



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

**METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN, DESARROLLO Y  
PLANEACIÓN DE PROYECTOS APLICADO A UNA PLANTA  
CRIOGÉNICA.**

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

PRESENTA:  
LUIS RODOLFO ALVARADO DE LA FUENTE

Director de Tesis:  
M. en I. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ  
FACULTAD DE QUÍMICA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX:...

Agosto 2016



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. A. JOSÉ FERNANDO BAEZ RAMOS  
Vocal: ING. CELESTINO MONTIEL MALDONADO  
1<sup>er</sup>. Suplente: M. I. EZEQUIEL MILLAN VELASCO  
2<sup>d o</sup>. Suplente: M. I. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: FACULTAD DE QUÍMICA

**TUTOR DE TESIS:**

José Antonio Ortiz Ramírez

-----  
**FIRMA**

# ÍNDICE.

OBJETIVO PRINCIPAL.....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	6
ALCANCE.....	6
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I.....	14
METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA ETAPA CONCEPTUAL DEL PROYECTO.....	14
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	15
1.1.2 <i>Análisis de objetivos del proyecto</i> .....	16
1.1.3 <i>Evaluaciones del proyecto</i> .....	16
1.2 DESCRIPCIÓN DE PARTICIPANTES Y SUS FUNCIONES EN EL PROYECTO.....	18
1.2.1 <i>Integración del equipo de trabajo</i> .....	18
1.2.2 <i>Funciones de los Participantes</i> .....	19
1.3 ESTUDIO DE MERCADO.....	21
1.3.1 <i>Definición del Producto</i> . <sup>[43]</sup> .....	21
1.3.2 <i>Análisis de la Demanda</i> .....	22
1.3.3 <i>Análisis de la Oferta</i> .....	22
1.3.4 <i>Análisis de la Competencia</i> .....	23
1.3.5 <i>Estudio de Distribución</i> .....	23
1.3.6 <i>Análisis del precio</i> .....	24
1.4 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN TECNOLÓGICA.....	26
1.4.1 <i>Evaluación Técnica</i> .....	27
1.4.2 <i>Aspectos Técnicos Complementarios</i> .....	27
1.4.3 <i>Evaluación Económica-Financiera</i> .....	27
1.4.4 <i>Evaluación Contractual</i> .....	27
1.4.5 <i>Aspectos Plausibles</i> .....	27
1.4.6 <i>Aspectos Estratégicos-Técnicos</i> .....	27
1.4.7 <i>Aspectos Normativos</i> .....	27
1.5 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE SITIOS.....	28
1.5.1 <i>Selecciones estatales</i> .....	28
1.5.2 <i>Evaluación y selección definitiva del sitio</i> .....	29
1.6 DEFINICIÓN DE ALCANCE DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL.....	32
1.6.1 <i>Definición de Alcance en la etapa conceptual</i> .....	32
1.6.2 <i>Definición de Alcance a partir del PDRI</i> .....	33
1.7 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS.....	34
1.7.1 <i>Identificación de Riesgos</i> .....	34
1.7.2 <i>Evaluación e Informe tipo C-R-E</i> .....	35
1.8 ESTIMADO DE COSTO CLASE V.....	37
1.8.1 <i>Clases del Estimado de Costos</i> .....	37
1.8.2 <i>Desarrollo del Estimado Clase V</i> .....	38
1.8.3 <i>Costo Directo del Estimado Clase V</i> .....	39
1.8.4 <i>Sobrecosto</i> .....	40
1.8.6 <i>Escalación</i> .....	41

1.9 CASO DE NEGOCIO. ....	42
1.9.1 Desarrollo del Caso de Negocio. ....	42
<i>Una vez analizado toda esta información y determinados los indicadores de rentabilidad se procede a dar conclusión al caso de negocio con la aprobación o cancelación del proyecto a futuras etapas, según lo determine el cliente.</i> .....	45
CAPÍTULO II.....	46
METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO.....	46
2.1 DESARROLLO DE BASES DE USUARIO. ....	47
2.1.1 Contenido de Bases de Usuario. ....	47
2.2 BASES DE DISEÑO. ....	48
2.3 DESARROLLO DE INGENIERÍA BÁSICA.....	50
2.3.1 Alcance Típico para Ingeniería Básica. ....	50
2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DFP).....	52
2.5 DESCRIPCIÓN DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA (PLG). ....	53
2.6 DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN. ....	54
2.7 HOJAS DE DATOS. ....	55
2.8 ANEXO DE ENTREGABLES. ....	56
2.8.1 Diagrama de Flujo de Proceso. ....	56
2.8.2 Plano de Localización General. ....	62
2.8.3 Diagrama de Tubería e Instrumentación.....	65
2.8.4 Hojas de Datos.....	70
2.9 DESCRIPCIÓN DE OTROS ENTREGABLES EN LA INGENIERÍA BÁSICA. ....	74
2.9.1 Criterios de Diseño. ....	74
2.9.2 Descripción del proceso. ....	75
2.9.3 Lista de Equipo. ....	75
2.9.4 Balance de materia y energía. ....	75
2.9.5 Diagramas de Servicios Auxiliares. ....	76
2.9.6 Requerimiento y Especificación de Agentes Químicos y Catalizadores. ....	78
2.9.7 Filosofía Básica de Operación.....	79
2.9.8 Planos de notas generales, Leyendas y Símbolos. ....	80
CAPÍTULO III.....	83
METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE DEL PROYECTO DE INGENIERÍA.....	83
3.1 EL CONTRATO.....	84
3.1.1 La Documentación. ....	84
3.1.2 Aspectos comerciales del contrato. ....	85
3.1.3 Procedimientos del Contrato. ....	87
3.1.4 Ejecución del Contrato.....	88
3.2 DEFINICIÓN DE ALCANCE DEFINITIVO. ....	92
3.2.1 Índice de Contenido de Alcance Definitivo. <sup>[34]</sup> .....	92
3.3 PLAN DE EJECUCIÓN DE INGENIERÍA. <sup>[34]</sup> .....	96
3.3.1 Contenido del Plan de Ejecución.....	96
3.4 ESTIMADO DE COSTO CLASE III.....	101
3.4.1 DESARROLLO DEL ESTIMADO CLASE III.....	101
3.4.2 COSTO DIRECTO DEL ESTIMADO CLASE III. ....	102
3.4.3 Sobrecosto .....	107
3.4.4 Contingencias. ....	108
3.4.5 Allowance. ....	109
3.4.6 Escalación. ....	109
3.5 ESTRUCTURA DE TRABAJO (WBS).....	111
3.5.1 Desarrollo del WBS. ....	111
3.5.2 Diccionario del WBS.....	116
3.6 PROGRAMAS DE TRABAJO. (MAESTRO Y POR DISCIPLINA). ....	117

3.6.1 PROGRAMA DE TRABAJO MAESTRO. ....	117
3.6.2 Programas de avance por Disciplina. ....	118
3.6.3 Herramientas para Elaborar los Programas. ....	120
3.6.4 Curvas de Avance. ....	122
3.6.5 Ruta Crítica. ....	125
3.7 PLAN DE CALIDAD Y ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO DE INGENIERÍA. ....	129
3.7.1 Plan de Calidad. ....	129
3.7.2 Análisis y Administración de Riesgos. ....	132
CASO DE ESTUDIO. ....	135
ETAPA CONCEPTUAL. ....	136
LÍNEA BASE PARA LA INGENIERÍA BÁSICA. ....	195
ALCANCE DE INGENIERÍA BÁSICA. ....	232
CONCLUSIONES. ....	274
ÁREA DE OPORTUNIDAD. ....	275
BIBLIOGRAFÍA. ....	277
REFERENCIAS. ....	279
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS. ....	280

## **OBJETIVO PRINCIPAL.**

Desarrollar una metodología a partir de un conjunto de elementos prácticos que guíen a los interesados en la administración e ingeniería de proyectos a establecer las mejores prácticas para el desarrollo de proyectos de ingeniería básica de plantas industriales, y así poder cumplir con: el tiempo programado, el presupuesto asignado, la calidad requerida y el alcance establecido.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Presentar las etapas y procesos para cumplir con las metas establecidas de tiempo, costo y calidad durante las etapas conceptual y de ingeniería básica en un proyecto IPC.
2. Mostrar la importancia de alcanzar los mejores niveles de desempeño en la administración de proyectos.
- 3.- Establecer la metodología para la creación de los elementos que constituyen la línea base de ingeniería básica en un proyecto IPC.
- 4.- Presentar un caso de estudio real que cubra la metodología propuesta y presente un panorama global de los entregables en un proyecto IPC, para las etapas mencionadas.

## **HIPÓTESIS DE TRABAJO.**

Presentar a los alumnos de licenciatura, maestría y en general a los interesados en la administración e ingeniería de proyectos, una metodología con mejores prácticas para el desarrollo de proyectos de ingeniería básica de plantas industriales en México, así como aplicarla a un caso de estudio real, permitiendo cumplir con altos desempeños académicos y profesionales en el desarrollo de programas de trabajo, presupuestos asignados, calidad requerida y alcance establecido en los proyectos.

## **ALCANCE.**

El presente trabajo se conforma de 3 capítulos, donde se ha desarrollado una metodología para la selección, planeación y desarrollo de proyectos industriales, en las etapas conceptual y de ingeniería básica. Seguido de la recopilación de un caso de estudio real, donde se aplica la metodología propuesta. El caso de estudio no ha sido desarrollado como parte del alcance del trabajo, únicamente recopilado a modo de ejemplificar, enriquecer y sustentar la metodología.

El capítulo I comprende la metodología para la selección, planeación y justificación del proyecto, concluyendo la etapa con un caso de negocio, que determina la factibilidad técnica y económica de la inversión y así tomar las decisiones correspondientes para la conversión a la siguiente etapa del proyecto.

El capítulo II presenta la metodología que se debe seguir para el desarrollo de la línea base correspondiente a la etapa de ingeniería básica del proyecto, esta considera el contrato, la definición de alcance de la ingeniería básica, el WBS, el plan de ejecución, el programa de trabajo correspondiente, el estimado de costo acorde a la etapa, el plan de calidad y el análisis de riesgos de la etapa.

El capítulo III se conforma de la metodología para desarrollar la lista de documentos entregables correspondientes a la ingeniería básica de proceso, considerando las bases de diseño, el PLG, el DFP con su respectivo balance de materia y energía, la descripción del proceso, los diagramas de tubería e instrumentación, hojas de datos y algunos otros entregables que forman parte de la ingeniería básica.

El caso de estudio será una recopilación del proyecto IPC de la construcción de una planta Criogénica, en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, que se llevó a cabo en el año 2007 con gran éxito. Los entregables únicamente fueron recopilados y estructurados de acuerdo a la metodología. Es importante mencionar que se realizó un resumen de cada entregable, a modo de conjuntar lo más relevante de cada uno sin perder la esencia de la metodología ni del proyecto real.

# **INTRODUCCIÓN.**

# INTRODUCCIÓN.

Prácticamente todo lo que nos rodea está relacionado con proyectos, de acuerdo al PMBOK, un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. A partir de una definición tan general del concepto “proyecto” se puede asociar una gran cantidad de campos y áreas que involucran proyectos. Bajo esta premisa, podemos establecer ciertos criterios y bases que sustentan cualquier tipo de proyecto. Particularmente, para los proyectos de ingeniería es de aquí de donde partiremos para plantear una metodología capaz de conjuntar las mejores prácticas empleadas para la gestión de proyectos de ingeniería básica, con miras a fortalecer las etapas siguientes dentro de un proyecto IPC.

Un proyecto IPC, o conocido como proyecto de ingeniería, procura y construcción, es un tipo de proyecto comúnmente desarrollado en todo el mundo para la creación de complejos de tipo industrial, civil o infraestructura, marítimos, etc. Este tipo de proyecto se caracteriza por desarrollar absolutamente todo lo necesario para la construcción y puesta en operación del complejo, es decir, se desarrollará una etapa conceptual donde se visualizará el proyecto y su factibilidad técnica y económica. Posteriormente se generará la ingeniería básica y de detalle requerida, involucrando a todas las disciplinas necesarias. Con la ingeniería presente se lleva a cabo la etapa de procura, donde los equipos y materiales son adquiridos para posteriormente comenzar con la construcción, y seguir con las pruebas y puesta en marcha. Hoy en día es común incluir dentro del alcance de un proyecto IPC la operación y mantenimiento del complejo si fuera requerido.

En general dentro del campo de ingeniería, existen muchos tipos de proyectos, como lo son proyectos de ingeniería, proyectos únicamente de construcción, proyectos de transporte vehicular, irrigación, reconfiguraciones o “*Revamp*”, este último se refiere a realizar reingeniería, estudios, estimaciones, reparaciones y cambios sobre equipos de plantas o complejos industriales existentes que requieren adecuaciones o cambios, estos cambios pueden tener diferentes objetivos, como lo son cambios en capacidad, modernización de procesos, volver a operar plantas fuera de servicio, etc. Sin importar el tipo de proyecto de ingeniería del que se trate, todos deben ser sometidos a una serie de procesos metodológicos que garanticen un producto que cumpla con los estándares de tiempo, costo y calidad requeridos.

Tanto en México como en el mundo, cada proyecto tiene como objetivo cumplir con el tiempo de ejecución, la calidad demandada y el presupuesto asignado, la realidad es que en muchas ocasiones esto no se cumple y se obtiene como resultado un desempeño pobre.

Figura I. Tipos de Proyecto de ingeniería.

Tipo de proyecto	Disciplinas de ingeniería que participan
Proyectos de transporte vehicular	Civil, estructural, topógrafa, geofísica, eléctrica, mecánica, tráfico, ambiental, hidráulica
Proyectos de edificación comercial	Civil, estructural, topógrafa, geofísica, eléctrica, mecánica, tráfico, ambiental, hidráulica, instrumentación, industrial, arquitectura
Proyectos de irrigación	Hidráulica, civil, topógrafa, geofísica, eléctrica, ambiental, telecomunicaciones
Proyectos de plantas industriales	Química (procesos), física (procesos), mecánica, eléctrica, control, instrumentación, civil, estructural, topógrafa, geofísica, arquitectura

Fuente: José Francisco Albarrán Núñez, *Ingeniería de Proyectos en México*, Academia de Ingeniería de México

Hace algunas décadas, la problemática en la ejecución de proyectos era notoria, la falta de procesos y orden al ejecutar las etapas involucradas en los proyectos de ingeniería eran evidentes. Dada la problemática, en Estados Unidos, integrando a empresas productoras, empresas constructoras y de ingeniería y universidades se obtuvo como resultado en 1987 la primera edición del PMBOK®, publicada por el PMI (Project Management Institute), con la intención de documentar y estandarizar información y prácticas generalmente aceptadas en la gestión de proyectos.<sup>[2]</sup>

Hoy en día la edición actual, la quinta, provee referencias básicas a cualquiera que esté interesado en la gestión de proyectos. Posee un léxico común y una estructura consistente para el campo de la gestión de proyectos.

A pesar de que la metodología propuesta por el PMI es ampliamente reconocida y utilizada en todo el mundo, cada país ha tenido la necesidad de conjuntar, recopilar y estructurar las mejores prácticas que puedan ser aplicadas al desarrollo de proyectos nacionales. Es verdad que muchos de los procesos son comunes sin importar la región donde se lleve a cabo el proyecto, pero acorde a la idiosincrasia de cada país, algunos procesos deben ser analizados y modificados.

En México durante muchos años los procesos en la ejecución de proyectos industriales no estaban estandarizados ni estructurados, se regían por metodologías erróneamente regionalizadas o por la experiencia y conocimientos de gerentes y directores de proyectos. Si bien no se puede desestimar la experiencia y el conocimiento adquirido, cada proyecto es único e irrepetible y esto hacía propensos a los procesos antiguos a fallar.<sup>[4]</sup>

Con la problemática de no tener una metodología que estructurara mejores prácticas para la administración e ingeniería de proyectos, empresas mexicanas comenzaron a estandarizar y conjuntar técnicas, procesos y prácticas a partir de metodologías internacionales y experiencias propias.

Tal es el caso de la empresa mexicana más grande del país, Petróleos Mexicanos, que a partir de la metodología FEL y el PMBOK, crearon el Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos (SIDP).

La Base del SIDP es el sistema FEL (Front end Loading), cuyas etapas principales son la etapa de Visualización (FEL I), donde los entregables permiten establecer un caso de negocio que, partiendo de la alineación con la planeación estratégica institucional, define el proyecto en términos de los objetivos de negocio, un dimensionamiento físico de orden de magnitud y una evaluación preliminar de sus costos y beneficios. La etapa de Conceptualización (FEL II), involucra la realización de estudios técnicos de mayor detalle permite llevar a cabo la selección de diferentes aspectos relevantes como la tecnología o el sitio en donde se ubicará el proyecto y la etapa de Definición (FEL III), el avance en los trabajos técnicos permite detallar el alcance hasta un grado de definición óptimo para comenzar los trabajos propios de la fase de ejecución.<sup>[3]</sup>

De acuerdo con el Dr. José Francisco Albarrán La ingeniería de proyectos está directamente asociada con los proyectos de inversión que forman la infraestructura de un país. A su vez, la infraestructura de un país tiene una fuerte correlación con su competitividad, como lo muestra el modelo que utiliza el Foro Económico Mundial (WEF) y en el que desde hace más de una década México clasifica a media tabla.

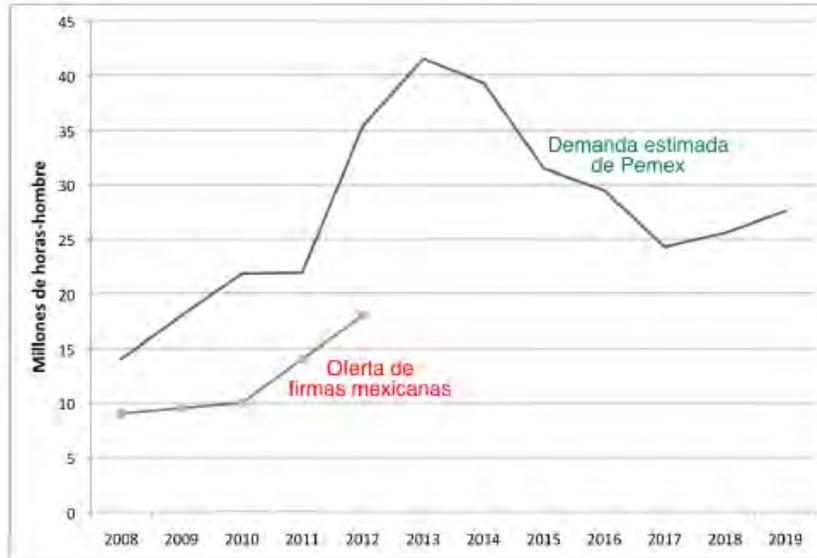
Durante las últimas dos décadas, México ha invertido anualmente entre el 2% y 5% de su PIB en infraestructura, que si bien es aún insuficiente, representa del orden de 20 a 50 mil millones de dólares. Normalmente, la mayoría de los proyectos de infraestructura de un país, así como los de mayor tamaño, son realizados por el gobierno. Es por lo tanto normal que la mayor parte de los trabajos de ingeniería para proyectos, sean contratados por organizaciones gubernamentales, ya sea directamente por ministerios (o secretarías) federales, estatales o empresas paraestatales, o bien indirectamente a través de empresas particulares que producen servicios de forma exclusiva para alguna dependencia del gobierno (como pueden ser las concesiones).

En la práctica internacional, entre el 7% y 15% del monto de la inversión en infraestructura, corresponde a costos de ingeniería y estudios. Desgraciadamente, en México se invierte notablemente menos, lo que a su vez propicia que los proyectos resulten de mayor costo y se completen en mayor tiempo de lo que dictan las mejores prácticas internacionales.<sup>[4]</sup>

Con respecto a la ingeniería en México, se estima que la oferta de ingeniería de proyectos mexicana es del orden de 25 millones de horas-hombre anuales. Esto está en el punto medio del rango de demanda de ingeniería de proyectos mexicana (que es inferior a la total). Es decir, la demanda y la oferta están razonablemente empatadas.

La demanda local de ingeniería es mayor al doble de la oferta mexicana, como se puede apreciar en la siguiente imagen, en el que se muestra la demanda de servicios de ingeniería que se generará por los proyectos de inversión de Pemex (no incluye servicios de supervisión). En ella se advierte que toda la oferta de ingeniería para el sector es apenas la mitad de lo que solamente las inversiones de Pemex genera. Si agregáramos los requerimientos asociados a inversiones de CFE e industria privada, la brecha entre oferta y demanda es mayor.

Figura II. Demanda estimada PEMEX vs Oferta de Firmas Mexicanas.



Fuente: José Francisco Albarrán Núñez, *Ingeniería de Proyectos en México*, Academia de Ingeniería de México

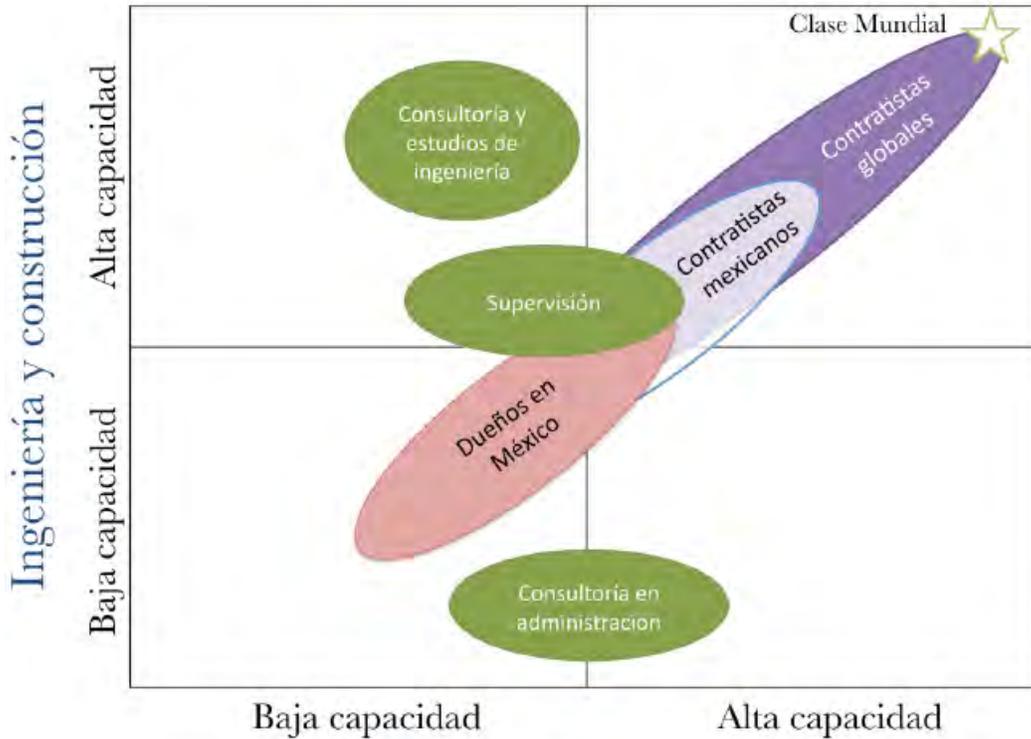
Podemos apreciar que el campo de la ingeniería de proyectos en México es una gran fuente de empleo y de recursos económicos, pero por desgracia, prácticas incorrectas han vuelto poco efectiva la gestión de proyectos.

Como caso puntual del SIDP que propone una metodología de “*compuertas*” para cada etapa del proyecto, esto ha resultado hasta hoy un buen punto de partida para la ejecución de proyectos en PEMEX, sin embargo aún hay mucho que mejorar y actualizar.

En mi opinión, para alumnos y profesionistas que buscan una metodología al desarrollar proyectos, tanto el PMBOK como el SIDP, no representan una verdad absoluta para la gestión de proyectos, ya que el PMBOK, se concentra en un enfoque demasiado global, que sienta las bases y precedentes para una adecuada gestión integral, pero que aún debe ser delimitada y definida por el usuario de acuerdo al tipo de proyecto que se realiza. Para el caso del SIDP, por el contrario se encuentra descrito completamente para el desarrollo de proyecto entre PEMEX y el contratista, es decir, algunos puntos de la metodología única y exclusivamente aplicarán para la relación PEMEX – Contratista, ya que Petróleos Mexicanos cuenta con ciertas restricciones y procedimientos propios de su estructura y organización.

La figura III muestra el sector donde se ubican de las empresas de ingeniería y construcción, de acuerdo a su capacidad, (tamaño, amplitud de mercados, competitividad) y a su dominio del proceso de negocio (definición y ejecución de proyectos de infraestructura).

Figura III. Ubicación Competitiva de las empresas de Ingeniería y Construcción.



### Proceso del negocio

definición y ejecución de proyectos de infraestructura

*Fuente: Dr. José Francisco Albarrán Núñez*

Podemos observar que las empresas contratistas de ingeniería y construcción que cuentan con una presencia global, dominan el proceso del negocio, y cuentan con una alta capacidad en ingeniería y construcción. Las empresas líderes de clase mundial, tienen la mejor posición en los dos ejes.<sup>[4]</sup>

Por desgracia podemos apreciar que ninguna firma mexicana se clasifica entre los líderes globales, por lo que las más destacadas apenas logran una alta capacidad.

Así podemos posicionar la relevancia de definir y establecer día con día metodologías y procesos que nos permitan mejorar en la administración e ingeniería de proyectos. Es de suma importancia estar actualizados y preparados para recopilar nuevas tendencias mundiales así como las propias lecciones aprendidas que la ejecución de proyectos dentro de las empresas mexicanas proporcionan.

# **CAPÍTULO I.**

---

## **METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA ETAPA CONCEPTUAL DEL PROYECTO.**

---

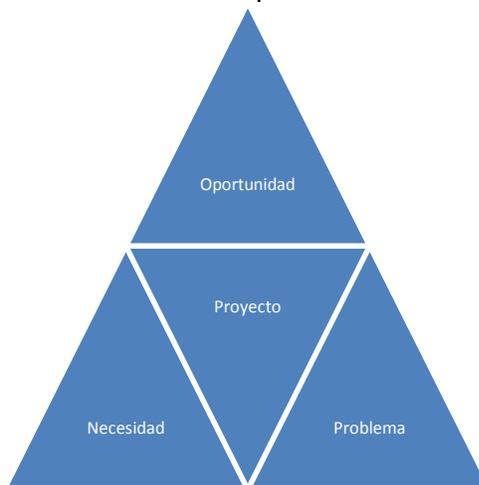
---

# 1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

## 1.1.1 El Inicio de la idea Creativa.

Para hablar de un proyecto, es necesario definirlo, de acuerdo al PMI, un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo con el fin de obtener un producto, servicio o resultado único, esta definición en principio es clara pero poco específica. Refiriéndonos particularmente a proyectos IPC (Ingeniería, procura y construcción), nos podemos hacer la pregunta: ¿Dónde comienza la idea de un proyecto? De una forma general, el punto de partida para la idea que origina un proyecto suele nacer a partir de una oportunidad, una necesidad, o bien, un problema para maximizar los beneficios de un negocio.

Figura 1.1. Inicio de la idea creativa para desarrollar un proyecto.



**Oportunidad:** Definir una oportunidad como el inicio de un proyecto, considera tener una perspectiva clara del entorno, analizar y comprender el mercado y su demanda, de esta forma la idea se presenta como una oportunidad de inversión, donde el dueño de la idea generará un proyecto para producir algún servicio o producto que pertenece a un campo potencial donde la demanda es alta y la oferta insuficiente.<sup>[8]</sup>

Un caso anterior se ejemplifica con el desarrollo de plantas distribuidoras de gas natural, anteriormente el consumo de gas en los hogares mexicanos era completamente gas LP, tiempo después en México, se presentó como una oportunidad, introducir el gas natural como un combustible con mayores beneficios y menores costos, de esta forma se aprovechó una valiosa oportunidad con una alta probabilidad de éxito.

**Necesidad:** Las necesidades son una fuente sumamente valiosa de ideas para comenzar con el desarrollo de un proyecto IPC, la creatividad siempre es un motor para los nuevos descubrimientos y las nuevas aportaciones a la humanidad. En general si algún sector de la población tiene una necesidad, es prácticamente automático que dicha necesidad abre una enorme oportunidad de inversión al satisfacerla. Muchos de los avances tecnológicos de nuestros tiempos se deben a grandiosas ideas creativas que probablemente fueron resultado de observar en el entorno una necesidad, tal es el caso de los medios de transporte que han ido evolucionando de acuerdo a las

necesidades de los seres humanos y su medio ambiente. Hoy en día es de suma importancia diseñar vehículos que funcionen a partir combustibles limpios y no contaminantes, el medio ambiente y los recursos del planeta lo imponen como una inminente necesidad. Es muy probable que en el futuro la industria automotriz basada en hidrocarburos sea por completo sustituida y entonces grandes proyectos en el mercado, tomarán lugar.

**Problema:** En la sociedad y el mundo que nos rodea, siempre se presentarán problemáticas que deben resolverse, el cambio es imposible detenerlo, el entorno y nosotros mismos nos encontramos en un constante cambio, esto suscita la creación de nuevos servicios, productos o desarrollos que resuelvan, controlen o prevean problemas que afectan a la humanidad. El cambio climático y el necesario cuidado al medio ambiente han traído consigo la creación de diversos proyectos de sustentabilidad y control ambiental, como plantas de tratamiento y proyectos con energías limpias. Aunque en principio el tratamiento de aguas y residuos parecen estar impuestos por normatividades y estándares que protegen el medio ambiente, no solo resuelven una problemática del planeta, estas medidas también traen consigo beneficios importantes en el crecimiento de las industrias y su relación con otros corporativos.

### 1.1.2 Análisis de objetivos del proyecto.

Una vez que la idea creativa o necesidad se han presentado y el entorno parece apropiado para desarrollar un proyecto alrededor de dicha idea se deben cubrir ciertos procesos para validar el inicio del proyecto. Es necesario identificar el origen de la idea, para así plantear objetivos por cubrir con el desarrollo del proyecto.

Después de que los objetivos del proyecto han sido planteados, se deben realizar ciertos procesos para validar la rentabilidad económica, técnica y ambiental de la oportunidad de inversión que genera el proyecto IPC.

Los objetivos del proyecto IPC deben satisfacer tanto la necesidad, oportunidad o problema identificado como la factibilidad económica para los involucrados. Por ejemplo, un proyecto sumamente importante en esta nueva década del siglo XXI en la ciudad de México es la construcción de un nuevo aeropuerto, cuyo origen del proyecto de acuerdo con el Gobierno Federal y la Secretaría de Comunicaciones y Transporte es la necesidad por cubrir la demanda aeroportuaria de los próximos 50 años en el país. De esta forma el gobierno federal y la SCT se han marcado como objetivo del proyecto que el nuevo aeropuerto sea líder mundial en diseño, construcción y operación sustentable. El aeropuerto buscará contar con los más altos estándares internacionales, utilizará energías limpias de fuentes renovables, operará con tecnologías verdes fomentando un uso eficiente del agua, y tendrá sistemas de ventilación y de aire acondicionado que optimicen el uso de energía.<sup>[36]</sup>

### 1.1.3 Evaluaciones del proyecto.

Cuando los objetivos del proyecto han sido delimitados por los involucrados, la primer etapa para el desarrollo de un proyecto IPC es la visualización del Proyecto, aquí se deben realizar una serie de evaluaciones que traerán consigo una decisión final, que definirá si el proyecto IPC es potencialmente desarrollable y bajo que consideraciones se deben llevar a cabo la ingeniería, procuración y construcción.<sup>[19]</sup>

La visualización del proyecto IPC debe cubrir una serie de evaluaciones primordiales para tomar la decisión de continuar o detener las etapas subsecuentes del proyecto.

Figura 1.2 Proceso para la Selección y Visualización de un Proyecto IPC.



Estos procesos se definen más adelante, cada proceso se detalla y se anexan propuestas y formatos para su desarrollo. En el Anexo 1 se proporciona un formato para la evaluación de ideas y definición de objetivos al desarrollar un proyecto IPC.<sup>[10]</sup>

## 1.2 DESCRIPCIÓN DE PARTICIPANTES Y SUS FUNCIONES EN EL PROYECTO.

### 1.2.1 Integración del equipo de trabajo.

La integración de un Equipo de Proyecto completo y funcional en todas las áreas interesadas, es uno de los elementos de mayor relevancia que definirán el éxito en el desarrollo de un proyecto, por ello resulta necesario contar con el entendimiento común de las necesidades y realizar el diseño de la estructura y la integración adecuada de las personas involucradas en el desarrollo de las actividades de los proyectos.

En esta primera etapa, la cantidad de recursos humanos necesarios es mínima comparada con la cantidad de personal requerido una vez empezada la ingeniería o la construcción. Principalmente se deben definir ciertos roles dependiendo el carácter del proyecto que se va a desarrollar.

El equipo de proyecto evoluciona durante el ciclo de vida de un proyecto; por lo tanto, la responsabilidad de su dirección al interior de la organización, conlleva a la integración continua de los recursos humanos que se incorporan dinámicamente, así como de las áreas funcionales que participan en diversos momentos del proyecto; asimismo, en forma externa, con autoridades, proveedores, contratistas y demás partes interesadas.

A continuación se presentan los diversos posibles involucrados en un proyecto.

Figura 1.3 Participantes en un Proyecto IPC.



### 1.2.2 Funciones de los Participantes.

Los Participantes, (Stakeholders), en un Proyecto tienen diversas funciones y responsabilidades dentro del desarrollo del proyecto. Las actividades que cada integrante realiza van de acuerdo a la etapa en que se encuentre el proyecto.

**Cliente:** Es la empresa o persona que tiene la idea a desarrollar, que requiere contratar a alguna empresa u organización para llevar a cabo el proyecto deseado. <sup>[42]</sup>

**Contratista:** Es la empresa u organización que el cliente selecciona para desarrollar su idea o necesidad convertida en un proyecto IPC, el cliente es libre de seleccionar cuantas organizaciones considere necesarias para cumplir con éxito el proyecto. Todos los involucrados y sus responsabilidades son estipulados en un contrato del proyecto. <sup>[42]</sup>

**Patrocinador:** El patrocinador es típicamente un representante de alta jerarquía quien tiene un gran interés en los resultados del proyecto. El patrocinador o sponsor puede facilitar decisiones y contribuir con la asignación de recursos. Un patrocinador puede ser un miembro de la dirección quien tiene un interés en el éxito del proyecto. <sup>[42]</sup>

**Líder del proyecto.** Se encuentra un peldaño arriba del gerente de proyecto y tiene un gran interés en el éxito del proyecto. El líder del proyecto debe mantener informado en todo momento al patrocinador y proteger al gerente de proyecto para que no reciba sorpresas. <sup>[42]</sup>

**Gerente del Proyecto:** Es el encargado de dirigir que todos los aspectos del proyecto se cumplan de acuerdo a lo estipulado, selecciona al equipo de trabajo que se encargará de realizar las actividades y tareas, revisa el cumplimiento de calidad en los entregables, revisa y actualiza los programas y costos del proyecto y mantiene las revisiones y aprobaciones del patrocinador. <sup>[42]</sup>

**Integrantes Operativos:** Aquí se encuentran todos los internos involucrados en el proyecto, es decir, todos aquellos que desarrollan las actividades del proyecto, dependiendo del tipo de proyecto pueden ser operadores, supervisores, gerentes de línea, vendedores, mantenimiento etc. <sup>[42]</sup>

**Integrantes Externos:** Los involucrados externos son difíciles de identificar ya que estos no siempre son escogidos por el cliente ni el contratista, y su participación es oscilatoria conforme avanza el proyecto, estos se presentan de acuerdo a la situación del proyecto, estos pueden ser la comunidad adjunta al sitio donde se llevará a cabo la obra, dueños de predios, tecnólogos, proveedores, entidades gubernamentales, etc. <sup>[42]</sup>

En la siguiente figura se muestra una matriz con los principales involucrados en un proyecto relacionándolo con su función principal, el periodo en que interviene y quienes pueden tomar dicho rol dentro del proyecto.

Figura 1.4 Matriz de responsabilidades.

Involucrado	Función Principal	Alcance de su participación	Ejemplo
Patrocinador	Alinear el proyecto con el plan de negocios, definir objetivos del proyecto y verificar su cumplimiento, así como la aprobación final de todo lo desarrollado.	El patrocinador participa desde el inicio del proyecto hasta el cierre del mismo y sea entregado de acuerdo a lo estipulado.	Cliente
Líder del proyecto	Aprobar los programas y verificar su cumplimiento, apoyar al patrocinador y al Gerente de proyecto, así como facilitar la comunicación entre estas dos instancias.	Una vez que sea asignado a su cargo deber involucrarse en cada etapa y aprobarla para que el proyecto siga su curso dentro de los criterios estipulados	Ingeniero Senior con más de 20 años de experiencia en desarrollo de proyectos
Gerente del Proyecto	Integrar al equipo de proyecto para cada etapa, generar actas constitutivas y verificar el desarrollo y cumplimiento de entregables que satisfagan el tiempo, costo y la calidad requeridos.	Una vez asignado a la gerencia del proyecto debe cumplir su labor durante todas las etapas del proyecto que se le hayan asignado.	Ingeniero Senior con más de 10 años de experiencia en desarrollo de proyectos
Integrantes Internos	Desarrollar los entregables y actividades del proyecto de acuerdo al plan de ejecución y programa maestro que se haya acordado. Cada cuadrilla de trabajo debe cubrir su obligaciones	De acuerdo al programa maestro cada miembro del equipo de trabajo debe cumplir con sus labores hasta completar sus entregables o actividades asignadas.	Supervisor de disciplina, operador de planta, ingenieros, arquitectos, dibujantes.
Integrantes Externos	Revisar que los intereses del proyecto y sus responsables estén alineados cumplan con las normatividades y estándares adecuados.	Las diversas etapas del proyecto marcan el inicio y fin de la intervención de Integrantes externos.	Comunidad, proveedores, instancias gubernamentales

## 1.3 ESTUDIO DE MERCADO.

Cuando un proyecto IPC comienza es necesario realizar una serie de evaluaciones que garanticen la factibilidad del proyecto, las evaluaciones son herramientas necesarias para guiar cada etapa del proyecto y apoyar el cumplimiento de objetivos relacionados al costo, calidad y tiempo requeridos. <sup>[6]</sup>

Una vez decidido el objetivo del proyecto, la primera etapa que se debe realizar es una evaluación de mercado, esta evaluación es el primer paso para determinar un estudio técnico-económico y la base para determinar la capacidad de la planta y la cantidad de materias primas con que el proyecto debe contar para alcanzar la producción deseada de acuerdo a la capacidad determinada.

El estudio de mercado debe cubrir algunos aspectos importantes que generen criterios sólidos suficientes para determinar si el proyecto IPC generará un producto capaz de introducirse al mercado y de esta forma dar la aprobación para las siguientes etapas del desarrollo del proyecto. Estos aspectos por cubrir son la definición del producto, análisis de la demanda, análisis de la competencia, análisis de la oferta, análisis de precios y estudio de distribución. <sup>[43]</sup>

### 1.3.1 Definición del Producto. <sup>[43]</sup>

Para poder comenzar con un estudio de mercado es de suma importancia definir con el mayor detalle posible el producto que deseamos desarrollar, este producto puede ser algo tangible o intangible.

Lo primero es definir en qué grupo se encuentra nuestro producto.

- Bienes de Conciencia
- Bienes de Compra
- Bienes de Especialidad
- Productos Químicos
- Productos semielaborados
- Repuestos

Una vez que el producto se ha definido dentro de un campo particular se debe describir las siguientes características:

- Insumos que requiere.
- Usos y aplicaciones del producto
- Sector al que se planea dirigir
- Características físicas y químicas.

Cumplir con un detalle preciso es valioso ya que las etapas en el proyecto básicamente se dedican al cumplimiento en tiempo, costo y calidad de servicios e instalaciones que producirán nuestro producto.

### 1.3.2 Análisis de la Demanda.

Se entiende por demanda a la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado.<sup>[43]</sup>

El análisis de la demanda tiene como objetivo principal medir las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado, con respecto a un bien o servicio y como este puede participar para lograr la satisfacción de dicha demanda.

Para establecer un buen análisis de la demanda se tendrá que recurrir a la investigación de información proveniente de fuentes primarias y secundarias, como indicadores económicos y sociales. Algunos factores por considerar al analizar la demanda son:

- Necesidad real del producto.
- Precio al público
- Ingresos de la Población

Este análisis nos debe proporcionar un campo determinado para la demanda, el cual nos arroja un panorama del comportamiento de la misma. Los campos pueden ser:

- Demanda Satisfecha.
- Demanda Insatisfecha.
- Demanda Continua.
- Demanda cíclica.

### 1.3.3 Análisis de la Oferta.

La oferta es la cantidad de bienes o servicios que se ofrecen a distintos precios en un momento determinado. Existen varios aspectos determinantes para establecer la oferta de un bien o un servicio como lo son:

- El precio del bien: Se establece que a medida que el precio aumenta, la cantidad ofrecida es mayor. Si el precio disminuye la cantidad es menor. Por lo tanto el precio y la cantidad tienen una relación directa todo el tiempo
- La tecnología: A medida que la tecnología se perfecciona y evoluciona, la producción aumenta.
- La oferta de los insumos: La abundancia y escasez de los insumos limita la cantidad que ofrece al consumidor.
- Condiciones meteorológicas: Hay artículos que solo se producen en ciertas condiciones naturales de la temperatura, lluvia, grado de humedad, etc. La cantidad que se produzca depende de que las condiciones naturales sean óptimas.

Al igual que en el caso de la demanda, la estructura del mercado está determinada por el número de clientes.

### 1.3.4 Análisis de la Competencia.

La competencia es toda aquella empresa o negocio que produzca un bien o servicio igual o similar al nuestro y que por factores determinantes pueda atraer la atención del mismo mercado que nuestra empresa.<sup>[43]</sup> Algunos datos para el análisis de la competencia son:

- Ubicación de la competencia
- Número de Competidores
  - Quienes son sus clientes
  - Opinión de los clientes
  - Cuáles son sus estrategias y canales de publicidad.

Posteriormente es importante definir la distribución del producto la cual puede ser.

- Productor- cliente
- Productor- Detallista- cliente
- Productor- mayorista- detallista- cliente

Al final también se debe definir y seleccionar a qué sector en el mercado se pretende incursionar de acuerdo a la segmentación que han generado los competidores.

- Monopolios
- Oligopolios
- Mercados puramente competitivos
- Mercado con competencia imperfecta
- Varios aspectos a tomarse en cuenta, en el análisis de la competencia:
  - Localización de la competencia
  - Estacionalidad de la oferta
  - Líneas de productos
  - Capacidad instalada.

### 1.3.5 Estudio de Distribución.

Una vez analizada la demanda, la oferta y la competencia es posible determinar un método de distribución del producto y las estrategias necesarias para conseguirlo.

Las estrategias de distribución son puntos que no se deben de olvidar ya que gracias a ellas, se analiza la satisfacción de las necesidades que requieren los clientes, convirtiéndose en una ventaja competitiva frente a la competencia, es decir es una ventaja diferencial al momento de llevarse a cabo la cadena logística de los productos.

Este estudio debe finalizar con una conclusión y una decisión sobre la estrategia de distribución de acuerdo a las siguientes posibilidades:

#### 1. *Estrategia distribución indirecta.*

Esta estrategia se realiza con la venta local a un tercero, y este se encarga de la comercialización y todas las actividades que esto involucre.

## 2. *Estrategia distribución directa.*

Esta estrategia se lleva a cabo con la venta directa entre un comprador y un vendedor cara a cara. Pero involucra otras tareas como las investigaciones de mercado, distribución física, documentación, fijación de precios entre otras.

## 3. *Estrategia distribución Concertada.*

Esta estrategia resulta de la participación en conjunto con otras empresas (locales como extranjeras) para superar ciertas limitaciones. Sus modalidades son:

- **Piggy back:** Se trata de utilizar la red de ventas de otra empresa a cambio de una comisión. Se recomienda para empresas que ofrecen productos que circulan por canales de distribución similares, sin ser competidores entre sí, sino más bien complementarios.
- **Consortios de exportación:** Se trata de crear una nueva compañía con otras empresas locales con el propósito de compartir esfuerzos para ingresar a un nuevo mercado. Sus principales funciones son fijar precios de exportación, selección y nombramiento de agentes o distribuidores, distribución física, consolidar productos. Tiene 2 formas: Consortios de exportación en origen y Consortios de exportación en destino.
- **Alianzas estratégicas:** Se establece entre 2 o más empresas locales con el fin de superar barreras comerciales o financieras, desarrollar alguna nueva tecnología, y compartir riesgos. Se diferencia de los consorcios de exportación porque éstas se unen para poder exportar, mientras que los consorcios se unen para abaratar costos y concertar.

### 1.3.6 Análisis del precio.

Una vez que los estudios y análisis del mercado se han concluido es importante realizar ciertos estudios que determinen un precio preliminar del producto, conocer el precio de aquello que deseamos comercializar es la base para definir nuestra producción, capacidad, y puntualizar el caso de negocio.

Antes de escoger el tipo de estrategia con que se fijará el precio debemos seleccionar el segmento al que deseamos que nuestro producto pertenezca.

#### *Análisis de Porter.*

Para determinar nuestro segmento la estrategia que se propone es analizar el producto de acuerdo al análisis que el ingeniero Michael Porter desarrolló en los años 80's, donde determina que el segmento al cual puede pertenecer un producto está dividido en tres estrategias, que son, Diferenciación, Líder en costos, Enfocada a un segmento.

