planos de Planta del Conjunto (Plot Plan)	0	1	4	8	13	17			1	1	
Lista de Equipos Mecánicos	0	1	4	9	13	18			1	1	
Lista de Líneas	0	1	2	4	6	8			1	1	
Lista de Puntos de Conexión	0	1	2	3	4	6			1	1	
Lista de Tuberías Especiales	0	1	1	2	3	4			1	1	
Índice de Instrumentos	0	1	2	4	5	8			1	1	
TOTAL CATEGORIA										15	
(Puntuación Máxima = 33)											
H. DEFINICIÓN DE EQUIPOS MAYORES											
H1. Estado de Equipos	0	1	4	8	12	16			1	1	
H2. Diagramas de Ubicación de Equipos	0	1	2	5	7	10			1	1	
H3. Requerimientos de Servicios para los Equipos	0	1	2	3	5	7			2	2	
TOTAL CATEGORIA										4	
(Puntuación Máxima = 19)											
I. INGENIERÍA CIVIL, ESTRUCTURAL Y ARQUITECTURA											
I1. Requerimientos Estructurales y Civiles	0	1	3	6	9	12			1	1	
I2. Requerimientos de Arquitectura	0	1	2	4	5	7			1	1	
TOTAL CATEGORIA										2	
(Puntuación Máxima = 25)											
J. INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA											
J1. Tratamiento de agua requerido	0	1	3	5	7	10			1	1	
J2. Requerimientos de facilidades de carga, descarga y almacenamiento	0	1	3	5	7	10			3	5	
J3. Requerimientos de Transporte (S/N)	0	1				5			1	1	
TOTAL CATEGORIA										7	
(Puntuación Máxima = 46)											
K. INGENIERÍA DE INSTRUMENTACIÓN Y ELÉCTRICA											
K1. Filosofía de Control	0	1	3	5	7	10			1	1	
K2. Diagramas Lógicos	0	1				4			1	1	
K3. Clasificación Eléctrica de Areas	0	0	2	4	7	9			1	1	
K4. Requerimientos para Subestaciones / fuentes de poder Identificadas	0	1	3	5	7	9			1	1	
K5. Diagramas Unifilares	0	1	2	4	6	8			1	1	
K6. Especificaciones Eléctricas y de Instrumentación	0	1	2	3	5	6			1	1	
TOTAL CATEGORIA										6	
SECCIÓN II Puntuación Máxima =										423	
TOTAL										60	

P D R I											
Proyecto: Planta de Coquización Retardada U-31000					Lugar: Minatitlán, Veracruz		Período: 2005-2012				
<b>SECCIÓN III - APROXIMACIÓN DE LA EJECUCIÓN</b>											
CATEGORIA					Niveles de Definición					Nivel de definición Proyectos	PUNTOS
	Elemento	0	1	2	3	4	5				
L.	ESTRATEGIA DE PROCURA	(Puntuación Máxima = 16)									
	L1. Estrategia de Procura	0	1	2	4	6	8	5	8		
	L2. Procedimiento de Procura y Planes	0	0	1	2	4	5	5	5		
	L3. Matriz de Responsabilidades de Procura (S/N)	0	0				3	5	3		
TOTAL CATEGORIA										16	
M.	ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN	(Puntuación Máxima =9)									
	M1. Diseño asistido por Computadora / Requerimientos del Modelo	0	0	1	1	2	4	2	1		
	M2. Documentos con entregas definidas	0	0	1	2	3	4	5	4		
	M3. Matriz de Distribución de documentos (S/N)	0	0				1	5	1		
TOTAL CATEGORIA										6	
N.	CONTROL DEL PROYECTO	(Puntuación Máxima = 17)									
	N1. Requerimientos de Control de Proyectos	0	0	2	4	6	8	5	8		
	N2. Requerimientos de Contabilidad del Proyecto	0	0	1	2	2	4	4	2		
	N3. Análisis de Riesgos Costo y Tiempo (S/N)	0	1				5	5	5		
TOTAL CATEGORIA										15	
P.	PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	(Puntuación Máxima = 36)									
	P1. Requerimientos de Aprobación del Custodio	0	0	2	3	5	6	4	5		
	P2. Ingeniería / Plan de Construcción (aproximación)	0	1	3	5	8	11	3	5		
	P3. Requerimientos de Parada y Arranque (S/N)	0	1				7	1	1		
	P4. Pre-Arranque / Secuencia de Requerimientos	0	1	1	2	4	5	3	2		
	P5. Requerimientos de Arranque	0	0	1	2	3	4	3	2		
	P6. Requerimientos de Entrenamiento	0	0	1	1	2	3	4	2		
TOTAL CATEGORIA										17	
SECCIÓN III Puntuación Máxima =					78					<b>TOTAL</b>	<b>54</b>
PDRI META SECCIÓN III					16						
<b>TOTAL PDRI PROYECTO (I+II+III)</b>										<b>204</b>	
PDRI Puntuación Máxima = 1000											
PDRI META Puntuación = 200											

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DEL PROYECTO DE LA PLANTA COQUIZADORA**

Este capítulo pretende analizar los resultados obtenidos en la metodología FEL, y compararlo con lo el proyecto de la planta que se ejecutó durante la reconfiguración de la refinería.

El proyecto de la planta de coquización retardada de la reconfiguración de la refinería estaba propuesto para iniciar el 1 de febrero de 2005 y finalizar el 4 de marzo de 2008, es decir una duración de 38 meses. El monto total presupuestado de la compañía contratista fue de \$317,900,000.00 USD.

Las obras y servicios contratados incluían el desarrollo de la ingeniería de detalle, procura de equipo y materiales, construcción, pruebas, capacitación, preparativos de arranque, arranque y pruebas de comportamiento, así como la entrega de la documentación para las unidades de las plantas de coquización retardada y de gas asociada, regeneradora de amina e hidrosulfuradora de naftas de coquización del Proyecto de la Reconfiguración.

### **4.1. Resultados de FEL**

El programa detallado de las actividades (figura 14) se elaboró de acuerdo al tiempo programado por el contratista. Así que se especificó un tiempo aproximado de 15 días para la gestión del proyecto, el contratista y el cliente se ponen a discutir el tipo de proyecto que se requiere y las opciones que se tienen del proceso. Es aquí donde se desarrolla FEL I.

Durante esta etapa se obtiene un estimado de costos clase V, en donde el monto calculado fue de \$211,536,310 USD, muy por debajo del monto total de la planta.

Para FEL II se tiene definido el sitio de la planta; el proceso y la tecnología a utilizar para el proyecto. En este caso ya estaban dados, ya que se había planeado hacer una extensión de la refinería, se agregarían 9 plantas. Sin embargo, analizando cada uno de los 3 procesos propuestos, se escoge la coquización retardada, ya que otorga grandes beneficios económicos, puesto que es una tecnología de gran importancia dentro del sistema nacional de Refinación, con ganancia mayores a \$2 MM USD.

En los grandes proyectos de refinería se recomienda tratar crudos pesados, en términos de metales, nitrógeno y asfaltenos. Por lo que se requiere de una planta coquizadora para absorber estos compuestos a procesar. Al enviar los residuos a la planta coquizadora, se genera gas, nafta, coque y gasóleo. (Sánchez Delgado, 2016)

El monto calculado para este proyecto fue de \$261,465,725 USD, aunque hay mayor definición del proyecto, es aquí donde se desarrolla la ingeniería básica de la planta coquizadora; el monto es menor al que se obtuvo durante la ejecución del proyecto.

En cuanto a FEL III, ya se tiene completamente definido el proyecto, como lo es el alcance, WBS, el programa detallado del proyecto. De acuerdo al programa detallado, la siguiente tabla (tabla 16) especifica las fechas clave. Esta tabla fue realizada de acuerdo a las necesidades del proyecto, a fin de evitar retrasos durante la ejecución del mismo.

Tabla 16. Fechas Clave del Proyecto, (2019), Elaboración Propia.

<b>Descripción</b>	<b>Fecha</b>
Inicio del proyecto	01/Febrero/2005
Trámites y permisos	01/Marzo/2005
Orden de compra de equipo crítico	30/Marzo/2005
Ingeniería Básica completa	16/Junio/2005
Ingeniería de Detalle completa	29/Agosto/2006
Inicio de la instalación de equipos	05/Septiembre/2006
Término de la obra	04/Marzo/2008

En la tabla 17 se muestra el monto estimado que se calculó en este proyecto de tesis, que fue de \$310,656,667 USD; este monto es menor al monto presupuestado por la empresa contratista (\$317,900,000 USD) antes de la ejecución del proyecto.

Tabla 17. Estimado de Costo para las etapas FEL, (2019), Elaboración Propia.

<b>Etapas</b>	<b>Estimado de Costo</b>	<b>Monto Total (USD)</b>	<b>% Aprox.</b>
FEL I	Clase V	\$ 211,536,310.00	66.54
FEL II	Clase IV	\$ 261,465,725.00	82.24
FEL III	Clase II	\$ 310,656,667.00	97.72
<i>Monto Presupuestado por Contratista</i>		<i>\$ 317,900,000.00</i>	

Como se observa en la tabla, que los estimados de costo se fueron incrementando de acuerdo a cada una de las etapas FEL; siendo en FEL III, el estimado de costo clase III un monto de \$310,656,667.00 USD, es decir un 2.28 % menor al monto presupuestado originalmente por el contratista.