- Diferenciación. El producto se presenta como único, se diferencia claramente de la competencia o dicha competencia es nula, esto justifica elevar el costo del producto.
- Líder en costos. El producto se vende a precios unitarios o precios sumamente bajos en el mercado, esto permite aumentar la cantidad de producto vendido y aunque la utilidad por unidad es baja, el volumen de venta lo compensa y las ganancias son altas.
- Enfoque. En esta estrategia se busca colocar el producto a la venta de un grupo especial de la sociedad, no se distribuye en todos lados, de esta manera puede encarecer el producto y reducir la competencia.

Una vez seleccionada la estrategia para segmentar al producto, se utiliza la información obtenida en los análisis de oferta, demanda y competencia para asignar el valor preliminar de nuestro producto.

Posteriormente esta información servirá para definir la producción que deben cumplir las instalaciones y por tanto una capacidad determinada de las mismas.

Todos estos análisis se desarrollan a partir de sondeos y encuestas en el mercado junto con todos los datos estadísticos posibles a obtener, las principales fuentes de consulta para consumos, ingresos, egresos, producciones, desarrollos y demás datos útiles en los análisis pueden encontrarse en las siguientes fuentes de consulta.

- Secretaría de Energía  
[www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía  
[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Asociación Nacional de la Industria Química  
[www.anig.org.mx](http://www.anig.org.mx)
- Manual Estadístico de la Industria Química
- Informes Laborales Estatales y Federales
- Sistema Nacional de Información de Hidrocarburos
- HydrocarbonProcessing.  
[www.hydrocarbonprocessing.com](http://www.hydrocarbonprocessing.com)
- Instituto Mexicano de Ejecutivos en Comercio Exterior  
[www.imece.org.mx](http://www.imece.org.mx)
- Comisión Nacional de Hidrocarburos  
<http://www.cnh.gob.mx/>

## 1.4 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN TECNOLÓGICA.

En los Proyectos de inversión IPC, una etapa crucial para comenzar es la evaluación y selección de la tecnología. Por lo general en los proyectos se seleccionan algunos grupos de tecnólogos, donde cada uno de ellos presenta información referente a su tecnología. La evaluación de dicha información tiene como objetivo seleccionar al tecnólogo que mejor se adapte a las necesidades del proyecto, que potencialice las oportunidades de inversión y nos ayude a disminuir riesgos.

Se pueden tomar dos caminos al seleccionar un tecnólogo:

- Los integrantes del proyecto, cliente y contratista, seleccionan por antecedentes o experiencias previas al tecnólogo. Esta selección no requiere evaluación, pero debe ser acordada por todas las partes involucradas en el proyecto con firma de los involucrados.
- La evaluación de alternativas tecnológicas, que es una actividad que desembocará en la selección y contratación de un tecnólogo / licenciador.

Para considerar las ofertas en el mercado de tecnologías, se recomienda elaborar estudios de información tecnológica que integren soluciones aplicables al proyecto; estos podrán ser estudios del entorno tecnológico o estudios de perspectiva tecnológica, que servirán de base para la integración de una lista amplia de soluciones o alternativas tecnológicas útiles para evaluar en el proyecto.

Para llevar a cabo esta evaluación y selección, se puede desarrollar un método matricial, donde cada aspecto relevante del tecnólogo se califica y se evalúa con la ponderación respectiva a cada rubro. Como generalmente ocurre en los métodos matriciales, la tecnología con la más alta puntuación será la tecnología seleccionada.

Para evaluar este punto se proporciona un formato en Excel, donde se han recopilado los aspectos más relevantes con su ponderación correspondiente. La puntuación a cada aspecto será asignada con un valor de 5 como la peor calificación y 10 para la más alta.

El formato desarrolla en automático la relación entre la ponderación y la calificación asignada, con esto se obtiene las calificaciones finales de los tecnólogos evaluados.

Los criterios seleccionados al evaluar tecnólogos son: <sup>[7]</sup>

- I. Evaluación Técnica
- II. Evaluación de Aspectos Técnicos Complementarios
- III. Evaluación Económica-Financiera
- IV. Evaluación Contractual
- V. Evaluación de Aspectos Plausibles
- VI. Aspectos Estratégicos-Técnicos
- VII. Aspectos Normativos

#### **1.4.1 Evaluación Técnica.**

Evaluar los aspectos técnicos de la tecnología, se refiere a analizar las características vistas desde un enfoque de proceso, sustentado en la ingeniería básica, se establecen ventajas y desventajas de los tecnólogos que se evalúan. Algunas características relevantes son la función del proceso, donde se describe en qué consiste, capacidad y factor de servicio, aquí es importante que se satisfagan los requerimientos del proyecto, materias primas requeridas, productos y subproductos y servicios auxiliares requeridos.

#### **1.4.2 Aspectos Técnicos Complementarios.**

En este campo se evalúan todos aquellos aspectos que complementan a los detalles técnicos y que nos brindan confianza y seguridad respecto al licenciador o tecnólogo. Algunos aspectos importantes por evaluar son: innovación tecnológica, experiencia del licenciador, certificaciones, garantías, información del funcionamiento en plantas similares.

#### **1.4.3 Evaluación Económica-Financiera.**

En este campo se consideran características relacionadas con el capital y la inversión y como estos se adaptan a las necesidades y posibilidades de inversión del proyecto. Se deben considerar la inversión del terreno, el capital de trabajo requerido, costos asociados a la ingeniería y licencias, y la rentabilidad que generará al proyecto.

#### **1.4.4 Evaluación Contractual.**

Aquí se deben considerar todos aquellos factores relevantes al contrato, todo aquello que pueda beneficiar o perjudicar proveniente de lo estipulado en él. Es posible que durante el transcurso del proyecto estos aspectos se vean modificados pero deben ser orientados a beneficio de la parte que contrata al tecnólogo.

#### **1.4.5 Aspectos Plausibles.**

Dentro de los aspectos plausibles deben ser considerados para la evaluación todo aquello que se relaciona con la tecnología y el proyecto en marcos sociales, políticos y ambientales.

#### **1.4.6 Aspectos Estratégicos-Técnicos.**

Para evaluar este campo se deben tener en cuenta las estrategias del proyecto y que esta se alinien con los aspectos técnicos del licenciador. Esto se refiere a evaluar que se ocupe tecnología innovadora de acuerdo a lo que el proyecto requiere y seleccionar tecnologías que se oferten como llave en mano.

#### **1.4.7 Aspectos Normativos.**

Aquí se requiere evaluar aspectos que se relacionan con los detalles legales y normativos, relacionados con las características de la tecnología y que permanecerán a lo largo del proyecto, desde la licitación hasta la fase de operación al analizar la emisión de contaminantes.

## 1.5 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE SITIOS.

Los proyectos IPC deben estrictamente ser sometidos a una serie de evaluaciones que desembocarán en resoluciones acerca de las mejores oportunidades para desarrollar dicho proyecto. Evaluar y seleccionar un lugar es una de las etapas más importantes en la evaluación preliminar del proyecto, ya que el éxito del proyecto no solo depende de una buena idea y una oportunidad en el mercado, el sitio seleccionado trae consigo diversos factores que potencializan la capacidad de inversión o se vuelven un obstáculo en el desarrollo del proyecto IPC.

El proceso de evaluación y selección de sitios no es una etapa aislada de las demás evaluaciones a considerar, los factores que se deben evaluar se encuentran altamente ligados a un estudio de mercado, a una selección de tecnología, evaluaciones ambientales y un análisis de riesgos.

### 1.5.1 Selecciones estatales.

El primer aspecto a considerar para seleccionar un sitio, es determinar las regiones del país más apropiadas para la construcción de las instalaciones, determinar una región que maximice las oportunidades de impacto de nuestro producto es de suma importancia.

Antes de seleccionar las diversas ciudades potenciales a evaluar, se debe establecer un primer filtro con algunos factores de exclusión, es decir, aquellas ciudades que presenten alguno de estos factores no serán consideradas para el primer proceso de evaluación.

Los factores de exclusión a considerar son: <sup>[3]</sup>

- Zonas protegidas:
  - Reservas de la biósfera.
  - Parques nacionales.
  - Monumentos naturales.
  - Zonas núcleo de las áreas de protección de recursos naturales.
  - Zonas núcleo de las áreas de protección de flora y fauna.
  - Santuarios.
  - Parques y reservas estatales.
  - Manglares.
  - Humedales.
- Zonas de minería superficial o subterránea.
- Zonas de alto riesgo por inundación marítima o fluvial.
- Zonas de recarga crítica para acuíferos.
- Zonas agrícolas altamente productivas.
- Zonas arqueológica o de patrimonio cultural.
- Zonas de desplazamiento de suelos regionales activos.
- Falta de la documentación para proceder a la enajenación del predio.

Una vez que se cuenta con las ciudades que no presentan factores de exclusión debemos seleccionar las regiones más propicias para la construcción. Podemos

seleccionar las ciudades con mayores características capaces de sostener el desarrollo del proyecto. Dicha selección depende de algunos factores relevantes como disponibilidad y cercanía de materias primas, condiciones climatológicas que favorezcan a la tecnología o el destino e impacto del producto.

Para esta primera etapa de selección la propuesta es formalizar la información en una matriz que pondere la importancia que cada factor presenta sobre la selección de una región. Para esta primera etapa se presenta una matriz que evalúa a partir de la disponibilidad de materias primas, condiciones ambientales, impacto del producto.

Figura 1.5 Ejemplo de matriz para evaluación de ciudades.

Matriz para selección de Ciudades							
Elaboró							
Fecha de Elaboración							
Criterio	Escala Asignada	Ciudad 1		Ciudad 2		Ciudad 3	
		Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación
Disponibilidad de Materias Primas	0.6	50	30	40	24	70	42
Factores Ambientales	0.2	60	12	50	10	40	8
Impacto del producto en el Mercado	0.2	45	9	55	11	60	12
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>51</b>		<b>45</b>		<b>62</b>

La escala asignada consiste en una definición de importancia en los criterios que impactan en la evaluación de ciudades, la puntuación se considera en un total de 100 puntos para cada factor y el valor es determinado de acuerdo al proceso y a la información que se haya consultado, la información para asignar un puntaje determinado a cada factor debe ser consultada de fuentes formales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La calificación de cada rubro es el producto de la escala por la puntuación. La calificación total, que es el resultado que nos permite seleccionar una ciudad, es la suma de las calificaciones individuales de cada factor.

Es importante mencionar que la cantidad de ciudades que se pueden evaluar no tiene un máximo, y las ciudades seleccionadas que pasarán por una siguiente evaluación, es recomendable seleccionar las dos o tres ciudades con mayor puntuación en la primera evaluación.

### 1.5.2 Evaluación y selección definitiva del sitio.

Una vez realizada una primera evaluación, que nos arroja como resultado las dos o tres ciudades más viables para la construcción de las instalaciones, se debe llevar a cabo una segunda evaluación que considera aspectos más específicos de cada sitio y que garantiza que las instalaciones serán construidas en el sitio con mayores características que favorecen al desarrollo del proyecto.

Los factores que consideramos más apropiados para evaluar y seleccionar la mejor localización para las instalaciones son:

- Disponibilidad de Materias primas.
- Cercanía de las materias primas.
- Oportunidades de mano de obra.
- Costo y Calidad de vida.
- Aspectos Fiscales.
- Terreno.
- Costo de servicios auxiliares.
- Vías de acceso y comunicación.
- Infraestructura.
- Clima.

Cada uno de estos factores por considerar para ser consultados y detallar sus alcances con mayor profundidad se sugieren las siguientes fuentes. <sup>[7]</sup>

La recopilación de datos e información para generar una escala de valor y la puntuación apropiada para cada factor debe ser generada y obtenida de fuentes formales y autorizadas del país y de cada localidad.

Las fuentes sugeridas para dicha evaluación son las bases de datos proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Secretaría de Energía, Informes Federales y Estatales, Compendios e informes públicos de Petróleos Mexicanos, etc.

Al igual que en la primer matriz genérica para selección de ciudades, en esta matriz particular que incluye únicamente las dos o tres ciudades más calificadas para la construcción, se considera un valor de ponderación dentro de una escala de 0 a 1, de modo que la suma de las ponderaciones asignadas a cada factor sumen un valor de 1. Posteriormente con la información suficiente y los criterios que cada proyecto considere, se asignará a cada ciudad una puntuación de acuerdo con la disponibilidad y posibilidad que cada factor presente. Esta puntuación se asigna en base a 100 puntos como valor máximo.

Finalmente la calificación será el producto entre el valor de ponderación y la puntuación asignada. La sumatoria de las calificaciones de cada factor para cada ciudad nos dará el criterio para la selección final del sitio.

Figura 1.6 Ejemplo de matriz Particular para selección de Sitio.

Matriz Particular para selección del Sitio					
Elaboró					
Fecha					
		Ciudad 1		Ciudad 2	
Criterio	Escala Asignada	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación
Disponibilidad de Materias primas.	0.2	50	10	70	14
Cercanía de las materias primas.	0.1	40	4	40	4
Oportunidades de mano de obra.	0.1	70	7	60	6
Costo y Calidad de vida.	0.1	80	8	80	8
Aspectos Fiscales.	0.05	60	3	50	2.5
Terreno.	0.1	50	5	70	7
Costo de servicios auxiliares.	0.1	60	6	60	6
Vías de acceso y comunicación.	0.15	70	10.5	80	12
Infraestructura.	0.05	50	2.5	50	2.5
Clima.	0.05	60	3	50	2.5
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>59</b>		<b>64.5</b>

De acuerdo al Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, generado por Petróleos Mexicanos en su versión 4 y anteriores, es importante realizar un ajuste entre las calificaciones obtenidas en la matriz genérica y la matriz particular considerando una ponderación para cada matriz donde la matriz específica o particular nunca debe considerar un valor mayor al 30%. La evaluación se realiza de la siguiente manera:

$$C = (CG * MG) + (CE * ME) \text{ [3]}$$

Donde:

C = Calificación definitiva del sitio.

CG = Calificación del sitio en la Matriz Genérica

MG = Ponderación de la Matriz Genérica (70%)

ME = Ponderación de la Matriz Particular (30%)

De esta manera en nuestro ejemplo la calificación definitiva sería:

Ciudad 1:  $(51 * 0.7) + (59 * 0.3) = 53.4$

Ciudad 2:  $(62 * 0.7) + (64.5 * 0.3) = 62.75$

Una vez seleccionada la ciudad, se procede a identificar opciones de terrenos disponibles, y se hace una evaluación considerando aspectos del tipo de suelo, precios, alternativas de materiales, trabajos requeridos para la adecuación, etc.

## 1.6 DEFINICIÓN DE ALCANCE DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL.

La definición del alcance de un proyecto consiste en el proceso de desarrollo de una descripción detallada del trabajo requerido para obtener un producto, servicio o resultado con determinadas características y funciones para cumplir su objetivo de negocio.<sup>[3]</sup>

Para administrar el alcance de una manera exitosa se deben incluir los procesos que sean requeridos para asegurar que un proyecto incluya todo el trabajo requerido y solo el trabajo requerido y así el proyecto cumpla sus objetivos de negocio. La administración del alcance de un proyecto se refiere a la definición y control de lo que está y no está incluido en un proyecto.<sup>[3]</sup>

Diversas guías de administración de proyectos definen los procesos a seguir dentro de la administración del alcance en un proyecto IPC, la siguiente tabla muestra las mejores prácticas sugeridas por el PMI, la cual está descrita y detallada en el PMBOK, comparada con las prácticas que describe el SIDP en su manual correspondiente.

Tabla 1.1 Alcance PMBOK vs Alcance SIDP

Alcance de acuerdo PMBOK	Alcance de acuerdo SIDP
Plan de Administración de Alcance	Plan para el Desarrollo de la Ejecución de Proyectos
Recopilación de Requerimientos	Bases de Usuario y de Diseño. Selección y Adquisición de Tecnologías.
Definición de Alcance	<i>Definición del alcance en etapas FEL.</i>
Creación del WBS	Estructura de Desglose de Trabajos.
Validación de Alcance	Plan para el Desarrollo de la Ejecución de Proyectos
Control de Alcance	Plan para el Desarrollo de la Ejecución de Proyectos

Fuente: Petróleos Mexicanos, Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, 2015.

### 1.6.1 Definición de Alcance en la etapa conceptual.

Cuando un proyecto se encuentra en la etapa de conceptual (FEL I de acuerdo al SIDP), a pesar de contar con poco detalle en el desarrollo del proyecto es importante definir un alcance preliminar considerando la oportunidad de negocio identificada en cartera, con esto se determinan: la necesidad de la instalación, los objetivos de negocio para el proyecto, la capacidad de la instalación, los requerimientos y posibles tecnologías y sitios. Debido a la falta de desarrollo propio del proyecto, el alcance al igual que el estimado de costo se referencia a instalaciones similares y con todo lo anterior se prepara un caso de negocio inicial y su justificación económica.

A medida que el proyecto avance a las etapas FEL I, FEL II y FEL III, la definición del alcance será cada vez más completa, esta definición debe incluir tanto los elementos físicos que incluirán las instalaciones como los servicios que debemos realizar para diseñar, procurar, construir, comisionar, arrancar y entregar la planta funcionando al cliente. Una mala definición de alcance puede impactar en cualquiera de las fases mencionadas.

**Alcance de Instalaciones.** En esta parte del alcance se deben definir todas aquellas instalaciones que el cliente recibirá, es decir, todos los elementos físicos (activos) que se deben incorporar en el proyecto, ya sea a partir de un diseño propio o procurado. Con esto no referimos a edificios, equipos, áreas de mantenimiento, muros, rejas, áreas verdes, etc.

También debemos dejar claro todas aquellas instalaciones que quedan fuera del alcance contratado y son requeridas para que la planta opere de forma eficaz. También es importante mencionar en la descripción del alcance, actividades adicionales que apliquen como demoliciones, preparación de sitio, equipos especiales, estudios de mecánica de suelos, etc.

**Alcance de Servicios.** En esta parte debemos considerar el alcance de la propuesta, los cambios y adiciones posibles y definir los servicios que se proporcionarán para integrar la planta. Es decir, debemos describir a detalle las actividades de ingeniería conceptual, básica, de detalle, actividades de procuración, construcción, Comisionamiento y arranque, etc.

Se deben incluir normas, estándares y códigos que se aplicarán en el desarrollo.

### **1.6.2 Definición de Alcance a partir del PDRI**

Una de las mejores herramientas al desarrollar y definir el alcance de un proyecto es el “Project Definition Rating Index” (PDRI). Este índice ha sido desarrollado por el Instituto de la Industria de la Construcción de Estados Unidos, para evaluar el grado de definición de un proyecto, en las diferentes etapas en que se encuentre. La evaluación a partir del PDRI no solo permite emitir juicios sobre la viabilidad del proyecto en cada etapa, sino que se vuelve un insumo para el análisis de riesgos y el estimado de costo.

## 1.7 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS.

Un riesgo es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto positivo o negativo en por lo menos uno de los objetivos del proyecto: costo, tiempo, alcance o calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos.<sup>[3]</sup>

Los riesgos pueden presentarse en cualquier etapa del proyecto, es por eso que a medida que el proyecto avanza y se va desarrollando se deben administrar y evaluar de forma proactiva, todos los riesgos que hayan sido detectados y mantenerse alerta ante posibles riesgos imprevistos no considerados en la evaluación, las acciones y control que se deben implementar los determina cada empresa.

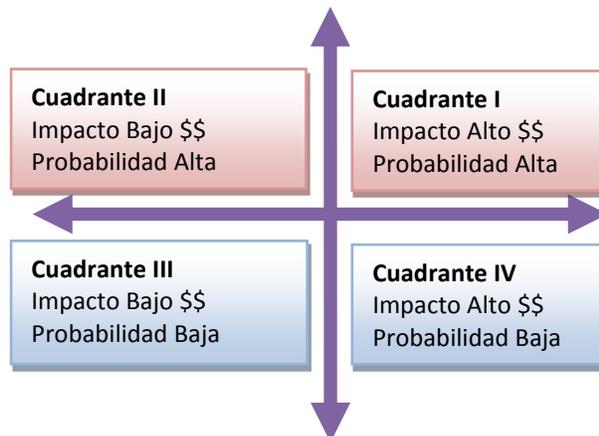
Para la etapa conceptual del proyecto, el análisis de riesgos puede seguir una estrategia del tipo C-R-E, (Causa, Riesgo, Efecto), donde un grupo especial que se designa para realizar el análisis, identifica los posibles riesgos que podrían presentarse de acuerdo al alcance y avance y definición que se tiene del proyecto en ese momento. Lo primero es realizar las siguientes actividades.

- a. Designación del Grupo de Administración de Riesgos y sus responsabilidades.
- b. Actualizar al equipo con el alcance y avance del proyecto en cuestión, para el análisis de riesgo.
- c. Seleccionar las herramientas de análisis a utilizar.
- d. Presentar información histórica y lecciones aprendidas con que cuente la empresa. <sup>[2]</sup>

### 1.7.1 Identificación de Riesgos.

La siguiente matriz es una forma de clasificación cualitativa de riesgos de acuerdo a la probabilidad en que pueden presentarse y el impacto económico que provocarían.

Figura 1.7 Cuadrantes para Clasificación de Riesgos.



### 1.7.2 Evaluación e Informe tipo C-R-E

Una vez identificados los riesgos por el grupo de análisis y clasificados de acuerdo a los cuadrantes anteriores se procede a evaluarlos para proponer soluciones de mitigación y control. Esto se puede presentar de la siguiente manera.

Figura 1.8 Matriz para la evaluación e informe de riesgos en la etapa de visualización.

No. De Identificación	Sección	Nombre del Riesgo	Informe de Riesgos			Acción de Control o Prevención	Identificado Por
			Causa	Riesgo	Efecto		

En este formato se presentan los riesgos identificados y seleccionados de la figura 7, lo primero es asignar una etiqueta o número de identificación con el cual podamos referirnos al mismo y de este modo se tenga un control sobre ellos. Posteriormente se identifica la sección del proyecto o etapa en la que estamos trabajando e identificando el riesgo, la columna siguiente se refiere al nombre común que asignaremos al riesgo. Lo siguiente es propiamente el análisis C-R-E, donde de acuerdo al PMI se considera lo siguiente:

**Causa:** Hecho o requerimiento de arranque que provocará o desembocará en el riesgo potencial identificado. Por ejemplo. Falta de espacio en la zona de almacén del producto final. <sup>[15]</sup>

**Riesgo:** Evento incierto o conjunto de circunstancias que en caso de que ocurran tendrán un efecto en el alcance de al menos uno de los objetivos del proyecto, es decir, recaer en desviaciones del tiempo, costo o calidad del proyecto IPC. <sup>[15]</sup>

**Efecto:** Consecuencia potencial contra los objetivos del proyecto provocada por la ocurrencia del riesgo no controlado o no evitado. <sup>[15]</sup>

Para ejemplificar el análisis anterior presentamos la siguiente matriz con algunos riesgos posiblemente identificados en el proyecto.

Figura 1.9 Ejemplo de Evaluación e Informe C-R-E

No. De Identificación	Sección	Nombre del Riesgo	Informe de Riesgos			Acción de Control o Prevención	Identificado Por
			Causa	Riesgo	Efecto		
I-01	Cuadrante I	Retraso en desarrollo de entregables	Personal no calificado para el nivel de entregables y el tiempo requerido	No culminar a tiempo los entregables de cada etapa en alguna de las disciplinas involucradas	Retraso en el programa, aumento del costo, retrabajos.	Asignar el personal justo y calificado de acuerdo al nivel requerido en el desarrollo de entregables	LRAF
II-01	Cuadrante II	Mala definición del alcance de instalaciones	Personal sin la experiencia ni el conocimiento suficiente del proyecto y ni de la empresa	Definir entre cliente y contratista de forma pobre el alcance de instalaciones, provocar mal entendidos u olvidos	Retrabajos, cambios significativos en alcance, aumento de costo, ruptura parcial o total de la relación.	Asignar expertos a la definición del alcance	LRAF
III-01	Cuadrante III	Entrega Tardía de proveedores	Irresponsabilidad de proveedores o falta de compromiso o experiencia	Los proveedores no cumplan con las fechas de entrega acordadas	Retrasos en el proyecto, aumento en el costo, posible desviación a la calidad	Firmar los acuerdos y contratos necesarios con proveedores y acordar multas importantes por retrasos en entregas	LRAF
IV-01	Cuadrante IV	Cambios en las regulaciones gubernamentales	Cambios en las políticas gubernamentales que rigen el proyecto	Detención de recursos y trabajos del proyecto	Cierre del contrato prematuro	Correcta y oportuna investigación acerca de posibles cambios y nuevas disposiciones gubernamentales	LRAF

La tarea es separar de forma clara las causas y efectos de los riesgos identificados, el grupo experto en identificar y analizar los riesgos en esta etapa debe asegurarse de cubrir la mayoría de riesgos posibles para garantizar que los intereses y objetivos del proyecto estarán alineados con el desempeño durante todo el ciclo de vida del proyecto IPC.

Finalmente cada etapa del proyecto debe ser evaluada con el índice de definición del proyecto, el "Project Definition Rating Index" (PDRI), el cual debe haber sido evaluado en la definición del alcance, contar con los resultados de este índice nos permite evaluar el riesgo de un proyecto industrial de acuerdo al nivel de definición del mismo y relacionándolo con las posibles desviaciones de costo y tiempo correspondientes.

A cada etapa del proyecto se debe desarrollar un análisis de riesgos pertinente, el nivel y exactitud del análisis se va soportando en el avance del proyecto y el grado con que este se va definiendo.

## 1.8 ESTIMADO DE COSTO CLASE V.

El estimado de costos constituye uno de los elementos fundamentales para la toma de decisiones en los proyectos de inversión. Desarrollar un estimado de costos para un proyecto, consiste en aproximar todos los aspectos económicos involucrados en un proyecto.

Para los proyectos de inversión, el estimado de costo permite tomar decisiones de tipo económico, ya que es la base para el análisis de indicadores tales como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Presente Neto (VPN).

### 1.8.1 Clases del Estimado de Costos.

Durante la vida de un proyecto se producen distintas clases de estimado de costo. El estimado de costo se clasifica en función de la cantidad y calidad de la información técnica con que se cuente; el grado de avance de ingeniería determina el rango de precisión en el Estimado de Costo.

La precisión del Estimado de Costo mejora conforme se dispone de información más detallada sobre las características del proyecto. El grado de definición del proyecto se correlaciona altamente con el avance de la ingeniería, sin embargo, existen herramientas especializadas que permiten estimar las características específicas del diseño de equipos y materiales requeridos, permitiendo suplir algunos documentos provenientes de las ingenierías. <sup>[3]</sup>

Dependiendo la fuente que se consulte, el tipo de clasificación es nombrado y distribuido de forma diferente. A continuación se presenta un cuadro que muestra algunas clasificaciones de estimados de costo junto con sus respectivas desviaciones.

Figura 1.10 Clasificaciones De estimados de Costo.

Clasificación Estándar ACCE	Estándar ANSI Z94.0	Asociación de Ingenieros de Costos (UK)	ASPEN TECH	Lineamientos PEMEX
Clase 5 Bajo: -20 a -50% Alto: +30 a +100%	Orden de Magnitud Estimado -30% / +50%	Orden de Magnitud Clase IV -30% / +30%	Orden de Magnitud Estimado -30% / +50%	Clase V -30% / +50%
Clase 4 Bajo: -15 a -30% Alto: +20 a +50%	Presupuesto Estimado -15% / +30%	Estimado de Estudio Clase III -20% / +20%	Estimado Preliminar -25% / +35%	Clase IV -20% / +35%
Clase 3 Bajo: -10 a -20% Alto: +10 a +30%		Presupuesto Estimado Clase II -10% / +10%	Presupuesto Estimado -20% / +20%	Clase III -15% / +25%
Clase 2 Bajo: -5 a -15% Alto: +5 a +20%	Estimado Definitivo -5% / +15%	Estimado Definitivo Clase I -5% / +5%	Estimado de Control -10% / +10%	Clase II -10% / +15%
Clase 1 Bajo: -3 a -10% Alto: +3 a +15%			Estimado Definitivo 0% / +10%	Clase I -5% / +10%

Fuente: *Petróleos Mexicanos, Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, 2015.*

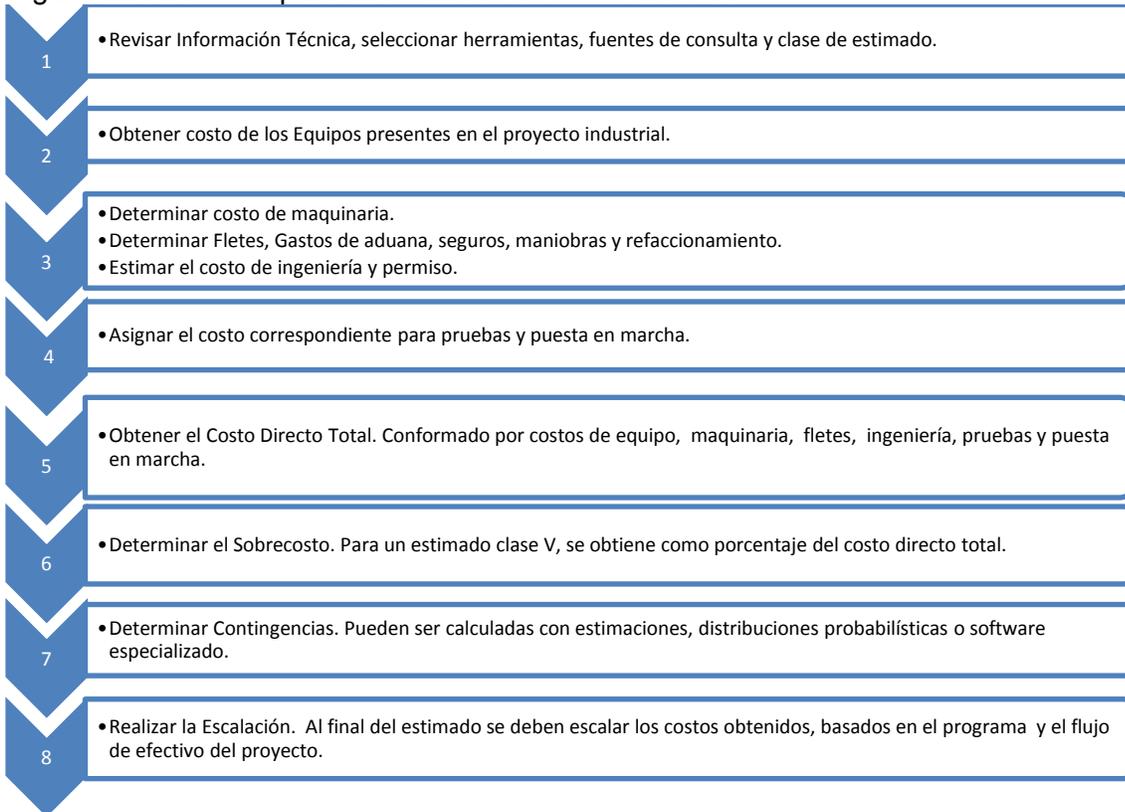
En los capítulos referentes a estimado de costos, en este trabajo serán presentados y desarrollados estimados de acuerdo a la clasificación propuesta por Petróleos Mexicanos y al Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos.

### 1.8.2 Desarrollo del Estimado Clase V

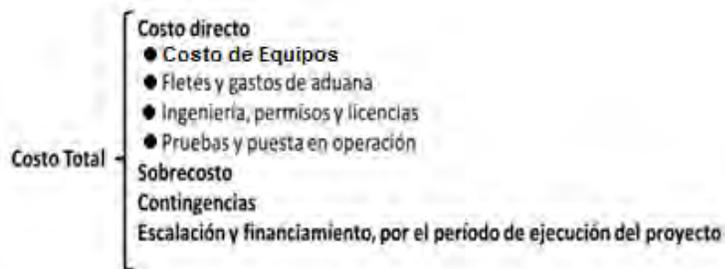
El estimado de costo clase V, se conoce como “Estimado de orden de Magnitud” y se elabora en la etapa conceptual del proyecto. Este primer estimado es utilizado para realizar las estrategias de negocio, estudios de mercado, de localización y las investigaciones necesarias. La información técnica propia del proyecto con que se cuenta es nula, es por eso que dicho estimado clase V es el más complejo por desarrollar, se deben investigar la mayor cantidad de datos posibles, hacer algunas predicciones y aproximaciones, comparar información de complejos similares, utilizar simuladores para generar dimensionamientos y volúmenes aproximados.

Básicamente la información con que contamos al desarrollar un estimado de costo clase V es con el alcance preliminar del proyecto, la capacidad de la planta, la ubicación de las instalaciones y las fechas de inicio. El estimado clase V se apoya de diversos índices y factores para estimar, los factores y porcentajes empleados para realizar el estimado se basan en el precio total estimado de los equipos que conformarán el complejo industrial.

Figura 1.11 Proceso para un estimado de costo clase V.



En general los estimados se sustentan en el costo total de equipos, sin importar la clase que se desea estimar, adicional al costo total de equipos, deben contener los siguientes puntos.



Fuente: *Petróleos Mexicanos, Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, 2015.*

Todos estos puntos, con sus respectivos porcentajes a considerar, son presentados en la herramienta adjunta al presente capítulo para calcular el estimado de costo.

### 1.8.3 Costo Directo del Estimado Clase V

**I. Costo de los Equipos.** Para la obtención del costo directo es importante definir la clase de estimado a realizar, así como la información técnica disponible. El estimado de costo clase V se elabora con base en la información técnica de proyectos similares o inversiones de referencia. Estos históricos o información de referencia son la base para obtener el costo de los equipos. En el estimado clase V, muchos de los componentes que lo conforman se calculan a partir de dicho costo de los equipos. Dependiendo de la información con que se cuente se pueden emplear los siguientes métodos:

- **El método de capacidad unitaria:** El cual consiste en multiplicar la capacidad anual de la planta por un costo unitario, donde un costo unitario típico es aquel que se expresa como costo de la planta instalada por cantidad (ej. Toneladas) anual de producción; el valor del costo unitario depende del proceso y se obtiene de datos históricos o bases de datos referenciales. <sup>[3]</sup>
- **El método exponencial (De los seis décimos):** Este método se utiliza para estimar el costo de una planta o de un equipo específico, cuando se dispone de datos de costo similares, pero de diferente capacidad, se investiga en la literatura especializada y/o información histórica interna disponible, los costos de referencia así como los factores de escalación (de capacidad y precio). <sup>[3]</sup>
- **El método Aspen a partir de Simulaciones de Proceso:** Este método inicia con la realización de una simulación del proceso, para obtener un pre-dimensionamiento de los equipos para estimar el costo de una planta o de un equipo específico, dicha simulación se copia en el sistema *Aspen Process Economic Analyzer (APEA)* y posteriormente al sistema *Aspen Capital Cost Estimator (ACCE)* con la finalidad de concluir dicho estimado. <sup>[3]</sup>

**II. Fletes y gastos de aduana.-** Como parte del costo directo, se debe considerar el traslado de los equipos y materiales. El monto en este rubro puede obtenerse con porcentajes de proyectos similares realizados o cotizaciones similares que se tengan. El porcentaje en esta atapa se calcula con base en el costo directo de los equipos, materiales y mano de obra de instalación, de acuerdo con las bases estadísticas de proyectos similares y que coinciden con la bibliografía especializada de Ingeniería de Costos. Este campo también incluye seguros y maniobras. Cada empresa toma sus propias consideraciones e históricos. <sup>[3]</sup>

**III. Ingeniería.-** El valor que debe considerarse en el estimado por este concepto se obtiene a partir de un factor de estadísticas de proyectos desarrollados anteriormente o en la literatura especializada. El porcentaje que suele utilizarse en este rubro es del 10% del costo total de los equipos. De este 10 % se considera 3% para ingeniería básica y 7% ingeniería de detalle. <sup>[3]</sup>

**IV. Maquinaria de Construcción.-** Dentro del costo directo para un estimado clase V, se debe considerar el costo de la maquinaria que se va a requerir para la construcción, el costo estimado puede ser prorrateado dentro del costo de ingeniería o construcción. Una buena aproximación al realizar un estimado de costo clase V, es considerar porcentajes del monto total de los equipos, ya que la maquinaria de construcción tiene una relación directa con los equipos a montar. Aunque el porcentaje suele ser bastante aproximado, al igual que las demás estimaciones se debe analizar y comparar con las bases estadísticas de proyectos similares y que coincidan con la bibliografía especializada de Ingeniería de Costos. <sup>[3]</sup>

**V. Pruebas y puesta en operación.-** Este concepto se involucran todos los costos correspondientes a las pruebas y puesta en operación necesarios, como son: costos del personal asignado al precomisionamiento y comisionamiento del proyecto, costos de los servicios empleados, así como también aquellas modificaciones en los trabajos constructivos que se presenten a fin de permitir que la obra mecánica se encuentre en condiciones de iniciar operaciones, en este concepto se incluye el concepto de capacitación al personal para la operación. Dado que en esta etapa aún no se cuenta con información suficiente, este campo puede obtenerse de un porcentaje del costo directo de los equipos con el costo de fletes y gastos de aduana incluidos.

#### 1.8.4 Sobrecosto

**Costos Indirectos.-** El cálculo del costo indirecto en un estimado clase V, se realiza con un factor o porcentaje del costo directo total.

Los costos indirectos se pueden identificar como honorarios, sueldos y prestaciones de personal directivo, técnico, administrativo y en tránsito de la contratista, que tienen relación con el proyecto y hasta el cierre de éste; rentas de edificios y locales, campamentos, talleres y almacenes, instalaciones generales, muebles y enseres; los servicios de transporte como son la depreciación, renta y operación de vehículos, laboratorio de campo; los fletes y acarreos de los campamentos, las instalaciones temporales administrativas y su mobiliario, no relacionadas con el costo directo; gastos de oficinas centrales y campo, telecomunicaciones, reproducciones, gastos de

concursos; pago de las primas de seguros y fianzas solicitadas a la contratista; trabajos de infraestructura para instalaciones provisionales y auxiliares. <sup>[3]</sup>

El factor que suele ocuparse en un estimado de clase V va del 20% al 30% sobre el costo directo total.

**Financiamiento.-** El costo por financiamiento deberá estar representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos y corresponderá a los gastos derivados por la inversión de recursos propios o contratados que realice el contratista para dar cumplimiento al programa de ejecución de los trabajos calendarizados y valorizados por periodos. <sup>[3]</sup>

**Utilidad.-** La utilidad del contratista la determina cada empresa y no hay un modelo único para obtenerse, suele calcularse como un porcentaje del costo directo, más los indirectos. También puede obtenerse de información histórica o de referencias de otros proyectos. <sup>[3]</sup>

Al iniciar un proyecto y desarrollar la fase de ejecución, existe incertidumbre sobre diversos factores que pueden influir en la estimación del costo. Puede existir incertidumbre en cuanto al grado mismo de definición del proyecto, las dimensiones de sus componentes principales, la cuantificación de equipos y materiales, imprevistos en los trabajos de campo y otros factores difícilmente previsible. La incertidumbre se contempla adicionando al estimado un monto denominado "contingencia". La determinación del porcentaje que se utilice como contingencia debe basarse en el análisis de los riesgos del estimado de costo del proyecto. Puede utilizarse como referencia la experiencia de proyectos anteriores y también suelen utilizarse herramientas de cálculo de simulación probabilística.

Para el cálculo de contingencias existen diversos métodos, el método más común es el algoritmo de Montecarlo, este método permite conocer y evaluar las contingencias del proyecto asociado a los riesgos probabilísticos asociados.

### 1.8.6 Escalación.

Dentro de los estimados de costo, se requiere considerar el factor de escalación durante la ejecución del proyecto. Esto se refiere a calcular el presupuesto a través de un programa financiero calendarizado de acuerdo al tiempo de ejecución, al programa del proyecto y al flujo de efectivo planificado. Dicho ajuste se lleva a cabo con la intención de evitar fluctuaciones en el costo a lo largo del tiempo de vida del proyecto, esto a partir de índices inflacionarios de precios y pronósticos económicos especializados. Para el caso de contratos a precios unitarios dicho factor no se encuentra incluido dentro del contrato, sin embargo es necesario que el presupuesto interno contemple los importes correspondientes para poder solventar los ajustes de costos, que se indiquen en el modelo económico del contrato.

## 1.9 CASO DE NEGOCIO.

El caso de negocio es el documento que resume todo lo desarrollado en cada etapa del proyecto y permite la toma de decisiones sobre acciones futuras, a partir de la factibilidad económica estimada del proyecto.

Para la etapa de planeación, en la ingeniería conceptual, nos permite decidir si será viable continuar con la siguiente etapa del proyecto. Así el caso de negocio es un documento que se construye a partir de un diagnóstico previo, tanto de una situación interna a resolver como de un objetivo común de negocio. Este documento representa también la base estructural de un proyecto, y aquí es donde cliente y contratista deciden sobre el futuro del proyecto hacia fases siguientes como la ingeniería, procura y construcción.

El caso de negocio es una de las herramientas más valiosas disponibles para la planeación y dirección de proyectos logrando con él conocer el valor del negocio. La calidad del caso de negocio y de los procesos implicados en su creación y uso durante todo el ciclo de vida económico de una inversión, tiene un impacto enorme en el valor del negocio. [8]

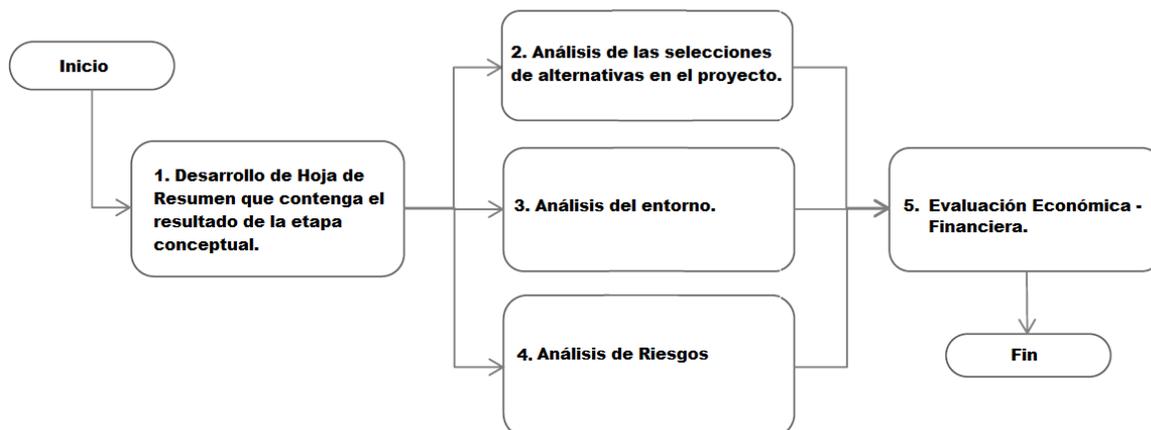
El objetivo del caso de negocio entonces será:

- Destacar el negocio que representa para la empresa la propuesta planteada y estudiada.
- Determinar las principales variables que dan valor a la inversión.
- Incluir el objetivo del proyecto y principales características, costo total, beneficios esperados y sus indicadores de rentabilidad, así como los riesgos relevantes.

### 1.9.1 Desarrollo del Caso de Negocio.

Como parte de la metodología se propone desarrollar el caso de negocio dentro de 5 pasos que contengan todo el análisis involucrado que permita obtener un documento capaz de sentar las bases para la toma de decisiones respecto a la viabilidad del proyecto.

Figura 1.12 Pasos para Conformar el Caso de Negocio.



## **Hoja de Resumen.**

Para comenzar a plantear el caso de negocio, el primer paso de la metodología es conjuntar toda la información que se haya recopilado, analizado, investigado y desarrollado en esta primera etapa conceptual, ya que como se ha descrito antes, el objetivo principal de esta etapa es determinar la viabilidad del proyecto en cuestión.

La información conjuntada para el caso de negocio depende de lo estipulado por cliente y contratista como alcance de la fase conceptual, de acuerdo con el SIDP sería lo descrito para FEL I. La información requerida que se ha presentado y debe conjuntarse a modo de "CheckList" en la hoja de resumen es la siguiente:

- Descripción del proyecto.
- Justificación del proyecto.
- Descripción de Implicados.
- Estudio de Mercado.
- Selección de la tecnología.
- Evaluación y selección del Sitio.
- Definición de alcance de la Ingeniería Conceptual.
- Evaluación Preliminar de Riesgos.
- Estimado de Costo (Clase V).

## **Análisis de las alternativas seleccionadas.**

Lo siguiente para formular el caso de negocio es presentar de forma estructurada y compacta los resultados obtenidos por la evaluación de tecnología y de sitio. Para elaborar el caso de negocio será indispensable conocer la tecnología que usará el proceso y la ubicación que tendrá el complejo.

## **Análisis del entorno.**

En este punto se contempla como el conjunto y resumen de la información obtenida durante el estudio de mercado básicamente. De acuerdo a la localización de la planta y la tecnología a utilizar se debe presentar:

- *Análisis de la demanda actual.* Estimación de la demanda, explicando su comportamiento y su evolución.
- *Análisis de la oferta actual* Estimación de la oferta, explicando su comportamiento y su evolución.
- *Interacción de la oferta-demanda.* Análisis comparativo para cuantificar la diferencia entre la oferta y la demanda del mercado en el cual se llevará a cabo la inversión, describiendo de forma detallada la problemática identificada.
- *Análisis de la competencia* (Posición de la empresa en el mercado). Principales competidores en el mercado, valuando cuantitativa y cualitativamente la posición de la empresa en lo específico que corresponda directamente al proyecto de inversión.
- Análisis FODA. Identificar los resultados obtenidos y presentar el análisis Interno con las Fuerzas y Debilidades del negocio, así como el análisis externo con las Oportunidades y Amenazas.
- *Definir al equipo de proyecto.* Las personas requeridas con las especialidades que deban ser consideradas.