Tabla 18. Resumen del proyecto de la planta coquizadora, (2019), Elaboración Propia.

<b>Planta de coquización retardada</b>	
<b>Monto calculado (Clase II)</b>	\$ 310,656,667.00 USD
<b>Monto Presupuestado por contratista</b>	\$ 317,900,000.00 USD
<b>Monto Real en la ejecución del proyecto</b>	<b>\$ 488,700,000.00 USD</b>
<b>Incremento</b>	<b>53%</b>
<b>Plazo Propuesto por contratista</b>	1 de Febrero de 2005 a 4 de Marzo de 2008
<b>Plazo Real</b>	<b>1 de Febrero de 2005 a Diciembre de 2012</b>
<b>Retraso del Proyecto</b>	<b>58 meses</b>

Al comparar el costo presupuestado por el contratista y el monto total de la planta coquizadora se observa un incremento de más del 50% del costo. Además, el proyecto sufrió retrasos en el tiempo de ejecución, finalizando completamente en diciembre de 2012, siendo su fecha propuesta de terminar en marzo de 2008.

Cabe recalcar que no se pueden definir cuáles fueron las circunstancias que provocaron el incremento en costo y tiempo del proyecto. Se puede pensar que la compañía contratista llevaba correctamente su control de cambios que repercutió en el monto total del proyecto.

Los contratiempos y situaciones que no se tomaron en cuenta, aplazaron el proyecto, de manera que se tuvieron que hacer cambios y ajustes, no solo en tiempo de entrega de la planta, sino en el costo de la mano de obra y el costo de equipo.

Algunos de estos factores fueron los siguientes:

- Avances tecnológicos surgidos en el transcurso del desarrollo de los proyectos.
- La emisión de normas cada vez más estrictas en cuanto al contenido de azufre en los petrolíferos.

- El retraso provocado en corto plazo por los huracanes Katrina y Rita en el mercado de petrolíferos.

#### **4.2. PDRI en la planta coquizadora**

De acuerdo al proyecto de la planta de coquización retardada, se analizó la ejecución del proyecto de la planta durante la reconfiguración de la refinería, utilizando PDRI. En este caso se utiliza el tipo PDRI Industrial ya que se refiere a plantas industriales, plantas químicas y proyectos oil & gas.

En el inciso E, se obtiene alta puntuación debido a que no se planificó adecuadamente la ingeniería, ya que solo se consideraron algunos proveedores para los materiales y equipos.

En la sección II: Bases de Diseño del Proyecto, la calificación en general es baja, las bases del proyecto están bien detalladas y no implican riesgo alguno.

Para la sección III: Aproximación de la ejecución, se observa que cada uno de los incisos tiene puntuación alta, esto se debe a las complicaciones (las que se analizaron anteriormente), que se presentaron durante la ejecución del proyecto, provocando que el plan de procura no se desarrollara adecuadamente. Algunas tareas son secuenciales, atrasaron a otras; de manera que la ejecución del proyecto sufrió atrasos que impactaron negativamente tanto en tiempo como en costo.

La puntuación fue de 204 puntos, lo que implica que los contratiempos impactaron en la ejecución del proyecto provocando retrasos, y el incremento en costos.



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Esta metodología es efectiva en este tipo de proyectos ya que, al aumentar la definición del proyecto, se propicia obtener un presupuesto cercano al monto original, también ahorrando costos durante la realización del mismo, y previendo y administrando los riesgos que se podrían presentar y/o maximizar durante la ejecución del proyecto de la planta.

La metodología FEL facilita llevar un control sobre el proyecto, en cada una de las etapas se obtuvo un estimado de costos que va aproximándose al estimado por el contratista. Al comparar el estimado de costo de FEL III con el presupuestado por la compañía contratista se observa una diferencia menor al 3%. Por lo que, la metodología FEL otorga tener una aproximación bastante confiable.

Para obtener un estimado de costos se utilizó el software *Aspen Process Economic Analyzer* versión 10, de la paquetería de Aspen Plus, esta herramienta da como resultado un estimado de costo de \$310,656,667.00 USD, calculando un nivel de confiabilidad mayor al 90%; ya que el costo presupuestado por contratista para la planta coquizadora fue de \$317,900,000.00 USD.

Para evaluar si el proyecto es aceptable se utilizó PDRI, una herramienta que se basa en el nivel de definición del proyecto. De acuerdo a lo obtenido en el PDRI de 171 se considera que el proyecto es viable, ya que la definición del alcance disponible estaba al 100%.