## Análisis de Riesgos.

El Riesgo es la probabilidad de que un evento adverso llegue a ocurrir, de acuerdo con las selecciones obtenidas y el análisis de riesgo de la etapa conceptual es posible definir los riesgos en la inversión del proyecto. Particularmente el riesgo nos encamina a soportar el estimado de costo con ciertos parámetros que nos protejan al momento de invertir. Este riesgo se verá reflejado en el monto asignado a la contingencia del costo del proyecto.

## Análisis Financiero – Económico.

Con todo lo anterior y el resultado de la capacidad de producción, el análisis del precio, y el monto de inversión obtenido por el estimado de costo clase V, se deben obtener los elementos económicos que le darán validez al proyecto de inversión.

Estos elementos son la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VAN). Los siguientes conceptos son importantes al momento de plantear los elementos económicos. También debemos elaborar un programa y un flujo de efectivo del proyecto.

*Incertidumbre:* es el desconocimiento sobre algún evento o estado posible.

*Tasa Interna de Retorno (TIR):* es un indicador de rentabilidad, que hace que el valor del VPN sea igual a cero; además, representa una medida porcentual relacionada con los beneficios que el inversionista puede esperar del proyecto.

*Valor Presente Neto (VPN):* es un indicador financiero que tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo, porque permite traer cada flujo futuro a valor presente, teniendo en cuenta una tasa de oportunidad o una tasa de rendimiento mínima aceptable por el inversionista. Este, es un indicador que permite determinar en primera medida la viabilidad de un proyecto en términos de sus utilidades, y supone una reinversión de las mismas anualmente, porque al calcularlo, se tiene en cuenta el valor de la utilidad después de cubrir los costos de inversión y de operación. <sup>[3]</sup>

El cálculo de los indicadores de rentabilidad se debe realizar a partir del Flujo de Efectivo después de impuestos. <sup>[3]</sup>

### Valor presente neto (VPN)

$$VPN = \sum_t^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad \text{-----(1)}$$

Donde:

$F_t$  = Flujo de efectivo en el año t

$i$  = Tasa de descuento

$t$  = Para una evaluación incremental será igual al año base.

Para una evaluación concurrente será igual al año de inicio de erogaciones menos el año base.

$n$  = Año final del horizonte de evaluación menos el año base.

### Tasa interna de retorno (TIR)

$$0 = \sum_t^n \frac{F_t}{(1+i^*)^t} \quad \text{-----(4)}$$

Donde:

$F_t$  = Flujo de efectivo en el año t

$i^*$  = Tasa interna de retorno

$t$  = Para una evaluación incremental será igual al año base.

Para una evaluación concurrente será igual al año de inicio de erogaciones menos el año base.

$n$  = Año final del horizonte de evaluación menos el año base.

**Periodo de recuperación de la inversión (PRI).**

$$\sum_t^k \frac{F_t}{(1+i)^t} \geq \sum_t^n \frac{I_t}{(1+i)^t} \quad \text{---(5)}$$

Donde:

$F_t$  = Flujo de efectivo en el año t

$I_t$  = Inversión en el año t

$i$  = Tasa de descuento

$t$  = Para una evaluación incremental será igual al año base.

Para una evaluación concurrente será igual al año de inicio de erogaciones menos el año base.

$n$  = Año final del horizonte de evaluación menos el año base.

$k$  = Periodo de recuperación

*Fuente: Petróleos Mexicanos, Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, 2015.*

Una vez analizado toda esta información y determinados los indicadores de rentabilidad se procede a dar conclusión al caso de negocio con la aprobación o cancelación del proyecto a futuras etapas, según lo determine el cliente.

## **CAPÍTULO II.**

# **METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO.**

---

---

## 2.1 DESARROLLO DE BASES DE USUARIO.

Este documento describe todas las especificaciones y detalles requeridos por el cliente, y que debe proporcionar al contratista para desarrollar el proyecto. En este se proporciona información que define el alcance, requisitos funcionales, y requeridos para el perfecto desempeño de las instalaciones solicitadas. También contiene detalles relevantes para realizar estudios técnicos y de diseño. En palabras más sencillas, las bases de usuario comprenden todo aquello que el cliente requiere en el proyecto por parte del contratista.

### 2.1.1 Contenido de Bases de Usuario.

Las bases de usuario deben incluir toda aquella información que el cliente considere relevante e indispensable para ser incluida en el desarrollo del alcance, ya que todos los detalles y especificaciones quedarán descritas de forma final en el alcance detallado del proyecto. La información contenida en las bases de usuario también es entrada para la formulación de las bases de diseño del proyecto.

Como ya se ha mencionado las bases de usuario representan un documento elaborado por el cliente y entregado al contratista. Se debe conocer el contenido de las bases de usuario para evitar alcances incompletos que generan desviaciones en el éxito del proyecto.

En general las bases de usuario deben contener y describir los siguientes puntos <sup>[3]</sup>

- Antecedentes
- Objetivos
- Características técnicas relevantes
- Alcance
  - General
  - Instalaciones de proceso y complementarias
  - Almacenamiento
  - Integración
  - Edificaciones
- Datos del sitio
- Permisos requeridos
- Requisitos particulares por especialidad de ingeniería
  - Proceso
  - Seguridad, salud y protección ambiental
  - Instalaciones eléctricas
  - Mecánica
  - Instrumentación y control
  - Tuberías
  - Ingeniería civil
  - Arquitectura

## 2.2 BASES DE DISEÑO.

Dentro de esta segunda etapa en el desarrollo de un proyecto de ingeniería, una vez concluidas las bases de usuario que desarrolla el cliente y antes de comenzar el diseño básico de la ingeniería se deben sentar algunos lineamientos y estándares para el correcto desempeño del proyecto y cumplir con las expectativas de calidad esperadas tanto por cliente como por licenciador.

Las Bases de Diseño conforman el documento a través del cual se proporciona la información que requiere el equipo encargado del diseño y se establecen los requisitos y criterios técnicos de cada especialidad de ingeniería y la normatividad técnica aplicable.<sup>[35]</sup>

El punto de partida para las Bases de Diseño, como ya se mencionó, es el documento “Bases de Usuario” desarrollado previamente por el cliente y que describe aquellas necesidades y especificaciones que se requieren.

Ya que este documento fija los lineamientos del diseño de ingeniería, es importante cubrir absolutamente todos los detalles y especificaciones requeridas. La mayoría de los entregables que ingeniería desarrollará, se sustentarán en este documento.

El contenido típico de las bases de diseño se menciona a continuación.

### 1.- Información General.

*1.1 Componentes del proceso:* En este punto se deben describir las secciones con las que la planta contará y los procesos involucrados.

*1.2 Descripción del proceso:* se realiza una breve descripción del proceso y los equipos involucrados.

*1.3 Ubicación:* Aquí se debe describir la ubicación de la planta y se puede adjuntar un mapa representativo de la ubicación.

*1.4 Capacidad de la planta y Factor de servicio:* Este punto debe mostrar la capacidad normal de la planta considerando la producción al 100% y la capacidad de diseño que suele ser al 110%.

El factor de servicio se refiere al tiempo que la planta operará, esto referido a los días por año de operación referido entre 0 y 1, donde 1 considera una operación de 365 días por año.

*1.5 Líneas de proceso y límites de batería.* En este punto se describen las interconexiones de entrada y salida que están dentro de límites de batería, así como se menciona aquellas líneas que quedan fuera de los límites de batería.

### 2.- Materias primas y Productos del proceso.

*2.1 Condiciones de materia Prima.* En este punto deben mostrarse aquellas condiciones de presión, temperatura, flujo, pureza. Las condiciones se presentan en su nivel mínimo permitido y máximo permitido.

*2.2 Condiciones del producto.* Al igual que con las materias primas, los productos deben mostrar las condiciones requeridas de salida como presión, temperatura, pureza, flujo.

### **3.- Servicios Auxiliares.**

Se deben describir con detalle las condiciones de todos los servicios auxiliares requeridos para el funcionamiento de la planta como gas combustible, agua de enfriamiento, vapor de alta presión, vapor de baja presión, agua de alimentación, aire, energía eléctrica, etc. Deben mostrarse condiciones de temperatura, presión, composición, flujo, entre otras características posibles.

### **4.- Condiciones Climáticas.**

De acuerdo a la ubicación de la planta se deben reportar las condiciones climáticas como la temperatura, la presión, humedad, viento, características sísmicas, etc.

### **5.- Nomenclatura.**

*5.1 Equipos:* En esta sección del documento se describe como serán interpretadas las etiquetas de cada equipo de acuerdo al tipo de equipo, el número de serie o de posición en el flujo del proceso, si se trata de un equipo general, de relevo, o de mantenimiento.

*5.2 Tuberías:* De igual forma se deben incluir la clasificación y nomenclatura de las líneas de tubería de manera que se incluya el tamaño nominal, el código medio, número de tubería, código de clase de tubería y el código de aislamiento.

### **6.-Requisitos de Ingeniería.**

*6.1 Unidades de medida:* Se presenta una lista con las unidades de medida que se van a utilizar en todos los diseños de ingeniería y todos los documentos entregables. Deben incluirse todas las variables que tomarán lugar en el proceso.

*6.2 Tuberías:* Se muestran los materiales y diámetros permitidos para las tuberías de servicios y procesos.

*6.3 Equipos:* Se enlistan los equipos involucrados describiendo el tipo de códigos y estándares involucrados, junto con algunos otros factores relevantes de cada equipo.

### **7.- Códigos y Estándares.**

Se describen todos los códigos, normas y estándares con que el grupo de ingeniería debe trabajar para desarrollar el diseño, se describe la nomenclatura pertinente de todos ellos y se enlistan los equipos, instrumentos, seguridad, tuberías y sistemas eléctricos con las normas y códigos que aplicarán a cada disciplina.

El contenido de las bases de diseño no es único y de acuerdo a cada proyecto las necesidades y especificaciones son diferentes, éstas se desarrollan siempre de acuerdo a lo requerido entre cliente y contratista.

## 2.3 DESARROLLO DE INGENIERÍA BÁSICA.

El objetivo de este capítulo es definir el alcance típico y los requerimientos técnicos para el desarrollo de la Ingeniería Básica correspondiente a la etapa de desarrollo del proyecto.

La Ingeniería Básica es el compendio de información técnica relacionada a una tecnología, representa el punto de partida para la elaboración de las etapas de ingeniería siguientes, Ingeniería Básica Extendida e Ingeniería de Detalle, que a su vez preceden a las actividades de procura y construcción.

La Ingeniería Básica tiene los siguientes propósitos: <sup>[35]</sup>

- Describir y puntualizar las características del proceso u operación que será utilizado en el diseño de las instalaciones a construir, determinando datos involucrados de flujos y composiciones, características de los equipos presentes, propiedades de corrientes de entradas y salidas, dimensionamiento y las condiciones a las que se operará
- Hacer una definición exhaustiva, tanto en cantidad como en calidad de las materias primas y productos, catalizadores en caso de ser requeridos y los servicios auxiliares necesarios para la operación de las instalaciones.
- Diseñar los equipos de proceso, especificando sus características funcionales, geométricas, dimensiones, capacidad y materiales de construcción.
- Diseñar las líneas principales de interconexión.
- Definir las características de los elementos principales de instrumentación y control requeridos para la operación.
- Elaborar la filosofía de operación, arranque y paro.
- Definir el área requerida y la ubicación de los equipos.

### 2.3.1 Alcance Típico para Ingeniería Básica.

En general cada proyecto se considera único e irrepetible, las condiciones, necesidades, requerimientos, límites estipulados y generalidades de cada proyecto lo vuelven distinto. El alcance de ingeniería básica se compone de entregables, que deben ser desarrollados según lo acordado entre contratista y cliente, esto debe ser la guía para el equipo de proyecto para determinar las actividades por realizar.

Para el presente trabajo, el alcance de ingeniería básica se compondrá de los siguientes entregables.

Entregables típicos para el alcance de ingeniería básica del proyecto.

- Criterios de Diseño.
- Descripción del proceso.
- Lista de Equipo.
- Balance de Materia y Energía.
- Requerimiento de Servicios Auxiliares.
- Requerimiento de Agentes Químicos y Catalizadores.
- Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).
- Diagrama de Servicios Auxiliares.

- Filosofía Básica de Operación.
- Hojas de Datos de equipo de proceso.
- Planos de Notas Generales, leyendas y Símbolos.
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).
- Plano de Localización General (PLG).

Al final del desarrollo de la ingeniería básica, se forma el Libro de Proyecto de ingeniería Básica, donde se organiza y presenta toda la información generada para integrar el compendio final del trabajo. El libro debe estar formado por la última revisión de cada uno de los documentos entregables realizados.

Este Libro de proyecto servirá de base para elaborar los libros de ingeniería básica extendida e ingeniería de detalle que forman parte de etapas siguientes.

Cada entregable que conforma la ingeniería básica, se describe más adelante en este trabajo.

El caso de estudio tiene como objetivo presentar la metodología para seleccionar, desarrollar y planear un proyecto, describiendo el compendio de entregables de ingeniería básica.

## 2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DFP).

Los diagramas de flujo de proceso, dentro de los entregables del libro de ingeniería básica, representan una parte fundamental para la descripción del proceso. En un diagrama de flujo de proceso o DFP (por sus iniciales en español), se recaba mucha de la información técnica de equipos y corrientes del proceso así como el grueso de todos los datos químicos necesarios que permiten el diseño de un proceso.

Para realizar Diagramas de flujo de proceso cada empresa, cliente o contratista desarrolla e implementa una serie de criterios o normas estándar, globalmente aceptadas. Dentro de esta metodología se presentarán los componentes de un DFP de la manera más completa y universal, tomando en cuenta lo establecido en algunas normas de Petróleos Mexicanos.

El contenido de un diagrama de flujo de proceso se puede dividir en lo siguiente.

1. **Presentación del proceso.** En esta sección se refiere a definir los equipos principales con sus respectivas líneas de proceso. Suele iniciarse el proceso del lado derecho y terminarlo del lado izquierdo. Cada equipo debe tener asociado un nombre o código con el que se identifica. Los códigos o nombres son estipulados por cada empresa o contratista. También las líneas de proceso deben seguir una numeración de acuerdo a flujo del proceso.
2. **Información de las corrientes.** Las corrientes son las líneas que conectan a los equipos y estas se describen con la relación del número de línea y el balance de materia y energía. Algunas corrientes pueden llevar información directamente en la línea.
3. **Información de los equipos.** Como parte de un DFP los equipos principales se describen con algunas propiedades y dimensiones fundamentales como presión y temperatura de operación, alturas, diámetros y materiales.

De acuerdo a lo anterior un DFP convencional debe contener la siguiente información.

- Representación de todos los equipos principales. A cada equipo se le debe asignar un número o código único que lo describa.
- Todas las corrientes de proceso deberán aparecer identificadas con un número. Estas corrientes numeradas serán vinculadas con un cuadro de balance de materia y energía que puede ser parte del DFP o venir en un documento independiente. Algunas corrientes del proceso no principales pueden omitirse del balance, estas corrientes no serán numeradas y deben incluir una descripción de las condiciones de proceso como presión y temperatura.
- Dentro de un DFP pueden incluirse las corrientes o flujos auxiliares como vapor, agua de refrigeración, aire, entre otras, que afecten a los equipos principales si así se considera.
- actualmente pueden incluir Lazos básicos de control, de manera que pueda observarse la estrategia de control empleada, para condiciones normales de operación.

## 2.5 DESCRIPCIÓN DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA (PLG).

El plano de Localización General o también llamado “PLOT PLAN” o “PLG” es un documento en donde se muestra la distribución y espaciamiento de las instalaciones y los equipos, para seguridad de la operación, acceso a los equipos para mantenimiento, así como una efectiva protección contra incendios. Se preparan tomando en cuenta también aspectos meteorológicos y económicos. <sup>[25]</sup>

En este dibujo se muestra el reparto del área de terreno para la distribución de los equipos. Generalmente se presenta el plano de planta general y el plano de distribución de los equipos.

Para determinar el arreglo de los equipos y la distribución del Rack de tuberías, es necesario hacer los estudios y evaluaciones pertinentes, que determinan las mejores rutas de acceso al terreno, las normas que se deben seguir para cumplir con la seguridad, el espaciamiento entre equipos, etc.

Uno estudio importante para realizar el PLG es determinar la mejor ubicación de los equipos de modo que se optimice la integración entre ellos y se ocupe la menor cantidad de recursos materiales para el montaje y la integración.

Las medidas de este plano se designan dentro de los tamaños D, E y F de acuerdo a la tabla 2.1. Este plano se representa cien por ciento a escala, desde el área total de la planta, calles y caminos de acceso, equipos, estructuras, cuartos y edificios.

El PLG debe contener los siguientes puntos. <sup>[27]</sup>

- a) Estos planos deben definir el área que ocupará la planta, mostrar la distribución del equipo y su infraestructura de apoyo, con sus dimensiones apegadas a la escala seleccionada, coordenadas y elevaciones.
- b) Mostrar la soportería estructural para tuberías, cuartos de control, edificios, subestaciones eléctricas, estructuras, fosas y casetas para analizadores, los espacios y accesos para operación y para el equipo móvil de mantenimiento, las rutas de escape, casas de cambio y oficinas de sector.
- c) Se debe indicar el norte geográfico y el de construcción así como la dirección de los vientos dominantes y reinantes, y el nivel de piso terminado.
- d) Se deben indicar las coordenadas de límites de baterías, equipos, calles y vías de acceso y estructuras principales; se debe representar además la separación real de los equipos respecto a los soportes para tuberías y a las estructuras, así como la lista de equipo con las características principales de cada uno.

En el anexo presente en este capítulo se ejemplifican los puntos descritos para un PLG.

## 2.6 DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN.

El Diagrama de Tubería e Instrumentación, es uno de los entregables más completos e importantes dentro de la ingeniería de un proyecto, conocido como DTI, muestra el proceso principal con los detalles mecánicos de equipos, tuberías y válvulas, así como también los lazos de control para garantizar una operación segura en la planta. Esta información sirve de guía para llevar a cabo las actividades de ingeniería y construcción de la planta, por lo cual su preparación requiere de un alto grado de precisión y una completa información.<sup>[35]</sup>

El diagrama de tubería e instrumentación, lleva los mismos elementos de identificación que el DFP. El DTI no muestra cuadro de balance de materia y energía, pero si muestra información de equipos principales. Dependiendo del grado de complejidad de la planta, suele dividirse por secciones o por equipos y se elaboran DTI's por cada sección o por cada equipo con su respectivo lazo de control.

En un DTI se muestran las corrientes de entrada y salida del equipo o equipos que se estén representando, en un DTI se incluyen todos los elementos presentes en la planta o en la sección de la cual se elabora el diagrama, es decir, bombas, compresores, equipos de relevo, etc.

Por lo general en un diagrama de tubería e instrumentación se muestran todos los elementos de instrumentación y control requeridos, como lo son medidores, indicadores, transmisores, accionadores, entre otros. Los sistemas de control presentes en el diagrama se identifican dentro de círculos y cuadros y se conectan a los equipos y entre sí mediante líneas las cuales muestran si los instrumentos son locales o van a un cuarto de control.

El DTI dentro de los entregables de ingeniería, es uno de los documentos más completos y complejos por elaborar, cuenta con muchos elementos que describen el proceso de la planta, simbología muy especializada y características esenciales que permiten resumir en el compendio de diagramas, prácticamente todo el proceso de operación del complejo industrial.

En el anexo de entregables se describen las características, símbolos, elementos e información requerida para elaborar un DTI.

## 2.7 HOJAS DE DATOS.

Las hojas de datos son un documento perteneciente a la ingeniería básica del proyecto. Cada equipo que forme parte del alcance definitivo de la planta, debe ser descrito, dicha descripción se presenta en las hojas de datos. Las hojas de datos de los equipos de proceso, contienen la información de procesos, condiciones de diseño, materiales, códigos, dimensiones y toda la información necesaria para desarrollar la ingeniería de detalle.

En ocasiones las hojas de datos solo recaban la información o características constructivas necesarias para la adquisición del equipo, una vez adquirido el equipo, el proveedor brindará la información suficiente del equipo para completar la hoja de datos. Las hojas de datos no suelen quedar completas al cien por ciento durante la ingeniería básica, es dentro de la ingeniería de detalle donde se completan todos los aspectos de las hojas de datos.

Se deben desarrollar todas las hojas de datos de todos los equipos principales y complementarios de las plantas de procesos y desarrollar las hojas de datos de todos los equipos de las plantas de procesos auxiliares, planta de servicios auxiliares, Instalaciones de Integración e Infraestructura.<sup>[35]</sup>

Los datos consignados en las hojas dentro de esta etapa, deben ser suficientes para el diseño mecánico y termodinámico hidráulico del equipo, incorporando para los equipos críticos o especiales información de fabricantes/proveedores.

El contenido mínimo requerido que debe presentarse en hojas de datos de equipos principales se presenta en el anexo de entregables.

## 2.8 ANEXO DE ENTREGABLES.<sup>1</sup>

En el presente anexo se describen los elementos para la elaboración de los entregables de ingeniería básica que componen el alcance. En este anexo se detallan las características de diseño, la simbología correspondiente a cada uno, notas y contenido adicional y la información que debe recopilarse y presentarse en cada entregable.

### 2.8.1 Diagrama de Flujo de Proceso.

Para elaborar un diagrama de flujo de procesos se deben considerar ciertos elementos vitales para lograr plasmar los objetivos del DFP. Cada empresa o contratista suelen tener sus propias normas, reglas y características para elaborar diagramas. De forma general a continuación se presentan características para diseñar y conformar un DFP.

#### I. Aspectos técnicos para elaborar un Diagrama de Flujo de Proceso.

Antes de considerar la información técnica típica que incluye un diagrama de flujo de proceso, se deben considerar algunos aspectos técnicos relevantes para comenzar a desarrollarlo. Tal es el caso de las medidas, la simbología, los códigos de equipos, etc.

##### a) Medidas para elaborar un DFP.

El cuadro siguiente presenta una tabla comparativa de las medidas establecidas para elaborar diagramas por parte de PEMEX y de acuerdo a la ISO-5457.

Tabla 2.1 Dimensionamiento normativo de planos.

DIMENSIONAMIENTO NORMATIVO DE PLANOS (mm)					
PEMEX			ISO 5457		
	Alto	Largo		Alto	Largo
A	280	215	A4	297	210
B1	280	405	A3	297	420
B2	280	595	A3.2	297	594
B3	280	785	A3.1	297	841
D	560	900	A1	594	841
E	900	1065	-	-	-
F	900	1265	A0	841	1189

Fuente: *Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.*

Como podemos observar en la tabla, cada normatividad se rige bajo sus propios códigos, y cada empresa, cliente o contratista estipulará las dimensiones requeridas. En la tabla se muestra el tamaño total que debe presentar cada plano.

Considerando las especificaciones en la normatividad de *Petróleos Mexicanos*, establece la siguiente relación de áreas al elaborar diagramas.

<sup>1</sup> Todas las especificaciones y contenido típico para los documentos entregables de ingeniería básica han sido recopilados de las referencias [27] y [35] del presente trabajo.

Tabla 2.2 Dimensiones de áreas en planos.

DESIGNACIÓN DE TAMAÑO	DIMENSIONES (mm)						
	Alto	Largo	Area de trabajo a lo alto	Area de trabajo a lo largo	Espacio Margen izquierdo	Espacio Margen derecho, superior e inferior	Espacio para título
	h	l	A	b	c	d	e
A	280	215	235	185	20	10	25
B1	280	405	225	365	25	15	25
B2	280	595	225	555	25	15	25
B3	280	785	225	745	25	15	25
D	560	900	480	845	40	15	50
E	900	1065	820	1010	40	15	50
F	900	1265	820	1210	40	15	50

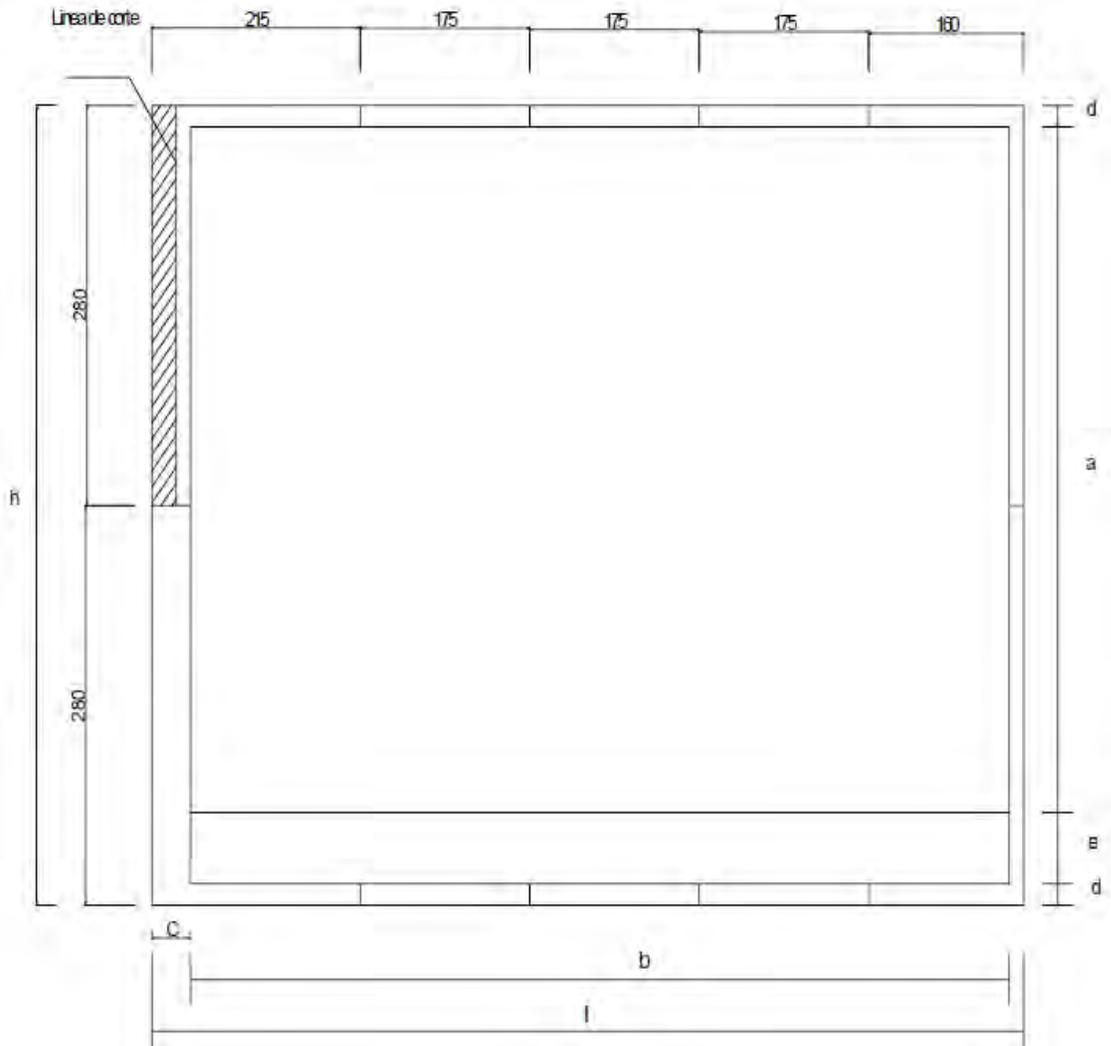
Fuente: *Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.*

En la tabla anterior se pueden observar las medidas que se deben conservar para el área de trabajo, los márgenes y el título del diagrama. Para el caso de un diagrama de flujo de proceso, la designación permitida corresponde a la letra “D”, correspondiendo lo siguiente:

El DFP presentará 560 mm de alto (h) por 900 mm de largo (l), con una distribución del área de trabajo de 480 x 845 mm (Axb), el margen izquierdo será de 40 mm (c) y los márgenes derecho, superior e inferior serán de 15 mm (d). El espacio disponible para el título del diagrama será de 50 mm (e).

El plano de acuerdo a las medidas anteriores se presenta a continuación.

Figura 2.1 Distribución de medidas para un Diagrama de Flujo de Proceso.



Cada Diagrama de flujo de proceso debe mostrar información que lo identifique, comúnmente se ubica en la parte inferior del diagrama, a continuación se muestra el siguiente arreglo como sugerencia para cubrir la información necesaria.

Figura 2.2 Información requerida para identificación de DFP

Clave	Descripción	Fuente
a	<b>Título principal del documento o proyecto</b> Debe contener el título del documento y éste se localiza en la parte superior del cuadro principal del cuadro	Arial, negritas, mayúsculas de 2.5 mm (Tamaño A y B) y 4.5 mm (Tamaño D a F)
b	<b>Título del contenido del documento</b> Se localiza en el mismo espacio y debe contener la descripción del título principal o bien lo complementa	Arial, negritas, mayúsculas y minúsculas de 35 mm (Tamaño A y B) y 5 mm (Tamaño D a F)
c	<b>Número de proyecto (clave de la obra)</b> Este cuadro debe contener el número de proyecto de acuerdo al Catálogo Institucional de Obras y Proyectos. (CIOP) y consta de ocho caracteres alfanuméricos.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño A y B) y 3.5 mm (Tamaño D a F)
d	<b>Lugar geográfico del proyecto</b> Debe contener la ubicación geográfica del proyecto	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño A y B) y 3 mm (D a F)
e	<b>Clave de identificación</b> Este cuadro debe contener el número de identificación (Ver Sección 7.4)	Arial, negritas, mayúsculas de 3 mm (Tamaño A y B) y 6.5 mm (Tamaño D a F)
f	<b>Número de revisión</b> Debe contener el número de la revisión que se le hizo al documento (Ver párrafo 7.5.b)	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño A y B) y 2.5 mm (Tamaño D a F)
g	<b>Cuadro de ejecutores del documento</b> Debe contener las siglas de las personas quienes dibujaron, proyectaron, revisaron y coordinaron el documento	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm (Tamaño A y B) y 2 mm (Tamaño D a F); y los registros de Tamaño D a F en 3 mm.
h	<b>Cuadro de escala utilizada</b> Debe contener la escala que se utiliza (Ver capítulo Sección 7.10), para planos donde no se requiera escala indicar en el recuadro S/E.	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm (Tamaño A y B) y 2 mm (Tamaño D a F)
i	<b>Cuadro de acotaciones</b> Debe contener la unidad de longitud que se utilizó, para planos donde no se requiera acotación,, indicar en el recuadro SIN.	Arial, normal, minúsculas de 1.5 mm
j	<b>Cuadro de fecha de emisión</b> Éste señala la fecha en que se emitió dicho documento	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm (Tamaño A y B) y 2 mm (Tamaño D a F)
k	<b>Cuadro del lugar de elaboración</b> Debe contener el lugar donde se elaboró el documento	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm
l	<b>Cuadro del logotipo</b> Debe contener el logotipo de la institución que elabora el documento	
m	<b>Cuadro vacío para sello</b> Debe contener el sello de "APROBADO PARA CONSTRUCCION"	
n	<b>Cuadro de aprobación de ingeniería</b> Debe contener las siglas y firmas de aprobación de los funcionarios autorizados de PEMEX (Supervisor, Subgerente y Gerente), en los planos y documentos que requieran aprobación según el Contrato, y de acuerdo con el procedimiento para la supervisión del desarrollo de las ingenierías básica y de detalle. La firma es para el control administrativo y de alcances, que avala, garantiza y evidencia que los documentos ya han sido del conocimiento y control del personal respectivo de PEMEX.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)
o	<b>Cuadro de dibujos de referencia</b> Debe indicar con qué dibujos se complementa el documento	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)
p	<b>Cuadro de control de revisiones</b> Debe contener el número de la revisión, una breve descripción en lo que consistió la revisión, la fecha en que se hizo, así como quienes la ejecutaron y aprobaron.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)
q	<b>Cuadro de control de de planos</b> Debe contener la fecha y el número de envío con el cual fué remitido a construcción.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)
s	<b>Notas:</b> Deben contener lo relativo a requisiciones y datos técnicos referentes a: equivalencias de niveles, resistencia y calidad de los materiales por utilizar, procedimientos constructivos especiales y en general todos los datos que complementen o modifiquen el documento. Se deben localizar siempre del lado derecho del formato	Arial, normal, mayúsculas de 3 mm (D a F)

a	b	c	d	e	f
DIBUJO PROJ.		0			
REVISIÓN		COORD.	EDIC.	ACOT. EN:	I
I		K		J	
M					
APROBADO POR					
ESPECIALISTA		N			
SUBSENERGIA		O			
SERENIA					
NUM. DIBUJOS DE REFERENCIA					
FECHA POR MESA					
REVISIONES					
DESCRIPCION		D			
CP. FECHA					
MCA					
g					

Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

b) *Nomenclatura y Simbología para equipos y válvulas.*

Cada equipo dentro de un DFP, debe representarse con un dibujo único que describa el tipo y función del equipo en cuestión, cada empresa o contratista suele tener su propio catálogo de símbolos para representar equipos. De igual forma cada equipo o válvulas principales deben ser nombrados con un código o “tag” que permita conocer y describir al equipo dentro del proceso. La simbología para representar equipos suele ser universal, pero en la nomenclatura para equipos, cada empresa suele nombrar y codificar los equipos de forma específica.

Figura 2.3 Descripción general del código de equipos representados en un DFP.

Equipo de proceso	Formato general XX-YYZ A/B
	<b>XX</b> Letras de identificación para la clasificación de los equipos C - Compresor o turbina E - Intercambiador de calor (Heat Exchanger) H - Horno (Fired Heater) P - Bomba (Pump) R - Reactor T - Torre o columna TK - Tanque de almacenamiento V - Depósito (Vessel) <b>Y</b> designa un área dentro de la planta <b>ZZ</b> es el número de designación para cada elemento dentro de cada clase de equipos. <b>A/B</b> identifica la posible presencia de equipos redundantes.

Fuente:

*Proyecto fin de carrera, MMJ, Universidad Politécnica de Cartagena, 2005.*

Las primeras dos letras en el código (XX), son seleccionadas dependiendo el contratista o cliente, existen muchos tipos de nomenclatura para equipos, esta nomenclatura puede ir especificada y detallada desde las bases de diseño. Las segundas letras (YYZ) suelen ser representadas con números y las letras (AB) suelen ser ocupadas para exactamente así para indicar equipos de relevo o redundantes.

Para mostrar un ejemplo de lo anterior se considera el siguiente nombre o “tag”.

❖ **EA-2101 A/B/C** Donde:

EA → Identifica el equipo que se está representando, para este ejemplo se trata de un intercambiador de calor.

2 → Identifica el área donde se encuentra el equipo, dentro de la planta, para el ejemplo citado, el intercambiador se encuentra en el área 200.

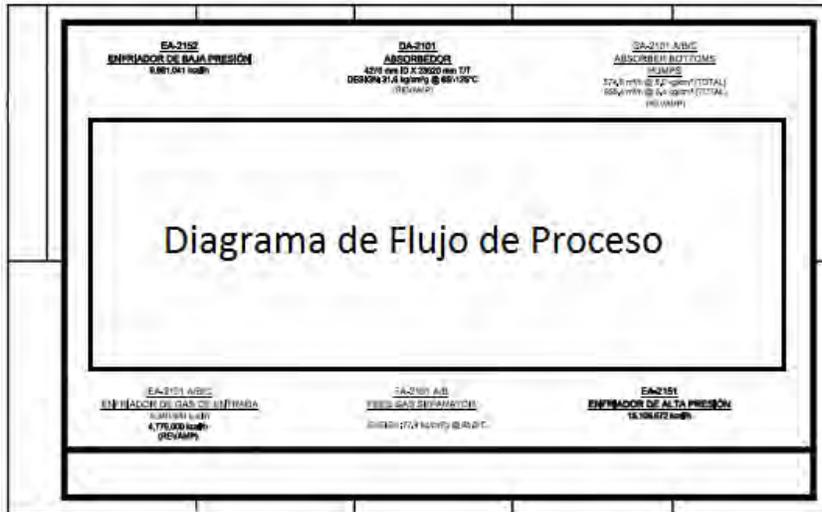
101 → Identifica el número de equipo de acuerdo a una numeración que suele ser consecutiva en el diagrama, representa el primer intercambiador en el DFP.

A/B/C → Identifican el número de equipos idénticos que involucra el proceso, ya que en el DFP solo se muestra el equipo principal y no los equipos de relevo o simultáneos. Para este ejemplo, el proceso cuenta con tres intercambiadores de calor que se nombran EA-2101A, EA-2101B, EA-2101C.

c) *Información Técnica de Equipos.*

Los diagramas de flujo de proceso, además de mostrar equipos principales, líneas de proceso, líneas de servicios auxiliares relevantes, balance de materia y energía, propiedades de algunas corrientes y cuadro de identificación del diagrama, el DFP suele presentarse con propiedades relevantes de los equipos, esta información suele mostrarse en la parte superior e inferior del diagrama.

Imagen 2.4 Presentación de la Información técnica de los equipos en un DFP



En el siguiente cuadro se presenta una sugerencia sobre el contenido de información técnica de los equipos que se debe mostrar en un DFP.

Figura 2.5 Información técnica para equipos en un DFP.

<b>Tipo de equipo</b>
Descripción del equipo
<b>Torres y columnas</b>
Tamaño (diámetro y altura), presión y temperatura Número y tipo de platos Altura y tipo de relleno Materiales de construcción
<b>Intercambiadores de calor</b>
Tipo: Gas-Gas, Gas-Líquido, Líquido-Líquido, Condensador, Vaporizador Especificaciones de proceso: Carga térmica, superficie, temperatura y presión de las corrientes Número de pasos por carcasa y tubos Materiales de construcción: Carcasa y tubos
<b>Tanques, Depósitos y Recipientes</b>
Altura, diámetro, orientación, presión, temperatura y materiales de construcción
<b>Bombas</b>
Caudal, presión de descarga, temperatura, $\Delta P$ , tipo de accionamiento, potencia en el eje, materiales de construcción.
<b>Compresores</b>
Caudal volumétrico de entrada, temperatura, presión, tipo de accionamiento, potencia en el eje, materiales de construcción
<b>Hornos, Quemadores</b>
Tipo, presión en los tubos, temperatura de los tubos, carga térmica, combustible, materiales de construcción.
<b>Otros</b>
Se debe proporcionar la información que sea crítica para el proceso.

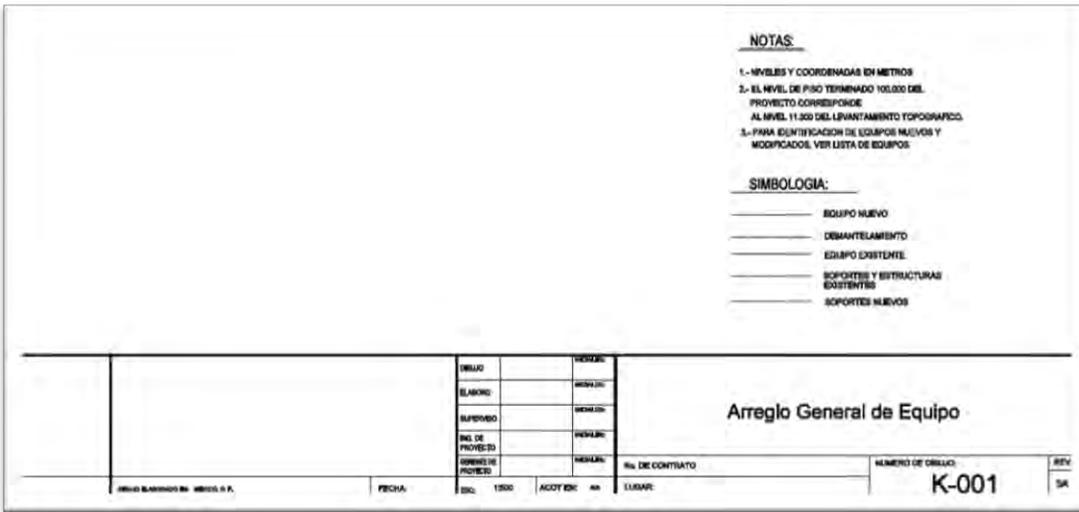
Fuente: Universidad Politécnica de Cartagena, Proyecto fin de carrera, MMJ, 2005.

### 2.8.2 Plano de Localización General.

De acuerdo a lo descrito en el punto 2.4 el PLG debe contener los siguientes puntos.

- I. En la parte inferior derecha del plano se ubican la simbología requerida, las notas correspondientes, y los datos de identificación del plano como el número de dibujo, autor, empresa, cliente, etc. En esta sección también suele indicarse la escala utilizada.

Figura 2.6 Identificación de plano, escala, notas y simbología.



- II. En la esquina superior izquierda se ubica el norte geográfico, el de construcción y la dirección de los vientos dominantes y reinantes.

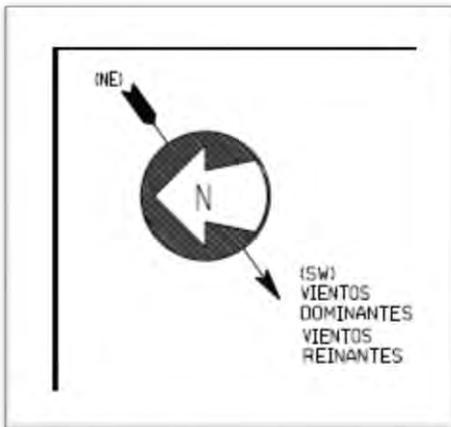
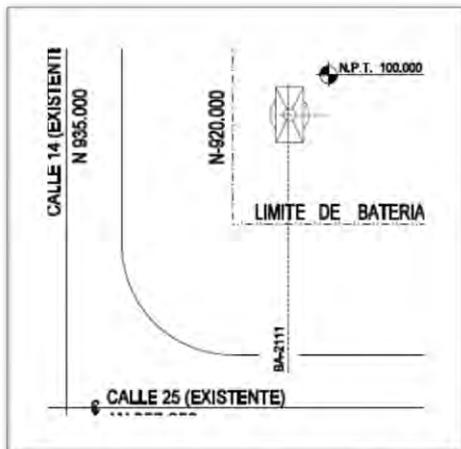


Figura 2.7 Dirección de vientos y Norte.

- III. Se deben indicar las coordenadas de límites de baterías, equipos, calles y vías de acceso

Figura 2.8 Ubicación de calles existentes.



- IV. En el PLG se deben mostrar las estructuras principales; se debe representar además la separación real de los equipos de acuerdo a la escala, se deben mostrar los soportes para tuberías y las estructuras, así como la lista de equipo con las características principales de cada uno.

Figura 2.9 Arreglo de equipo, Rack de tubería, cotas, separación de equipos, y NTP.

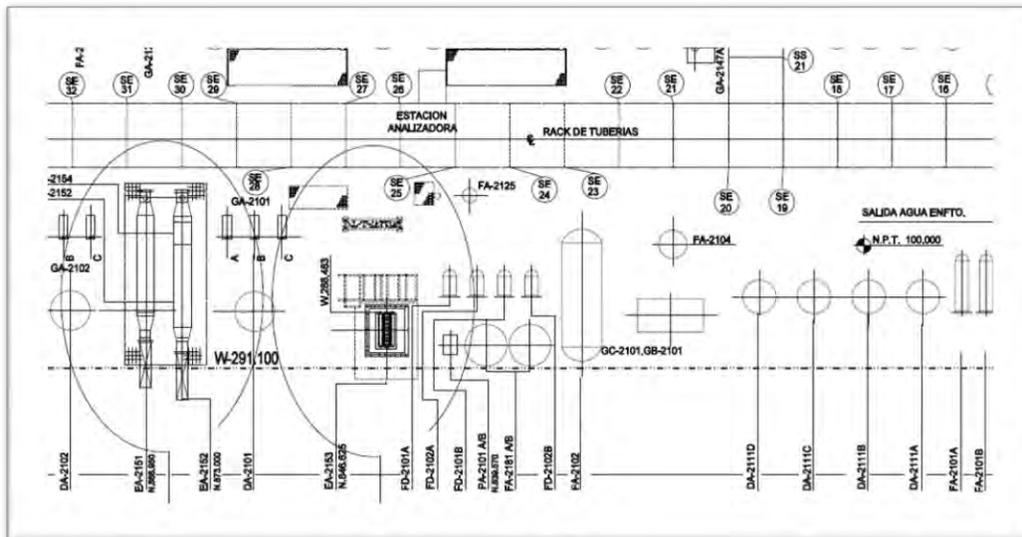


Figura 2.10 Detalle de estructuras.