En el anexo A, se presenta un análisis del proyecto ejecutado en la refinería de Minatitlán, Veracruz. Durante el desarrollo del proyecto se presentaron los problemas en la etapa de la procura. Algunos factores externos que no se consideraron fueron: La crecida y desbordamiento del río Coatzacoalcos, ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos ocurridos del 21 al 30 de septiembre de 2008; el paso de los huracanes Katrina y Rita provocando en corto plazo en corto plazo el incremento en el mercado de petrolíferos.

Sin embargo, hubo factores que no pudieron haberse previsto como los: avances tecnológicos que surgieron durante el proyecto, modificaciones en la emisión de normas más estrictas en cuanto al contenido de azufre en petrolíferos.

Un factor importante que repercutió considerablemente dentro del proyecto y fue responsabilidad del cliente, es la limitada lista de proveedores para la compra de equipos y materiales, los cuales al enfrentar una alta demanda en el mercado aumentaron los precios y retrasaron las fechas de entrega.

El plan de procura no se elaboró con la secuencia requerida en el montaje, ya que el equipo crítico provenía de diferentes países y contrataron con diferentes fechas de entrega. Faltó hacer un análisis de riesgos integral en la etapa de procura para identificar las fallas durante su ejecución, con el cual se hubieran detectado a tiempo algunas contingencias y riesgos que salieron durante la etapa de construcción y montaje.

Se concluye que este proyecto no previó correctamente algunos impactos importantes como lo fue el análisis de riesgos, los tiempos de entrega de materiales y equipos solicitados a los fabricantes; de manera que, al no tener un correcto análisis, se produjeron atrasos en los tiempos de entrega y un incremento en los costos de los equipos y en la mano de obra, añadidos a los cambios de alcance negociados entre el cliente y el contratista. Adicionalmente, las causas de fuerza mayor que se presentaron en el proyecto por fenómenos de la naturaleza.

## CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

Ameijide G., L. (2016). *Gestión de proyectos según el PMI*. Universitat Oberta de Catalunya.

Bull, J. W., & Engineering, D. of C. (1993). *Life Cycle Costing for Construction*. (T. & F. E-Library, Ed.) (1st ed.).

Dharma Consulting. (2007). *Caso completo*. Retrieved from [www.dharmacon.net](http://www.dharmacon.net)

Dhillon, B. S. (2010). *Life Cycle Costing for Engineers*. (T. & F. Group, Ed.).

Dirección Corporativa de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos. (2007).

*Reconfiguración de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" Minatitlán, Veracruz.*

Foster, A. (2017). *MEJORES PRÁCTICAS EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNIDADES DE DELAYED COKER*. Cartagena de Indias, Colombia.

Global Energy. (2017). Planta coquizadora de Pemex , el nuevo gigante de Tula. Retrieved January 24, 2019, from <https://globalenergy.mx/noticias/hidrocarburos/planta-coquizadora-de-pemex-el-nuevo-gigante-de-tula/>

González R., J. de J. (2014). *Reforma Energética , refinerías y opinión pública* (No. 164). Minatitlán, Veracruz, México.

H. CÁMARA DE DIPUTADOS;, COMITÉ DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE LAS FINANZAS PÚBLICAS;, & COMITÉ DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE LAS FINANZAS PÚBLICAS; (2008). *Pidiregas 2007 - 2008*. Director. MÉXICO. Retrieved from [www.cefp.gob.mx](http://www.cefp.gob.mx) Humphreys, K. (Ed.). (2005). *Project and Cost Engineers' Handbook* (4th ed.). AACE International.

Marcel Dekker, I. (Ed.). (1997). *The Engineer ' s Cost Handbook* (1st ed.). New

York.

Navarrete, P. F., & Cole, W. C. (2001). *PLANNING, ESTIMATING, AND CONTROL OF CHEMICAL CONSTRUCTION PROJECTS*. (M. D. Inc., Ed.) (2nd ed.).

Pacheco, L. (2019). Project Definition Rating Index ( PDRI ), una poderosa herramienta para minimizar los riesgos de proyectos . Retrieved September 3, 2019, from <https://www.linkedin.com/pulse/project-definition-rating-index-pdri-una-poderosa-los/>

PEMEX Refinación. (2006). *MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR DE UN GASODUCTO DE 12 “ DE DIAMETRO POR 17.3 KM Y UN OLEODUCTO DE 30” DE DIAMETRO POR 17.3 KM DE LONGITUD PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL Y CRUDO MAYA AL PROYECTO DE RECONFIGURACION DE LA REFINERÍA*. Minatitlán, Veracruz, México.

PEMEX Refinación. (2007). *MANUAL DE OPERACIÓN PLANTA DE COQUIZACIÓN RETARDADA , PLANTA DE GAS Y*. Minatitlán, Veracruz, México.

PEMEX Refinación. (2011). *Inducción al Sistema de Refinación*. Salina Cruz, Oaxaca, México.

PEMEX Refinación. (2012a). *Proyectos de Inversión en Pemex Refinación*. MÉXICO.

PEMEX Refinación. (2012b). *Reconfiguración de la Refinería “ Lázaro Cárdenas ”, en Minatitlán, Ver. MÉXICO*.

PEMEX Refinación. (2013). *Infraestructura de plantas de proceso, sistema de ductos y terminales de almacenamiento y reparto*. MÉXICO.

Sánchez Delgado, J. C. (2016). *EVALUACIÓN DEL PROCESO EN PLANTAS DE*

*COQUIZACIÓN RETARDADA EN LAS REFINERÍAS DEL NORTE DEL PAÍS.*  
Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e  
Industrias Extractivas.

Sepulveda, L. E., & Ariel, L. (2012). *Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos*  
*, Factor Clave de Éxito en la Gestión de Proyectos de ECOPETROL.*  
Colombia.

Silva Alvarado, E. A. (2012). *Universidad de magallanes facultad de ingeniería*  
*departamento de química.* Santiago de Chile.

Universidad Tecnológica Nacional. (n.d.). CATEDRA DE PROCESOS  
INDUSTRIALES, 5.

Villalobos Quintero, M. B. (2002). *Adaptación del PDRI para proyectos IPC en la*  
*Industria Petrolera.* Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

## ANEXO A. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO DE LA PLANTA COQUIZADORA

Este capítulo pretende analizar las incidencias que transcurrieron durante la ejecución del proyecto de la planta coquizadora en la reconfiguración de la refinería ubicada en Minatitlán, Veracruz.

### Programa Financiero

El programa financiero y de avance físico del Proyecto de Reconfiguración de la Refinería ubicada Minatitlán, Veracruz, consideraba cinco años (2003-2008), como se observa en las siguientes tablas. El IPC-5 contempla la planta de coquización retardada.

*Tabla 19.* Programa financiero de la reconfiguración de la refinería, (2012), Recuperado de PEMEX Refinación.

<b>Programa financiero de acuerdo a la ejecución de obra</b>						
<i>Paquete</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>
<i>Precio Unitario (MMUS\$)</i>						
IPC-1	28.3	330.8	379.0	379.0	379.0	379.0
IPC-2		20.0	1,679.4	3,279.9	3,539.1	3,539.1
Subtotal	28.3	350.8	2,058.5	3,658.9	3,918.1	3,918.1
<i>Precio Alzado (MMUS\$)</i>						
IPC-2		5.9	184.6	363.1	375.4	376.6
IPC-3		0.9	117.3	452.5	534.1	534.1
IPC-4			38.3	211.3	315.5	317.0
<b>IPC-5</b>			<b>40.6</b>	<b>211.8</b>	<b>303.0</b>	<b>317.9</b>
IPC-6			14.8	101.1	154.1	154.1
<b>Subtotal</b>		<b>6.8</b>	<b>395.6</b>	<b>1,339.8</b>	<b>1,682.1</b>	<b>1,699.6</b>

De acuerdo al programa, se observa que el paquete IPC-5 de la planta de coquización retardada se planeó para llevarse a cabo durante los años 2005 a 2008.

Tabla 20. Programa de avance físico de la reconfiguración de la refinería, (2012),  
Recuperado de PEMEX Refinación.

<b>Programa de avance físico acumulado de ejecución de obra (%)</b>							
<i>Paquete</i>	<i>Ponderador</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>
IPC-1	2.05	7.47	87.26	100.00			
IPC-2	33.27		1.07	48.38	94.85	100.00	
IPC-3	26.11		0.18	21.96	84.72	100.00	
IPC-4	15.5			12.21	66.47	99.69	100.00
<b>IPC-5</b>	<b>15.54</b>			<b>12.78</b>	<b>66.66</b>	<b>96.34</b>	
IPC-6	7.53			9.60	65.63	100.00	
<i>Total</i>	<i>100.00</i>	<i>0.15</i>	<i>2.19</i>	<i>28.48</i>	<i>81.33</i>	<i>99.4</i>	<i>100.00</i>

Se autorizó que el proyecto se efectuara conforme el esquema de financiamiento de proyectos de infraestructura productiva de largo plazo denominados Proyectos de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (PIDIREGAS), con el fin de que, mediante el procedimiento de licitación pública, se adjudicara la contratación y ejecución de los trabajos correspondientes a empresas privadas con capacidad de financiamiento propio de largo plazo, de manera que se amortizara la inversión con los activos productivos generadores de ingresos y que, a su vez permitiera diferir el impacto presupuestario en los ejercicios fiscales subsecuentes.