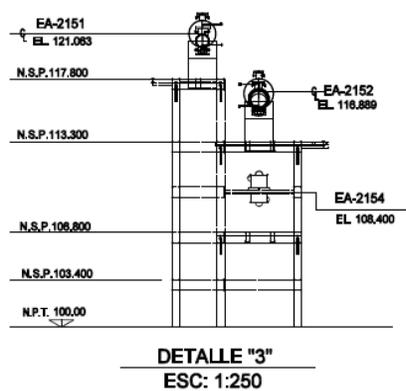
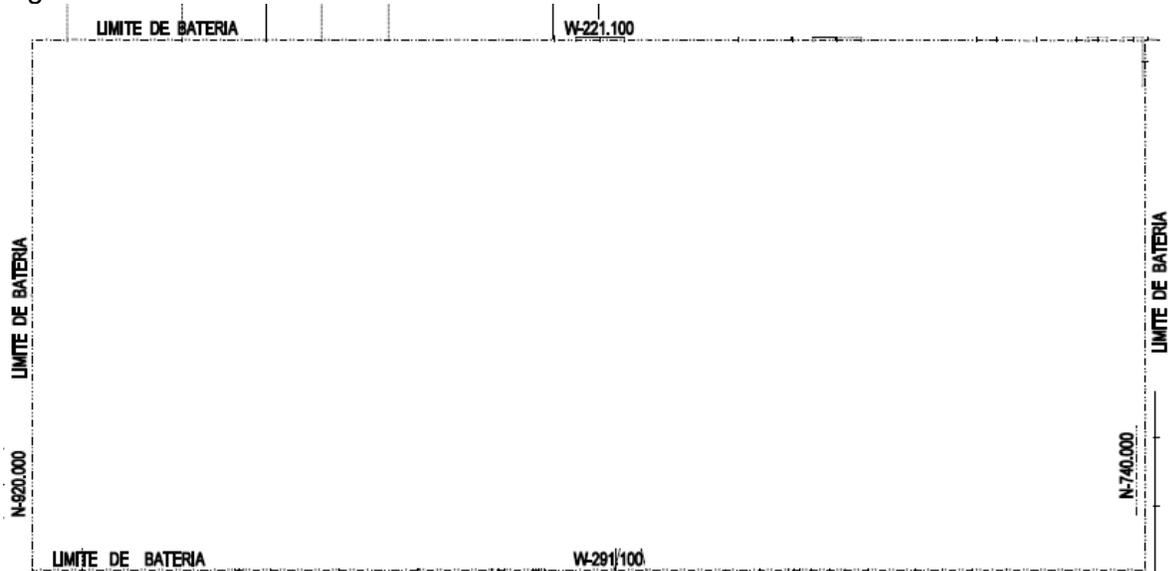


Figura 2.11 Límites de batería.



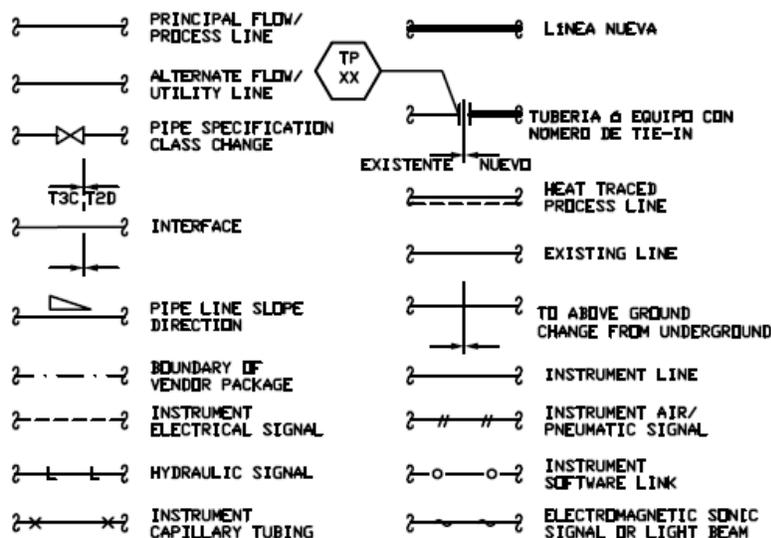
### 2.8.3 Diagrama de Tubería e Instrumentación.

Al ser un diagrama de tubería e instrumentación un documento de suma importancia para etapas siguientes del proyecto, y al tener un gran número de características, es importante describir los detalles que deben ser considerados al elaborar un DTI.

Los equipos dentro de un DTI se deben conectar entre sí de acuerdo al flujo natural del proceso. El tipo de línea que se utilice para hacer las conexiones, simboliza una función diferente dentro del proceso. De igual forma las líneas con las que se unen los instrumentos y aparatos de control a los equipos se asocian con cierta información de acuerdo a su diseño.

En la imagen siguiente se muestran los diferentes tipos de líneas que se utilizan para conectar equipos e instrumentos en un DTI.

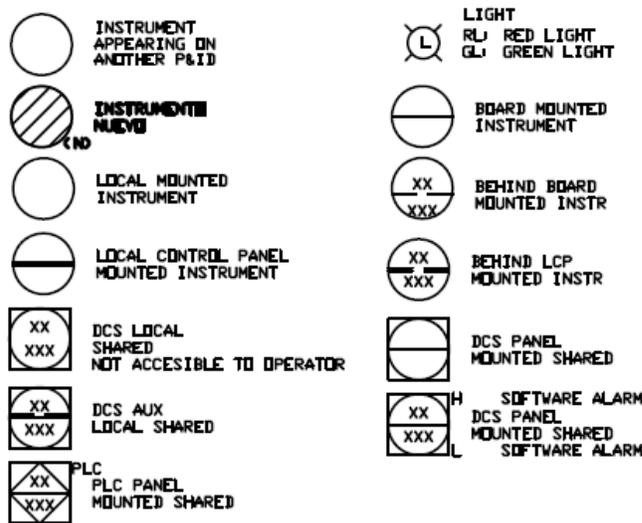
Figura 2.12 Símbolos de Identificación para líneas y tuberías.



A su vez cada instrumento que se presenta en el DTI debe contar con la simbología adecuada, esto se hace con la intención de incluir información relevante del instrumento ligada al tipo de dibujo que se utilice.

La simbología utilizada para representar los instrumentos se presentan a continuación.

Figura 2.13 Símbolos para Instrumentación.



En los instrumentos presentes en un DTI la primera letra muestra la variable de proceso con la que interactúa el instrumento y la segunda muestra la función que realiza el instrumento.

Figura 2.14 Cuadro de letras para instrumentos de control.

PRIMERA LETRA(S)		LETRAS POSTERIORES	
VARIABLE DE PROCESO	MODIFICADOR	FUNCIÓN	MODIFICADOR
A análisis		A alarma	
B quemador de flama		*	*
C conductividad		C controlador	
D densidad	D diferencial		
E voltaje		E elemento primario	
F flujo	F relacion		
G gaping		G vidrio	
H hand			H alto
I corriente		I indicador	
J potencia	J muestrear		
K tiempo		K estación de control	
L nivel		L light	
M humedad			M medio
N *		*	*
O *		O orificio	
P presión		P punto	
Q cantidad	Q integrado		
R radioactividad		R recorder	
S velocidad	S safety	S interruptor	
T temperatura		T transmisor	
U multivariable		U multifunción	U multifunción
V viscosidad		V válvula	
W peso		W pozo	
X			
Y *		Y relay	
Z position		Z drive	

En un Diagrama de tubería e instrumentación se presenta información relevante de los equipos. La información mínima requerida en los dibujos de los equipos presentes en un DTI es la siguiente.

- a) **Bombas:** flujo, diferencia de presión de bombas y potencia hidráulica.
- b) **Compresores:** flujo y potencia hidráulica de compresores.
- c) **Recipientes:** Material de construcción, diámetro y longitud T-T, , condiciones de diseño de presión y temperatura, representación de las placas de choque de las alimentación del lado del vapor, de las mamparas y de las mallas separadoras de arrastre, alarmas de alto y bajo nivel, localización de boquillas para instrumentos de medición de presión, temperatura y nivel.
- d) **Torres:** Material de construcción, diámetro y longitud T-T, , condiciones de diseño de presión y temperatura, tipo y número de platos, número de pasos del plato, tipo de empaques y material de construcción, boquillas de extracción de productos, alarmas de alto y bajo nivel, localización de boquillas para instrumentos de medición de presión, temperatura y nivel.
- e) **Reactores:** Material de construcción, diámetro y longitud T-T, condiciones de diseño de presión y temperatura, representación de internos y sistemas de termometría, lechos catalíticos, localización de boquillas de alimentación, producto para instrumentos y dren de catalizador
- f) **Cambiadores de calor:** De acuerdo al TEMA, carga térmica, condiciones de diseño de presión y temperatura.
- g) **Calentadores a fuego directo:** Carga térmica, condiciones de diseño de presión y temperatura, representación de número de pasos, controles a la entrada del calentador, localización de medidores de presión y temperatura.

Dentro del diseño de un DTI se debe considerar incluir la siguiente información relacionada con el complejo industrial.

- a) Especificación de las tuberías de proceso, servicios principales, efluentes, líneas de arranque y fuera de especificación: Diámetro, material, temperatura, espesor, presión, clase, aislamiento.
- b) Elevación de los equipos
- c) Diámetros de los accesorios en los lazos de control
- d) Drenes y ventéos.
- e) Indicación de la inclinación que debe tener una tubería en especial.
- f) Indicación de las líneas que no deben tener posibilidad de acumulación de líquido.
- g) Identificación del lugar en donde hay cambio de especificación.
- h) Identificación de puntos de muestreo con el arreglo de los elementos necesarios para el mismo.
- i) Puntos de inyección de químicos.
- j) Identificación del origen o destino de las líneas que entran y salen del plano, indicando el equipo del que vienen o al que van y en qué plano se encuentra.
- k) Destino de ventéos de bombas o drenes de equipo, o alguna disposición que debe tomar en cuenta el Licitante de ingeniería de detalle o de construcción.
- l) Notas de información que depende del fabricante del equipo, localización de elementos críticos como válvulas.
- m) Notas especiales sobre arranque y paro.

Para los instrumentos presentes en un DTI se debe incluir la siguiente información.

- a) Localización e identificación de todos los instrumentos en los equipos y en las líneas, con su clave y numeración correspondiente, con indicación de si es instrumentación de campo o con señalización al cuarto de control.
- b) Tipo de elementos primarios
- c) Indicación de la posición a falla de aire en las válvulas de control
- d) Diámetro de las válvulas de control
- e) Dispositivos de relevo de presión: presión de ajuste, tamaño y especificación de líneas de entrada y salida, con indicación del destino de la línea.
- f) Indicar los interlocks consistentes con la matriz causa-efecto
- g) Notas de aclaraciones acerca de posición de instrumentación, tubería

Las Tuberías y accesorios presentes en un DTI deben contener la siguiente información.

- a) Todas las tuberías de proceso y servicio hacia y desde el equipo, identificadas con diámetro nominal, tipo de servicio, número de línea, especificación y dirección de flujo. Las tuberías las cuales no tienen usos continuos son identificadas por su función (arranque, parada, etc.)
- b) La identificación y numeración de las tuberías en los DTI deben realizarse siguiendo los criterios o normas estipuladas por el contratista y el cliente.
- c) Las tuberías y el orden en que deben ser enumeradas son:
  - Tuberías principales, ramales y líneas auxiliares
  - Cabezales de servicios y conexiones de ramales
  - Drenajes conectados al sistema de recolección
  - Venteo u otras conexiones de boquilla que son llevadas más allá de la válvula de bloqueo.
  - Las tuberías que no deben ser enumeradas son:
    - Desvíos de válvulas de control en los múltiples
    - Ventéos, drenajes, conexiones de boquilla a boquilla de intercambiadores apilados y rehervidor a las conexiones de la torre u otras conexiones en equipos que tienen válvula y discos ciegos pero no tienen tubería física. Las válvulas, ciegos, pernos y empaques en estas conexiones reciben un número de referencia al equipo en lugar de número de línea.
  - Tuberías de instrumentos
  - Tuberías suministradas por el suplidor o vendedor como parte de equipos en paquete.
- d) Los cambios de diámetros de las tuberías y puntos donde cambian de especificación.
- e) Todas las conexiones incluyendo válvulas de control y de seguridad que no estén de acuerdo a las especificaciones de las tuberías deben indicarse.
- f) Deben identificarse las tuberías que manejan flujos de dos fases.
- g) Todos los ventéos, drenajes, y puntos de purga requeridos para propósitos de operación, parada y arranque
- h) Las conexiones para tomar muestras y todas las trampas de vapor requeridas para la operación normal.

La información de válvulas que debe contener el DTI es la siguiente.

- a) El tamaño de la válvula, tipo y material si es diferente al tamaño de la línea serán indicadas.
- b) Los sellos en las válvulas de bloqueo.
- c) Las válvulas de purga entre válvulas de doble bloqueo.
- d) Las válvulas de drenaje entre las válvulas de alivio y las válvulas de bloqueo.
- e) Las válvulas de drenaje y venteo en la succión y descarga de las bombas centrífugas.
- f) Las válvulas designadas como válvulas de bloqueo al igual que las válvulas del tipo venturi, deben estar señaladas.
- g) Las válvulas de las conexiones de servicios de los equipos.
- h) Las válvulas de bloqueo en los límites de baterías.
- i) Las válvulas de retención “check” para permitir el calentamiento de alguna bomba, deben estar señaladas con una nota.
- j) Las válvulas usadas para bloquear o parar un equipo en caso de emergencia, o usadas para despresurizar o bajar el nivel de líquido de un equipo rápidamente en caso de emergencia, deben estar claramente indicadas.

La información requerida en los sistemas de control e instrumentación del proceso es la siguiente.

- a) Cada instrumento con su identificación, símbolo y función en concordancia con las normas o estándares acordados.
- b) Se muestra todos los lazos de control en los equipos.
- c) Válvulas de control y válvulas de desvíos “by-pass” cuando sean requeridas.
- d) Instrumentos en línea, indicando su tamaño si es diferente al tamaño de la tubería.
- e) Válvulas de seguridad y de alivio con su respectiva presión de ajuste o disparo y dimensiones.
- f) Función y posiciones de selectores o conmutadores.
- g) Identificación de funciones en instrumentos especiales.
- h) Representación de interconexión neumática y eléctrica.
- i) Puntos de conexiones a la computadora o registrador de datos.
- j) Conexiones para lavado o purga de instrumentos.
- k) Límite de suministro por otros en unidades en paquetes.
- l) No se muestran las válvulas de aislamientos de instrumentos.

## 2.8.4 Hojas de Datos.

Las hojas de datos describen en su totalidad a los equipos. Son las hojas de datos la base para la etapa de procuración y en su caso para el diseño de equipos nuevos. Junto con la información generada por el equipo de ingeniería y proveedores las hojas de datos deben incluir un dibujo que represente al equipo, con medidas, dimensiones y detalles relevantes del diseño.<sup>[35]</sup>

La información mínima que deben contener los equipos en su hoja de datos se presenta a continuación.

- **Recipientes a Presión.** Las hojas de datos deben especificar lo siguiente:
  - a) Nombre de la planta y clave de identificación
  - b) Localización (Nombre de la Refinería).
  - c) Nombre del equipo, clave y servicio
  - d) Dimensiones: diámetro y longitud T-T.
  - e) Altura sobre el nivel de piso terminado
  - f) Presión atmosférica.
  - g) Condiciones de presión y temperatura de operación y de diseño.
  - h) Tipo de material del cuerpo
  - i) Material y espesor de la malla de separación de arrastre
  - j) Espesor de corrosión permisible.
  - k) Tipo, espesor y material del recubrimiento. (“lining” o “clad”).
  - l) Identificación de todas las boquillas por servicio, clave, diámetro y posición en el dibujo.
  - m) Indicación de si requiere de relevado de esfuerzos.
  - n) Indicación de si requiere de estampado ASME.
  - o) Representación en el dibujo de los siguientes elementos:
    - Dimensiones y posición del recipiente y de sus accesorios.
    - Niveles de líquido normal, mínimo, máximo y de alarmas de niveles máximo y mínimo.
    - Para tanques de succión de compresores, nivel de paro del compresor.
    - Distribuidor de alimentación en recipientes horizontales.
    - Placas de choque de las alimentaciones en la sección de vapor.

- **Bombas.** Las hojas de datos deben especificar los siguientes datos:
  - a) Nombre de la planta y clave de identificación
  - b) Localización (Nombre de la Refinería).
  - c) Nombre del equipo, clave y servicio.
  - d) Tipo de bomba.
  - e) Tipo de accionador
  - f) Fluido a bombear.
  - g) Flujo
  - h) Presiones de succión y de descarga.
  - i) Presión atmosférica
  - j) Presión diferencial.
  - k) Altura (cabeza) diferencial
  - l) Potencia hidráulica
  - m) Temperatura del líquido.
  - n) Presión de vapor de líquido
  - o) Densidad del líquido.
  - p) Viscosidad del líquido.
  - q) NPSH disponible.
  - r) Materiales de carcasa e impulsores.
  - s) Pruebas requeridas: (hidrostática y comportamiento)
  - t) Voltaje, fases y frecuencia de la corriente.
  - u) Condiciones del vapor motriz.
  - v) Normas de diseño de bomba y accionador.
  
- **Compresores.** Las Hojas de Datos deben Especificar lo Siguiete:
  - a) Nombre de la planta y clave de identificación
  - b) Localización (Nombre de la Refinería).
  - c) Nombre del equipo, clave y servicio.
  - d) Tipo de compresor
  - e) Número de etapas de compresión
  - f) Tipo de accionador recomendado
  - g) Gas a comprimir.
  - h) Capacidad másica.
  - i) Composición del gas a comprimir
  - j) Peso molecular de gas
  - k) Capacidad volumétrica normal a condiciones de entrada y a condiciones estándar.
  - l) Capacidad volumétrica de diseño.
  - m) Densidad del gas a la entrada.
  - n) Presiones de succión y de descarga.
  - o) Temperatura de succión.
  - p) Temperatura estimada de descarga
  - q) Relación de Compresión.
  - r) Factor de compresibilidad “z” a la succión
  - s)  $k = C_p/C_v$  a la succión
  - t)  $k$  a la temperatura estimada de descarga
  - u) Factor de compresibilidad,  $z$  a la succión.
  - v)  $z$  a la presión y temperatura estimada de descarga
  - w) Potencia hidráulica.

- x) Temperatura máxima de descarga
  - y) Materiales de construcción
  - z) Pruebas requeridas
- **Cambiadores de Calor.** Las hojas de datos deben especificar como mínimo:
- a) Nombre de la planta y clave de identificación
  - b) Localización (Nombre de la Refinería).
  - c) Nombre del equipo, clave y servicio.
  - d) Tipo de cambiador.
  - e) Carga térmica
  - f) Identificación de fluidos en coraza y tubos.
  - g) Condiciones de operación.
  - h) Condiciones de diseño.
  - i) Propiedades físicas y termodinámicas de los fluidos.
  - j) Material de los tubos y tipo de tubos.
  - k) Material de coraza.
  - l) Caída de presión permisible en tubos y coraza.
  - m) Factores de ensuciamiento.
- **Aeroenfriadores.** La hoja de datos deberá especificar la siguiente lista de términos:
- a) Nombre de la planta y clave de identificación
  - b) Localización (Nombre de la Refinería).
  - c) Nombre del equipo, clave y servicio.
  - d) Carga térmica
  - e) Condiciones de operación.
  - f) Condiciones de diseño.
  - g) Propiedades físicas y termodinámicas del fluido.
  - h) Material, diámetro, calibre y arreglo de los tubos.
  - i) Caída de presión permisible en tubos.
  - j) Factor de ensuciamiento.

➤ **Calentadores a Fuego Directo u Hornos.**

- a) Nombre de la planta y clave de identificación
- b) Localización (Nombre de la Refinería).
- c) Nombre del equipo, clave y servicio.
- d) Tipo de calentador.
- e) Tipo de quemador.
- f) Carga térmica
- g) Flux en la zona de radiación de calor máximo.
- h) Identificación de fluidos a calentar.
- i) Condiciones de operación a la entrada y salida del horno.
- j) Condiciones de diseño de temperatura de y presión.
- k) Propiedades físicas y termodinámicas de los fluidos de entrada y salida.
- l) Número de pasos.
- m) Caída de presión permisible.
- n) Corrosión permisible.
- o) Tipo de combustible y sus propiedades físicas y termodinámicas.

➤ **Torres y Reactores.**

- a) Nombre de la planta y clave de identificación
- b) Localización (Nombre de la Refinería)
- c) Nombre del equipo, clave y servicio
- d) Dimensiones: diámetro y longitud T-T.
- e) Altura sobre el nivel de piso terminado
- f) Presión atmosférica
- g) Condiciones de presión y temperatura de operación y de diseño.
- h) Tipo de material del cuerpo
- i) Tipo de material y tipo de las cabezas
- j) Espesor de corrosión permisible.
- k) Tipo, espesor y material del recubrimiento. (“lining” o “clad”).
- l) Tipo y cantidad de internos (Incluir especificación en hoja aparte)
- m) Identificación de todas las boquillas por servicio, clave, diámetro y posición en el dibujo.
- n) Indicación de si requiere de relevado de esfuerzos.
- o) Indicación de si requiere de estampado ASME
- p) Representación en el dibujo de los siguientes elementos:  Dimensiones y posición del recipiente y de sus internos  Niveles de líquido normal, mínimo, máximo y de alarmas de niveles máximo y mínimo.
- q) Se debe incluir altura y tipo de faldón, distancias de cambios de diámetro, espesores de diseño del equipo.

## 2.9 DESCRIPCIÓN DE OTROS ENTREGABLES EN LA INGENIERÍA BÁSICA.<sup>2</sup>

### 2.9.1 Criterios de Diseño.

Este documento debe establecer e informar la aplicación de todos aquellos criterios que se deben considerar en el diseño del proceso y equipo principal.

Algunos de estos lineamientos son considerados como estándares de diseño de equipo, y como tal deben aparecer en las especificaciones generales de proceso y en los requisitos específicos. Las prácticas recomendadas en esta sección cubren tanto aspectos generales de la planta, como parámetros particulares de los equipos, por ejemplo:

- a) Criterios Generales:
  - I. Criterios para absorber cambios en alimentación y en las condiciones de operación.
  
- b) Criterios de Equipo:
  - I. Criterios de selección del tipo de equipo
  - II. Criterios de flexibilidad
  - III. Establecimiento de parámetros o variables principales
  - IV. Requerimientos especiales de materiales de construcción

**Criterios en cambios de alimentación y condiciones de operación.** Estos criterios se refieren a los parámetros bajo los cuales el proceso puede operar de acuerdo a su diseño, los valores de flujo en la alimentación que el proceso es capaz de recibir dentro de los límites de operación.

**Criterios de selección de equipo.** En este punto, los criterios que se desarrollan permiten en etapas posteriores tener variantes para los equipos a utilizar en el proceso, puntualmente en la etapa de procuración, los criterios al seleccionar equipo son valiosos para encausar el proyecto en tiempo y costo. No todos los equipos presentes en el proceso deben estar sujetos a criterios, algunos equipos son críticos y únicos en su función dentro del proceso.

**Criterios de flexibilidad.** Dentro de estos criterios se brindan parámetros de trabajo en condiciones del proceso, se establecen los diferentes límites de flujo en corrientes a los que los equipos pueden operar sin afectar el funcionamiento normal de la planta, se establecen sus oportunidades de cambio si fuera necesario.

**Establecimiento de parámetros o variables principales.** Todos los equipos del proceso están sujetos a diferentes variables y parámetros, estos deben ser puntualizados bajo una operación normal, y a su vez deben postularse los límites permisibles de dichos parámetros y variables de modo que el proceso no se vea afectado.

---

<sup>2</sup> Todas las especificaciones y contenido típico para los documentos entregables de ingeniería básica han sido recopilados de las referencias [27] y [35] del presente trabajo.

**Requerimientos especiales de material de construcción.** Los equipos que presenten condiciones especiales en su fabricación o en sus componentes, deben ser especificados con sus respectivas variantes permisibles, los materiales aceptados al realizar el diseño deben ser especificados, de igual forma si el equipo en cuestión solo puede funcionar dentro del proceso siendo de un material en específico, debe ser mencionado en los criterios.

### 2.9.2 Descripción del proceso.

Debe ser una descripción que pueda seguirse en los diagramas de proceso, mencionando los equipos específicos, con las condiciones de operación en cada uno de ellos, de las reacciones que se efectúan y los rendimientos de las mismas, así como una descripción del tipo de catalizador si es el caso. En la descripción debe haber una sección acerca del arranque, paro y operaciones de emergencia.

Especificar el factor de servicio que indique el porcentaje que opera la planta en el año. Especificar la flexibilidad en función de las capacidades mínima y máxima que se esperan de la planta, y de la variación esperada en las especificaciones de la alimentación.

### 2.9.3 Lista de Equipo.

Este documento debe contener el listado de todos los equipos de la planta, indicar aquellos que considere críticos, ya sea por su operación o por el tiempo de fabricación que tenga impacto para el IPC. La información que incluye es:

- a) Clave y nombre del Equipo
  - Para dar clave, nombre y simbología de los equipos, debe utilizarse la norma o código que la empresa estipule como su simbología de equipos de proceso.
- b) Servicio del Equipo
- c) Características principales del Equipo (dimensiones, condiciones de operación, condiciones de diseño, materiales de construcción, peso).

### 2.9.4 Balance de materia y energía.

Este documento debe contener los resultados del balance de masa y calor de la planta, (todos los casos incluyendo los casos inicio y fin de corrida), referido a las corrientes de proceso numeradas que se indican en el Diagrama de Flujo de Proceso.

La información incluye para cada línea de entrada, salida e interconexión de equipos, los siguientes datos:

- 1) Balance de materia
  - a) Flujos máxicos, volumétricos, molares y pesos moleculares por cada corriente.
  - b) Flujos y composiciones molares para cada componente
  - c) Fase de la corriente ya sea líquida, vapor o mezcla y en este caso fracción vaporizada.
  - d) Condiciones de presión y temperatura.

- 2) Balance de energía.
  - a) Incluir carga térmica, mediante diferencias de entalpías para cada paso del proceso donde exista adición, remoción o generación de calor.
- 3) Propiedades Termofísicas.
  - a) Proporcionar aquellas propiedades y características de los fluidos de proceso, que sean necesarias para el dimensionamiento y especificación de equipo, tuberías e instrumentos.
  - b) Propiedades termofísicas: Densidad a P y T, viscosidad cinemática, capacidad calorífica, conductividad térmica, presión de vapor, °API, Factor de compresibilidad Z, Tensión Superficial.

### 2.9.5 Diagramas de Servicios Auxiliares.

Dentro del libro de ingeniería básica que describe al proyecto, se debe elaborar como parte de los diagramas un Diagrama de Servicios Auxiliares. Este diagrama muestra todas aquellas líneas de servicios que la planta requiere para su funcionamiento, como agua, vapor, energía eléctrica, combustibles, refrigerantes, etc.

Los Servicios Auxiliares comúnmente representados son:

- Agua de proceso.
- Agua para Caldera.
- Agua de enfriamiento.
- Vapor de Alta Presión.
- Vapor de media presión
- Vapor de Baja presión.
- Energía eléctrica.
- Combustibles. (Gas LP, gas natural, etc.)
- Líquidos refrigerantes.

En este documento se deben representar los equipos por bloques, mostrando los servicios que cada uno de ellos requiere y/o genere, la clave de cada equipo y las líneas deben estar identificadas por medio de rombos. Debe incluir nombre, clave y localización de la planta.

El balance de que consta este diagrama debe incluir la numeración de las corrientes de entrada a cada equipo, así como información de flujos, presiones y temperaturas de las mismas.

Adicionalmente se deben presentar los requerimientos normales y de diseño para cada servicio a la entrada y salida de límites de batería.

Las medidas para elaborar el diagrama de servicios auxiliares son similares a las medidas propuestas para elaborar un DFP, el cuadro de identificación y márgenes pueden conservarse con las mismas características.

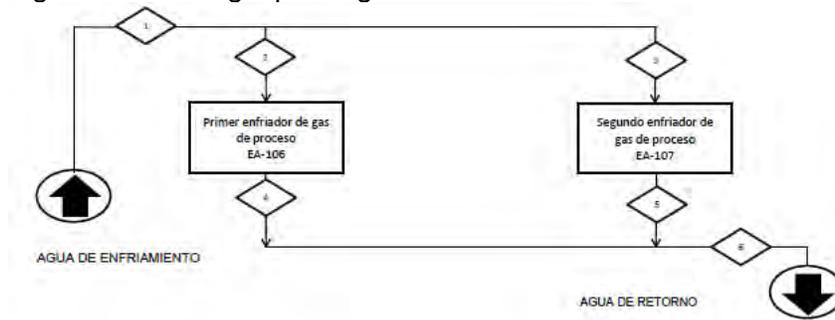
Los elementos que debe presentar un Diagrama de servicios Auxiliares son:

- Equipos de proceso que requieren o generen el servicio auxiliar, estos deben estar representados mediante bloques. Dentro del bloque se identifica el equipo y su clave. Esta identificación puede ir o no, dentro de un rombo.
- Líneas de corriente por donde se mueve el servicio auxiliar, marcando el inicio de la corriente y su término al equipo correspondiente, cada línea debe ser identificada con un número dentro de un rombo.
- Cuadro de balance. El diagrama debe incluir un cuadro de balance de las líneas de servicios presentes que muestre flujos, presiones y temperaturas.
- Cuadro de identificación. Como cada diagrama debe ser identificado con la información del proyecto, la empresa, personal que elabora, fechas de creación, entrega y aprobación, etc.

Cada empresa o contratista estipulará si cada servicio auxiliar requerido será presentado en un diagrama independiente o pueden incluirse dos o más servicios en un mismo diagrama.

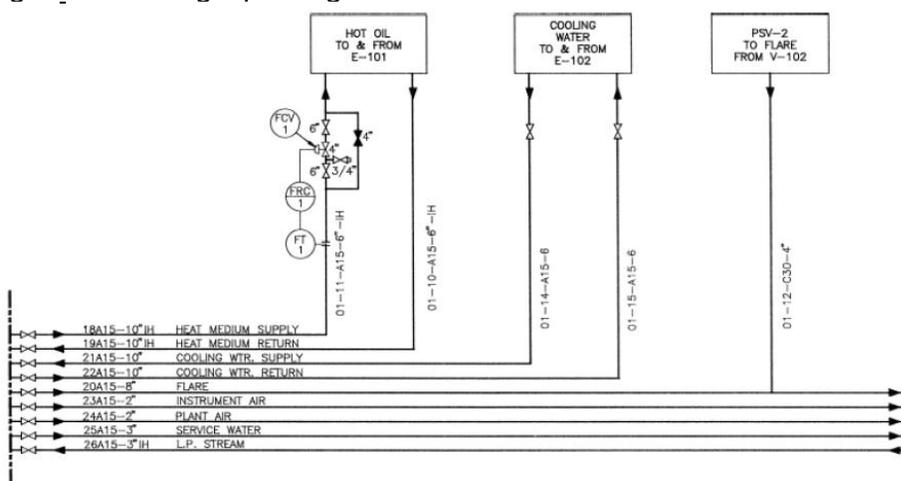
A continuación se presentan algunos ejemplos de arreglo para servicios auxiliares.

Figura 2.15 Arreglo para agua de enfriamiento.



Fuente: Diseño de platas industriales, presentación 5 - Arreglo para servicios auxiliares.

Figura 2.16 Arreglo para agua de enfriamiento.



Fuente: Diseño de platas industriales, presentación 5 - Arreglo para servicios auxiliares.

## 2.9.6 Requerimiento y Especificación de Agentes Químicos y Catalizadores.

### **Requerimiento de agentes químicos y catalizadores.**

Se deben incluir todos los químicos y catalizadores que serán utilizados, su composición, cantidad, frecuencia de dosificación, requerimientos para arranque, paro y operación normal. Asimismo, se deben incluir los puntos de inyección en la planta.

Para cada punto de inyección de químicos a la planta debe incluirse un tanque, una bomba de operación y una de relevo, así como la instrumentación requerida.

Se deben indicar los métodos y proporcionar los procedimientos para manejar, transportar y almacenar sustancias químicas inflamables, combustibles, explosivas, corrosivas, irritantes y tóxicas, utilizando métodos adecuados para disminuir el tiempo y la frecuencia de exposición de los trabajadores.

Para los catalizadores se deben indicar: requerimientos de almacenaje previo a la descarga, método de carga, tratamientos previos como presulfhidrado, guardas de protección, disposición al fin de su vida útil, sustancia soporte, nombre y proveedores recomendados por el licenciador.

Se deben incluir catalizadores de última generación, que en su formulación considere tecnología de punta y sean rentables. Además, debe indicar en su paquete de Ingeniería Básica el tipo, fabricante, cantidad, vida útil y especificaciones del catalizador que recomienda. El catalizador seleccionado debe operar de acuerdo a las especificaciones del licenciador de tecnología. Debe considerarse la regeneración del catalizador fuera de la planta por otros.

### **Especificación de agentes químicos y catalizadores.**

La disposición final de los catalizadores utilizados en el proceso, al final de su vida útil, debe ser responsabilidad del Licenciador de las Ingenierías Básicas o de quien se estipule en el contrato. Se recomienda que las instalaciones no tengan la necesidad de contactar a ningún tercero para que se realice la disposición final de los catalizadores gastados. Estos deben ser sólidos inertes y neutros desde el punto de vista ambiental.

Al generar este documento se deben presentar las características generales del catalizador como:

- Tipo y contenido generales de elementos activos y soporte
- Carga de catalizador a utilizar
- Función
- Naturaleza
- Soporte
- Geometría
- Composición
- Tratamientos químicos
- Inhibidores de corrosión
- Antiespumantes
- Ciclo de vida
- Regeneración y Manejo.
- Disposición.

### 2.9.7 Filosofía Básica de Operación.

La filosofía básica de operación es el documento que complementa al diagrama de flujo de proceso en los entregables de un proyecto. La filosofía básica de operación describe el funcionamiento de todas las etapas involucradas en el proceso. La filosofía no describe en sí al diagrama de flujo de proceso, sino que complementa la información que se presenta en él, para tener una descripción total de cada aspecto en la operación de la planta.

Para elaborar este documento se debe analizar el comportamiento de la planta, definiéndose los lineamientos generales para su adecuada operación en situaciones anormales o especiales. Se deben incluir los siguientes tópicos:

- I. Generalidades.  
En este punto se debe proporcionar un análisis global del proceso, mencionando su objetivo, alcance, rendimientos y problemas intrínsecos.
- II. Variables de Operación y Control de Proceso.  
Se debe hacer la descripción del efecto que las variables de operación pueden tener en el proceso, indicándose el funcionamiento de los controles básicos del proceso para mantener dichas variables dentro de los rangos de operación seleccionados.
- III. Operaciones Anormales.  
Se deben indicar las diferentes situaciones en las que se pueden presentar operaciones diferentes a la normal:
  - a. Dependiendo de la flexibilidad de operación que se especifique en Bases de Diseño, se podrán presentar condiciones anormales o especiales de operación (cambio de carga o de capacidad, etc.).
  - b. De acuerdo a lo establecido en Criterios de Diseño, pudiera anticiparse que la planta continúe operando a paro de determinados equipos, secciones o servicios de la misma.
- IV. Procedimientos de Control Analítico.  
Se deben mencionar las corrientes que deben ser sometidas periódicamente a análisis para control de sus especificaciones, así como las pruebas que deben realizarse y los métodos de análisis.
- V. Recomendaciones para las Operaciones de Arranque, Paro y Emergencias.  
Se debe indicar la secuencia en la cual deben arrancar o parar los diferentes equipos de proceso, así como las medidas de seguridad que deben tomarse.

## 2.9.8 Planos de notas generales, Leyendas y Símbolos.

Durante esta etapa de ingeniería se deben elaborar los Planos de Notas Generales, Leyendas y Símbolos para cada Unidad de Proceso principal, auxiliar, de infraestructura complementaria, de la Integración de Plantas y equipos paquete según corresponda

En este diagrama se deben mostrar todos los símbolos empleados en los diagramas correspondientes a la ingeniería básica, esto se refiere a numerar y listar todos los diagramas de referencia que apliquen a la unidad correspondiente: Planos de localización General, los Diagramas de Tubería e Instrumentación o Integración de proceso, servicios principales y auxiliares y Diagramas de Flujo de Proceso. Incluirá los códigos de tubería: código de servicio e identificaciones y abreviaturas especiales.

Se debe presentar la simbología de tuberías y líneas de instrumentos, válvulas y accesorios en tuberías y la simbología de instrumentos, indicándose además la identificación de instrumentos, los elementos de medición y las notas generales que aplican en los diagramas de Tubería e Instrumentación o Integración.

Todos los planos de notas generales generados deberán ser iguales en simbología y nomenclatura.

A continuación se presenta la nomenclatura más común para sistemas de controle instrumentación, así como algunos de los símbolos utilizados.

Figura 2.17 Simbología para válvulas.

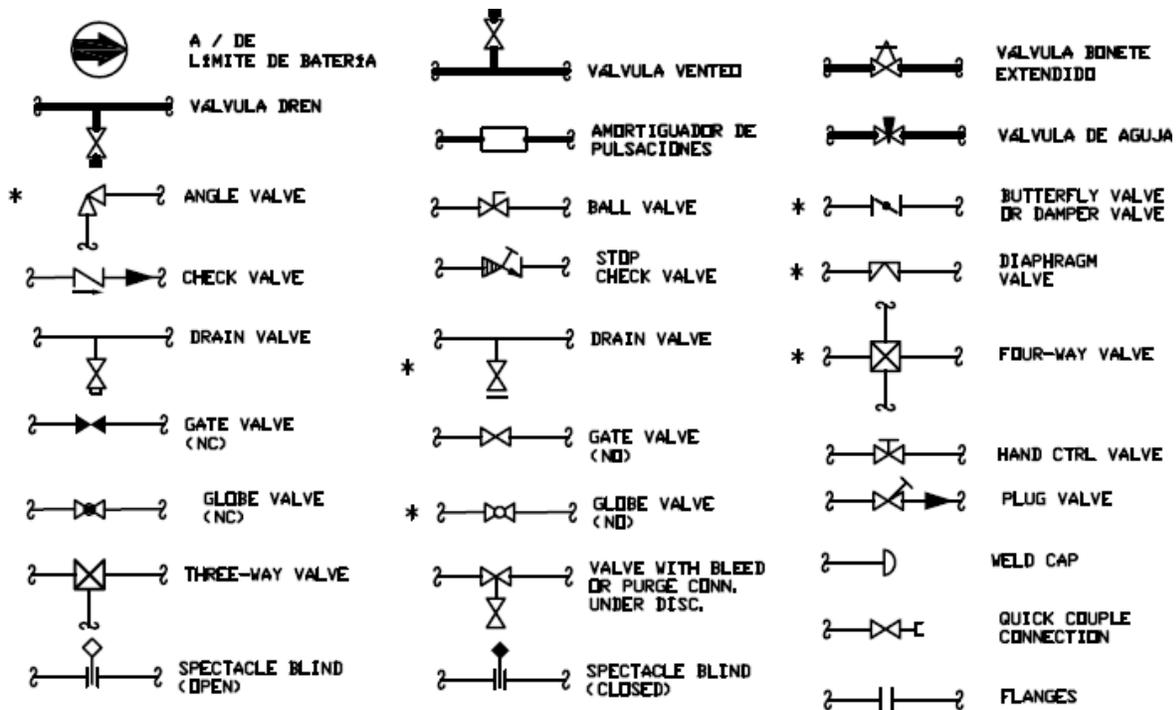


Figura 2.18 Simbología para válvulas. (Continuación)

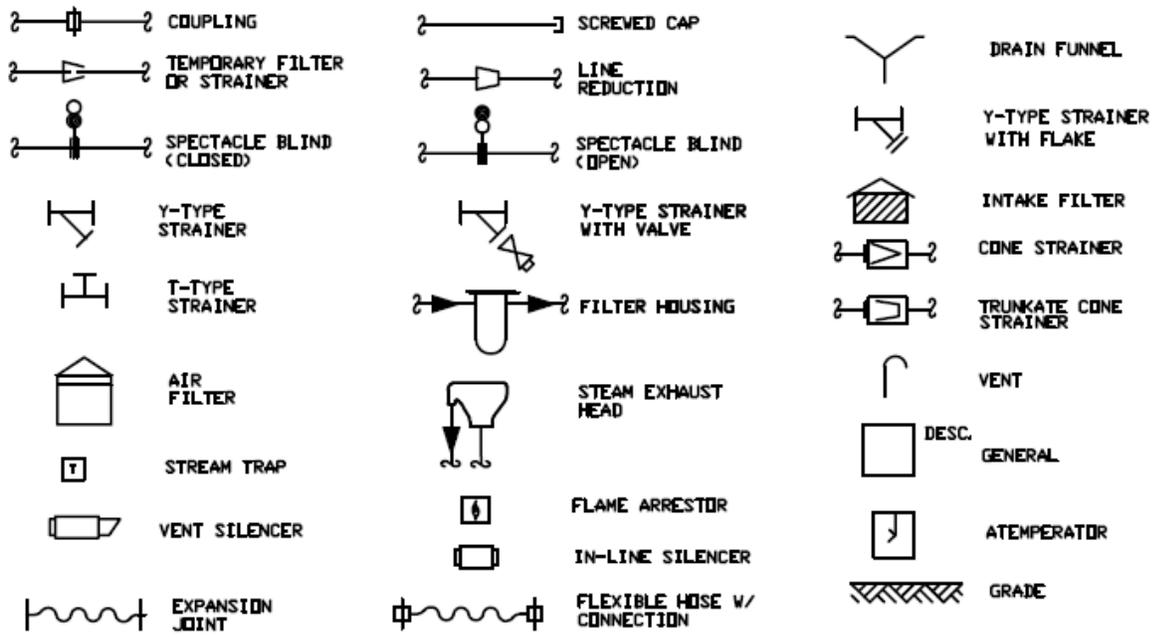
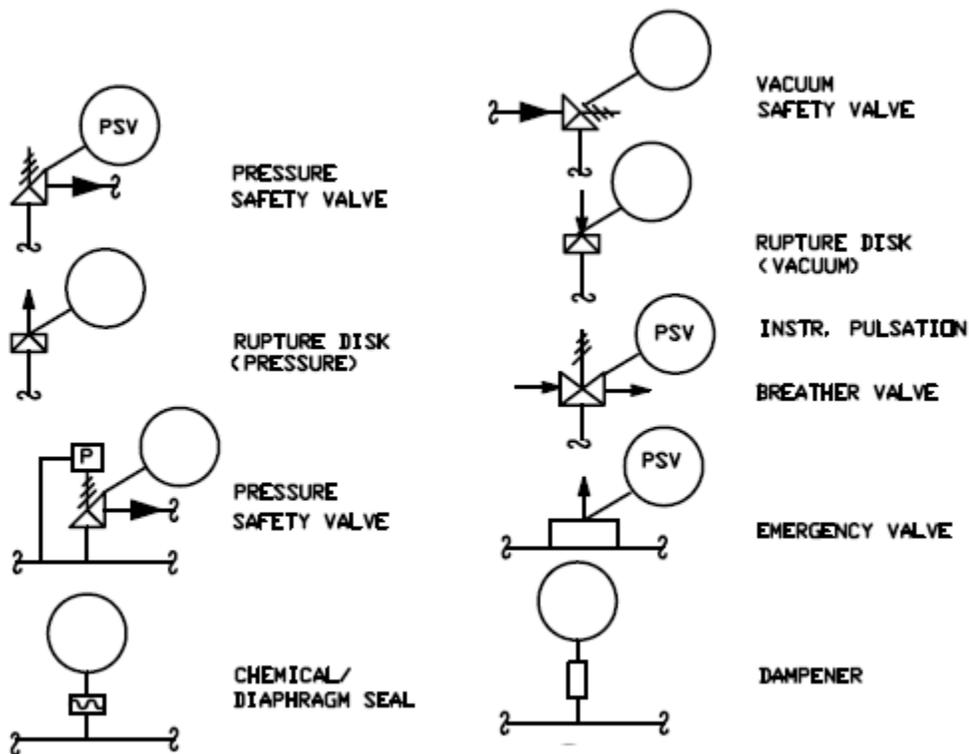


Figura 2.19 Simbología de válvulas e instrumentos



A continuación se presenta una relación de los entregables mínimos necesarios dentro de la ingeniería básica para plantas de proceso.

Figura 2.20 Relación de Entregables dentro de la Ingeniería Básica.

"RELACIÓN DE ENTREGABLES DE INGENIERÍA BÁSICA PARA PLANTAS DE PROCESO PRINCIPALES DEL PROYECTO EN LA ETAPA DE DESARROLLO DE INGENIERÍA BÁSICA Y BÁSICA EXTENDIDA" REV. 1	
INGENIERÍA BÁSICA	DOCUMENTOS MÍNIMOS NECESARIOS QUE DEBEN SER ENTREGADOS POR LOS LICENCIADORES
<b>INGENIERÍA DE PROCESO</b>	
Bases de Diseño de Ingeniería Básica	X
Criterios de Diseño	X
Descripción del Proceso	X
Lista de Equipo	X
Balance de Materia y Energía	X
Requerimiento de Servicios Auxiliares	X
Requerimientos de Agentes Químicos y Catalizadores	DE ACUERDO AL PROYECTO
Especificación de Catalizadores, Manejo y Disposición	DE ACUERDO AL PROYECTO
Diagramas de Flujo de Proceso	X
Filosofía Básica de Operación	X
Arreglo General de Equipo	X
Hojas de Datos de Equipos de Proceso	X
Información Complementaria para el Diseño de las Tuberías y los Instrumentos.	X
Lista de Equipo Crítico, Propietario y de Fabricantes para Preservar las Garantías del Licenciador	X
Sumario y Descripción de Efluentes Residuales y Emisiones, incluyendo los Procesos de Disposición.	X
Especificaciones Generales y Prácticas de Ingeniería	DE ACUERDO AL PROYECTO
Especificación de Paquetes de Equipo de Proceso	DE ACUERDO AL PROYECTO
Manual de procedimientos de Control Analítico incluyendo Requerimientos e Insumos de Laboratorio	DE ACUERDO AL PROYECTO
Plano de Notas Generales, Leyendas y Símbolos	X
Diagramas de Tubería e Instrumentación de Proceso (DTI's)	X
Lista de líneas de proceso	X
Diagrama de Selección de Materiales	DE ACUERDO AL PROYECTO

Fuente: PEMEX, Descripción Del Contenido De Entregables De Ingeniería Básica Y Básica Extendida, Anexo 8.2, Rev. 3

## **CAPÍTULO III.**

# **METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE DEL PROYECTO DE INGENIERÍA.<sup>3</sup>**

---

---

---

<sup>3</sup> La Metodología para desarrollar la línea base de ingeniería básica, tiene como sustento y referencias, las ponencias y material desarrollado por la ingeniera Leticia Lozano Ríos. En la Maestría de ingeniería y Administración de Proyectos en la Universidad Nacional Autónoma de México.

## 3.1 EL CONTRATO.

El contrato es el documento base del proyecto de ingeniería, en el contrato se conjunta todo aquello que conformará el alcance de las Instalaciones y el alcance de los servicios acordados. <sup>[33]</sup>

En el contrato se debe definir la manera en que el contratista y el cliente han convenido administrar la ejecución del proyecto y la forma de pago. Establece las “reglas del juego” para la administración del proyecto. Define el límite de responsabilidad de cada una de las partes durante el proceso de ejecución. <sup>[33]</sup>

Al elaborar el contrato para el proyecto industrial se debe proporcionar una visión general de puntos importantes durante la administración y la ejecución del proyecto.

Algunos objetivos primordiales del contrato son los siguientes:

- Controlar el avance, el costo, el programa y evitar incurrir en riesgos.
- Mejorar el desempeño con el cliente en la ejecución de los dos aspectos contractuales que ocasionan la mayoría de los problemas:
  - Emisión de notificaciones (revisión / aprobación de documentos, cambios de alcance, retrasos no imputables al Contratista, eventos relacionados con los seguros, etc.).
  - Ejercer los derechos de contratista como: fuerza mayor, modificaciones al contrato, solicitud de órdenes de cambio, etc.) .
- Reconocer que el contrato es la base para la administración del proyecto.

El desempeño del contrato dependerá de la correcta estructura que se le haya dado, de lo completo que se encuentre su estructura, es decir, que absolutamente todos los aspectos de la planeación y ejecución del proyecto queden sentados, alcance, responsabilidades, metodologías y procesos a seguir, pagos, riesgos, acuerdos, penalizaciones, etc.

De acuerdo con esto, una vez firmado el contrato, no hay contratos buenos (entiéndase muy favorable para el contratista), ni malos (poco favorable para el contratista), sino únicamente representan los compromisos pactados que deben cumplirse. Así que un contrato “bueno” no puede resolver todos los problemas, ni un contrato “malo” crea problemas que de otra manera no existirían.

A final de cuentas el desempeño sobresaliente de un trabajo durante el tiempo de vida del proyecto puede superar un contrato “malo”, aunque también es posible que un contrato “bueno” pueda ayudar a resolver los problemas suscitados a lo largo del proyecto. Lo más importante es saber cómo administrar el contrato establecido.

### 3.1.1 La Documentación.

La documentación que soporta al proyecto es de suma importancia, se debe Implantar el archivo accesible de los documentos del contrato, así como la correspondencia y los documentos emitidos durante la fase de licitación.

Como parte relevante del soporte que la documentación representa, se debe ordenar toda la documentación del proyecto durante la vigencia del contrato de acuerdo con los requerimientos del cliente.

Todos los documentos deben estar fechados y tener incluido el número de la revisión, estar firmados y contar con las iniciales del originador, las páginas deben estar numeradas y no tener espacios en blanco. Todo esto asegura un correcto desempeño del contrato y así un correcto desempeño del proyecto.

Todos los involucrados en el Proyecto son responsables de producir, de manera oportuna, la documentación requerida y distribuir oportunamente los documentos que deben ser comprendidos a fondo por el equipo del proyecto.

Algunas actividades que deben documentarse y archivarse durante la vigencia del contrato son:

- Aprobaciones, instrucciones y decisiones emitidas por el cliente.
- Notificaciones de cumplimiento de eventos clave.
- Minutas de las reuniones internas.
- Minutas de las reuniones del contratista con el cliente, proveedores y subcontratistas.
- Acuerdos tomados en las revisiones del modelo 3D.

### **3.1.2 Aspectos comerciales del contrato.**

El control del programa de ejecución, presupuesto y alcance es responsabilidad de todo el equipo del proyecto; el gerente del proyecto usa el control de proyectos como la herramienta para analizar la información de planeación y control, la información proporcionada por el equipo y generar los reportes que le permitan tomar decisiones efectivas durante la administración del proyecto, para así asegurar el cumplimiento del contrato. <sup>[33]</sup>

#### *I. Alcance de Servicios e Instalaciones.*

Todo el personal debe conocer con claridad el alcance de las instalaciones, el suministro y entregables en su área de competencia, ya que solo de esta manera van a poder llevar control del proyecto.

La definición precisa del alcance de los servicios y de las instalaciones, contribuye a una administración efectiva del contrato, ya que generalmente las ambigüedades en estos documentos ocasionan la generación de cambios, insatisfacción del cliente y reclamos.

#### *II. Pagos.*

Cada disciplina debe desarrollar su plan de ejecución para cumplir con los eventos clave de acuerdo con el programa del proyecto. Se debe dominar el procedimiento para emitir facturas/estimaciones (plazo para presentarla, formato, plazo para recibir los pagos, pago de intereses, etc.).

Los encargados deben difundir al equipo de proyecto si hay pago de incentivos, bono por terminación temprana por desempeño superior al garantizado, como por menor consumo de energía o de agua durante la construcción, etc.

Hay que cumplir con los aspectos del manejo del contrato (proporcionar oportunamente los soportes del avance de los trabajos, elementos necesarios para la facturación, etc.) y no sólo con los aspectos de la ejecución del proyecto.

Por seguridad de ambas partes involucradas se debe documentar oportunamente el cumplimiento con cada evento de pago y vigilar que se cumplan los eventos de pago de acuerdo con el programa pactado, (alcance original y órdenes de cambio).

### *III. Seguros durante la ejecución del proyecto.*

En el contrato se deben difundir qué seguros se requieren, tanto del contratista como del cliente (automóviles, transporte de equipos, daños a las instalaciones, etc.). Por supuesto los seguros deben estar vigentes en el momento en que los trabajos vayan a iniciarse.

Conocer el proceso de reclamos a la compañía de seguros, preparar una guía para ello y conocer la cobertura (y las exclusiones) de los seguros y el procedimiento (plazo, importe del deducible, formatos, etc.) para notificar un siniestro a la aseguradora.

Ningún trabajo debe realizarse si no se cuenta con el seguro correspondiente. Dentro de la organización es conveniente preparar una carpeta con las pólizas de seguro, datos claves y los formatos de reclamos para cada asegurador. Si no tiene la certeza de que el siniestro está cubierto por el seguro, se deben entregar los formatos a la aseguradora dentro del plazo establecido. (Es preferible que la aseguradora rechace el reclamo si no procede, que dejar pasar el plazo de presentación de la documentación de un evento asegurado).

### *IV. Administración de Cambios.*

Otro aspecto importante es definir claramente el alcance de los trabajos en las órdenes de cambio, de lo contrario se puede generar una controversia innecesaria del cliente con el contratista. Se debe ser reiterativo desde inicio y durante la ejecución del proyecto con el personal clave en cuanto a la identificación, documentación y autorización de los cambios de alcance, la deficiencia en el manejo de esta parte del contrato es una de las principales causas de una terminación tardía y con sobre-costos, que en ocasiones impactan la rentabilidad del proyecto, tanto al cliente como al contratista.<sup>[33]</sup>

Conocer los términos y condiciones para notificar y procesar una orden de cambio, es de suma importancia para evitar confusiones dentro del proyecto, esto indica que se deben identificar las personas de la organización del cliente y del contratista que están autorizadas a aprobar un cambio, ya que serán aquellas que deberán proceder en caso de ser necesario.

Sustentar en el contrato todo lo relacionado con la gestión de cambios, implica también establecer canales y procedimientos de notificación de órdenes de cambio, evitar cambios tardíos que adicionalmente impacten el tiempo y costo y probablemente generarían dificultades en la conciliación con el cliente y el contratista.

Es de suma importancia mencionar, que no se deben iniciar trabajos ni suministros adicionales sin tener aprobada la orden de cambio correspondiente. Todas las órdenes de cambio deben formalizarse con las autorizaciones correspondientes.

#### V. *Resolución de Disputas de Arbitraje.*

Aunque lo ideal en un proyecto sería evitar al cien por ciento los conflictos y disputas, es casi una constante que éstos se presentarán, por ello se debe conocer el procedimiento para la resolución de disputas.

Dentro del contrato se establecen dichos procedimientos, así como el procedimiento para llevar a cabo un arbitraje en caso de ser requerido. Se establecen los procesos para crear y contestar comunicaciones, de tal manera, que puedan usarse en un futuro arbitraje si fuese necesario.

Un reclamo es el desacuerdo entre las partes con respecto al alcance, al precio y/o el tiempo para la ejecución de los trabajos, particularmente en las órdenes de cambio. Es de vital importancia para el buen cause del proyecto evitar los reclamos, y debe ser la estrategia preferida, esto solo se conseguirá si se trabaja con estricto apego a los términos contractuales. Las disputas y reclamos se pueden se puede presentar también con proveedores y subcontratistas.

### 3.1.3 Procedimientos del Contrato.

**Idioma y Comunicación.** En el contrato se establece el idioma en que debe ser producida la documentación del proyecto. Se especifican los documentos que requieren ser elaborados en español, necesarios para la tramitación de permisos, independientemente del idioma establecido para el resto de la documentación del proyecto.

En esta sección se tiene que aclarar con el contratista cualquier excepción al idioma del contrato y establecer procedimientos de comunicación desde el inicio del proyecto.

**Aprobaciones.** Elaborar el listado de documentos de ingeniería, procuración y construcción que requieren revisión o aprobación, considerando que otros documentos son emitidos sólo para revisión, para información o para comentarios. Posteriormente se implanta el procedimiento de revisión/aprobación, que consiste en fechas para entregar los documentos, plazo que tiene el cliente para devolverlos y periodo para considerarse aprobados. Este punto también involucra formalizar y cumplir con el programa de entregas al cliente.

**Notificaciones.** Entendemos una notificación como el informe al cliente de ciertas acciones o eventos en la manera establecida previamente. Se elabora un programa de reportes mensuales u otros. Estos deben incluir:

- Emisión de documentos para revisión / comentarios
- Solicitud de órdenes de cambio.
- Notificaciones de: cumplimiento de eventos clave, retrasos, suspensiones, eventos de fuerza mayor, terminación, transferencia de las instalaciones y terminación del contrato.

Una notificación extemporánea es una renuncia al derecho otorgado en el contrato. Lo antes mencionado también es aplicable en la relación contractual entre el contratista y sus proveedores y subcontratistas.

### 3.1.4 Ejecución del Contrato.

**a) Programa.** Al momento de ejecutar el contrato se debe seguir un programa establecido en el que se identifiquen los eventos críticos sujetos a retención, multas o penas convencionales. De acuerdo con lo pactado los requisitos para la aceptación por el cliente de un evento crítico deben ser conocidos. La falta de atención estrecha a los requisitos antes mencionados puede resultar en pérdida o retraso de pago, imposición de sanciones, e incluso hasta la terminación del contrato.

Dentro del programa se tiene la responsabilidad de dominar el programa y las interfaces con el cliente, con otras disciplinas, contratistas y con terceros. Mantener la atención al cumplimiento en las interfaces de alcance, suministro y servicios facilita la ejecución.

**b) Permisos.** Tanto cliente como contratista deben conocer los permisos que debe obtener y definir responsables de tomar acciones y fechas en que deben realizarse.

Los permisos a cargo del cliente deben recibirse de acuerdo con lo establecido en el programa, presentar oportunamente a las autoridades las solicitudes de permisos y dar seguimiento implacable para su obtención así como entregar los reportes a las autoridades de acuerdo con los requerimientos de cada permiso.

**c) Códigos, Normas y Garantías de desempeño.** Una vez plasmado en el contrato las normas, códigos y estándares que se van a seguir durante la ejecución del proyecto se aplica revisión y edición de los códigos y normas de acuerdo con la fecha de referencia establecida. La aplicación de un código o norma cuya versión, revisión o edición sea posterior a la fecha de referencia estipulada en el contrato, requiere la aprobación de una orden de cambio.

Como aseguramiento del desempeño del proyecto y el proceso es importante definir todos los procesos y sus valores garantizados como la capacidad, el consumo térmico, consumo de servicios auxiliares, emisiones a la atmósfera, ruido, consumo de químicos o materia prima, etc. Establecer los procedimientos especificados para realizar las pruebas de desempeño es fundamental.

### 3.1.5 Tipos de Contrato.

Durante el capítulo se han mencionado diversos aspectos generales que un contrato debe contener, sus objetivos, sus ventajas y sus puntos críticos. Pero para la ejecución de un proyecto IPC, o proyectos independientes de ingeniería, o de construcción, el tipo de contrato que se acuerde entre cliente y contratista será vital para un correcto desarrollo del proyecto y que ambas partes consigan alcanzar los objetivos estipulados con la menor cantidad de inconvenientes.

El riesgo compartido entre el cliente y el contratista está determinado básicamente por el tipo de contrato que se acuerde, aunque se tenga un acuerdo contractual preferido, fomentado y a menudo exigido por la mayoría de los clientes, en determinadas ocasiones otra forma de contrato puede ser más conveniente para el proyecto.

El tipo de contrato a usar, así como los términos y condiciones específicos, determinan el grado de riesgo asumido por el cliente y el contratista.

De manera general, todas las relaciones legales contractuales se encuadran en una de las tres siguientes grandes categorías:

- Contratos de Precio Fijo o Precio Alzado.
- Contratos a Libro Abierto (Open Book – OBE).
- Contratos a Precios Unitarios.

También pueden usarse combinaciones entre ellos, tanto en las diferentes etapas de ejecución del proyecto, como: reembolsables con máximo garantizado o con utilidad fija, etc.

### **I) Contrato a Precio Alzado.**<sup>[37]</sup>

De acuerdo a lo dispuesto en el Código Civil Federal, el contrato de obra a precio alzado es aquel por el que una persona, (empresario o contratista), se obliga a ejecutar una obra en beneficio de otra, quien se obliga a pagar por ella un precio cierto, en donde el objeto de este contrato es la obra concluida y ejecutada; y por regla general el precio pactado que hayan fijado las partes, es inalterable, salvo el caso de excepción que legalmente se consigne en el acuerdo de voluntades. En dichos convenios, el precio de la obra se pagará al entregarse ésta, salvo convenio en contrario.

El contrato a precio alzado tiene como característica principal que el precio de los bienes o servicios se fija al inicio del proyecto y no está sujeto a cambios, salvo que se modifique el alcance del trabajo.

Cualquier incremento de costos por causa de un desempeño adverso es responsabilidad del contratista, quien está obligado a terminar el proyecto.

En este tipo de contratos el cliente debe especificar con precisión el producto o servicios que se adquirirán y cualquier cambio puede derivar en un aumento de costos, plazos de ejecución y cambio en las garantías.

Los contratos a precio fijo pueden incluir incentivos financieros para quienes alcancen o superen objetivos seleccionados del proyecto, como reducción en las fechas de entrega programadas, reducción de costos y desempeño técnico en aspectos de calidad, seguridad y protección al ambiente. Así mismo en equivalencia se presentan penalizaciones al contratista si no se cumple con los compromisos pactados en el contrato.

El contratista al desarrollar un proyecto mediante un acuerdo contractual a precio alzado debe dominar y conocer a la perfección la tecnología y alcances del proyecto para lograr un alto desempeño y evitar sobrecostos o retrasos que en caso de incurrir en estos, será el mismo contratista quien absorberá el gasto. A su vez el cliente debe estipular con el contratista de manera exacta, la calidad con que debe desarrollarse cada entregable y trabajo contratado y así evitar deficiencias en el trabajo del contratista.

Este tipo de contrato a precio alzado suele ser preferido por los contratistas ya que evita la intrusión del cliente en información y metodologías ocupadas por quien lleva a cabo el proyecto.

## **II) Contratos a Libro Abierto.** <sup>[45]</sup>

Durante la vida de los proyectos y las relaciones cliente – contratista la evolución contractual ha buscado dar a las partes contratantes mayor certeza en la obtención de las mejores condiciones contractuales. Esta búsqueda ha llevado a la formalización de contratos bajo la modalidad conocida como libro abierto u OBCE u OBE por su nombre en inglés, *open book cost estimate*.

El contrato OBE o a libro abierto, ha adquirido popularidad porque le permite al cliente obtener un precio competitivo por la transparencia en el manejo de los costos y representa una ventaja que no tiene ninguna otra modalidad de contratación.

La contratación a libro abierto conlleva dos fases, a los que adicionalmente se pueden incluir los requisitos genéricos de todo proceso de contratación.

*Fase 1:* Cliente y contratista conjuntamente definen el alcance del proyecto a fin de lograr el estimado de un precio máximo garantizado, y tienen absoluta transparencia en:

- El desarrollo de las ingenierías básicas y de detalle.
- La selección de proveedores.
- La preparación de órdenes de compra.
- Costos directos del proyecto (cotizaciones de proveedores).
- Sobrecostos.
- Metodologías de ejecución de construcción.

Los pagos efectuados al contratista en esta fase serán acordados como gastos reembolsables.

*Conversión:* En este punto del proyecto se hace el cierre del libro, esto debe contener una definición del precio máximo garantizado obtenido en la Fase 1, si fuera el caso se realiza la colocación de órdenes de compra, el programa de ejecución y se formaliza el contrato de construcción.

*Fase 2:* Esta etapa comprende la ingeniería complementaria, la procura de equipo menor y materiales. También dentro de esta etapa se lleva a cabo la construcción, pruebas y arranque.

En la modalidad a libro abierto el contratista debe compartir con el cliente todos los costos que se generan por la obra a contratarse, cotizaciones de equipos, de materiales, de maquinaria, etc. Contratista y cliente participan de manera conjunta en la elaboración de estimaciones.

El contratista sigue siendo responsable de su productividad, organización administrativa, de la supervisión, de sus proveedores, sus subcontratistas, etc., mientras que el cliente mantiene sus tareas de revisor de calidad y de cumplimiento de especificaciones técnicas. Las metodologías de ejecución de construcción del contratista son revisadas y convenidas en conjunto con el cliente.

Una ventaja importante es que el cliente puede decidir no continuar con la obra con el mismo contratista o bien sólo utilizar los entregables generados en la Fase 1.

Este tipo de contratación debe apoyarse de buenas prácticas y metodologías para desarrollo de proyectos, que estipulen perfectamente las etapas del mismo y planteen

un proceso de aceptación para cada cambio de fase que el proyecto involucre. Algunas metodologías útiles son las establecidas por el PMI, IPA, SIDP y la metodología FEL. Este tipo de contrato pronostica una nueva etapa en la contratación de obras de construcción en el país.

### ***III) Contrato por Precios Unitarios.***

Generalmente en la etapa de construcción se establece un contrato a precios unitarios, cuando los conceptos del trabajo están definidos, pero el volumen de los conceptos de la obra no, de esta manera se establece un precio por unidad de concepto construido y se paga de acuerdo con el volumen.

Este tipo de contrato requiere una supervisión estricta del cliente al contratista para que sea efectiva la calidad del producto o servicio.

El plazo de ejercicio es variable y se establece una vez que los volúmenes de obra se especifican claramente. Los contratos por precios unitarios son efectivos en proyectos de construcción como gaseoductos o infraestructura.

## 3.2 DEFINICIÓN DE ALCANCE DEFINITIVO.

Definir el alcance en la etapa de ingeniería básica no difiere en concepto con lo explicado de alcance preliminar en el capítulo I, la diferencia radica en los trabajos que deben ser incluidos de acuerdo a los objetivos del proyecto, y es que una vez desarrollada y acreditada la etapa de visualización del proyecto, se debe desarrollar un alcance definitivo del proyecto, el cual será la base para generar la estructura de trabajo, y a su vez el plan y programa del proyecto. Este alcance debe describir todos los entregables de ingeniería que deban conformar el libro de proyecto de la ingeniería básica como parte de la información técnica y un conjunto de aspectos que definen por completo al proyecto dentro de la etapa.

Para esta etapa, ya se debe contar con el tecnólogo definitivo y la ubicación de las instalaciones, las bases de usuario y los objetivos del negocio. De igual forma que en la etapa de visualización, el grado de definición del alcance se debe determinar con una nueva evaluación del PDRI.

Para alcanzar la madurez necesaria del alcance en esta etapa el alcance definitivo debe incluir la siguiente información técnica.

- Planta con capacidad de carga y producción.
- Lista de equipos mayores dimensionados, con materiales y condiciones de operación.
- Diagrama de Flujo de Proceso definitivo.
- Plano de Localización General Definitivo.
- Diagrama de Tubería e instrumentación.
- Balance de materia definitiva.
- Plan y programa de Ejecución definitivo.

### 3.2.1 Índice de Contenido de Alcance Definitivo. <sup>[34]</sup>

- I. Objetivos de negocio.
- II. Objetivos del proyecto.
- III. Descripción de productos y servicios.
- IV. Restricciones.
- V. Descripción del proyecto:
  - Descripción de instalaciones.
  - Unidades de proceso y capacidades (principales equipos).
  - Servicios auxiliares.
  - Preparación de materias primas.
  - Logística en el manejo de materias primas y productos.
  - Almacenamiento.
  - Integración en áreas existentes.
  - Obras fuera de sitio.
  - Criterios de aceptación de bienes y servicios.

A continuación se presenta una breve descripción del contenido de cada punto en el índice del alcance definitivo.

- I. **Objetivos de negocio.** Objetivos y beneficios esperados por la realización del proyecto, lo justifican y permitirán verificar su éxito en la evaluación ex - post. Deberán describirse en términos de negocio, ser específicos, medibles, realizables, acordados con las distintas áreas que pueden afectar o verse afectadas por el proyecto, realistas, con una fecha de terminación y alineados con el plan y caso de negocio.
- II. **Objetivos del proyecto.** Principales entregables del proyecto (estudios, ingenierías, procura, construcción e instalaciones), fecha y estimado de costo de terminación.
- III. **Descripción de los productos y servicios.** Productos y servicios que se generarán durante el proyecto, tales como estudios, ingenierías, procura de equipos, acondicionamiento de terrenos, construcción, instalación, pruebas y arranque.
- IV. **Restricciones.** Limitaciones al proyecto en recursos como de personal, económicos, tiempo, materiales o equipos.
- V. **Descripción del proyecto.** Descripción de los elementos incluidos y excluidos en el proyecto en:
  - Una estructura de descomposición de las principales secciones de productos y servicios que generará el proyecto.
  - Un diagrama de flujo y descripción del proceso o servicio que producirá el proyecto.
  - La estructura de descomposición de los principales equipos y componentes del proyecto y su estimado de costo alineado al entregable respectivo.
  - La descripción del alcance definido de acuerdo a la etapa en la que se encuentre el proyecto y el grado obtenido por la evaluación PDRI.

El índice “Project Definition Rating Index” (PDRI) del Instituto de la Industria de la Construcción de USA (CII) ha sido ampliamente aceptado como una herramienta para medir el nivel de la definición de un proyecto industrial, de ductos o infraestructura, y además se correlaciona con la probabilidad de desviaciones de costo y tiempo del proyecto. Es por ello que se debe incluir la definición alcanzada del proyecto en la etapa correspondiente. <sup>[28]</sup>

Para este efecto, se requiere calcular el índice del PDRI que el proyecto ha alcanzado en la etapa que se evalúa. Una vez obtenido el valor del índice del PDRI, se lleva a cabo el análisis complementario para la ejecución del proyecto (después del tratamiento) y eso se asocia con el riesgo que se deriva del nivel de definición del proyecto. <sup>[9]</sup>

El nivel de definición con el valor del PDRI del proyecto e impacto del nivel de definición con un valor de PDRI de 200 corresponde a la mejor práctica para salir a licitación de la obra. [44]

El PDRI está basado en 70 elementos que determinan el nivel de definición del alcance, organizados en 3 secciones que contienen 15 categorías, en un formato que consiste en una hoja de puntuación con valores que ponderan la importancia relativa de los elementos. [44]

Los siguientes son los criterios a considerar para las calificaciones que pueden ser aplicadas al evaluar el PDRI según la disponibilidad y el nivel de definición de cada documento.

Tabla 3.2 Criterios para puntuar el PDRI.

0		No aplicable al proyecto en ninguna de sus fases.
1	A	Documentos de ingeniería disponibles en versión final que considera revisión multidisciplinaria e inclusión de ajustes resultantes.
	B	Documentos de ingeniería que no se modificarán durante las etapas siguientes.
2	A	Documentos con alcance completo en versión Para Aprobación por el cliente, emitido por el desarrollador de la ingeniería.
	B	También se considera este nivel para aquellos documentos que cumplen con los requisitos del nivel 1, exceptuando las firmas y/o que pudieran presentar deficiencias menores.
3	A	Documentos con información preliminar o incompleta.
	B	Documentos que, aun llevando la firma de sus autores y la de autorización del Equipo de Proyecto, presentan deficiencias importantes de contenido, completitud, cumplimiento de normas, estándares, especificaciones, bases de diseño o bases de usuario.
4	A	Documentos con información esquemática o descriptiva sin definiciones numéricas.
	B	Documentos que presentan sólo criterios o lineamientos relativos a la elaboración del documento.
	C	Documentos cuya información aparece dispersa y no estructurada.
	D	Documentos que se encuentran en ajustes por el equipo de proyecto, por recomendaciones de la supervisión o verificación para validación.
5		Documento requerido no disponible. (se encuentre o no en elaboración)

Fuente: *Petróleos Mexicanos, Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, 2015.*

La descripción de los elementos del alcance de proyecto se hará básicamente para:

- a. **Unidades de proceso.** Principales equipos o instalaciones que serán integrados al proceso productivo del proyecto y sus respectivas capacidades.
- b. **Servicios auxiliares.** Instalaciones requeridas en el proyecto para suministrar los servicios auxiliares a las unidades de proceso.
- c. **Preparación de materias primas.** Requerimientos de procesamiento de materias primas previo al proceso de producción.

- d. **Logística en el manejo de materias primas y productos.** Instalaciones de logística requeridas para el manejo de las materias primas, productos, subproductos y efluentes generados en el proceso.
- e. **Almacenamiento.** Instalaciones para almacenar materias primas, productos intermedios y finales, derivadas de la producción y logística del proyecto.
- f. **Integración de áreas de proceso futuras. Disparos y preparativos para interconexión con unidades de proceso, equipos o instalaciones futuras.**
- g. **Integración con áreas existentes.** Interconexiones de unidades nuevas con procesos y servicios auxiliares de instalaciones existentes.
- h. **Obras fuera del sitio (offsites).** Infraestructura, elementos de proceso, servicios auxiliares y de integración externa al sitio que serán requeridos para el desarrollo del proyecto.
- i. **Obras excluidas del alcance del proyecto.** Instalaciones que tienen alguna relación con el proyecto, pero que no están incluidas dentro alcance del mismo.

VI. **Criterios de aceptación de bienes y servicios.** Indicar los criterios con los que se evaluarán los elementos del proyecto a fin de asegurar que cumplen con los objetivos de diseño y de negocio del proyecto.

Una vez concluido el alcance definitivo del proyecto, debe ser aprobado, dicha aprobación se formaliza elaborando la *Declaración del Alcance*, el cual debe ser revisado y aprobado por el supervisor y el gerente del proyecto, a sí mismo debe tener la aprobación del cliente. *La Declaración del Alcance* es un elemento de suma importancia para realizar el proceso de acreditación y lograr conducir satisfactoriamente el proyecto entre cliente y contratista.

### 3.3 PLAN DE EJECUCIÓN DE INGENIERÍA. <sup>[34]</sup>

Durante el desarrollo de proyectos, planear, programar y controlar el rumbo del proyecto es de suma importancia. Se deben realizar diversas actividades que organicen y describan los métodos, procesos, duraciones, estrategias y gestiones que estarán involucradas en el proyecto.

El plan de ejecución es parte fundamental para lograr los objetivos del proyecto, en este se describe el “¿Cómo?” de cada actividad en el proyecto y va sumamente relacionado con la declaración de alcance definitivo.

El plan de ejecución del proyecto es el documento que tiene como objetivo comunicar al equipo un resumen del trabajo planificado en forma estructurada de todo aquello que se debe realizar para cumplir con los objetivos del proyecto, así mismo tiene como propósito establecer y comunicar los métodos, estrategias y modos en que dichos objetivos deben ser realizados.

De acuerdo al PMI, el plan para la dirección del proyecto es el documento que describe el modo en que el proyecto será ejecutado, monitoreado y controlado, e Integra y consolida todos los planes y líneas base secundarios de los procesos de planificación.

Dichas estrategias que conforman el plan, parten de la declaración de alcance y el contenido que ha sido aterrizado en el WBS, estos elementos sirven para alinear el desarrollo del trabajo. De esta forma se garantiza que el equipo de trabajo estará informado de las estrategias de la empresa y el desarrollo del proyecto será bajo las condiciones de calidad y tiempo acordadas entre cliente y contratista.

De esta forma el Plan de ejecución se vuelve un elemento fundamental para establecer la línea base del proyecto y así homogeneizar la toma de decisiones dentro del equipo de proyecto.

Algunos de los criterios que debe definir completamente el plan de ejecución son:

- Todos aquellos que van a participar en el proyecto, junto con el momento en que lo harán y las actividades que van a desempeñar.
- Los acuerdos que describen como se ha contratado el proyecto, la forma en que será administrado y controlado.
- Definir adecuadamente las fechas y fases de transición de actividades específicas.

#### 3.3.1 Contenido del Plan de Ejecución.

Parte fundamental al desarrollar un plan de ejecución, es contar con una planeación efectiva y exitosa combinando procesos y procedimientos, de esta forma podemos establecer una secuencia que ayude a controlar y dirigir el proyecto.

Dentro de la creación del plan de ejecución, se debe asegurar el cumplimiento de procedimientos y etapas, podemos englobar dichas etapas de la siguiente manera: <sup>[46]</sup>

- Asegurar que todos los involucrados del proyecto adquieran el completo entendimiento de propósitos y objetivos del proyecto, así como un conocimiento total del alcance.
- Desarrollar una clara estrategia para alcanzar los objetivos.
- Utilizar las estrategias para desarrollar el plan detallado del proyecto.
- Cada integrante del proyecto debe conocer dicho plan detallado.
- Hacer revisiones periódicas del desarrollo logrado contra el esperado en el plan.
- Intervenir con los ajustes necesarios y consistentes para lograr apegarse a los objetivos del proyecto.

El contenido típico del plan de ejecución es: <sup>[34]</sup>

- Resumen del proyecto.
- Funciones y responsabilidades.
- Líneas Base del proyecto.
- Estrategia del Proyecto.
- Planes del proyecto.
- Puesta en marcha, operación y mantenimiento.

### ***RESUMEN DEL PROYECTO.***

Es una descripción detallada del proyecto, que incluye una declaración formal de sus objetivos, requisitos funcionales y operativos, definición del proyecto y enfoque del mismo, los cuales se describen por medio de los siguientes elementos:

- Antecedentes
- Descripción del sitio
- Objetivos del proyecto y los resultados deseados
- Alcance y exclusiones del proyecto
- Limitaciones y supuestos
- Interesados en el proyecto
- Factores clave de éxito

### ***FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.***

El Plan de Ejecución de proyecto debe describir la organización del mismo, incluyendo:

- Los detalles de todas las organizaciones involucradas en el proyecto.
- Las funciones y relaciones entre sí.
- Las responsabilidades y la autoridad delegada a ellos.
- Los nombres y responsabilidades del personal clave dentro de cada organización.

### ***LÍNEAS BASE DEL PROYECTO.***

La ejecución del proyecto sin un plan de línea base del proyecto se puede comparar con la situación de tener que llegar a un lugar desconocido en un momento determinado, y sin un mapa. Uno necesita una guía que le indica en todo momento dónde se encuentra, a dónde va y en dónde debe estar. <sup>[30]</sup>

Tales sistemas de referencia se conocen como las líneas base del proyecto, las cuales son:

- Línea base del alcance
- Línea base del cronograma
- Línea base de costos

### ***ESTRATEGIA DEL PROYECTO.***

Se debe establecer cómo se gestionará y controlará en términos de Diseño, Procura y Construcción el proyecto.

#### 1) Diseño

- Diseño de entregables y fechas claves.
- Controles de seguridad.
- Control de los cambios en los diseños y los requisitos prioritarios.
- Acuerdos para las revisiones de diseño.
- Las responsabilidades de coordinación.
- Las evaluaciones y aprobaciones.

#### 2) Procura

- La aplicación de los contratos marco.
- Asignación de alcance, riesgo y control entre los contratos.
- Contratación de los trabajos no incluidos en contratos marco.
- Fechas clave la reconciliación con el programa de diseño.
- Los procedimientos de licitación y el programa de adquisiciones.

#### 3) Construcción

- Aplicación de los programas, procedimientos y sistemas de control establecidos en las etapas de construcción.
- Logística del sitio, limitaciones, implementaciones de seguridad.
- Fechas clave.
- La administración del contrato.
- Permisos, y seguridad de la obra.
- Interfaces con los servicios públicos.
- Seguros.
- Obligaciones, fianzas y garantías.

### ***PLANES DEL PROYECTO.***

El programa maestro contiene algunos planes secundarios que definen la forma en que se gestionarán todos los aspectos del proyecto, con la intención de tener la perfecta alineación del equipo de proyecto. Los planes secundarios que se consideran en el proyecto son:

- *Plan de gestión del alcance.* Describe cómo será definido, desarrollado, monitoreado, controlado y verificado el alcance, y sus componentes son:
  - Como elaborar enunciado detallado del alcance del proyecto.
  - El proceso de creación y aprobación del WBS.
  - El proceso para la aceptación formal de los entregables del proyecto que se hayan completado.
  - El proceso para controlar las solicitudes de cambio relativas al enunciado del alcance detallado del proyecto.
  
- *Plan de gestión del cronograma.* Establece los criterios y las actividades a llevar a cabo para desarrollar, monitorear y controlar el cronograma, según las necesidades del proyecto, puede ser formal o informal, de carácter detallado o más general, e incluye los umbrales de control apropiados.
  - Desarrollo del modelo de programación.
  - Nivel de exactitud.
  - Unidades de medida.
  - Mantenimiento del modelo de programación.
  - Umbrales de control.
  - Reglas para la medición del desempeño.
  - Formatos de los informes.
  - Descripciones de los procesos.
  
- *Plan de gestión de los costos.* Describe la forma en que se planificarán, estructurarán y controlarán los costos del proyecto, así como sus herramientas y técnicas asociadas, pudiendo establecer lo siguiente:
  - Unidades de medida.
  - Nivel de precisión.
  - Nivel de exactitud.
  - Umbrales de control.
  - Reglas para la medición del desempeño.
  - Formatos de los informes.
  - Descripciones de los procesos.
  - Detalles adicionales.
  
- *Plan de gestión de la calidad.* Describe la manera en que el equipo del proyecto planea cumplir los requisitos de calidad establecidos para el proyecto, implementando las políticas de calidad de una organización.
  - El estilo y el grado de detalle del plan de gestión de la calidad se determinan en función de los requisitos del proyecto.
  - Entre los beneficios de esta revisión se consideran el obtener un enfoque más claro sobre la propuesta de valor del proyecto, así como la reducción de costos y de la frecuencia con que se retrasa el cronograma debido a retrabajos.
  
- *Plan de gestión de las comunicaciones.* Describe la forma en que se planificarán, estructurarán, monitorearán y controlarán las comunicaciones del proyecto, y puede contener la siguiente información:

- La información que debe ser comunicada, incluidos el idioma, el formato, el contenido y el nivel de detalle.
  - El motivo de la distribución de dicha información.
  - El plazo y la frecuencia para la distribución de la información
  - La persona responsable de comunicar la información.
  - La persona responsable de autorizar la divulgación de información confidencial.
  - La persona o los grupos que recibirán la información.
  - Los métodos utilizados para transmitir la información.
  - Un glosario de la terminología común.
- Plan de gestión de los riesgos. Describe el modo en que se estructurarán y se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos. Este plan cual incluye lo siguiente:
- Metodología.
  - Roles y responsabilidades.
  - Presupuesto.
  - Calendario.
  - Categorías de riesgo.
  - Definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos.
  - Matriz de probabilidad e impacto.
  - Revisión de las tolerancias de los interesados.
  - Formatos de los informes.
  - Seguimiento.

En resumen el plan de ejecución básicamente se compone de todas las estrategias que el equipo de proyecto necesita para cumplir con éxito con todas las actividades establecidas dentro del proyecto, las cuales van siendo detalladas, maduras y controladas a lo largo de su ciclo de vida, Requiere partir de analizar y seleccionar diversas alternativas de ejecución que al final marcarán el rumbo de todas la decisiones del equipo de trabajo.

## 3.4 ESTIMADO DE COSTO CLASE III.<sup>4</sup>

Durante el tiempo de vida de un proyecto, controlar todos los recursos es indispensable, cada etapa debe ser monitoreada y controlada. Uno de los elementos que permite tomar decisiones respecto a la continuación del proyecto es el estimado de costo. Como ya se mencionó en el capítulo I, hay diferentes clases de estimado, cada uno con mayor precisión y coherencia con la documentación disponible y los trabajos de ingeniería desarrollados.

Durante la etapa conceptual del proyecto, el estimado ocupado es un clase V, debido a la poca cantidad de información técnica disponible y la ausencia de ingeniería básica, pero una vez realizada la ingeniería básica del proyecto, se puede desarrollar un estimado clase IV o clase III.

El estimado de la etapa de ingeniería básica será un elemento definitorio para las decisiones involucradas en la inversión de capital en la fase de ingeniería básica extendida e ingeniería de detalle. De hecho, un estimado clase III sustenta decisiones para inversiones de construcción y puesta en operación. A continuación se describe brevemente un estimado de costo clase IV.

**Estimado CLASE IV.** También conocido como estimado preliminar, se realiza después de la etapa conceptual. Este tipo de estimado se utiliza para la planeación estratégica, el análisis de esquemas alternativos para la evaluación, selección y adquisición de tecnologías y la confirmación de la factibilidad técnico-económica.<sup>[3]</sup>

### 3.4.1 DESARROLLO DEL ESTIMADO CLASE III

El estimado de costo clase III o también nombrado estimado presupuestal, con base en la metodología FEL, podemos posicionarlo durante la etapa FEL II. De forma universal es realizado una vez que se cuenta con la ingeniería básica y es usado como presupuesto del proyecto. Debido al grado de definición del proyecto en el que se sustenta, el estimado de costo clase III deberá asumirse como el requerimiento de aplicación general para la obtención de fondos para la ejecución del proyecto.<sup>[3]</sup>

Los documentos y entregables con los que se soporta un estimado de costos clase III, son en su mayoría elaborados en la ingeniería básica, la tabla 3.1 muestra aquellos que se deben tener o aquellos que serán completados con ayuda de software especializado.

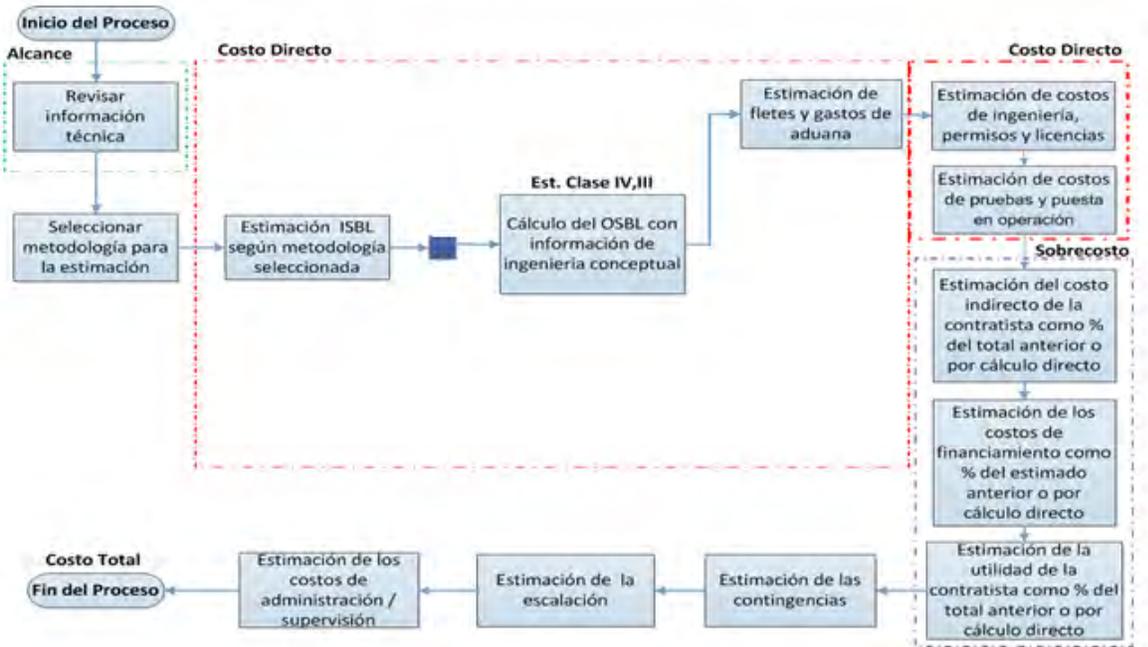
El estimado de costos clase III tiene una exactitud aproximada de +25% y -15%, el éxito en la estimación dependerá de la experiencia del ingeniero de costos y la calidad y cantidad de información técnica disponible.

Petróleos Mexicanos y el Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos proponen en su manual versión 5, el siguiente esquema para la realización del estimado de costo clase III.

---

<sup>4</sup> La metodología para estimación de costos presentada en este trabajo se base en el desarrollo propuesto por el SIDP, referencia [3], Capítulo 13, páginas 121 - 137

Figura 3.1. Metodología para estimados de costo clase III



Fuente: Petróleos Mexicanos, Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, 2015.

Los elementos considerados dentro de la metodología para realizar el estimado de costo clase III no varían con respecto al estimado clase V, la diferencia radica en la forma de calcular u obtener el costo de cada elemento.

### 3.4.2 COSTO DIRECTO DEL ESTIMADO CLASE III.

Para estas clase de estimados ya se cuenta con información técnica, de acuerdo con la tabla de información requerida para la elaboración del estimado de costo clase III que se encuentra en la tabla 3.1 de este documento. A partir de dicha información se puede usar el software *Aspen Capital Cost Estimator V8.8 (ACCE)*, para la obtención del costo directo.

La función del ACCE es recibir datos de equipos e instalaciones que conforman el alcance del proyecto, estos provenientes del desarrollo de la ingeniería conceptual y básica, junto con algunos datos provenientes de cotizaciones. El sistema a partir de su base de datos se encarga de generar un estimado del costo de los elementos simulados.

Tabla 3.1 Información requerida para elaborar el estimado de costo.

INFORMACIÓN GENERAL	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Alcance del proyecto	R	R	R	R	R
Capacidad de la Planta	R	R	R	R	R
Localización de la Planta	R	R	R	R	R
Diagramas de Flujo de procesos		R	R	R	
Dimensiones de la Planta		R	R		
Plano de Planta			R	R	R
Plano de arreglo general				R	R
Programas de actividades			R	R	R
Plan de ejecución				R	R
Diagramas de tubería e instrumentación			R	R	R
Suelos y otros datos de sitio			R	R	R
Adquisición de terreno			R	R	R
EQUIPO DE PROCESO	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Lista de equipos dimensionados		R	R	R	R
Diagramas de equipos				R	R
Hojas de datos y especificaciones de equipos			R	R	R
Precios de equipos			SE	R	R
Materiales complementarios			SE	R	R
Partes de repuesto			SE	R	R
Horas Hombre para configuración de equipos				R	R
ELÉCTRICO	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Listado de equipo eléctrico			R	R	R
Diagramas y planos eléctricos				R	R
Precios de equipo eléctrico			SE	R	R
Diagramas unifilares			R	R	R
Volumen de obra de material			SE	R	R
Precio de material eléctrico			SE	R	R
Partes de repuesto			SE	R	R
HH de eléctricos			SE	R	R
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Listado de Instrumentos			SE	R	R
Precios de instrumentos			SE	R	R
Volumen de obra de material			SE	R	R
Precios bruto de instrumentos			SE	R	R
HH de instrumentos			SE	R	R
Partes de repuesto			SE	R	R
Precio de sistema de control/SCD			SE	R	R

TELECOMUNICACIONES	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Volumen de obra de material			SE	R	R
Precios de equipos de telecom.			SE	R	R
HH de telecom.			SE	R	R
Partes de repuesto			SE	R	R
Precio de sistema de telecom.			SE	R	R
ESTRUCTURAL	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Diagramas estructurales				R	R
Edificios de estructuras metálicas			R	R	R
Volumen de obra de material			SE	R	R
Precio de estructuras			SE	R	R
HH de estructuras			SE	R	R
CIVIL	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Desarrollo del sitio			SE	R	R
Diagramas de elementos de concreto					R
Definición de obra civil			R	R	R
Edificios de concreto			SE	R	R
Volumen de obra de material			SE	R	R
Precios de concreto y trabajos de obra civil			SE	R	R
HH de concreto y obra civil			SE	R	R
TUBERÍAS	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Diagramas de tuberías				R	R
Volumen de obra de material			SE	R	R
Volumen de obra de material de válvulas			SE	R	R
Precios de válvulas			SE	R	R
Precios de fabricación de tubería fuera de sitio			SE	R	R
Precios de material de tubería			SE	R	R
HH de tubería			SE	R	R
ANTICORROSIVOS	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Volumen de obra de material			SE	R	R
Precio de recubrimientos y anticorrosivos			SE	R	R
OTROS	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Licencias			SE	R	R
Permisos			SE	R	R
Capacitación			SE	R	R
PRUEBAS Y ARRANQUE	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Materiales			SE	R	R
Pruebas			SE	R	R
Precomisionamiento			SE	R	R
Comisionamiento			SE	R	R

LOGÍSTICA DE EQUIPOS Y MATERIALES	CLASE DEL ESTIMADO				
	V	IV	III	II	I
Fletes			SE	R	R
Gastos aduanales			SE	R	R
Seguros			SE	R	R
Maniobras			SE	R	R

**SE – Sistema Estimador.**

**R – Requerido.**

Fuente: Petróleos Mexicanos, Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos, 2015.