El 6 de junio de 2002, el contratista celebró un contrato específico para que las actividades de ingeniería, procura, construcción y apoyo para la puesta en operación y demás acciones necesarias fueran realizadas por ellos mismos, por conducto de su Dirección Corporativa de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos.

En 2003 se autorizó la contratación de los trabajos de ingeniería, procura, construcción, arranque e integración de las plantas de proceso, así como de sus servicios auxiliares, y mediante gasto programable, el desarrollo de las ingenierías básicas y de detalle de la integración, asistencia técnica, consultoría en administración de proyectos, las licencias y los contratos auxiliares.

## **IPC 5: Planta de coquización retardada**

El 25 de noviembre de 2003, el cliente inició el procedimiento licitatorio con la emisión de la convocatoria de la licitación pública internacional a precio alzado, con la finalidad de realizar la contratación de las obras y servicios para el desarrollo del IPC 5.

Las fechas para celebrar los actos de presentación de las propuestas y apertura técnica como de la apertura económica se difirieron casi seis meses respecto de las consideradas originalmente, debido a las aclaraciones, modificaciones y adiciones efectuadas a las especificaciones técnicas y administrativas del proyecto que surgieron durante juntas de aclaraciones.

En la etapa de presentación de propuestas y apertura técnica del procedimiento licitatorio se registraron cuatro licitantes.

En consecuencia, el 31 de enero de 2005, el cliente que se ubica en la refinería de Minatitlán y el contratista, formalizaron el contrato de obra pública por un monto de **USD \$317,900,000.00** (Trescientos diecisiete millones novecientos mil 00/100 dólares estadounidenses).

**Para el desarrollo de las obras y servicios, en el contrato se estipuló que los trabajos se efectuarían en el periodo comprendido del 1 de febrero de 2005 al 4 de marzo de 2008.**

Las obras y servicios contratados incluirían el desarrollo de la ingeniería de detalle, procura de equipo y materiales, construcción, pruebas, capacitación, preparativos de arranque, arranque y pruebas de comportamiento, así como la entrega de la documentación para las unidades de las plantas de coquización retardada y de gas asociada, regeneradora de amina e hidrosulfuradora de naftas de coquización del Proyecto de Reconfiguración de la Refinería Lázaro Cárdenas.

## **Alcance de la planta de coquización retardada**

Para el desarrollo de las obras y servicios del proyecto, en sus alcances generales se consideraron las siguientes acciones y actividades:



- Elaboración de Hazop para la ejecución de las obras relacionadas con la unidad.
- Cumplir con las recomendaciones, acciones, y/o requerimiento de Protección ambiental de la SEMARNAT, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y sus reglamentaciones y las normas y estándares aplicables,
- Desarrollo de toda la ingeniería de detalle y del METI de la Unidad para su integración con las instalaciones de la Refinería General Lázaro Cárdenas”.
- Suministro y puesta en sitio de todos los equipos de instalación permanente, de todos los materiales de instalación permanente, y de las refacciones necesarias para los preparativos, arranque y pruebas de comportamiento.
- Suministro de aditivos, aceites y lubricantes para equipos mecánicos y motores, necesarios para las puestas en operación de las unidades.
- Suministro de químicos y aditivos, tal como se especifica en la ingeniería básica, así como los químicos y aditivos que se requieran derivado del desarrollo de la ingeniería de detalle.
- Licencias para el uso de los derechos de propiedad industrial e intelectual, el uso de los derechos de patente y el uso de la información técnica de software y de tecnología para equipos especiales y equipos o sistemas relacionados con la operación comercial de instrumentación, equipos especiales y sistemas del paquete de proceso requeridos en las unidades y cuya tecnología y patente sean propiedad exclusiva del licenciante o tecnólogo.
- Construcción y montaje de las unidades y su integración.
- Automatización de las Unidades de proceso, empleando la instrumentación adecuada para la operación de los siguientes sistemas: SCD, ESD, Sistema de seguridad (fuego y gas), Sistema de comunicación y voceo, SCCTV, y sistemas ininterrumpibles de energía.
- Inspección y pruebas a materiales y equipos de instalación permanente, así como supervisión de control de calidad durante el desarrollo de las obras de construcción.
- Pruebas y limpieza de equipos.
- Trabajos previos a los preparativos, arranque y pruebas de comportamiento.
- Capacitación y/o entrenamiento al personal operativos de PR.
- Puesta en operación y pruebas de comportamiento.
- Elaboración de dibujos finales de construcción (planos AS Built)
- Elaboración de manuales de entrenamiento y operación.
- Emisión de Libros de documentos finales.