La metodología utilizada por ACCE, emplea parte de las características del proceso y/o de las especificaciones de los equipos, ya sean calculadas por:

- Una simulación de proceso utilizando el software especializado (*Aspen Plus o Hysys*),
- Predimensionamiento de equipo proveniente de la Ingeniería Conceptual (Lista de características principales de los equipos, así como los materiales de fabricación)
- Mediante la información obtenida externamente en la Ingeniería Básica (hojas de datos de equipos, diagramas de tuberías e instrumentación, plano de localización, etc.)

Como resultado de la alimentación de los datos técnicos al software especializado en estimación de costos, se obtiene el desglose de los costos correspondientes en tubería, obra civil, estructuras, instrumentación, obra eléctrica, aislamiento y pintura, los que provienen de un archivo de precios unitarios que es actualizado periódicamente por la compañía que desarrolló el software.

Cuando se requiere estimar equipos especiales los cuales no forman parte de la base del software especializado en estimación de costos, se deben solicitar cotizaciones o presupuesto a diversos fabricantes.

En el caso de estimados de costo Clase III, se debe incluir la estimación del contenido nacional para contrataciones de obra pública, para esto se requiere contar con el desglose de cada uno de los conceptos que lo conforman, tales como equipos, maquinaria, materiales y mano de obra.

### ***I. Componentes del Estimado ACCE.***

El software ACCE al recibir la información técnica de los componentes del proyecto, permite conocer el costo de cada elemento en conjunto con todo lo adicional que se relacione, con todo el detalle que se desee obtener.

El sistema ACCE proporciona principalmente el costo directo de los equipos, así como el costo de lo calculado para tuberías, pintura, aislamiento, instrumentación, eléctrico, trabajo civil y estructuras metálicas. Con esto se obtiene un costo total de los equipos de la planta.

El simulador también proporciona información adicional que puede ser utilizada para completar el estimado, para elaborar el estimado final suele ocuparse la siguiente información proporcionada por el sistema:

- Horas Hombre de Ingeniería, procura, construcción y puesta en operación.
- Costos de ingeniería, procura, construcción y puesta en operación.
- Costos de la maquinaria, herramientas, consumibles, servicios en campo.
- Sobrecostos estimados.
- Contingencia estimada.

Los sobrecostos y la contingencia no suelen considerarse del simulador ya que se ha comprobado, existe mucha variación con lo obtenido en los proyectos concluidos, pero sirven para tener ciertos parámetros.

También el simulador proporciona volumetrías de obra, estas calculadas por su base de datos, y aunque es cierto que no pueden considerarse para realizar un estimado de costo clase II, también son útiles para tomar decisiones y establecer costos.

**II. Fletes y gastos de aduana.-** Al igual que en el estimado de costo clase V, dentro del costo directo, se debe considerar el traslado de los equipos y materiales. En esta etapa al conocer con certeza los equipos involucrados, y tener ya sus dimensiones, cada empresa suele tener memorias de cálculo, tablas y costos estandarizados para los fletes y gastos de aduana. En caso de no tener información disponible para estimar este rubro, también se puede asignar un porcentaje. También se puede recurrir a bases estadísticas de proyectos similares y que coinciden con la bibliografía especializada de Ingeniería de Costos.

**III. Ingeniería.-** Como hemos mencionado, el estimado de costo clase III se apoya de la ingeniería básica realizada. Si el costo de ingeniería básica es conocido puede ser incluido dentro del costo directo. En este concepto se consideran las horas hombre calculadas por el simulador para ingeniería de detalle, en caso de ser requerido también se utilizan para el estimado, las horas hombre calculadas para ingeniería básica. Con las HH obtenidas por el simulador, se calcula el costo al multiplicar por el valor de HH promedio asignado para cada etapa (ingeniería básica y detalle), según la empresa. En caso de no contar con un valor promedio de HH para ingeniería básica y de detalle, puede utilizarse el costo asignado por ACCE. Cabe mencionar que se ha comprobado que el costo asignado por Aspen suele quedar bajo, con respecto al costo real registrado en proyectos concluidos.

**IV. Maquinaria de Construcción.-** Para asignar un monto al estimado, referente a la maquinaria requerida, el simulador ACCE nos proporciona un valor mucho muy preciso del costo que se debe asignar a la maquinaria. Esto debido a que el simulador considera todos los trabajos civiles y de estructuras correspondientes a los equipos. El costo asignado, al igual que en las demás clases de estimado, puede ser prorrateado dentro del costo de ingeniería o construcción. Es conveniente, analizar y comparar con las bases estadísticas de proyectos similares y que coinciden con la bibliografía especializada de ingeniería de costos.

**V. Pruebas y puesta en operación.-** Como se mencionó en el capítulo I, las pruebas y puesta en operación incluyen costos del personal asignado al precomisionamiento y comisionamiento del proyecto, costos de los servicios empleados, modificaciones en los trabajos constructivos y la capacitación al personal para la operación. Para este adicional del costo directo, Aspen proporciona las HH consideradas dentro de todo lo involucrado con pruebas y puesta en marcha. Al igual que al calcular los montos de ingeniería, puede multiplicarse por el costo promedio de HH para pruebas y puesta en operación que se tenga dentro de la empresa o puede tomarse el valor asignado de ACCE.

### 3.4.3 Sobrecosto

Para completar el estimado de costo clase III, al igual que en las otras clases de estimado se debe considerar el sobrecosto. De la misma manera en que se considera el sobrecosto para el estimado de costo clase V, en el estimado clase III se engloban los costos indirectos, el financiamiento y la utilidad.

**Costos Indirectos.-** El cálculo del costo indirecto en un estimado de costo clase III, se realiza con factores o bases de datos de proyectos similares. Es posible ocupar para esta clase de estimado un porcentaje del costo directo total.

Los costos indirectos se pueden identificar como:

- Honorarios, sueldos y prestaciones de personal directivo, técnico, administrativo.
- Rentas de edificios e instalaciones.
- Los servicios de transporte no relacionados con el costo directo.
- Gastos de oficinas centrales y campo.
- Telecomunicaciones.
- Trabajos de infraestructura para instalaciones provisionales y auxiliares.

El factor que suele ocuparse en un estimado de costo clase III es alrededor del 30% sobre el costo directo total.

**Financiamiento.-** El costo por financiamiento deberá estar representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos al igual que en el estimado de costo clase V. Este corresponderá a los gastos derivados por la inversión de recursos propios o contratados que realice el contratista.

**Utilidad.-** La utilidad del contratista es determinado por cada empresa, puede calcularse como un porcentaje del Costo Directo, a partir de históricos o con tabuladores de la empresa. Aunque los porcentajes pueden ser idénticos a los ocupados en el estimado de costo clase V, el costo directo, que representa la base de la utilidad, cuenta con una mayor precisión, por ende, lo estimado para la utilidad también será mucho más preciso.

### 3.4.4 Contingencias.

Cuando el proyecto avanza en sus diversas fases, conforme se incrementa el desarrollo del proyecto, la posibilidad de errar o presentar desviaciones con respecto a lo visualizado en un inicio, debe ser menor. La incertidumbre disminuye y empiezan a incrementar los elementos conocidos y a disminuir aquello que se desconoce.

De acuerdo con esto, al comenzar un proyecto, existen muchos elementos que lo conforman y que forman parte del estimado de costo, muchos son conocidos y el costo de estos puede estimarse, pero muchos de los elementos conocidos no es posible de acuerdo a la fase del proyecto, asignarle un monto definitivo. También se presentan elementos que aparecerán en el transcurso del proyecto y al ser desconocidos no es posible asignar un costo definitivo.

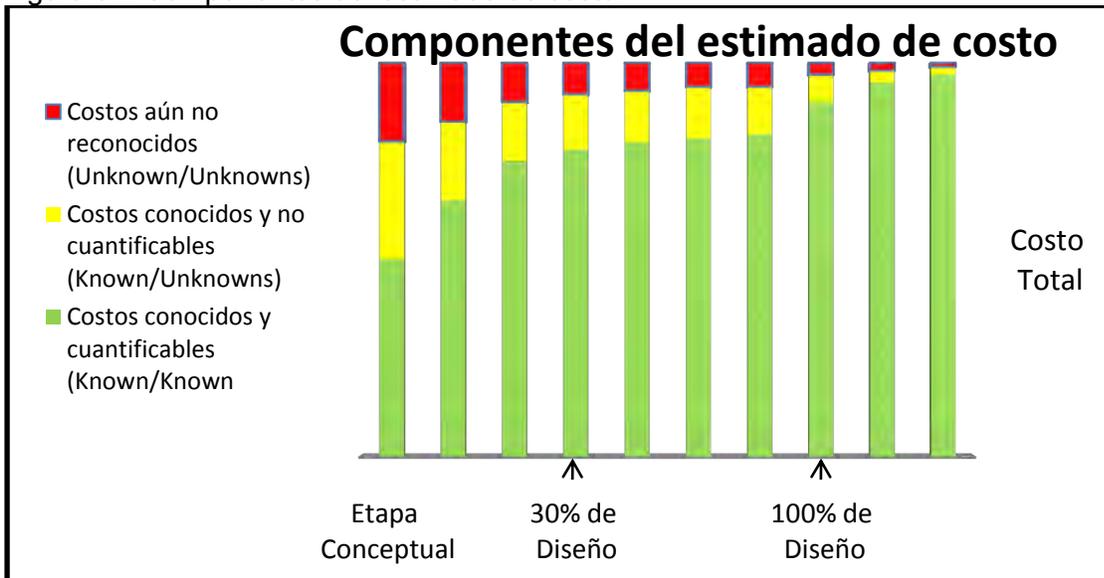
Las contingencias se representan como un monto que será el soporte de aquellos costos no cuantificables y no conocidos del proyecto, sin considerar cambios de alcance. El porcentaje que puede asignarse a las contingencias dependerá de cada compañía y del grado de avance o definición del proyecto, para la gerencia de ingeniería de costos de petróleos mexicanos, para un estimado de costo clase III suelen determinarse porcentajes entre el 15% y el 25% del costo directo.

Podemos englobar los costos de elementos del estimado de la siguiente manera:

- Costos conocidos y cuantificables.
- Costos conocidos y no cuantificables.
- Costos desconocidos y no cuantificables.

Así es como toma partido la contingencia en un estimado de costo. Todos estos elementos no cuantificables dentro del proyecto deben contar con un monto que los sustente y amortigüe. A este monto le llamamos contingencia.

Figura 3.2 Componentes del estimado de costo.



Fuente:

Ing. Olga Monterrubio, *Presentación Ingeniería de Costos*, 2014

Durante el estimado de costo clase III, existen muchos elementos conocidos que pueden o no ser cuantificados para el estimado. Aquellos elementos que son desconocidos aún en esta etapa, conforme el ciclo de vida del proyecto avanza, se

convertirán en elementos conocidos, y será el monto de contingencia el que respalde el gasto de estos elementos. Es de suma importancia mencionar, que esta contingencia únicamente considera elementos que formen parte del alcance, por ningún motivo se cubrirán cambios de alcance con el monto de contingencia.

En general cuando el estimado está sustentado en una ingeniería básica completa, suelen utilizarse diversos métodos para calcular el monto por contingencia. El método propuesto en esta metodología, es el ocupado por Petróleos Mexicanos en su Gerencia especializada de ingeniería de costos.

La metodología se ayuda de un formato Excel vinculado con el software “Crystal Ball” para el cálculo de la contingencia. Lo primero es vaciar en el formato los valores del costo directo, equipos, ingeniería, fletes, etc.

Una vez cargado lo anterior se debe seleccionar el origen de la información técnica utilizada para formar el costo directo. Este proceso de selección se basa en un histórico de proyectos que a partir de la información seleccionada, emplea factores para determinar el rango de variación del costo directo. Esto proporciona un monto mínimo esperado y un monto máximo esperado, que son las variables que en automático Excel vincula con CrystalBall y mediante el Método de Montecarlo se obtiene una distribución probabilística con una desviación determinada que arroja el porcentaje que debe ser considerado para la contingencia.

De esta forma la metodología permite obtener un monto de contingencia relacionando con la información técnica, las fuentes de consulta y las herramientas que se hayan empleado para obtener el costo directo. Esto es relevante ya que dependiendo del origen de la información es el riesgo asociado a desviarse en el estimado de costo. Considerar esto dentro de la metodología para calcular las contingencias considera y previene esos riesgos.

### **3.4.5 Allowance.**

Durante la estimación de costos, suele considerarse un concepto llamado “Allowance” o tolerancias, que son las desviaciones integradas al estimado de costos base y son obtenidas por medidas estadísticas de ítems imprevistos como: Cambios de cantidades, tolerancias entre precios de equipo principal o material grueso (Bulk), variaciones en costo de mano de obra y productividades, etc.

Estos costos son para cubrir cantidades adicionales a las que se tenga certeza que ocurrirán pero que no se sabe en qué magnitud exacta. Por ejemplo, en la compra de accesorios para tubería debe añadirse una cantidad adicional con el objeto de reponer desperdicios, piezas defectuosas o daños durante la instalación. Estos costos se incluyen en el estimado asociándolos al ítem específico del trabajo.

### **3.4.6 Escalación.**

Para determinar la escalación del estimado de costo, no difiere con relación a otras clases de estimado de costo, igualmente se debe calcular el presupuesto a través de un programa financiero calendarizado de acuerdo al tiempo de ejecución, al programa del proyecto y al flujo de efectivo planificado. Para el estimado de costo clase III dichos programas y flujos se aplican a las revisiones actualizadas del proyecto. La información de índices, históricos y pronósticos debe estar actualizada a la fecha del estimado.

Todos los elementos considerados para el estimado de costo, son importantes y requieren de validación de expertos, revisión con antecedentes de otros proyectos o comparativos con similares. La formulación del estimado clase III es determinante para el proyecto de inversión ya que en este punto del proyecto aún se puede decidir si habrá continuación a la etapa de procura, construcción y arranque.

El estimado de costo clase III se realiza después de la ingeniería básica pero antes de la ingeniería de detalle y procura, esto representa un punto crítico en la toma de decisiones, ya que la inversión hasta el momento (etapa de ingeniería básica) no es comparable con la inversión que representaría aprobar la etapa de procuración y la etapa de construcción.

Cada etapa del proyecto se va soportando y validando con el estimado de costo. La siguiente imagen representa la relación de la vida del proyecto con las decisiones ligadas al estimado de costo.

Figura 3.3 Ciclo de vida del Proyecto vs Estimación de costos.



Fuente: Ing. Olga Monterrubio, Presentación Ingeniería de Costos, 2014

## 3.5 ESTRUCTURA DE TRABAJO (WBS).

Una de las herramientas con más impacto en el desarrollo de un proyecto es el WBS (por sus siglas en inglés *Work Breakdown Structure*), también conocido como estructura de descomposición de trabajo. Un WBS es una estructura exhaustiva, jerárquica y descendente formada para organizar, segmentar y codificar absolutamente todos los entregables y todas las tareas necesarias para desarrollar un proyecto, éstas, contenidas en el alcance definitivo.

De acuerdo al PMBOK, un WBS es un conjunto de elementos del proyecto orientado a los entregables, que organiza y define el alcance total del trabajo del proyecto.

Podemos definir a una estructura de desglose del trabajo del proyecto como una agrupación o subproductos de elementos de trabajo del proyecto para organizar y subdividir el trabajo total de un proyecto. El WBS es una herramienta del proyecto particularmente importante. La exitosa planificación de un proyecto se debe a su desarrollo y puesta en práctica de manera que se reduzcan al mínimo los cambios posteriores. Las principales revisiones a un WBS requieren esfuerzo y recursos considerables, debido a su implicación a una amplia gama de actividades del proyecto.

### 3.5.1 Desarrollo del WBS.<sup>5</sup>

El WBS es la piedra angular de la efectiva planificación, ejecución, control, y evaluación de proyectos. Todo el trabajo contenido dentro del WBS se debe identificar, estimar, programar y presupuestar. El WBS es la estructura y el código que integra y relaciona todo el trabajo requerido del proyecto (alcance, cronograma y costo). Por lo tanto, el WBS debe contener el alcance del proyecto para alcanzar los objetivos técnicos de los trabajos descritos. <sup>[31]</sup>

El WBS muestra gráficamente los elementos que representan todo el trabajo que debe ser realizado con relación al programa y al plan de ejecución. El WBS se compone de diferentes niveles de jerarquización que permiten desglosar el alcance del proyecto en todos sus componentes agrupados según el nivel correspondiente.

Los niveles típicos en que se desglosa el contenido del proyecto y que conforman el WBS son:

- Nivel 1: Proyecto
- Nivel 2: Etapas
- Nivel 3: Áreas Físicas
- Nivel 4: Sistemas o Disciplinas
- Nivel 5: Paquetes de trabajo
- Nivel 6: Actividades
- Nivel 7: Documentos o Tareas

---

<sup>5</sup> La metodología seleccionada y propuesta para realizar un WBS, se base en las ponencias y material presentado en la Universidad Nacional Autónoma de México por ingeniera Leticia Lozano Ríos.

Una vez identificados los componentes del alcance que corresponden a cada nivel dentro de la estructura de trabajo se comienza a generar el formato del WBS. Existen diversas formas de plasmar los niveles y sus componentes, las maneras más utilizadas son como diagrama de bloques vertical, diagrama de bloques horizontal o arreglo matricial.

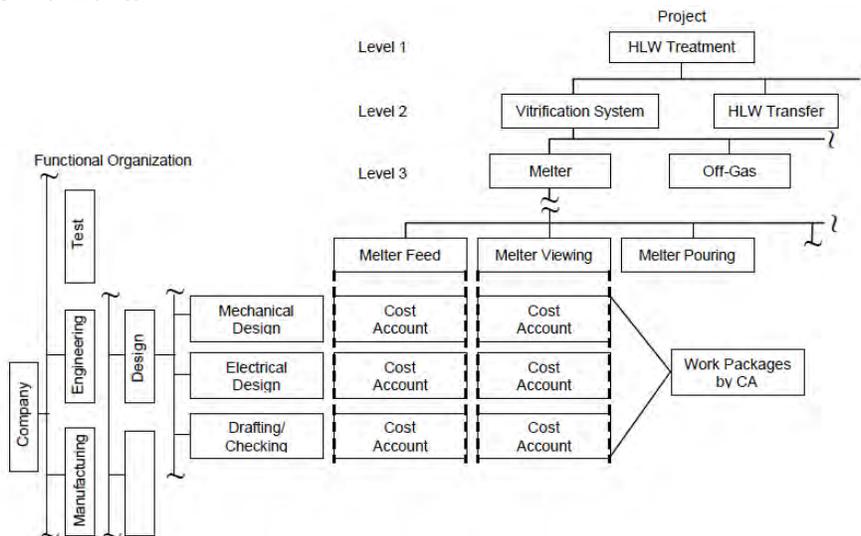
A continuación se muestran algunos ejemplos del contenido en los niveles del WBS y tipos de arreglo de estructura.

Figura 3.4 Ejemplo del contenido de niveles en un WBS



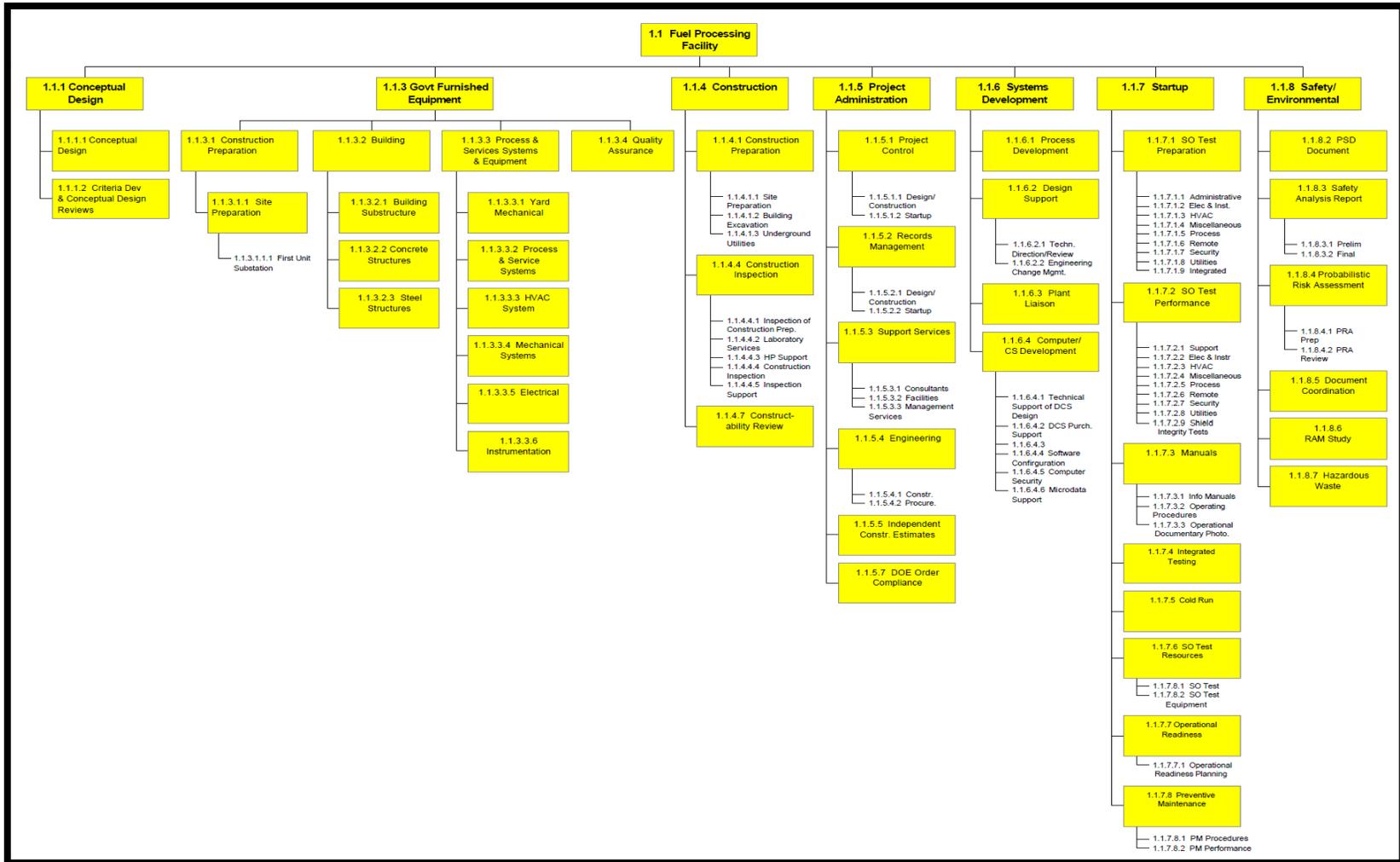
Fuente: Ing. Leticia Lozano, *Presentación Planeación y Control de Sistemas Industriales*, 2014.

Figura 3.5 WBS Horizontal.



Fuente: U.S. Department of Energy, *Project Management Practices*, Junio 2003

Figura 3.6 Ejemplo de WBS Vertical.



Fuente: U.S. Department of Energy, Project Management Practices, Junio 2003.

Para aterrizar el desarrollo del WBS, se definirán los componentes de cada nivel y se conformará un ejemplo aterrizado a un proyecto industrial en general.

*Nivel 1 Proyecto:* En este nivel es el principal y describe o contiene al proyecto del cual se desarrollará el WBS, esto es relevante ya que con la codificación correspondiente al proyecto, se puede saber inmediatamente a que proyecto nos referimos, esto es crucial cuando la empresa y propiamente el gerente del proyecto están involucrados en muchos proyectos diferentes.

*Este nivel para el ejemplo comenzaremos con el proyecto del caso de estudio presente en este trabajo, “Desarrollo de ingeniería conceptual y básica para una planta criogénica” y el código correspondiente al nivel 1 será “PC”. Cabe mencionar que cada empresa codifica de acuerdo con sus normas y bases.*

*Nivel 2 Etapas:* En este nivel se desglosan las etapas en las que se irá construyendo el ciclo de vida del proyecto, en general para un proyecto IPC, las etapas están distribuidas en ingeniería conceptual, ingeniería básica, ingeniería de detalle, procura, construcción, arranque y puesta en operación. Cada WBS se adapta a las características del proyecto en cuestión.

*Para el caso de estudio se ha decidido dividir este nivel en 2 etapas, ingeniería conceptual e ingeniería básica, con los códigos 1 para ingeniería conceptual y 2 para ingeniería básica. Si se decidiera incorporar otra etapa el código seguiría el formato de numeración.*

*Nivel 3 Área:* Definir áreas para los proyectos, suele ser una estrategia aplicada a proyectos de construcción muy grandes, donde es conveniente separar áreas físicas para el complejo, como lo sería separar áreas como una PTAR, área de almacenamiento, Planta de gas combustible, Planta de tratamientos primarios, Planta desulfuradora, etc. Cada proyecto tiene sus áreas específicas.

*Para el caso de estudio se ha determinado considerar una sola área ya que solo se considera ingeniería para el proyecto. El área tendrá el código 01.*

*Nivel 4 Disciplinas:* Para construir este nivel se desglosan las disciplinas involucradas en el desarrollo del proyecto IPC, por lo general se conforman de ingeniería de proceso, ingeniería mecánica, arquitectura, ingeniería civil y estructuras, eléctrico, tuberías, sistemas de instrumentación y control, telecomunicaciones e ingeniería ambiental y seguridad.

*Para codificar el caso de estudio en el nivel de disciplinas se ocuparán letras representativas como “P” para Ingeniería de proceso o “C” para ingeniería civil.*

*Nivel 5 Paquetes de Trabajo:* Los paquetes de trabajo no están completamente definidos ya que cada proyecto de acuerdo al alcance y las disciplinas involucradas desarrollan sus paquetes de trabajo a modo de conjuntar todo el alcance requerido. En la figura 3.4 se muestran algunos ejemplos de paquetes de trabajo según la disciplina.

*Para la ingeniería de la planta criogénica será utilizada la codificación de números consecutivos a partir del 1.*

*Nivel 6 Actividades:* este es uno de los niveles más complicados por definir y entender en las empresas, diferenciar entre una actividad y una tarea o documento puede generar conflictos al momento de estructurar el WBS, básicamente una actividad es un conjunto de documentos o tareas. Algunas actividades comunes planos, diagramas, memorias de cálculo, etc.

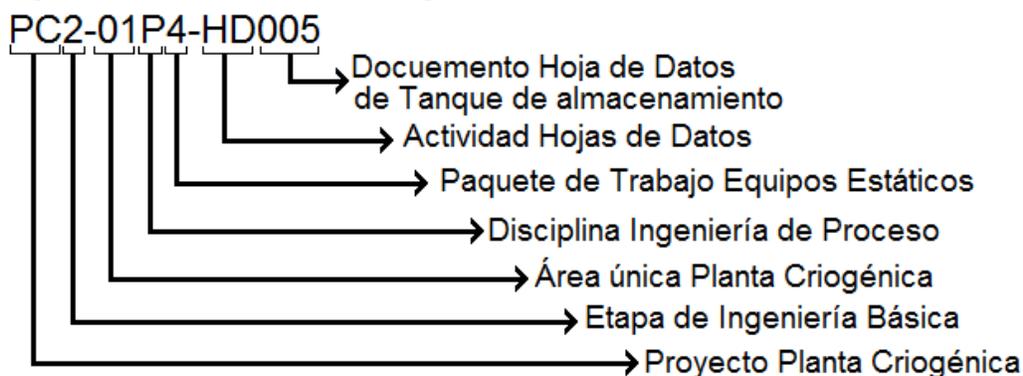
*Las actividades se codificarán con diversas letras como HD para hojas de datos, LE para lista de equipo, etc. Cada empresa suele tener sus propios códigos para nombrar a las actividades del WBS.*

*Nivel 7 Documentos:* Este último nivel, tiene como propósito codificar los documentos específicos de cada actividad, ya que una misma actividad puede estar conformada por muchos documentos, por mencionar un ejemplo, los diagramas de tubería e instrumentación pueden ser 1 por cada equipo presente en el proyecto, por esta razón deben ser codificados.

*En el caso de estudio se continuará con la codificación numérica a partir del 1.*

Al final del desglose y que se han cubierto todos los elementos requeridos por el alcance del proyecto, se tendrán una serie de números y letras correspondientes a cada entregable del proyecto, que lo identificarán y lo harán único para su revisión, control y seguimiento. A continuación podemos ejemplificar el código del WBS que podría obtenerse de un proyecto al desglosar todos los componentes en los niveles mencionados. El caso será identificar el elemento “PC2-01P4-HD005”

Figura 3.7 Descripción del “tag” en un WBS



Como podemos observar del ejemplo anterior, el código o tag obtenido del WBS, contiene toda la información de identificación del documento. El WBS se puede estructurar una vez desglosado en algún formato deseado, ya que de ahí se procederá a formar el diccionario del WBS, que contendrá la descripción de los códigos empleados y todos los elementos que conforman el WBS con su respectivo tag.

### 3.5.2 Diccionario del WBS.

El diccionario del WBS es un conjunto de definiciones específicas que describen a fondo el alcance de cada elemento de trabajo identificado en el desglose de trabajo. El diccionario del WBS define cada elemento hasta el grado de identificar y contener cada entregable del alcance de la obra para ser realizado. El diccionario se integra de dos componentes:

- Una hoja que ofrece el título del elemento de trabajo, el proyecto, al contratista y los códigos que contratista y cliente han acordado, puede contener el presupuesto y el número de informes, y una descripción detallada del trabajo a realizar, incluyendo un resumen de los entregables.
- Un resumen tabular de los elementos del diccionario, que deben ser todos los documentos y tareas que se deben realizar y que se han codificado.

A través del WBS, el trabajo se define a un nivel organizacional y personal muy detallado y ayuda a definir responsabilidades. Esto puede ocurrir en cualquiera de los niveles dentro del proyecto y la organización funcional. La responsabilidad es asignada para cada nivel, el individuo puede llevar a cabo el trabajo de control y seguimiento de su nivel, normalmente se asigna una estructura para planificar, elaborar, controlar y dar seguimiento al WBS en cada nivel, estos suelen ser denominados gerente de proyecto, gerente de etapa, supervisor de cada disciplina, jefe de grupo e ingenieros.

El WBS es el compendio estructurado de todo aquello que se debe realizar, con este desglose se pueden estimar costos, personal requerido, horas hombre necesarias, tiempo estimado, fechas claves, hitos de pago, etc. También se tiene la claridad de actividades para determinar aquellas que serán asignadas a subcontratistas para su elaboración.

## **3.6 PROGRAMAS DE TRABAJO. (MAESTRO Y POR DISCIPLINA).**

### **3.6.1 PROGRAMA DE TRABAJO MAESTRO.**

Una vez que se han definido las estrategias con las que el equipo de trabajo realizará las tareas involucradas en el proyecto, se deben relacionar absolutamente todas las actividades que habrán de realizarse para lograr todos los objetivos del proyecto, con los tiempos y fechas en que dichas actividades deberán ser realizadas, a modo de tener un perfecto control con el tiempo del proyecto, que a su vez está ligado con el éxito al distribuir recursos y el costo contemplado.

El control del tiempo en los proyectos suele descuidarse y volverse deficiente. Un proyecto IPC y en general cualquier proyecto involucra diversas disciplinas que conforman el equipo de trabajo que desarrollará todas las actividades del proyecto. El programa maestro y los programas de ejecución se conforman de la relación entre el alcance, el WBS y el plan de ejecución.

Con la estructura bien diseñada y conformada sabemos que cada disciplina en cada etapa del proyecto tiene una serie de actividades que se deben realizar, la mayoría de ellas se relacionan entre sí, algunas incluso requieren el fin de una para poder iniciarse. Al tener el dominio global de cada una de las actividades que cada disciplina debe realizar, es necesario agruparlas, secuenciarlas y asignarles duración y cantidad de personas que se encargarán de ellas. Todo este arreglo será la guía para poder monitorear y controlar el proyecto, a esto le llamamos programas de ejecución, los cuales pueden variar en cantidad de acuerdo las etapas del proyecto y a las disciplinas involucradas.

El programa maestro ocupa cierta información del proyecto para generar el documento, esto se refiere a tener una metodología, formatos y suposiciones de uso de recursos.

Al desarrollar el programa maestro es necesario tener claras las necesidades de personal técnico, mano de obra, maquinaria y equipo.

Los conceptos de programación requeridos son:

- Holgura, ruta crítica, secuencias, duraciones.
- Programas de avance de Ingeniería.
- Procuración y Construcción.

El programa maestro nos permite tener un control preciso del proyecto, nos permite pronosticar sobre las actividades a realizar y monitorear el desempeño durante cada etapa que involucre el proyecto. Las necesidades básicas que el programa maestro cubre son:

- Cálculos de avances reales vs programados.
- Pronóstico de fecha de terminación.
- Cálculo de rendimientos.
- Pronóstico de necesidades de recursos.
- Desviaciones y programas de recuperación.

Así el programa maestro es la programación de las actividades a lo largo del tiempo que se tiene estipulado para realizar el proyecto, en él se enlistan todas las actividades, tareas, paquetes de trabajo, fechas clave, ya sea de entregas, compras, pagos etc.

El programa maestro es el documento de control universal del proyecto, en él se verifica que el desarrollo sea el correcto y que las actividades y tareas sean cumplidas en tiempo para terminar en las fechas establecidas. Cada actividad enlistada en el programa maestro tiene una fecha de inicio, una fecha de conclusión, una cantidad de recursos asignados y por lo general su relación directa e indirecta con otras actividades. Podríamos definir al programa maestro como el índice de todo aquello que debe ocurrir en el proyecto.

Figura 3.8. Ejemplo de Programa Maestro de Ingeniería de Detalle

DISCIPLINA / SISTEMA	DURACIÓN EN MESES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Arquitectura	■												
Civil	■												
Eléctrico			■										
Sistemas de Control					■								
Mecánico		■											
Proceso	■												
Tuberías					■								

Fuente: Ing. Leticia Lozano, *Presentación Planeación y Control de Sistemas industriales*, UNAM, 2014

La Figura 3.8 muestra una forma de conjuntar y presentar el programa maestro, este dentro de cada disciplina contiene paquetes de trabajo, que a su vez contienen actividades que conforman el alcance del proyecto.

### 3.6.2 Programas de avance por Disciplina.

Una vez definido el alcance y con el conocimiento total de todo aquello que se debe lograr dentro del proyecto, se deben identificar las fases en que se dividirá el proyecto, las disciplinas involucradas en cada fase, las tareas por disciplina y las actividades críticas de cada disciplina.

Las disciplinas involucradas dependen del proyecto en cuestión, por lo general para un proyecto IPC se consideran las siguientes disciplinas:

- Proceso
- Arquitectura
- Ingeniería Civil
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Eléctrica
- Instrumentación y Control
- Tuberías
- Seguridad e ingeniería Ambiental

\*En algunas ocasiones ingeniería Estructural se considera independiente a ingeniería civil.

Como ya se ha descrito con anterioridad, cada una de las actividades, tareas y entregables que se va a desarrollar se programan y ordenan en el Programa Maestro,

pero también debe desarrollarse un plan que programe las actividades, tareas y documentos que se realizarán por cada disciplina. Con dichos programas se lleva a cabo el seguimiento y control del proyecto en cada área involucrada y con los programas del proyecto se genera la Ruta crítica que será definida más adelante.

Los programas tanto maestro como por disciplina se componen de las actividades que se realizarán y las fechas en que serán programadas, esto requiere definir una fecha de inicio y una fecha de término, por lo tanto se debe asignar un tiempo determinado para cada actividad. El tiempo asignado dependerá de la complejidad de la actividad y de las personas involucradas para realizarla, por lo general a mayor grado de experiencia en el personal responsable de la actividad se espera un menor tiempo de ejecución.

Para poder plasmar las actividades en un programa es necesario contar con el WBS del proyecto, ya que de aquí se partirá para asignar las actividades y la cantidad de personas requeridas a modo de culminar todo el alcance dentro del tiempo estipulado del proyecto.

A continuación se presentan algunos datos útiles al momento de organizar y programar los recursos de acuerdo al trabajo requerido.

Figura 3.9 Estimado de HH para desarrollar entregables.

DISCIPLINA	PLANOS / DIAGRAMAS	HOJAS DE DATOS	ESPECIFICACIÓN	ISOMÉTRICOS	LISTA DE MATERIALES	OTROS
PROCESO	80 – 200	9 – 15	20 – 30	\	\	Manuales 45 - 90
EQUIPO	30 – 45	—	20 – 40		6 – 10	
TUBERÍAS	80 – 120	—	3 – 6	9 – 15	8 – 15	
ELÉCTRICO	30 – 45	10 - 25	20 – 30	—	6 – 10	
SISTEMAS DE CONTROL	40 – 100	5 – 10	20 – 30	—	8 – 15	Loops 4 – 8
CIVIL Y ESTRUCTURAL	60 – 100	—	15 – 25	—	9 – 18	
ARQUITECTURA	45 – 90	—	10 – 20	10 – 25	6 – 10	
MEDIO AMBIENTE	—	—		—	—	Estudio 45 – 90
PROTECCION vs INCENDIO	30 – 60	10 – 25	10 – 20	5 – 8	8 – 15	
AIRE ACONDICIONADO	80 - 120	9 – 15	18 – 45	20 – 40	6 – 10	

Fuente: Ing. Leticia Lozano, *Presentación Planeación y Control de Proyectos Industriales 2014*.

En la figura 3.9 podemos ver un estimado de las horas hombre que suelen ocuparse para hacer algunos de los entregables del proyecto, así es posible estimar la duración de las actividades y así asignar la fecha de inicio y la fecha de término.

Por ejemplo en un cierto proyecto, una actividad de la disciplina de arquitectura consiste en elaborar los isométricos de una planta, el total de isométricos es de 25 entregables, entonces considerando 15 HH por documento, el total de HH para esa actividad sería de 375 HH. Ahora si consideramos una sola persona para realizar dichos isométricos, el tiempo estimado por día laboral es de 8 HH, así al arquitecto encargado de elaborar los

isométricos le tomaría 47 días en terminarlos, es decir casi 9 semanas y media. Si el tiempo para el proyecto fuera pertinente, se programaría con ese resultado. Ahora si consideramos 3 personas a cargo de realizar los isométricos las 375 HH entre las 3 personas daría un total de 125 HH por persona, así serían 16 días de trabajo, que serían 3 semanas y un día.

Si consideramos la fecha de inicio de la actividad el 13 de julio, la fecha para terminar sería el día 3 de agosto.

	Duración estimada por plano: 15 HH
Ejemplo	Tiempo Total: 15 HH x 25 isométricos = 375 HH
Proyecto: Planta Criogénica	HH por día: 8
Fase: Ingeniería de Detalla	Personas asignadas: 3
Disciplina: Arquitectura	Total de HH laborales por día: 3 x 8 = 24 HH/día
Actividad: Planos isométricos	
Cantidad de planos: 25	
Días Requeridos para elaborar los isométricos: 375 HH / 24 = 15.625 días = 16 días	
Fechas de Inicio de la actividad: 13 de julio de 2016 Fecha de conclusión: 3 de agosto	

Como podemos observar con el ejemplo, a pesar de ser sencillo, se deben estimar y calcular los tiempos de cada actividad y así programarse todo el alcance del proyecto. Con este programa también se busca monitorear y dar seguimiento a las actividades a modo que no presenten retrasos con lo esperado y si hubiera retrasos, tomar acciones correctivas.

### 3.6.3 Herramientas para Elaborar los Programas.

Un programa maestro o por disciplina puede elaborarse de forma física o virtual, hoy en día el uso de la tecnología y los sistemas computacionales facilitan y mejoran el desarrollo de la ingeniería y el control de proyectos. Las empresas suelen utilizar ciertos programas computacionales que hacen más rápido el trabajo y más efectivo.

#### a) *Microsoft Office Project.*

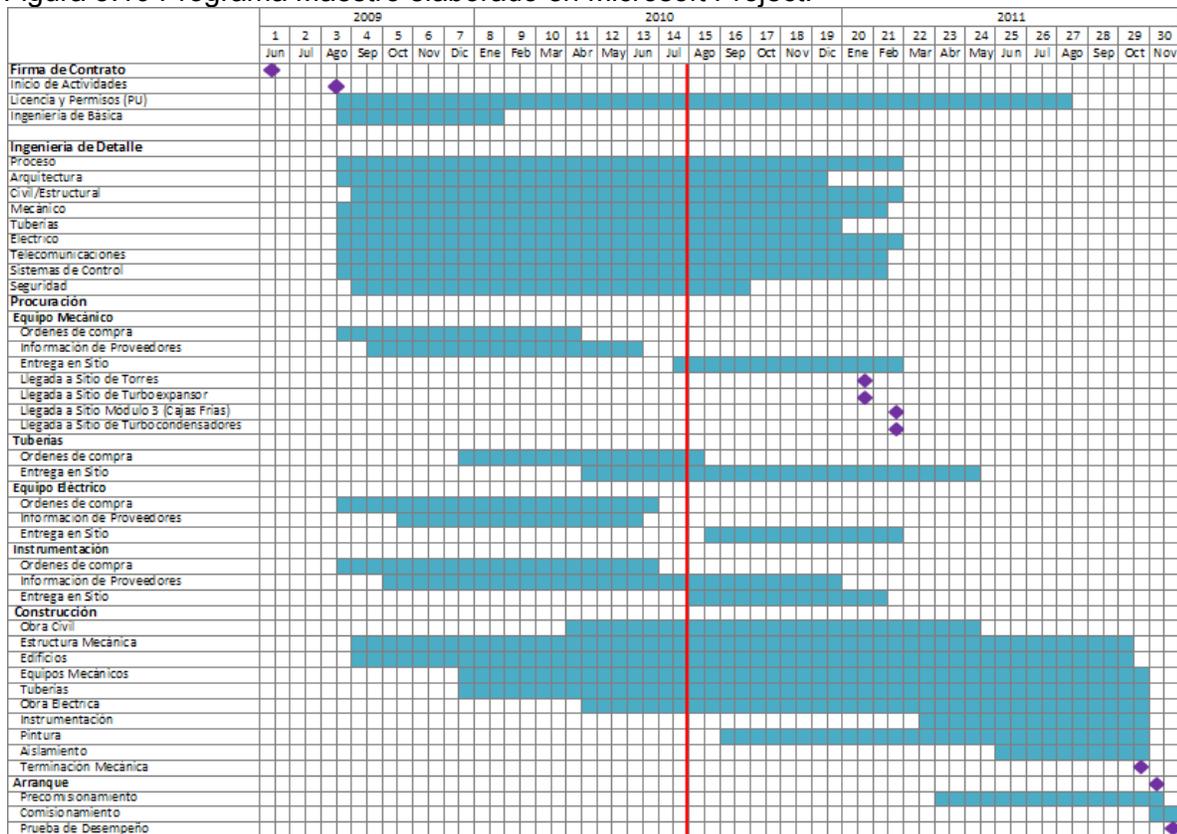
Para el desarrollo de programas maestro y programas por disciplinas se utilizan dos importantes tipos de software, el *Microsoft Office Project*, como podemos notar en su nombre, pertenece a la paquetería de Office, es el programa más común y más conocido para desarrollar programas sencillos.

A pesar de ser una herramienta muy útil y fácil de usar al momento de desarrollar programas de avance para proyectos, cuenta con la limitante de un número acotado de actividades, es decir, los proyectos que pueden cargarse en el software no deben exceder cierta cantidad limitada de actividades.

Este sistema al cargar las actividades del proyecto, proporciona el programa maestro y por disciplina, gráficos de avance, ruta crítica, etc.

El programa es una herramienta importante al momento de planear, controlar y asignar recursos al proyecto. Es en este programa donde se realizan las revisiones de avance y se da control y seguimiento al desempeño del proyecto.

Figura 3.10 Programa Maestro elaborado en Microsoft Project.



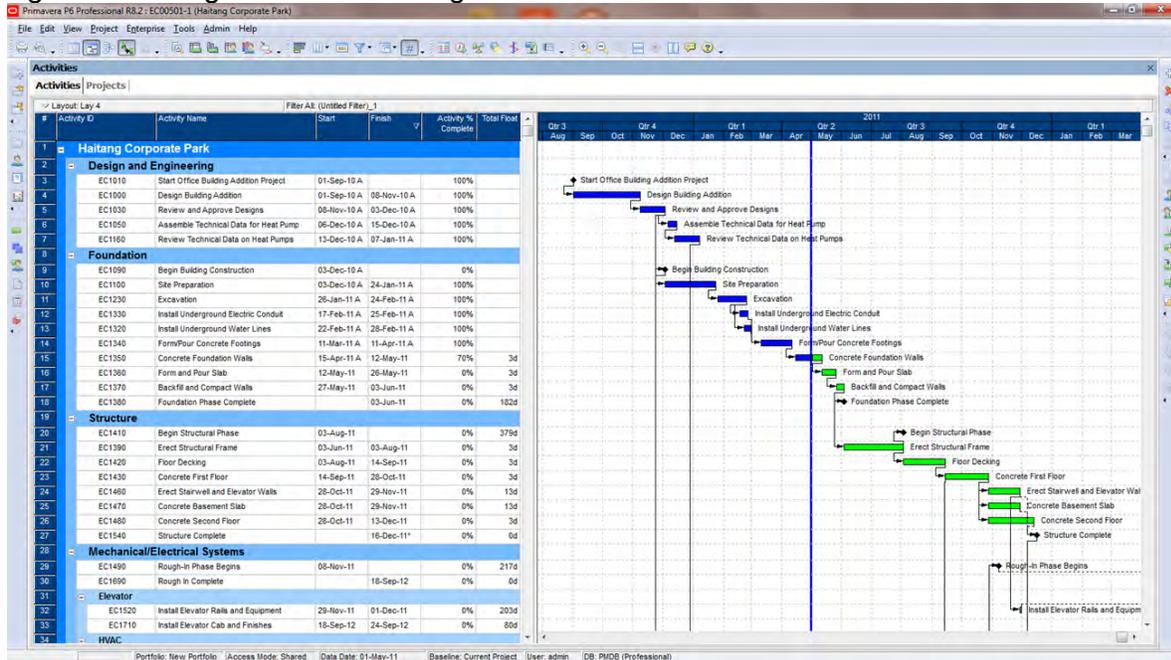
Fuente: Ing. Leticia Lozano, *Presentación Planeación y Control de Proyectos Industriales 2014*.

### b) Primavera

Otro programa importante y mucho más potente que *Project*, es el programa *primavera*, este programa se utiliza igualmente para programar las actividades de un proyecto y generar los programas maestro y por disciplina. Este software no es tan común pero es mucho más especializado y con más herramientas para el control y seguimiento de proyectos. Es una herramienta utilizada por empresas con proyectos amplios y extensos de actividades, a pesar de ser similar al funcionamiento de *Project*, la capacidad de recepción de información del software primavera es mucho mayor, ya que permite cargar muchas más actividades del proyecto.

Primavera además de los programas, también brinda gráficos, curvas de avance, ruta crítica, pero tiene la particularidad de ofrecer un vínculo con otros programas para empatar el programa de avance con la asignación de otros recursos programados. Este es el caso de Aspen Capital Cost Estimator, que puede ser vinculado a primavera para unir el estimado de costo con el programa de actividades para generar un flujo de efectivo.

Figura 3.11 Programa Maestro cargado en Primavera.



Fuente: DAT Computer Concepts, <http://datcc.pl/solutions/primavera/>, abril 2016

### 3.6.4 Curvas de Avance.

Como resultado de la programación de actividades y salida del programa maestro y por disciplina, obtenemos una herramienta que nos permite conocer, controlar y corregir el desarrollo del proyecto, esta herramienta es la curva de avance o también nombrada curva “S”. Esta curva, representa en un proyecto el avance real respecto al planificado en un periodo acumulado hasta la fecha. La curva recibe el nombre de “S” por su forma. Normalmente, al principio del proyecto hay una tendencia de costos acumulados crecientes, mientras que estos costos acumulados decrecen hacia el final. La primera versión de la Curva S se crea a partir del programa actual y aprobado del proyecto. Posteriormente se puede actualizar conforme se crean las nuevas versiones. El objetivo es como se ha dicho antes, detectar las desviaciones existentes y tomar medidas para corregirlas.

La curva de avance es una herramienta de gran uso para el seguimiento y monitoreo del proyecto, ya que dominamos el conocimiento del gasto asignado a cada periodo de tiempo y si este es el adecuado o planificado.

Por otro lado nos auxilia para determinar atrasos o adelantos en el cronograma y en el presupuesto, además de poder determinar tendencias y pronósticos de terminación en tiempo y costo.

Una de las principales ventajas de esta herramienta radica en la fácil visualización del avance del proyecto que se tiene, de modo que tanto para el responsable del proyecto, para el superior al que hay que informar periódicamente o para nuestro cliente, resulta muy sencillo y claro saber cuál es la situación o estado actual del proyecto u obra.

Como ya lo hemos mencionado el software, tanto Microsoft Project como Primavera, proporcionan los gráficos de avance necesarios, una vez cargada la información del proyecto. También las hojas de cálculo pueden ayudarnos a realizar curvas de avance si se tiene la información suficiente.

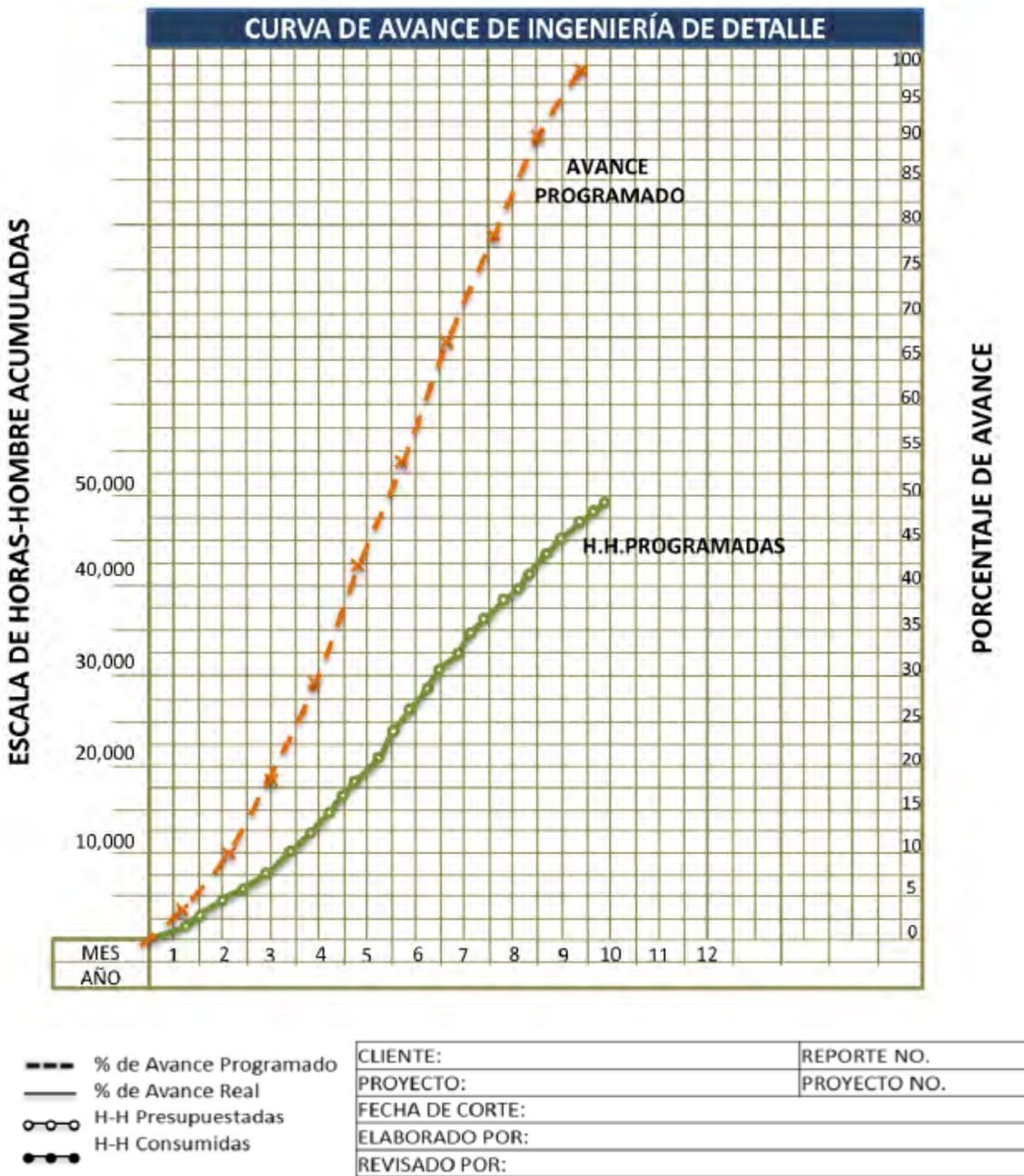
La gráfica con la curva de avance, debe incluir entre sus elementos, al menos, los siguientes:

- Nombre del proyecto
- Código del proyecto
- Fecha inicial del proyecto
- Fecha final del proyecto
- Costo real del trabajo realizado (lo que realmente costó la ejecución de los recursos ejercidos en las actividades de ese período)
- Costo real del trabajo realizado acumulado (la suma de los recursos ejercidos como gasto de acuerdo al gasto ejecutado)

La curva de avance muestra, como el nombre lo indica, el porcentaje acumulado de avance del proyecto contra el tiempo de ejecución. El porcentaje de avance puede ser estimado a partir de las horas hombre trabajadas en las etapas de ingeniería. Para construcción pueden ocuparse volúmenes de obra o alguna unidad que englobe el trabajo de construcción como metros cúbicos de obra, kg de estructura, etc. En el caso de la etapa de procura puede estimarse el avance ya sea con el costo pagado de las adquisiciones o las toneladas de equipo adquirido. Cada empresa u contratista deciden la base más adecuada para calcular el avance del proyecto.

A continuación se muestra un ejemplo de curva de avance para una etapa de ingeniería de detalle.

Figura 3.12 Curva de avance para ingeniería de detalle.



Fuente: Ing. Leticia Lozano, *Presentación Planeación y Control de Proyectos Industriales 2014*.

Una vez avanzado el proyecto, la curva de avance programada debe ser evaluada contra la curva de avance real, es decir, la curva obtenida por el tiempo real, generado por las HH reales que se hayan requerido. Esto se hace con la intención de verificar que tanto se mantiene el proyecto en el cauce estipulado en un inicio, y si fuera el caso, hubiera desviaciones, se debe controlar y aplicar acciones correctivas para evitar mayores desviaciones.

### 3.6.5 Ruta Crítica.

A lo largo de este capítulo se ha descrito la importancia de planear, dar seguimiento, controlar y corregir de forma adecuada el transcurso del proyecto, otra herramienta clave y fundamental para administrar el proyecto IPC es la ruta crítica. Este método de ruta crítica es un modelo que permite secuenciar todas las actividades del proyecto para obtener distintos escenarios temporales de la realización de cada una de las actividades, así detectar aquellos escenarios críticos, conflictivos, primarios e incluso aquellos no conflictivos.

El método de la Ruta Crítica (CPM por sus siglas en inglés Critical Path Method), es frecuentemente utilizado en el desarrollo y control de proyectos, es un proceso administrativo (planeación, organización, dirección y control) de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse durante un tiempo crítico y al costo óptimo. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada. En este sentido el principal supuesto de la ruta crítica es que las actividades y sus tiempos de duración son conocidos, es decir, no existe incertidumbre. Este supuesto simplificador hace que esta metodología sea fácil de utilizar.

Una ruta es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. El proyecto tendrá distintas rutas que cubran las actividades del proyecto, en este sentido, la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más grande del proyecto. Cabe destacar que la duración de un proyecto es igual a la ruta crítica. Un beneficio primordial que nos brinda el método de la ruta crítica es que resume en un sólo documento la imagen general de todo el proyecto, lo que nos ayuda a evitar omisiones, identificar rápidamente contradicciones en la planeación de actividades, facilitando abastecimientos ordenados y oportunos, en general, logrando que el proyecto sea llevado a cabo con un mínimo de tropiezos.<sup>[32]</sup>

Los pasos que se deben seguir para elaborar la ruta crítica son los siguientes:

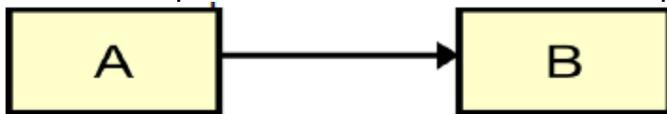
- I. Identificar todas las actividades que involucra el proyecto: Esto se refiere a conjuntar, ordenar y enlistar todas aquellas actividades que este dentro del alcance del proyecto IPC.
- II. Establecer relaciones entre las actividades: Una vez que las actividades están enlistadas y han sido aprobadas por los responsables se debe decidir cuál debe comenzar antes y cuál debe seguir después.
- III. Construir una red o diagrama: Esto se logra conectando las diferentes actividades a sus relaciones de precedencia, es decir, establecer una secuencia o cadena de las actividades de acuerdo a aquellas que deben ejecutarse primero, aquellas que se ejecutarán después y así sucesivamente, aquellas que requieren la conclusión de una actividad anterior para iniciar o aquellas que pueden ser comenzadas a cierto porcentaje de avance de la actividad antecesora.
- IV. Definir costos y tiempo estimado para cada actividad.
- V. Identificar la ruta crítica y las holguras de las actividades que componen el proyecto.
- VI. Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto.

De lo anterior es importante definir ciertos conceptos que serán utilizados para elaborar la ruta crítica.

*Holgura:* Tiempo que puede retrasarse una actividad sin que afecte la fecha de terminación del proyecto. La holgura total de un proyecto se mide por la diferencia entre la duración estimada para el proyecto y la duración real que debería tener el mismo. La holgura libre es el tiempo que se puede demorar una actividad sin retrasar el tiempo de inicio más temprano de sus actividades sucesoras. <sup>[32]</sup>

*Matriz de Actividades:* Es el conjunto de las actividades totales de un proyecto que serán programadas y secuenciadas en la ruta crítica, las actividades se enlistan con su respectiva duración y aquellas actividades ya sean sucesoras o predecesoras según sea más conveniente.

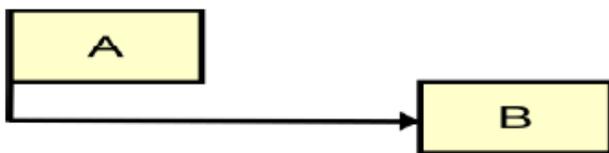
*Actividad Fin a Inicio (FS):* Es aquella actividad que no puede ser comenzada hasta que su actividad predecesora sea concluida al 100 por ciento.



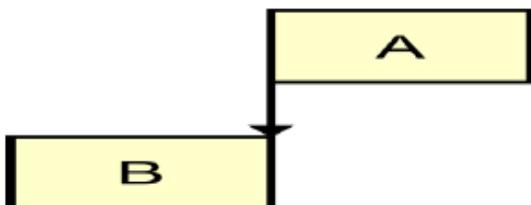
*Actividad Fin a Fin (FF):* Es aquella actividad que no puede ser concluida hasta que otra actividad relacionada termine.



*Actividad Inicio a Inicio (SS):* Esta es la actividad que no puede comenzar hasta que otra actividad relacionada comience.



*Actividad Inicio a Fin (SF):* Es aquella actividad que no puede terminar hasta que otra actividad relacionada comience.



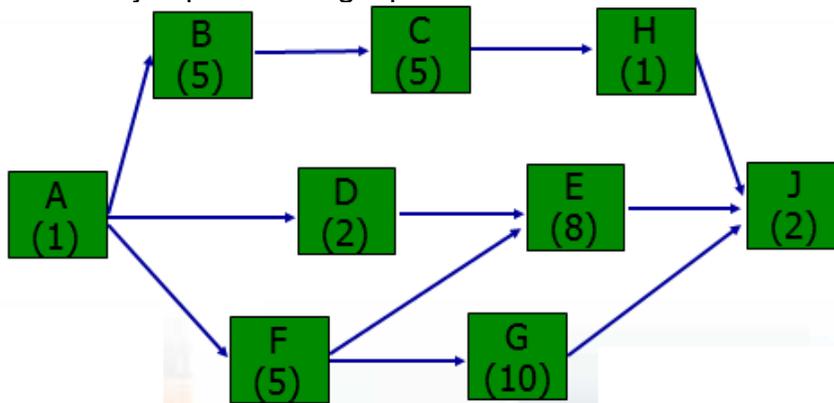
Las actividades pueden relacionarse con tiempos de ejecución variados, que suelen denominarse como inicio temprano (ES) y final temprano (EF), que son duraciones optimistas de las ejecuciones de las actividades. También se asignan inicios tardíos (LS) y finales tardíos (LF), que son las duraciones extremas que pueden ser asignadas a las actividades. Cuando una actividad tiene múltiples predecesoras, se debe seleccionar la fecha de terminación temprana mayor como la fecha de inicio de su actividad sucesora.

A continuación se presentan en las siguientes figuras algunos ejemplos sencillos de cómo conformar la Ruta crítica.

Figura 3.13 Ejemplo de matriz de actividades.

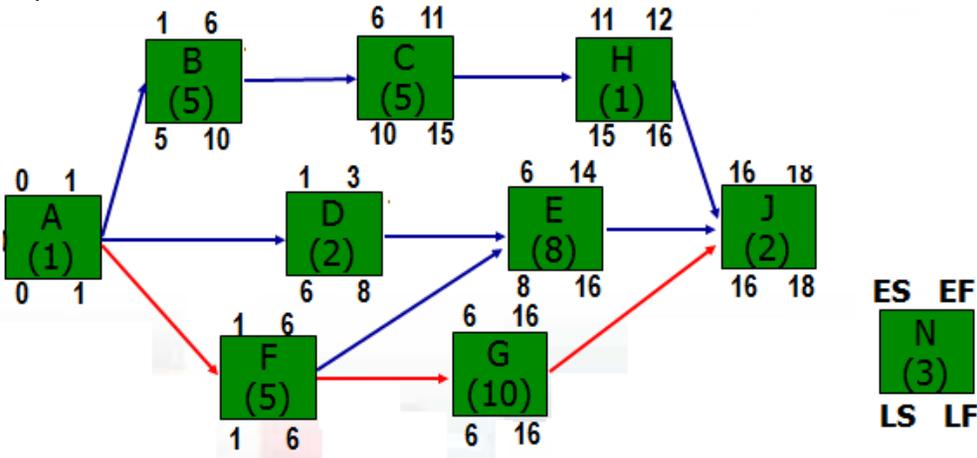
MATRIZ DE ACTIVIDADES			MATRIZ DE ACTIVIDADES CONT.		
ACTIVIDAD	SECUENCIAS	DURACION	ACTIVIDAD	SECUENCIAS	DURACION
O	A	0	J2	K2, M2	10
A	B, C	5	K1	L1	10
B	E, E, F, G2	30	K2	L2	10
C	D, E, F, G2	60	L1	N1, O1	10
D	G1	15	L2	N2, O2	5
E	G1	10	M1	P	5
F	G1	10	M2	P	30
I1	H1, I1	5	N1	R	30
G2	H2, I2	5	N2	R	90
H1	L1	10	O1	P	90
H2	L2	10	O2	P	5
I1	J1	5	P	Q	5
I2	J2	5	Q	R	5
J1	K1, M1	5	R	-	15

Figura 3.14 Ejemplo de arreglo para determinar la Ruta Crítica.



Fuente: Ing. Leticia Lozano, *Presentación Planeación y Control de Proyectos Industriales 2014*.

Figura 3.15 Secuencia con Ruta crítica, inicios tardíos y Tempranos, Finales tardíos y tempranos.



Fuente: Ing. Leticia Lozano, *Presentación Planeación y Control de Proyectos Industriales* 2014.

En la práctica el error que se comete más a menudo, es que la técnica se utiliza únicamente al principio del proyecto, olvidándose el documento durante el resto de la vida del proyecto. El verdadero valor de la técnica resulta más cuando se aplica en forma dinámica. A medida que se presentan hechos o circunstancias imprevistas, el método de la ruta crítica proporciona el medio ideal para identificar y analizar la necesidad de replantear o reprogramar el proyecto, reduciendo al mínimo el resultado adverso de dichas contingencias. Del mismo modo, cuando se presenta una oportunidad para mejorar la programación del proyecto, la técnica permite determinar fácilmente que actividades deben ser aceleradas para que se logre dicha mejoría.

Dentro de las herramientas que el software Primavera o Microsoft Project ofrecen, es la creación de la ruta crítica a partir de la información cargada, esto se consigue una vez que las actividades cargadas al software son ligadas a fechas de inicio y término, así como la relación que existe entre actividades, es decir, asignar predecesoras y sucesoras.

## **3.7 PLAN DE CALIDAD Y ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO DE INGENIERÍA.**

### **3.7.1 Plan de Calidad.**

El Plan de Calidad del Proyecto es el documento que especifica que planes, procedimientos y acciones deben aplicarse para dar cumplimiento a los objetivos de calidad de un proyecto. Tiene como propósito principal definir los requisitos a cumplir para lograr un ambiente controlado que asegure los objetivos del proyecto, con un enfoque fundamentalmente orientado a la supervisión de los procesos de gestión de la calidad de proyectos. <sup>[3]</sup>

Los objetivos de calidad que se deben conseguir y asegurar están relacionados con

- El caso de negocio
- El alcance definido por el usuario
- Los requisitos acordados de calidad, técnicos, de seguridad y protección ambiental
- El programa de ejecución
- El costo autorizado

El plan de calidad del proyecto debe definir los procedimientos, códigos, normas y estándares que se aplicarán para realizar las actividades del proyecto. También se debe decidir sobre el personal calificado para elaborar, revisar y aprobar cada una de las actividades; Todo con el propósito de asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos por cliente en el contrato.

Los elementos básicos para desarrollar el plan de calidad son:

- Contrato. Donde se estipulan los requerimientos de calidad que el cliente espera.
- Procedimientos Operativos. Todos aquellos procedimientos probados por la empresa.
- Requisitos de Calidad. Todos los elementos de calidad deben estar bajo lo estipulado por la norma ISO-9001-2015.
- Puestos. Todos aquellos involucrados en elaborar, revisar y autorizar las actividades, deben ser lo suficientemente calificados para cada acción.

La intención al utilizar toda la información posible para crear el plan de calidad, es comunicar a todo el equipo de proyecto las estrategias, procesos, mecanismos y modos en que cada aspecto en el proyecto será realizado.

Las etapas de la calidad son las siguientes:

- **Control de la calidad.** El control de calidad está compuesto por los siguientes conceptos.
  - Plan de calidad.
  - Control de equipo de inspección.
  - Inspección de actividades de construcción.
  - Detección de no conformidades.
  - Aceptación o rechazo de productos.
  - Supervisión y documentación de pruebas.
  - Liberación de productos.
- **Aseguramiento de la calidad.** Se base en un plan de calidad del proyecto, la planeación del trabajo que deba ser realizado, incluyendo el alcance total, el costo aprobado, el programa maestro, el plan de ejecución y el análisis de riesgos. Dentro de este control, se debe contar con la documentación correspondiente, que es el conjunto de normas, procedimientos, códigos y reglamentos que se deben seguir en el proyecto. El personal involucrado en el proyecto debe ser capacitado y certificado de acuerdo a las labores que desempeña. Todo el equipo y maquinaria deben ser calibrados y montados de acuerdo a normas y especificaciones, los materiales requeridos en todo el proyecto deben contar con la aprobación pertinente. La empresa debe tener auditores internos calificados.
- **Certificación de la ISO-9001.** Esta es la norma que auxilia y dirige la implementación de procesos para gestionar la calidad en una empresa o proyecto.
- **Mejora continua.** De acuerdo a la ISO-9000 la mejora continua es una actividad recurrente para mejorar el desempeño, esto pueden ser encuestas, capacitaciones, difusión de valores, integración de equipos del proyecto, análisis de tendencias, uso de indicadores de calidad etc.
- **Cultura de calidad.** Se debe buscar día con día que todos los procesos, técnicas, estrategias y métodos que en la empresa se desarrollen, se vuelvan parte de cada empleado, de cada actividad y de cada proyecto.

El plan de calidad de acuerdo a las necesidades de cada proyecto, debe contener al menos lo siguiente:

1. Objetivos de Calidad específicos del proyecto.
2. Grupo de Calidad del Proyecto (integrantes, roles y responsabilidades).
3. Mecanismo para el control de costo y tiempo.
4. Mecanismos para el control de los procesos de supervisión de ingeniería, fabricación y construcción.
5. Relación de prácticas y estándares de supervisión para ser utilizados en el proyecto.

6. Programa y responsables de supervisión de ingeniería.
7. Programa y responsables de supervisión de inspección en fábrica.
8. Programa y responsables de supervisión de la construcción.
9. Relación de documentos controlados del proyecto.
10. Procedimiento de control de cambios.
11. Procedimiento de comunicación y distribución de documentos.
12. Procedimiento de presentación, revisión y autorización de reclamos.
13. Procedimiento de presentación de informes de avance del proyecto.
14. Procedimiento de supervisión y autorización de entregables de ingeniería.

El Plan de Calidad está enfocado a asegurar el cumplimiento con los requisitos del cliente establecidos en el contrato, para lo que es necesario implantarlo durante el primer mes de ejecución del proyecto, en los casos que algunas actividades no estén completamente definidas, se deberá elaborar un programa con las fechas en que se harán los procedimientos previos a la ejecución de las actividades. <sup>[30]</sup>

La implantación del método de trabajo y la evaluación de su efectividad, a través de monitoreo y auditorías internas y externas, tanto al proceso IPC como a los proveedores y subcontratistas es la base para lograr que el proyecto se ejecute correctamente a la primera vez; y el seguimiento implacable a la prevención de retrabajos aplicando las lecciones aprendidas contribuye a su logro.

Para la gestión del plan de calidad existen muchas normas y estándares que las empresas ocupan como guía para establecer sus procedimientos. La norma fundamental para en que las empresas guían sus procesos de calidad es la ISO-9001, hoy en día en su versión 2015. La ISO-9001 es una normatividad internacional aplicable a todas las organizaciones para producir bienes confiables y estandarizados. Se compone y describe lo siguiente:

- 1. Ámbitos de aplicación.**
- 2. Normativas de referencia.**
- 3. Términos y definiciones.** Referencia a los términos generales del anexo y otros términos específicos.
- 4. Contexto de la organización.** Comprensión de las interdependencias exteriores e interiores y las interacciones, los requisitos de las partes interesadas, y sus expectativas, el sistema de gestión y su campo de aplicación.
- 5. Liderazgo.** Responsabilidades de los puestos, compromiso, funciones y organización.
- 6. Planificación.** Acciones para considerar los riesgos y oportunidades, objetivos de calidad y su planificación para alcanzarlos.
- 7. Soporte.** Recursos, competencias, conciencia, comunicación e información.
- 8. Operación.** Planificar y controlar.
- 9. Evaluación del rendimiento.** Seguimiento, medición del desempeño, análisis y evaluación, auditoría interna y revisión.
- 10. Mejora.** No conformidades, acciones correctivas y mejora.

Otra norma útil al momento de gestionar el plan de calidad es las norma ISO-9000, que contiene fundamentos y vocabulario.

### 3.7.2 Análisis y Administración de Riesgos.

Un riesgo es la posibilidad de sufrir una pérdida en un proyecto específico, éste puede ser un producto terminado con menor calidad, costos más elevados, retrasos en el programa o no lograr los objetivos del proyecto. Un riesgo es un problema factible de ocurrir. <sup>[40]</sup>

El objetivo es identificar los riesgos que pudieran perjudicar el desarrollo corriente del proyecto en sus diversas etapas; calificarlos y cuantificarlos en cuanto a probabilidad de ocurrencia y potencial impacto; definir una serie de acciones preventivas y correctivas “la respuesta a los riesgos que se juzguen más relevantes” para disminuir la probabilidad de su ocurrencia durante la fase de ejecución y en caso de que se presenten, estar preparados para superarlos y mitigar su impacto en el proyecto.

#### **CLASIFICACIÓN DE RIESGOS.** <sup>[43]</sup>

La clasificación de los riesgos de acuerdo a sus consecuencias y a la probabilidad que tienen de ocurrir pueden clasificarse en:

- **Riesgos conocidos:** son aquellas circunstancias donde su probabilidad de ocurrencia es común y razonablemente entendida. La variabilidad en precio de los materiales causado por las condiciones del mercado y la baja productividad son ejemplos claros de este tipo de riesgos.
- **Riesgos conocidos-desconocidos:** son aquellos que tiene severas consecuencias en caso de que ocurran pero su probabilidad de ocurrencia es baja, por ello no se descartan. El alto aumento de precio en materiales causados por problemas políticos
- **Riesgos desconocidos-desconocidos:** son aquellos sobre los que no se tiene ni siquiera idea de su ocurrencia y su probabilidad de ocurrencia es casi nula por lo que es imposible su consideración. Un terremoto en una zona de bajo grado sísmico es un ejemplo de este tipo de riesgo.

#### **PRINCIPALES FUENTES DE RIESGOS.** <sup>[43]</sup>

Las principales fuentes de riesgo presentes en los proyectos de construcción de acuerdo a las principales fuerzas que intervienen en la realización del mismo estipulado por Diezman son:

- **Tecnología :** Es la incertidumbre que se crea alrededor de emplear nuevas tecnologías que se utilizan en un proyecto. Esto puede ser nuevo software, el uso de nuevos modelos de maquinaria, nuevos materiales básicos o prefabricados y nuevos sistemas constructivos.
- **Contractuales:** son aquellos relacionados a los derechos y deberes establecidos entre las partes de un convenio. Algunos ejemplos de riesgos de este tipo son la falta de claridad en las cláusulas de un contrato, falta de una perfecta comunicación entre los participantes y la falta de cláusulas que prevean condiciones desfavorables para ambas partes del contrato.
- **Localización y tamaño del proyecto:** la localización del lugar donde se construirá el proyecto y el tamaño del proyecto son factores que tienden a provocar mayores riesgos.
- **Regulaciones:** existe la probabilidad de cambios en las regulaciones o normas gubernamentales bajo las que está sujeto el proyecto a lo largo de su ciclo de vida.
- **Estimación de costo y programas de obra:** Esta tarea es una de las más importantes dada las consecuencias negativas que representa un error u omisión en la elaboración de los mismos.

- **Errores Humanos:** se refiere a las omisiones, falta de juicio, falta de conocimiento o equivocaciones por parte del personal del proyecto.
- **Incremento en el precio:** las condiciones económicas impactan el nivel de riesgo en el costo de un proyecto.
- **Disponibilidad de mano de obra y maquinaria:** se refiere al cambio repentino en la disponibilidad de mano de obra antes y durante la ejecución del proyecto.

Para esta etapa del proyecto, realizar un análisis de riesgos primero contempla revisar la definición y análisis de riesgos que se hizo en la etapa de análisis preliminar, y evaluar de nuevo aquellos que podrían volver a presentarse, o anular aquellos que ya no representan peligro para la ejecución del proyecto. Aquellos que aún son latentes, deben ser evaluados, su impacto y probabilidad de ocurrencia, con el propósito de tomar medidas preventivas y mitigar los más significativos.

El análisis por cuadrantes (presentado en el capítulo I), sigue siendo útil en esta etapa del proyecto, pero adicionalmente se deben involucrar análisis y herramientas más formales y precisas para definir, analizar y mitigar los riesgos.

Los pasos para determinar los riesgos de un proyecto en esta etapa pueden describirse de la siguiente manera:

#### *1.- Planteamiento del análisis de riesgos.*

- Designación del GAR (Grupo de Análisis de Riesgo).
- Definir la frecuencia de reuniones para el análisis.
- Seleccionar las herramientas que serán utilizadas.
- Conformar una estructura para los reportes de seguimiento.

#### *2.- Identificación, valoración y registro de riesgos.*

- Identificar riesgos posibles para el proyecto en la etapa correspondiente.
- Enlistar los riesgos con sus calificaciones de probabilidad e impacto en su costo, alcance, tiempo y calidad.
- Ligar los riesgos a las actividades impactadas en el programa de ejecución del proyecto con tiempos probables, mínimos y máximos.

#### *3.- Evaluación con modelos probabilísticos.*

- Creación de la lista de riesgos priorizados.
- Análisis probabilístico de impactos globales al proyecto.
- Gráficos y tendencias de la simulación probabilística.

Existen diversos softwares comerciales que pueden ser usados para realizar el análisis probabilísticos necesarios para la evaluación de los riesgos como Crystal Ball, @Risk, y Primavera Risk. También se pueden realizar el análisis probabilísticos con un modelo del algoritmo de Monte Carlo, programado en hojas de cálculo, similar a los de los softwares comerciales.

Es posible también enfocar el análisis de riesgos con referencia a las actividades del programa de ejecución, identificando en este caso las actividades afectadas, así como

el impacto de los riesgos en las mismas en cuanto a su costo y tiempo; también es posible considerar la incertidumbre en la duración de cada actividad del programa.

Para este tipo de análisis, es recomendable considerar un programa ejecutivo del proyecto, basado preponderantemente en las actividades de la ruta crítica y aquellas de menor holgura.

Al final realizar un análisis de riesgos tiene como resultado determinar el impacto económico que dichos riesgos podría generar en el presupuesto del proyecto, esto se verá reflejado en las contingencias del proyecto y en las medidas de mitigación al momento de administrar los riesgos en el proyecto.

Riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia y mayor impacto conllevan un costo mayor que debe ser asociado al riesgo y así estar preparados para asumirlo.

Desarrollar, implementar y controlar los elementos de la línea base para la ejecución de un proyecto, es análogo a cualquier construcción, que se soporta en cimientos, y si estos son adecuados, la construcción soportará de manera firme el proceso, de no ser así, a pesar del trabajo y esfuerzo futuro, el proyecto puede fracasar.

La ejecución exitosa de un proyecto depende: <sup>[34]</sup>

- El 10% del método de Gerencia de Proyecto y la tecnología (pero funciona como la cimentación de la obra, sin ellos es muy frágil).
- El 20% de la experiencia y competencia del equipo de trabajo integrado.
- El 70% del Gerente de Proyecto, que haga que las cosas sucedan.

El propósito es trabajar más inteligentemente para lograr un proyecto exitoso, estableciendo el método de trabajo, seleccionando los recursos tecnológicos y el personal competente para hacer realidad el nuevo proyecto, que contribuya a generar productos y bienes en forma competitiva para beneficio de los inversionistas, la comunidad y la nación. <sup>[34]</sup>

A continuación se presenta un caso de estudio, aplicando la metodología al diseño conceptual y básico de una planta criogénica. Como se ha mencionado de forma exhaustiva, cada proyecto es único e irrepetible y no es posible aplicar el cien por ciento cada aspecto involucrado en el desarrollo de proyectos, pero pueden tomarse guías para encaminar el desarrollo del contenido de un proyecto industrial.

# CASO DE ESTUDIO.<sup>6</sup>

## ETAPA CONCEPTUAL E INGENIERÍA BÁSICA PARA UNA PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD. CD. REYNOSA, TAMAULIPAS.

---

<sup>6</sup> El Caso de estudio que a continuación se presenta, ha sido recopilado en su totalidad, la creación de los documentos está fuera del alcance del trabajo, se presenta con la finalidad de enriquecer el contenido de la metodología.

## **ETAPA CONCEPTUAL.**

- ESTUDIO DE MERCADO.
- EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.
- ANÁLISIS DE LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.
- ALCANCE PRELIMINAR DEL PROYECTO.
- EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS.
- ESTIMADO DE COSTO CLASE V.
- CASO DE NEGOCIO.



## **ESTUDIO DE MERCADO.**

### **I. Resumen Ejecutivo.**

- a) Objetivo
- b) Definición del Producto
- c) Descripción del Proyecto
- d) Problemática a resolver.
- e) Características del Proyecto.
- f) Alternativa Elegida.

### **II. Análisis de la situación sin Proyecto, Oferta y Demanda.**

- a) Diagnóstico de la situación actual.
- b) Problemática a resolver.
- c) Alternativas evaluadas y sus principales características.
- d) Oferta y Demanda Actual.

### **III. Descripción Integral del Proyecto.**

- a) Objetivo.
- b) Propósito.
- c) Componentes y actividades.
- d) Actividades.
- e) Sector económico y Localización geográfica.

### **IV. Análisis de la Situación con Proyecto y Precio.**

- a) Impacto sobre el mercado.
- b) Metas de Producción.
- c) Análisis del precio.



## **I. RESUMEN EJECUTIVO.**

Dentro de la cadena del petróleo, el cliente ocupa una posición estratégica en el país al tener la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

Actualmente esta subsidiaria procesa un volumen cercano a 4 mil millones de pies cúbicos diarios (MMpcd), con una producción de líquidos de 451 mil barriles diarios (Mbd) en los 9 Complejos Procesadores de Gas a cargo del Organismo.

Para conservar su posición competitiva en el ámbito internacional y cumplir con los compromisos contraídos con otras subsidiarias y particulares, el cliente realiza una planeación estratégica de nuevas instalaciones e infraestructura para llevar a cabo de manera segura, rentable y sustentable el procesamiento del gas ofertado por el sector de exploración y producción del cliente.

Con base en la certidumbre de oferta de gas presentada por este sector, el cliente decide invertir para llevar a cabo varios proyectos que contemplarán la explotación de gas por etapas (grupo de sectores), para robustecer la infraestructura de procesamiento del gas asociado en la zona, debido a que la Región Norte está proyectada a ser la principal proveedora de gas natural del país, con la mayor tasa de crecimiento anual en el periodo 2008-2016, proveniente del proyecto. Por lo que el cliente ha diseñado un plan de incremento de capacidad para procesar el gas húmedo disponible, durante el periodo 2010- 2012, se requerirá una capacidad adicional de 200 MMpcd, por cada año. Posteriormente, de confirmarse el crecimiento de la producción, para el año 2016 se requeriría un incremento de capacidad de 200 MMpcd.

Con la finalidad de atender la oferta, en el presente documento se detalla la construcción de la primera planta criogénica de 200 MMpcd con su tren de fraccionamiento que entrará en operación durante el 2010, en las inmediaciones del actual CPG en Reynosa, Tamaulipas.

**a) OBJETIVO.** Determinar y analizar todo el campo de acción y las oportunidades sobre la producción de Etano, a partir gas natural o gas endulzado. Así como todo el análisis posible de la materia prima y sus oportunidades.

### **b) DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.**

El bien que será producido en la planta criogénica, será gas Etano, con la finalidad de ser suministrado como materia prima en el campo productor de plásticos a partir de polietileno. Considerado así como producto químico.

Su principal uso es como materia prima petroquímica para la producción de etileno. El etano se puede utilizar como un refrigerante en sistemas de refrigeración criogénicos.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**c) Descripción del proyecto**

Desarrollar la ingeniería conceptual y básica, para la construcción de una planta criogénica con capacidad para procesar 200 MMpcd de gas húmedo dulce del proyecto de Aceite Terciario del Golfo, aprovechando la infraestructura actual del CPG Reynosa, para la recuperación de gas natural seco, gas licuado y nafta ligera.

**d) Problemática a resolver**

Estar en condiciones de procesar de manera segura, rentable y sustentable el incremento de gas húmedo dulce ofertado.

**e) Características del proyecto**

El proyecto tiene como expectativa construir las instalaciones necesarias para procesar 200 MMpcd de gas húmedo dulce ofertado por el cliente proveniente del Proyecto mencionado, mediante el proceso de recuperación de licuables y fraccionamiento de líquidos criogénicos, incluyendo la integración de servicios principales asociados a estos procesos, sistemas integrales regidos por seguridad, salud y protección ambiental, así como la infraestructura necesaria de apoyo. Las características del proceso se fundamentarán en los estudios de ingeniería conceptual, básica y de detalle que establecerán las actividades relevantes a realizar de procura y construcción.

**f) Alternativa elegida**

Construir una planta criogénica de 200 MMpcd con su fraccionamiento integrado para producir gas natural, LPG y nafta ligera. La ubicación se seleccionó tomando en cuenta el aprovechamiento de la infraestructura instalada en el CPG Burgos y la ausencia de asentamientos humanos en el área asignada.

**II. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO, OFERTA Y DEMANDA.**

**a) Diagnóstico de la situación actual.**

Actualmente, el CPG Burgos cuenta con la siguiente capacidad instalada:

- Una planta endulzadora de gas amargo de 230 MMpcd.
- Una planta de azufre de 64 Td.
- Una planta recuperadora de licuables de 290 MMpcd.
- Una planta fraccionadora de licuables de 22 Mbd.
- Almacenamiento de gas licuado de 30 Mb y de nafta ligera de 37 Mb.

El centro de trabajo procesa el gas húmedo amargo (GHA) de la región y se encuentra en el proceso de adecuar sus instalaciones para asegurar la confiabilidad operativa de las mismas.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**b) Problemática a resolver**

- El cliente, de acuerdo con el escenario de producción del proyecto de aceites deberá disponer de una capacidad de proceso de gas húmedo dulce de 490 MMpcd (proveniente de los sectores 4, 6 y 7).

Proceso con los Sectores 4, 6 y 7

MMpcd	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gas húmedo amargo	200	203	178	187	182	196	213	199	179	162	146	132	117
Gas húmedo endulzado	187	186	167	176	171	184	199	186	168	152	137	124	110
Gas húmedo dulce de PEP	0	104	323	392	459	467	447	435	462	502	544	564	530
Gas a Criogénicas	187	290	490	568	630	650	647	621	630	654	681	687	640

- El CPG Burgos contará con una capacidad de proceso de 290 MMpcd, al concluir el proyecto de confiabilidad operativa.
- En consecuencia, se requiere de una capacidad adicional de 200 MMpcd.

**c) Alternativas evaluadas y sus principales características**

*Alternativas evaluadas.*

Para el presente proyecto, el cliente evaluó las siguientes alternativas:

*Alternativa 1:* Construcción de una planta criogénica de 200 MMpcd en terreno de del cliente aprovechando la infraestructura existente en el CPG Burgos.

*Alternativa 2:* Revamp de 290 a 390 MMpcd a la planta criogénica actual y la construcción de una planta criogénica de 100 MMpcd.

*Principales características.*

La alternativa 1 es la que se seleccionó, ya que ofrece mejores indicadores financieros, menores costos de operación y mantenimiento, mayor flexibilidad operativa, menor inversión y manejo oportuno de la oferta de gas húmedo.

Mientras que la alternativa 2 fue la menos rentable ya que requiere la salida de la planta actual para realizar el revamp por un periodo aproximado de 2 meses, así como un mantenimiento mayor a los diez años, además del tiempo requerido para la construcción de la planta nueva e instalación de infraestructura necesaria. Por lo anterior se tendría una mayor inversión, mayores costos de operación y mantenimiento, así como el rechazo de GHD por la salida de operación de la planta.

PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

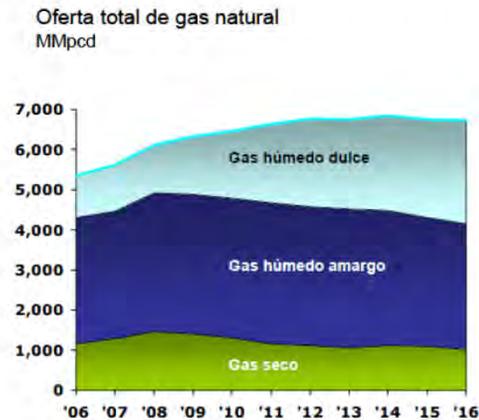
Concepto	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>Capacidad total de plantas (MMpcd)</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<i>Incremento de capacidad 290@390</i>	-	100
<i>Capacidad de plantas nuevas</i>	200	100
<b>Inversión (MM\$)</b>	<b>1,942,112,272</b>	<b>2,083,314,076</b>
<i>Revamp a planta de 290@390 MMpcd</i>	-	904,508,000
<i>Plantas nuevas e infraestructura</i>	1,942,112,272	1,178,806,076
<b>Tasa interna de retorno*</b>	<b>22.39%</b>	<b>19.63%</b>
<b>Valor presente neto* (MM\$)</b>	<b>1,450,598,308</b>	<b>1,094,967,740</b>
<b>Costo de producción (\$/Mpc)</b>	<b>1.95</b>	<b>2.66</b>

**d) Oferta y demanda**

**Análisis de la oferta**

De acuerdo al escenario de 2010 - 2016, la oferta total de gas, se situará en 6,725 MMpcd al final del período, con un crecimiento promedio anual de 2.3%.

Por tipo de gas, se espera que la oferta de gas seco y gas húmedo amargo disminuyan marginalmente, y que la oferta de gas húmedo dulce crezca en 9.6% promedio anual, durante el período.

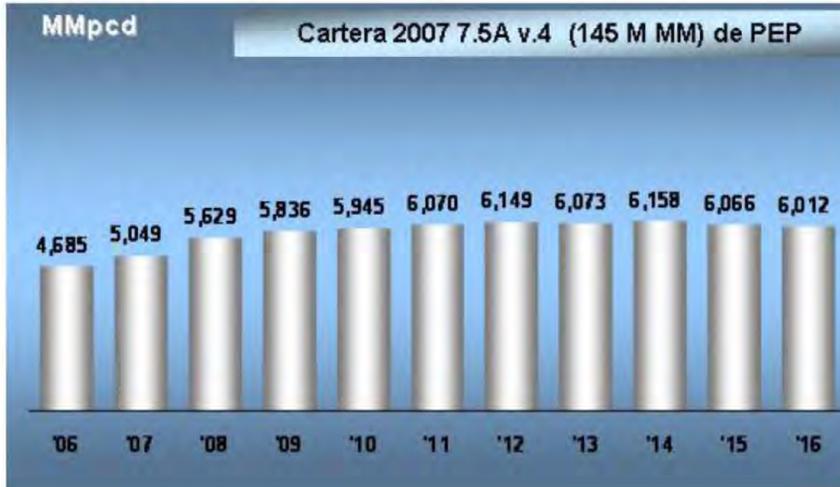


**Disponibilidad nacional de gas seco**

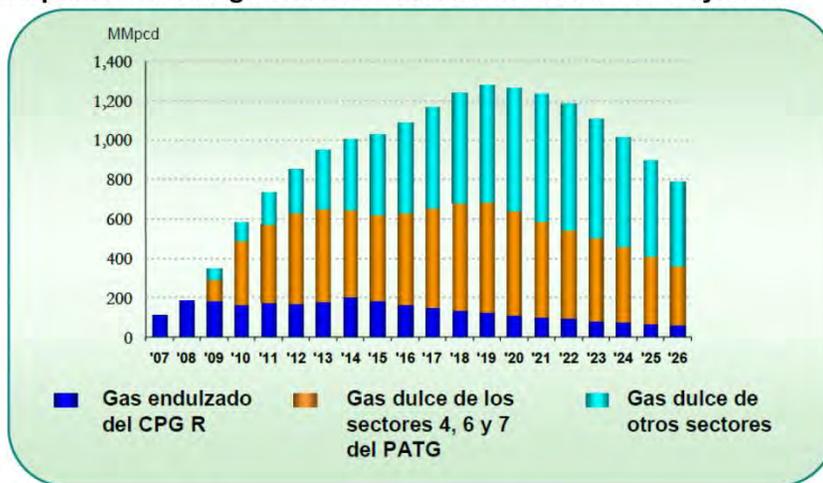
La oferta nacional de gas seco se incrementará en 1,327 MMpcd, equivalente a un crecimiento promedio anual de 2.5% en el periodo de análisis.