- Planeación, programación y control de los avances.
- Control detallado de todas las comunicaciones con Pemex Refinación generado durante el proyecto.

### **Licitación y adjudicación de contratos GEP**

Los contratos para la Gerencia Externa de Proyectos (GEP) considerados dentro de la Reconfiguración de la Refinería Lázaro Cárdenas tuvieron por objetivo apoyar a la residencia de obra en las tareas de supervisión de los IPC.

En términos generales, los objetivos y alcances de los seis contratos de GEP fueron similares:

- Participar en la evaluación técnica y económica de las propuestas de los licitantes del contrato IPC, de acuerdo con lo establecido en las bases de licitación, la LOPSRM y el RLOPSRM.
  - Presentar a Pemex Refinación los resultados de la evaluación técnica y económica.
  - Revisar y supervisar la ingeniería de detalle complementaria.
  - Supervisar la fase de procura de los suministros.
  - Supervisar la construcción de las obras.
  - Supervisar la capacitación del personal operativo de PR, así como los preparativos de arranque, arranque y pruebas de comportamiento de las obras.
  - Supervisar el control del proyecto de acuerdo con el anexo AP.
  - Supervisar el sistema de calidad.
  - Supervisar la entrega en tiempo y forma de los permisos y licencias.
  - Vigilar y verificar garantías y seguros.
  - Control de la bitácora de obra.
  - Supervisar el cumplimiento de la seguridad industrial, salud ocupacional y protección ambiental.
  - Coordinar y documentar las reuniones de trabajo y dar seguimiento a los acuerdos y compromisos.
- Supervisar y controlar las estimaciones del contrato IPC.
- Contar con un departamento de control de documentos para archivar, administrar, controlar y difundir los documentos.

- Detectar, analizar y documentar desviaciones respecto del cumplimiento de especificaciones.
- Analizar y documentar reclamos y solicitudes del contratista.
- Revisar las solicitudes del contratista para realizar modificaciones en plazo o monto del contrato.
- Verificar y elaborar el acta de recepción de los trabajos.
- Elaborar el acta de finiquito y efectuar el cierre del contrato IPC.
- Supervisar el periodo de garantía del contrato.

### **Factores que influyeron en el desarrollo del proyecto**

Del 1 de diciembre de 2006 al 30 de junio de 2012, el Proyecto de Reconfiguración de la Refinería presentó diversos factores de tipo climatológico, técnico, económico y de carácter general que originaron cambios en los alcances, términos y condiciones considerados inicialmente, que no se consideraron y/o que no fue posible prever en el momento de elaborar las bases y los contratos respectivos.

Los factores que incidieron en la modificación de las condiciones pactadas originalmente fueron los siguientes:

- Avances tecnológicos surgidos en el transcurso del desarrollo de los proyectos, cuya incorporación permitiría mejorar y actualizar el funcionamiento y operación de los equipos de instalación permanente para acrecentar su funcionamiento.
- Modificaciones necesarias de aplicar en los proyectos originales con el propósito de incrementar la eficacia y seguridad de las plantas y las instalaciones.
- El surgimiento de condiciones económicas de carácter mundial, circunstancias de carácter general, así como situaciones inesperadas del mercado de la industria de la refinación, afectaron las condiciones originales de los contratos a precio alzado.

Entre los principales factores que influyeron se encuentran los siguientes:

- Incrementos sustanciales en la demanda de petrolíferos y oferta limitada de estos productos que derivaron en un dinamismo al alza en sus precios; a su vez, este fenómeno propició que se incrementaran sustancialmente los márgenes económicos de la industria de refinación de petróleo a nivel mundial, creó un desequilibrio entre la oferta y la demanda de equipos y

materiales, incrementó los precios de éstos y dificultó el suministro de dichos productos a nuevos proyectos de refinación.

- El diferencial de precios entre los crudos ligeros y pesados llegó a niveles mundiales nunca antes vistos y provocó que las inversiones realizadas en las plantas de refinación de crudos pesados posteriores a 2004 resultaran afectadas.
- La emisión de normas cada vez más estrictas en cuanto al contenido de azufre en los petrolíferos afectaron en forma negativa los precios y plazos de entrega de los equipos con las características necesarias para cubrir la norma establecida.
- El desequilibrio provocado en el corto plazo por los huracanes Katrina y Rita en el mercado de petrolíferos.
- La mayor demanda de las plantas de procesamiento utilizadas en las refinerías de petróleo.

Las condiciones que sirvieron de base para licitar la procura de equipos de instalación permanente presentaban las siguientes limitantes:

- Los equipos debían adquirirse con proveedores determinados por el licenciante o tecnólogo designado por la entidad, lo que obligó a las contratistas a adquirir dichos equipos de un solo fabricante y redujo su margen de negociación en los precios.
- Los equipos denominados críticos, para los cuales Pemex proporcionó una lista de proveedores con los cuales la compra de equipos y materiales se encontraba determinada y limitada.
- Los equipos de libre adquisición, sujetos a las condiciones económicas imperantes en el mercado, representaban una minoría.
- La procura de equipo de instalación permanente ofreció una enorme complejidad contractual, debido a que provienen de distintos países y a que se establecen hasta ocho momentos de entrega diferentes en los contratos.
- Los fabricantes de los equipos, al enfrentar una alta demanda, aumentaron drásticamente el precio de sus bienes y los plazos de entrega.
- La situación en el mercado incidió negativamente en los cumplimientos contractuales, debido a la sobrecarga de trabajo en los talleres de los proveedores,

lo que derivó en incumplimientos sistemáticos de los plazos contractuales y de los plazos de entrega que los subproveedores establecieron con los fabricantes.

- La crecida y desbordamiento del río Coatzacoalcos, ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos ocurridos del 21 al 30 de septiembre de 2008.
- Estos factores de orden general obligaron a las contratistas a suspender por diversos lapsos el desarrollo de las obras.
- Reconocimiento de las afectaciones ocasionadas por las prórrogas a la fecha de terminación del contrato.

### **Término de la Reconfiguración**

Los resultados del Proyecto de Reconfiguración de la Refinería Lázaro Cárdenas se describen en la siguiente tabla:

### **Producción**

*Tabla 21.* Producción de la reconfiguración de la refinería Gral. Lázaro Cárdenas, (2012), Recuperado de PEMEX Refinación.

<b>Producción y rendimientos de la reconfiguración</b>		
<i>Concepto</i>	<i>Anterior</i>	<i>Reconfigurada</i>
Capacidad (mbd)	185	285
Proceso de crudo (óptimo)	175	246
% Maya	33.1	71.0
Gasolinas totales (mbd)	45.5	92.8
Magna	45.5	77.4
Premium	0.0	15.4
Destilados intermedios (mbd)	45.0	81.8
Diésel y turbosina	45.0	51.8
Diésel UBA	0.0	30.0
Combustóleo (mbd)	65.0	23.7
Coque	0.0	3,300 t

### **En materia económica-financiera**

- La inversión total del proyecto fue de 3,559 MMUS\$, al momento de su inauguración en julio de 2011.
- Un estimado de 7,000 empleos directos y 15,000 empleos indirectos.
- Alrededor de 500 puestos de trabajo adicionales para la operación de las nuevas instalaciones.
- El proyecto involucró esquemas de promoción de contenido nacional, en beneficio de contratistas nacionales en los IPC y GEP.
- Con la reconfiguración del SNR, se estima que la importación de gasolina se reducirá de 40% en 2011 a 34% en 2016.
- Los productos de la refinería abastecerán la demanda de gasolinas de Puebla, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, y una parte del Distrito Federal.

### **En materia de medio ambiente**

- Mejora en la calidad de la gasolina, con la producción de gasolinas y diésel de 15 o menos partículas por millón.
- Productos más amigables con el medio ambiente, con mejoras tecnológicas y la eliminación de azufre en los productos destilados
- Cumplimiento de normas nacionales e internacionales ecológicas, con gasolinas de alto octanaje y menor contenido de azufre.
- Contar con un sistema de aseguramiento de la calidad, basado en la norma ISO-9002/NMX-CC-004.

### **Entrega del proyecto**

Conforme a lo establecido en el Convenio general y en el Convenio específico, del 14 de diciembre de 2010 y 28 de junio de 2011, respectivamente, se realizaron las pruebas de comportamiento equivalentes y entregas parciales.

En noviembre de 2011, se formalizó la recepción parcial de la planta; en el primer bimestre de 2012 concluyeron las pruebas de comportamiento equivalente para los trenes, quedando bajo la responsabilidad del cliente efectuar las funciones de operación y mantenimiento.

Las proyecciones para el periodo agosto-noviembre de 2012 para cerrar los trabajos del proyecto son las siguientes:

- Presentación de los precios unitarios de conceptos extraordinarios y, en su caso, para su aprobación y emisión de los anexos y contratos ROPA; entrega del METI de la Planta de coque; entrega de refacciones; entrega de los Libros finales pendientes; atención de pendientes "B" de detalles constructivos para las instalaciones a cargo del contratista, y preparación de la documentación necesaria para el cierre y el finiquito del contrato.

**En la ejecución del proyecto de la planta de coquización retardada, la inversión fue por \$488.7 MUSD y tuvo una duración de 634 días naturales.**