Por su parte, la producción de gas seco de plantas del cliente crecerá a una tasa promedio anual de 3.5%.

PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA



Disponibilidad de gas húmedo dulce en el CPG Área Reynosa:



Análisis de la demanda

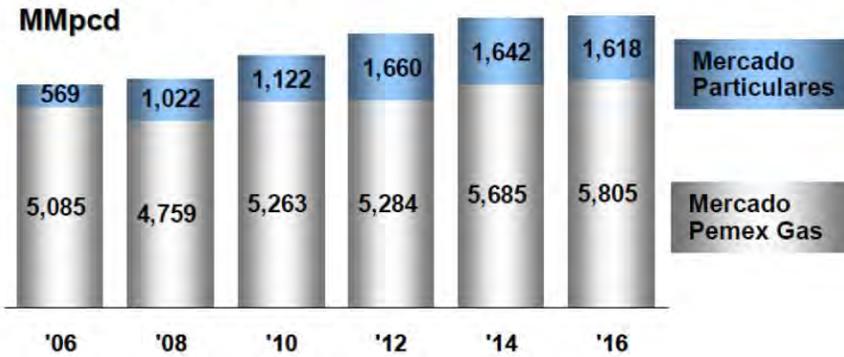
**Demanda nacional de gas seco.**

En el periodo 2006-2016, la demanda de gas seco que atiende el cliente se incrementará en 720 mmpcd, con una TACC de 1.3%.

El mayor ritmo de crecimiento se presentará en el sector industrial y distribuidores con una TACC de 3.1%, seguido del sector eléctrico con 2.3%.

PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

Se prevé un importante incremento en la demanda del gas natural, a nivel industrial y del sector eléctrico, y de los licuables, como puede verse en las gráficas que a continuación se muestran:

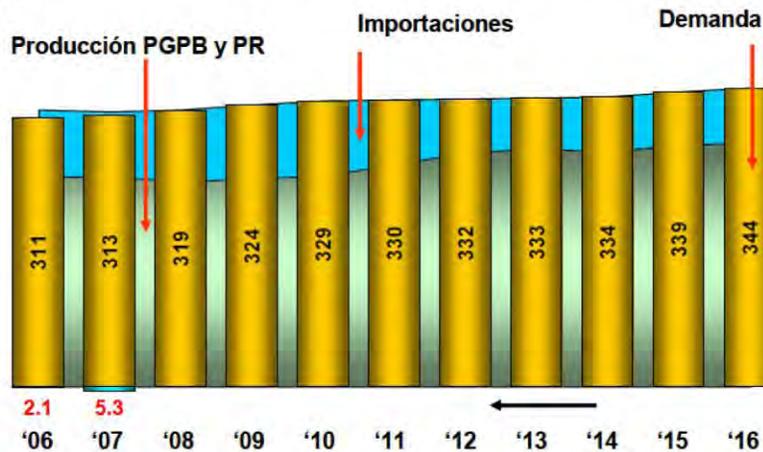


**Demanda nacional de gas licuado**

El balance de gas LP del cliente indica que las importaciones alcanzarán un máximo de 86 Mbd en el 2016 y un mínimo de 59 Mbd en el 2019, y a partir de ese año, se incrementarán hasta alcanzar 63 Mbd al final del periodo.

Las exportaciones a partir de 2008 se estima que serán nulas.

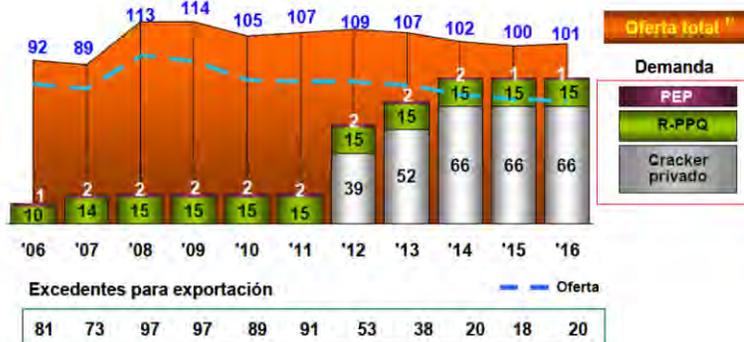
**Mbd**



**Demanda nacional de gasolina natural:**

A partir de 2012, se espera un incremento significativo de la demanda de gasolina natural en el Sureste, con la entrada en operación de un cracker privado de 1 MMton de etileno, que usará etano y gasolinas naturales como materia prima.

PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA



### III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

#### a) Objetivo

Contar con la infraestructura requerida para procesar 200 MMpcd de gas húmedo dulce del Proyecto Aceite Terciario.

#### b) Propósito

Incrementar la capacidad de procesamiento de gas húmedo dulce en el CPG Reynosa, evitando la quema de hidrocarburos a la atmósfera.

#### c) Componentes

Por la naturaleza del proyecto mismo, se requiere como punto de partida la realización de las ingenierías Conceptual, básica y de detalle, para pasar posteriormente a la procura y construcción de la planta mencionada.

Los componentes principales son:

- Planta criogénica modular con capacidad para procesar 200 MMpcd de gas húmedo dulce y un tren de fraccionamiento de licuables para 12 Mbd.
- Casa de cambio y cuarto de control principal.
- Dos esferas para almacenamiento de LPG.
- Quemador ecológico para 200 MMpcd.
- Planta de tratamiento de efluentes (aguas sanitarias y aceitosas).
- Una subestación eléctrica de alimentación y otra de distribución.
- Tres compresores de aire para las redes de aire de instrumentos, de servicios y respirable.
- Integración de la línea de carga de gas húmedo dulce comprimido.
- Integración de los productos a los ductos de salida del CPG Reynosa para su comercialización.
- Integración a los servicios principales y red de contra incendio existentes en el CPG Reynosa.



#### d) Actividades

Las actividades principales del Proyecto son:

- Ingeniería Conceptual y Básica (Caso de estudio).
- Ingeniería de Detalle.
- Procura.
- Construcción (procesos, servicios, integración, obra civil).
- Permisos y licencias.
- Pruebas y puesta en marcha.

#### e) Sector económico y localización geográfica

Sector Económico:

Energía, Ramo Hidrocarburos

Localización Geográfica: El proyecto se desarrollará en el Complejo Procesador de Gas Burgos. El cual está ubicado en el km 20 de la autopista federal Monterrey - Reynosa en el estado de Tamaulipas.

MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



### IV. ANÁLISI DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO Y PRECIO

La instalación de la primera de tres plantas criogénicas, para procesar la oferta de GHD del PATG, permitirá hacer frente al incremento de gas en la región para incrementar la oferta nacional de gas natural seco y gas licuado, reduciendo importaciones y fortaleciendo el desarrollo industrial de la región.

**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**a) Impacto sobre el mercado**

Con base en los pronósticos de demanda nacional de gas natural seco y gas licuado, el no incrementar la capacidad de procesamiento de gas en las actuales instalaciones del CPG Reynosa, generará un desabasto de gas seco y gas licuado a nivel nacional, ya que de acuerdo al escenario de planeación 2008-2016, las importaciones totales de gas seco pasarán de 1,020 MMpcd en 2006 a 1,963 MMpcd en 2016, así como importaciones de gas natural licuado (GNL). Mientras que en el periodo 2006-2016, la demanda de gas seco que atiende el cliente se incrementará en 720 MMpcd, con una TACC de 1.3%, donde el mayor ritmo de crecimiento se presentará en el sector industrial con una TACC de 3.1%, seguido del sector eléctrico con 2.3%.

**b) Flujos de costos atribuibles al Proyecto (pesos)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total costos variables	\$/AÑO 1,652,750,743	3,049,486,143	2,945,112,024	3,052,907,317	2,942,668,509	2,843,181,832	2,741,251,640	2,779,020,256	2,741,251,640	2,741,251,640	2,741,251,640
Total costos fijos	\$/AÑO 2,841,000	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368
Total costos	\$/AÑO 1,655,621,743	3,113,431,511	3,009,057,392	3,146,912,685	3,006,613,878	2,907,127,200	2,805,197,008	2,843,565,624	2,805,197,008	2,805,197,008	2,805,197,008

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Total costos variables	\$/AÑO 2,779,620,256	2,741,251,640	2,741,251,640	2,741,251,640	2,779,620,256	2,741,251,640	2,741,251,640	2,741,251,640	2,779,620,256	2,741,251,640
Total costos fijos	\$/AÑO 63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368	63,945,368
Total costos	\$/AÑO 2,843,565,624	2,805,197,008	2,805,197,008	2,805,197,008	2,843,565,624	2,805,197,008	2,805,197,008	2,805,197,008	2,843,565,624	2,805,197,008

**c) Metas de producción**

El proyecto tiene como finalidad procesar 200 MMpcd de gas húmedo dulce de manera segura y eficiente, para la obtención de los siguientes productos:

- Gas natural seco 186.1 MMpcd
- Gas licuado 7.0 Mbd
- Nafta ligera 2.6 Mbd

**d) Análisis del precio.**

De acuerdo con el análisis elaborado en el estudio de mercado, y apegándose a los sustentos presentados por el cliente en los costos manejados para sus plantas en operación, el precio de venta esperado y proyectado es el siguiente.

Pronóstico de precios de largo plazo del Estudio de Mercado de Hidrocarburos 2007, correspondiente al escenario para evaluación de proyectos de inversión.

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Promedio
<b>Precio referencia gas natural (Usd/mmbtu)</b>	4.10	4.24	4.10	3.96	3.82	3.82	3.96	<b>4.00</b>
<b>Precios en el CPG Burgos</b>								
Gas húmedo dulce (Usd/mpc)	3.67	3.80	3.67	3.54	3.41	3.41	3.54	<b>3.58</b>
<b>Productos</b>								
Gas seco (Usd/mmbtu)	4.00	3.86	3.72	3.58	3.58	3.72	3.72	<b>3.74</b>
Gasolina natural (Usd/bi)	20.68	21.69	20.68	19.67	18.66	18.66	19.67	<b>19.96</b>
Gas licuado (Usd/bi)	25.53	26.33	25.53	24.74	23.94	23.94	24.74	<b>24.96</b>



## **ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.**

### **I. Introducción.**

- a) Objetivo.
- b) Descripción general.
- c) Antecedentes para la selección y evaluación.

### **II. Descripción de los Procesos Disponibles.**

- a) Proceso Joule-Thompson.
- b) Proceso con Turbo-Expansor.
- c) Combinación con Refrigeración mecánica.

### **III. Descripción de las Tecnologías.**

- a) Cryomax MRE
- b) Cryomax DCP

### **IV. Resultado de la Evaluación.**

- a) Matriz de Ponderación.
- b) Tecnología Seleccionada.



## I. Introducción.

Los procesos de refrigeración para procesar gas natural están diseñados para aplicaciones en las que se desea obtener recuperaciones moderadas a altas de propano. Con el fin de lograr mayores recuperaciones de propano y etano se requieren temperaturas criogénicas. En general, la industria de procesamiento de gas natural considera el procesamiento criogénico como procesos que operan por debajo de  $-50^{\circ}$  C. Las temperaturas requeridas para lograr la recuperación de etano en un 60 por ciento a diversas presiones de operación son variadas. Para alcanzar estas temperaturas, se utiliza una combinación de expansión y un proceso de enfriamiento.

Hay tres métodos generales que se pueden utilizar para lograr las condiciones necesarias para alcanzar niveles de recuperación alta de etano.

1. Expansión J-T
2. Proceso con Turbo-expansor.
3. Combinación con Refrigeración Mecánica.

Hoy en día existen diversas maneras de conjuntar los posibles procesos en los tratamientos criogénicos al procesar gas natural. Algunos tecnólogos han tratado de innovar y patentar diversas tecnologías que hagan más eficiente la recuperación de productos.

### a) Objetivo.

La presente evaluación tecnológica tiene como objetivo describir, analizar y evaluar las mejores opciones tecnológicas disponibles para el proyecto IPC de la planta recuperadora y fraccionadora de licuables 5, con capacidad de 200 MMPCD en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas.

### b) Descripción general.

El presente documento contempla la evaluación y selección tecnológica, considerando una breve descripción de las tecnologías, un análisis matricial con ponderaciones conciliadas y una selección ante la tecnología mejor puntuada. Las tecnologías disponibles en la evaluación, han pasado un previo filtro establecido por el cliente, tomando como antecedentes las evaluaciones y ponderaciones aplicadas a las plantas criogénicas existentes y aún en funcionamiento. A pesar de contar con referencias tecnológicas en los módulos procesadores de gas 1, 2, 3 y 4 del cliente, El cliente considera de suma importancia actualizar la evaluación y selección de tecnología para la construcción del presente módulo 5.



### c) Antecedentes para la selección y evaluación.

El cliente ha proporcionado dos tecnologías potencialmente desarrollables, de acuerdo a sus históricos de operación, los resultados obtenidos en las plantas existentes en operación, su experiencia con el tecnólogo y algunas ponderaciones técnico-económicas.

Cada uno de los procesos seleccionados han sido utilizados con éxito, el caso de la turbo expansión, suele ser el proceso predominante en la elección para instalaciones de recuperación de etano. Uno de los parámetros clave en la recuperación de etano y productos más pesados es el efecto de la extracción en el contenido de BTU del gas de residuo.

El análisis y la evaluación para la selección se verán reflejados en una matriz de ponderación, correspondiente a la metodología propuesta anteriormente.

## II. Descripción de los Procesos Disponibles.

### Expansión Joule – Thomson.

El uso del efecto Joule-Thomson (J-T) para recuperar los líquidos, es una alternativa atractiva en muchas aplicaciones. El concepto general para enfriar el gas, es mediante su expansión a través de una válvula J-T. Con el intercambio de calor apropiado y gran diferencial de presión a través de la válvula J-T, las temperaturas criogénicas que se pueden lograr, resulta una alta eficiencia de extracción. La principal diferencia entre el diseño J-T y el proceso de Turbo-Expansión es que la expansión adiabática del gas es a través de la válvula. En un turbo-expansor la expansión sigue un camino casi isoentrópico. Así el diseño J-T tiende a ser menos eficiente por unidad de energía gastada que la turbina de expansión.

El proceso de J-T ofrece algunas ventajas sobre el turbo expansor y los procesos de refrigeración en las siguientes situaciones:

1. Tasas bajas de gas y una recuperación de etano modesta.
2. El proceso puede ser diseñado sin equipo rotativo.
3. Amplia gama de flujos.
4. Simplicidad en el diseño y en la operación.

La fig. 16-15 ilustra el diagrama de proceso para un proceso de expansión J-T.

Para utilizar eficazmente el proceso de J-T, el gas debe estar a una alta presión de entrada, considerando presiones arriba de 7000 kPa, esto es típico en estas instalaciones. Si la presión de gas es demasiado baja, se necesitará una compresión a la entrada o la expansión y refrigeración serán insuficientes.

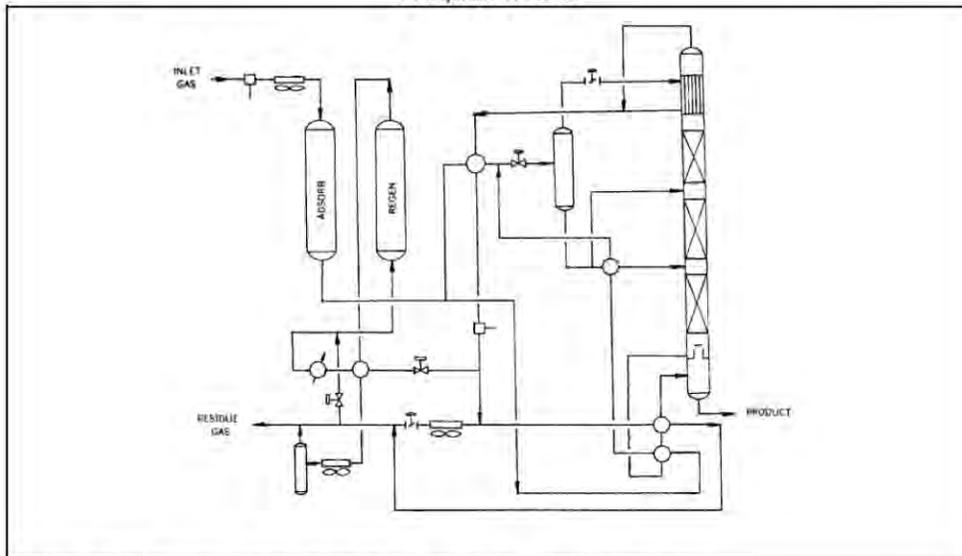
El gas primero debe ser secado para asegurar que no entre agua en la parte fría del proceso. Típicamente, tamices moleculares o alúmina se utilizan para el secado. La inyección de metanol se ha utilizado en algunas plantas con éxito pero puede ser un problema de funcionamiento.

Después del secado, el gas se enfría por intercambio de calor con el gas de residuo frío y también por intercambio de calor con los intercambiadores desmetanizadores y en algunos casos con el producto líquido del separador frío. Después de la refrigeración, el gas se expande a través de la válvula de J-T y se envía al separador frío. El líquido de este separador es la alimentación al desmetanizador.

La clave de este proceso es la fuerza impulsora de presión a través de la válvula de J-T y la superficie de intercambio de calor incluida en los intercambiadores de la planta. El proceso puede funcionar en una amplia gama de condiciones de alimentación de gas y producir el producto de especificación. El proceso es por lo tanto muy simple de operar y a menudo se hace funcionar como una instalación desatendida o parcialmente asistida.

En algunos casos, el gas de alimentación no está a una presión suficientemente alta o el gas es rico en hidrocarburos licuables. En estos casos, la refrigeración mecánica puede ser añadida al proceso de J-T para mejorar la eficiencia de recuperación.

FIG. 16-15  
J-T Expansion Process



Fuente: GPSA Electronic Data Book, Cap. XVI Hydrocarbon Recovery

### Turbo – Expansión.

El proceso que domina el diseño de instalaciones de recuperación de etano es el proceso con turbo-expansión. Este proceso utiliza la presión del gas de alimentación para producir la refrigeración necesaria por expansión a través de una turbina (turbina de expansión). La turbina de expansión recupera el trabajo útil provocada por la expansión de gas. Típicamente, el expansor está unido a un compresor centrífugo para volver a comprimir el gas residual del proceso.

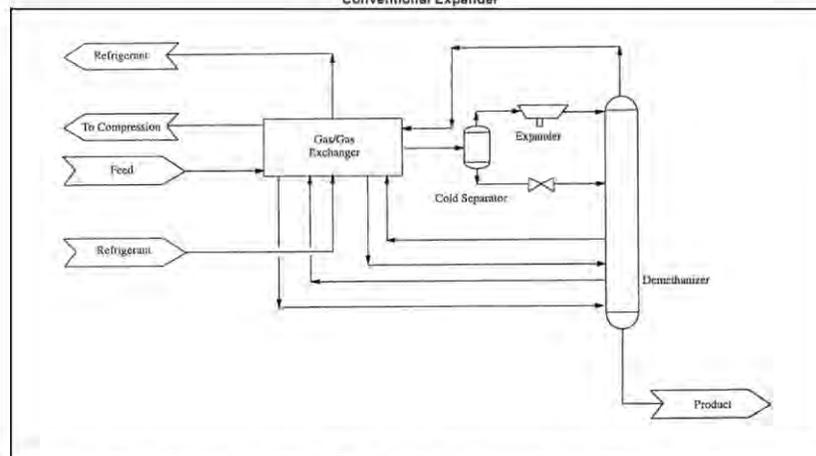
Debido a que la expansión es casi isoentrópica, el turbo-expansor disminuye la temperatura del gas significativamente, más que la expansión a través de una válvula de J-T. El proceso con turbo-expansor se ha aplicado a una amplia gama de condiciones de proceso y además a proyectos de recuperación de etano, se utiliza a menudo como un proceso para la recuperación alta de propano. El proceso puede diseñarse para cambiar de recuperación de etano, a la operación de rechazo de etano con cambios operativos mínimos.

#### Proceso convencional.

El proceso con turbo-expansor original se muestra en la Fig. 16-17. El gas de alimentación seco se enfría primero contra el gas residual y se utiliza para la calefacción del lado del desmetanizador. Además, con los canales de gas más ricos, la refrigeración mecánica es a menudo necesaria para complementar el gas de refrigeración. El gas enfriado se envía al separador frío donde se separa el líquido condensado, después se alimenta a la parte media del desmetanizador. El vapor fluye a través del turbo-expansor y alimenta la parte superior de la columna. Una válvula de J-T está instalada en paralelo con el expansor. Esta válvula se puede utilizar para manejar el exceso de flujo de gas más allá del diseño del expansor o se puede utilizar para el flujo completo si el expansor está fuera de servicio.

En esta configuración, la recuperación de etano se limita a aproximadamente 80% o menos. También, el separador frío se hace funcionar a una temperatura baja para maximizar la recuperación. A menudo, las condiciones altas de presión y bajas de temperatura están cerca del punto crítico del gas, haciendo que el funcionamiento sea inestable. Otro problema con este diseño es la presencia de CO<sub>2</sub>, que puede solidificarse a las temperaturas de funcionamiento que se encuentran en este proceso. Los puntos críticos de diseño son la salida del expansor y las pocas etapas del desmetanizador.

FIG. 16-17  
Conventional Expander



Fuente: GPSA Electronic Data Book, Cap. XVI Hydrocarbon Recovery

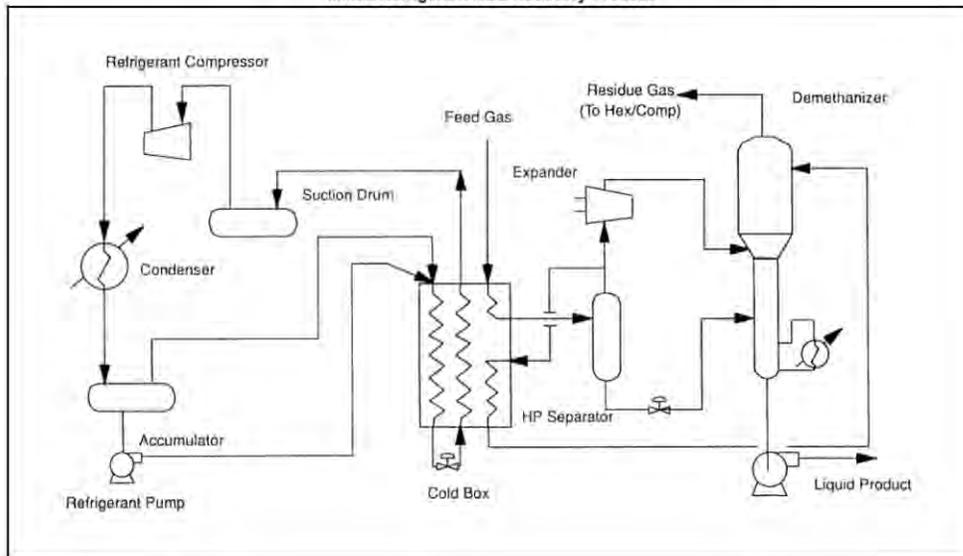
### Proceso refrigerante mixto.

El uso de un proceso de refrigeración mixto es una alternativa interesante para el proceso de turbo-expansión. Tales procesos se han utilizado ampliamente en el procesamiento de GNL y en menor medida en la recuperación de NGL. Una de las características del proceso es que las bajas temperaturas se pueden alcanzar con una reducción significativa a la presión del gas de entrada. El enfriamiento se puede lograr totalmente con refrigeración mecánica o con una mezcla de refrigeración y expansión. Si la compresión de entrada se contempla para una planta de turbina de expansión, entonces el procesamiento de refrigerante mixto puede ser una alternativa económica.

La fig. 16-23 muestra un tipo de proceso de refrigerante mixto. En este caso el gas de alimentación se enfría a la temperatura del separador, donde se envía el líquido a la desmetanizadora como en un proceso de expansión. El vapor del domo se divide y la mayoría del vapor es enviado a través de un expansor para la parte superior del desmetanizador.

Una parte del gas se enfría adicionalmente en el intercambiador de calor principal y se envía a la parte superior del desmetanizador como reflujo. La refrigeración es proporcionada por un único sistema de refrigerante mixto diseñado para proporcionar las condiciones necesarias de baja temperatura. El refrigerante sería típicamente metano, etano, propano o mezcla con algunos componentes más pesados según lo dictado por las condiciones de diseño. Un aspecto crítico del diseño es mantener la composición refrigerante deseada durante la operación de la planta.

FIG. 16-23  
Mixed Refrigerant NGL Recovery Process



Fuente: GPSA Electronic Data Book, Cap. XVI Hydrocarbon Recovery



### III. Descripción de las Tecnologías a evaluar.

#### SISTEMAS CRIOGENICOS DISPONIBLES

Si bien en todos los casos la presión del gas de alimentación es empleada para producir la refrigeración requerida a los efectos de lograr la separación de los componentes, las diferencias entre los distintos diseños radican en las estrategias de recuperación energética que cada uno de ellos emplea. Los diseños propuestos por Petróleos Mexicanos que serán las dos opciones a evaluar, se fundamentan en el diseño combinado de turbo expansión y válvula J-T, la diferencia radica en el uso de corrientes de reflujo para hacer más eficientes los procesos de enfriamiento, las llamadas cajas frías y dos torres desmetanizadoras, o emplear series de cambiadores de calor empleando refrigerantes. Aun cuando las diversas tecnologías sean capaces de lograr recuperaciones similares, se presentarán diferencias respecto de los costos de capital y operación requeridos, pudiéndose identificar además fortalezas y debilidades relacionadas a la operabilidad de las mismas.

La estrategia de alta eficiencia de este nuevo proceso es llamado Cryomax, con el tecnólogo como el principal desarrollador de estas variantes de tecnología. Estas están basada en el uso de múltiples reflujo externos a la torre desmetanizadora para optimizar la composición y la tasa de flujo del reflujo interno de la torre.

Esto permite operar la torre a altas presiones resultando en bajas potencias de compresión con una complejidad adicional limitada.

La optimización de las corrientes y composición de los reflujo combinada con una alta presión en la torre, también resulta en una alta tolerancia al CO<sub>2</sub> en el alimento de la planta lo que resulta en la eliminación o disminución de las facilidades de tratamiento en la entrada de CO<sub>2</sub>. Los procesos son altamente adaptables para un amplio rango de alimentaciones.

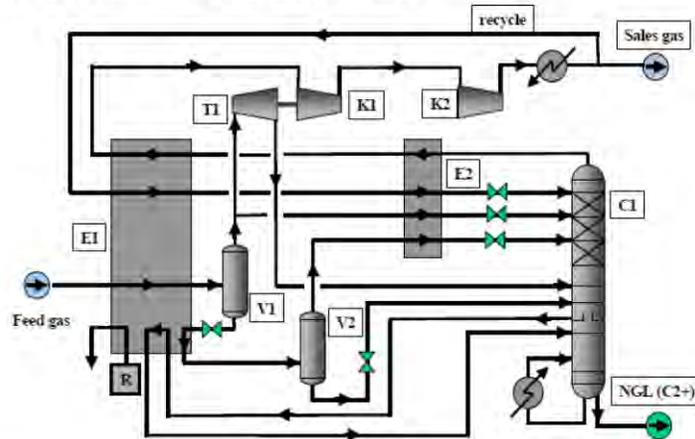
#### a) Cryomax MRE

Después de revisar las tecnologías anteriores, se hizo evidente que puede haber una forma para combinar las características de estas tecnologías y producir un proceso que fuera más eficiente al recuperar mayor etano. El tecnólogo ha desarrollado el proceso Cryomax MRE® para utilizar estas características. El esquema básico para este proceso es mostrado en la Figura 3.8.

El reflujo a la torre desmetanizadora proviene de tres fuentes. El reflujo pobre superior es el proveniente del condensado del gas residual. El reflujo medio viene del bypass del turbo-expansor alrededor del separador frío y el reflujo inferior viene del separador de vapor flash. El modelo usado para desarrollar el Cryomax MRE® está basado en alcanzar un predeterminado recobro de etano, manteniendo las pérdidas de HP (energía) constante. Fue encontrado que cada corriente de reflujo tiene un flujo óptimo y la ventaja de cada reflujo fue probada.

El proceso MRE® proporciona más recobro de etano a una potencia (HP) equivalente. Alternativamente el proceso MRE® proporciona un recobro equivalente de etano a una potencia HP reducida. También se nota que la potencia de refrigeración puede normalmente ser reducida y resultan muy bajas potencias de compresión y refrigeración.

Figura 3.8: Esquema del Proceso Cryomax MRE®

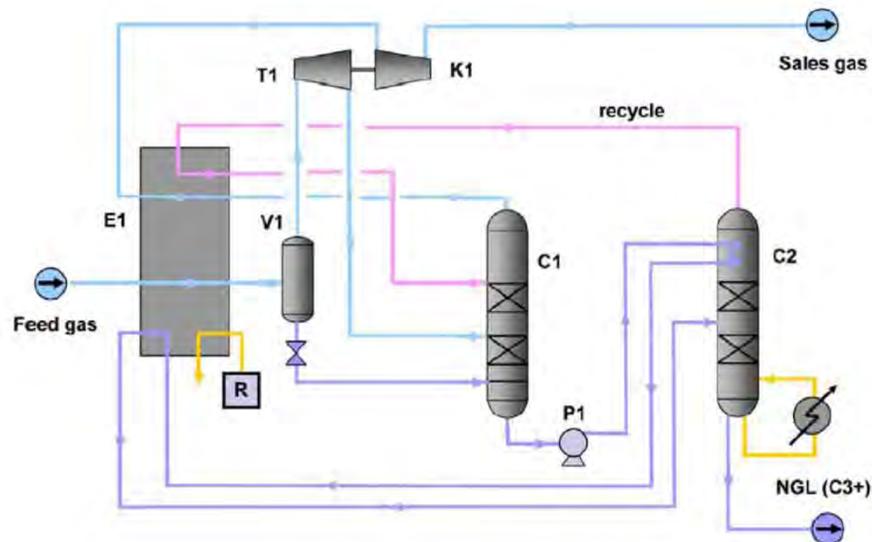


#### b) Cryomax DCP.

Este proceso criogénico se emplea para fraccionamiento de gas para recuperar C3 + e hidrocarburos a partir de gas natural. Con este proceso, más de 98% de propano se extrae del gas natural. Presenta una alta eficiencia, se alcanza con un sistema de doble columna asociada a un turbo-expansor. El sistema de enfriamiento es mediante intercambiadores de aleta de placa Multi-stream para aumentar la integración de calor eficiente.

El gas de alimentación seco de alta presión entra a 25 ° C y 70 bares, se enfría a -30 ° C en E1 y entra a V1 donde se separan la fase líquida y el gas. El gas a alta presión en frío se expande a 30 bares en el expansor T1, y la corriente resultante alimenta el purificador de C1. El líquido de V1 es enviado a la parte inferior del purificador. El líquido del purificador se bombea a 33 bares y se vuelve a calentar a 20 ° C para alimentar la torre desetanizadora. El C2, torre desetanizadora produce un destilado de vapor que es rica etano. Esta corriente se licua en E1 y se envía a C1 como reflujo. El gas tratado a 30 bares se vuelve a calentar y se comprime a la presión requerida por el cliente para el gas producto. Aproximadamente la recuperación de propano que se puede alcanzar es de 99.5%.

Figura 3.9 Proceso Cryomax DCP.



#### IV. Resultado de la Evaluación.

A continuación se presentan la matriz de ponderación al evaluar las dos tecnologías solicitadas por el cliente. Al ser tecnologías similares en cuanto a insumos, equipos, capacidades y flexibilidades, se consideran los aspectos ponderables más relevantes.



**a) Matriz de Ponderación.**

**Evaluación Tecnológica**

A1	tec1	Cryomax MRE
A2	tec2	Cryomax DCP

Parámetros		
5	-	10

Peor opción    Mejor opción

			Calificación		Ponderado		
			A1	A2	A1	A2	
<b>1</b>	<b>Evaluación técnica del proceso</b>	<b>8</b>					
1.1	Concordancia de proceso con bases de diseño		P1		A1/P1	A2/P1	
1.1.2	Capacidad y factor servicio		8	8	8	1.00	1.00
1.1.3	Especificaciones de materias primas		9	9	9	1.00	1.00
1.1.4	Especificaciones de productos		9	8	8	0.89	0.89
1.1.5	Flexibilidad		7	7	8	1.00	1.14
1.2	Características relevantes del proceso						
1.2.1	Esquema del proceso		8	7	8	0.88	1.00
1.2.2	Equipo		10	9	10	0.90	1.00
1.2.3	Condiciones de operación		8	8	9	1.00	1.13
1.2.4	Rendimientos		8	8	10	1.00	1.25
1.2.5	Características especiales de los productos		10	10	10	1.00	1.00
1.2.6	Integración termica		10	8	10	0.80	1.00
1.3	Actualización del proceso		7	8	10	1.14	1.43
1.3	Actualización del proceso		7	8	10	1.14	1.43
1.4	Flexibilidad del proceso						
1.4.1	Materia prima		9	10	10	1.11	1.11
1.4.2	Capacidad de operación		10	10	10	1.00	1.00
1.4.3	Numeros de equipo de relevo		8	7	9	0.88	1.13
1.4.4	Automatización		10	10	10	1.00	1.00
1.4.5	Efecto en la inversion y en gastos de operación		5	7	8	1.40	1.60
1.5	Consumo de materias primas		5	10	10	2.00	2.00
1.6	Consumo de servicios auxiliares		5	6	9	1.20	1.80
1.7	Consumo de quimicos y catalizadores		0	0	0		



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD, Cd. REYNOSA**

1.8	Mano de obra requerida							
1.8.1	Operación		9	9	9	1.00	1.00	
1.8.2	Mantenimiento		10	8	9	0.80	0.90	
1.9	Tratamiento de efluentes							
1.9.1	Normas		8	9	9	1.13	1.13	
1.9.2	Sistemas de tratamiento		7	8	8	1.14	1.14	
1.1	Impacto ecologico de la tecnologia		10	9	10	0.90	1.00	
<b>2</b>	<b>Evaluacion de aspectos tecnicos complementarios</b>	<b>4</b>						
2.1	Experiencia tecnica - administracion del licenciador		5	10	10	2.00	2.00	
2.2	Experiencia general de los licenciadores en ingenieria, construccion		5	9	9	1.80	1.80	
2.3	Informacion tecnica							
2.3.1	Alacance del paquete de diseño del proceso o del paquete		8	8	10	1.00	1.25	
2.3.2	Calidad de la informacion tecnica suministrada		6	8	10	1.33	1.67	
2.4	Servicios profesionales adicionales y experiencia							
2.4.1	Procura		7	10	10	1.43	1.43	
2.4.2	Supervision de la expeditacion y embarque		6	9	10	1.50	1.67	
2.4.3	Supervision tecnica durante la construccion		6	9	10	1.50	1.67	
2.4.4	Supervision de la ingenieria de detalle		9	9	10	1.00	1.11	
2.4.5	Capacitacion del personal		5	9	10	1.80	2.00	
2.4.6	Soporte de sistemas de control para la automatizacion del		8	9	10	1.13	1.25	
2.4.7	Supervision del arranque, purebas de garantia y operaci3n		5	9	10	1.80	2.00	
2.5	Caracteristicas generales							
2.5.1	Estructura organizacional		5	8	8	1.60	1.60	
2.5.2	Recursos materiales y humanos		8	9	9	1.13	1.13	
2.5.3	Disponibilidad de horas hombre		8	8	7	1.00	0.88	
2.6	Programas de trabajo de los servicios ofertados							
2.6.1	Paquetes tecnologico		8	10	10	1.25	1.25	
2.6.2	Servicios profesionales adicionales		5	8	9	1.60	1.80	
2.7	Certificacion del sistema de aseguramiento de calidad		5	10	10	2.00	2.00	
<b>3</b>	<b>Evaluacion economica financiera</b>	<b>10</b>						
3.1	Inversion en terreno, edificios, materiales y equipo		10	10	10	1.00	1.00	
3.2	Capital de trabajo		10	10	10	1.00	1.00	
3.3	Economia intrinseca del proceso							



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD, Cd. REYNOSA**

3.3.1	Matenas primas		10	10	10	1.00	1.00
3.3.2	Productos		10	8	10	0.80	1.00
3.3.3	Servicios auxiliares		9	7	8	0.78	0.89
3.3.4	Catalizadores		9	10	10	1.11	1.11
3.3.5	Reactivos quimicos		8	10	10	1.25	1.25
3.3.6	Mantenimiento		8	8	7	1.00	0.88
3.3.7	Mano de obra		9	8	8	0.89	0.89
3.3.8	Depreciacion		9	8	8	0.89	0.89
3.4	Costos y forma de pago de los servicios de ingenieri		5	8	8	1.60	1.60
3.5	Parametros de rentabilidad del proyecto						
3.5.1	Tasa interna de retorno		10	7	9	0.70	0.90
3.5.2	Valor presente neto		10	7	9	0.70	0.90
3.5.3	Flujo de efectivo descontado		9	7	9	0.78	1.00
3.5.4	Relacion beneficio/costo		9	8	10	0.89	1.11
3.5.5	Valor terminal		9	8	9	0.89	1.00
3.5.6	Tasa de rendimiento promedio		9	7	9	0.78	1.00
3.5.7	Periodo de retorno de inversion		10	8	10	0.80	1.00
3.6	Sensibilidad de la rentabilidad del proyecto						
3.6.1	Matena prima		8	9	9	1.13	1.13
3.6.2	Precio del producto		9	8	8	0.89	0.89
3.6.3	Inversion		9	8	7	0.89	0.78
3.6.4	Nivel de produccion (Punto de equilibrio)		9	8	8	1.00	1.00
3.6.5	Financiamiento externo		7	8	8	1.14	1.14
4	<b>Evaluacion de aspectos plausibles</b>	3					
4.1	Criterios de mercado						
4.1.1	Sustitucion de importaciones		9	9	9	1.00	1.00
4.1.2	Demanda nueva		8	9	9	1.13	1.13
4.1.3	Exportacion		7	9	9	1.29	1.29
4.2	Criterios tecnologicos						
4.2.1	Disponibilidad de la tecnologia (nacional o extranjera)		10	9	9	0.90	0.90
4.2.2	Caracteristicas intrinsecas de la tecnologia		8	8	9	1.00	1.13
4.2.3	Impacto ecologico de la tecnologia		6	6	8	1.00	1.33
5	<b>Aspectos estrategicos-tecnicos</b>	5					
5.1	Usar tecnologia de punta		8	8	10	1.00	1.25
5.1	Usar tecnologias que provengan de un tecnologo con el cual se haya tenido		5	10	10	2.00	2.00
5.1	Seleccionar tecnologias que sean ofertadas como "llave en mano"		5	9	9	1.80	1.80
	<b>TOTAL</b>					612	659
						82.0	88.3



### **b) Tecnología Seleccionada.**

Las dos alternativas evaluables que fueron requeridas por el cliente, son tecnologías confiables y respaldadas, con funcionamientos similares y características equiparables. Fundamentalmente, las llamadas cajas frías y la doble columna repercuten principalmente en gastos de operación menores, y un menor consumo de servicios auxiliares, esencialmente los medios refrigerantes, entre otras ventajas.

Se puede notar en la matriz de ponderación, que las puntuaciones son bastante cercanas, pero como se esperaba la tecnología Cryomax DCP, con su sistema de cajas frías y la implementación de dos columnas, obtuvo la calificación más alta.

Con este análisis concluimos como factible la implementación de la tecnología DCP en la planta criogénica, módulo 5, dentro del complejo de Burgos, en ciudad Reynosa, Tamaulipas. Esta determinación es congruente con lo esperado, ya que los módulos existentes en Reynosa, Poza Rica y Cd. Pemex operan bajo la misma tecnología.



## **LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA**

### **I. Introducción.**

- a) Objetivo.
- b) Descripción general.
- c) Antecedentes para la selección.

### **II. Análisis de la Localización de la Planta.**

- a) Selección del sitio.
- b) Ubicación Física.
- c) Dimensiones del Complejo.

### **III. Conclusiones.**



## **I. Introducción.**

### **a) Objetivo.**

El objetivo del siguiente entregable dentro de la etapa conceptual tiene como objetivo describir las características relevantes relacionadas con la selección de la localización de la planta. Para el presente proyecto no fue requerido llevar a cabo algún tipo de evaluación entre distintos lugares potenciales, esto debido a que el cliente cuenta con el espacio requerido y más adecuado a sus necesidades para realizar la construcción de la planta criogénica 5.

### **b) Descripción general.**

De acuerdo con la Guía de Proyectos Petroleros, el proyecto se tipifica como Terrestre (VII), la clasificación cubre las secciones de estaciones de recolección, compresión y baterías de separación, estaciones de bombeo, complejos procesadores de hidrocarburos, terminales de almacenamiento, etc.

La nueva Planta Recuperadora y Fraccionadora de Licuables consistirá de una unidad Criogénica similar a las plantas 1, 2, 3 y 4, con una torre desbutanizadora, diseñado para recuperar al menos el 98% mol del propano, rechazando esencialmente todo el etano presente en la corriente. El producto desetanizado es fraccionado en una torre desbutanizadora obteniendo gas LP y nafta ligera.

La capacidad de diseño de la Planta Recuperadora y Fraccionadora de Hidrocarburos será de 200 MMPCD de gas húmedo dulce, con una recuperación de propano de 98% en base molar, y una recuperación de pentano y más pesados en la corriente de gasolina natural (Nafta ligera) del 100%.

Cada una de las plantas recuperadoras de licuables, contará con las siguientes secciones:

- Recibo y Acondicionamiento de Gas Húmedo.
- Deshidratación y filtración de gas de alimentación y regeneración de la malla molecular.
- Sección Criogénica.
- Sección de Fraccionamiento de Líquidos.
- Enfriamiento y Expansión.
- Desetanizado.
- Compresión de gas residual.



### **C) Antecedentes para la selección.**

Debido a la posición estratégica que ocupa el cliente dentro de la cadena del petróleo en el país, se tiene la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

Actualmente esta subsidiaria procesa un volumen cercano a 4 mil millones de pies cúbicos diarios (MMpcd), con una producción de líquidos de 451 mil barriles diarios (Mbd) en los 9 Complejos Procesadores de Gas a cargo del Organismo.

Con el reciente abastecimiento obtenido de la cuenca de Burgos que representa una fuente importante de gas para el país, PGPB realiza una planeación estratégica de nuevas instalaciones e infraestructura para llevar a cabo de manera segura, rentable y sustentable el procesamiento del gas ofertado.

Petróleos Mexicanos cuenta con Plantas Recuperadoras y Fraccionadoras de Licuables, las unidades Criogénicas 1, 2, 3 y 4, dentro del complejo de Burgos. La infraestructura dentro del complejo permite la construcción de nuevas instalaciones que fortalezcan el tratamiento de gas para abastecer las necesidades del país.

### **II. Análisis de la Localización de la Planta.**

#### **a) Selección del sitio.**

Para el proyecto de construcción de la Planta Criogénica 5 y sus servicios auxiliares, se seleccionó un predio de 50 hectáreas, cercano a las Plantas Criogénicas 1, 2, 3 y 4 del Complejo Procesador de Gas Burgos, las cuales se encuentran en operación y procesan el gas natural proveniente de la Cuenca de Burgos.

Como se mencionó en la sección anterior, la construcción de esa planta está destinada a la recuperación y fraccionamiento de licuables del volumen de gas adicional que el cliente tiene previsto explotar un futuro inmediato. Los insumos de esta planta serán: 200 millones de pies cúbicos diarios de gas húmedo dulce (a 20°C y 1 kg/cm<sup>2</sup>).

Desde el punto de vista técnico, el sitio seleccionado reúne las características de capacidad y ubicación requeridas para este proyecto, ya que se realizará en un área que se encuentra anexa al Complejo Procesador de Gas Burgos. En este sentido, ya se cuenta con los requerimientos de vialidades de accesos principales, así como de servicios básicos.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

De igual forma, se dispone de áreas administrativas ya que se emplearán las actualmente existentes en el Complejo, lo que repercute en la no generación de nuevos impactos asociados a este tipo de requerimientos. Por lo anterior y considerando la ubicación prevista para la realización del proyecto, se considera que no se incrementará la posibilidad de afectar, por posibles emisiones, fugas, derrames, incendios o explosiones, a la población o sus bienes ubicados en las cercanías de las instalaciones.

Es importante resaltar que el sitio donde se ubicará el proyecto no se encuentra dentro de una zona de ordenamiento ecológico, ni tampoco está contemplado dentro de Unidades de Gestión Ambiental. Asimismo, no es, ni se encuentra cercano a áreas naturales protegidas o reservas ecológicas del territorio mexicano. Con relación al tipo de vegetación presente en la zona, ésta corresponde al denominado matorral espinoso tamaulipeco y de mezquite, asimismo, existe pastizal inducido tipo estrella. Es importante señalar que no existen especies animales o vegetales endémicas o en peligro de extinción.

De manera complementaria y considerando el punto de vista socioeconómico, se considera que el proyecto traerá beneficios tanto para la localidad de Reynosa, como en la región noreste del país, desde la etapa de preparación del sitio y construcción, hasta la etapa de operación y mantenimiento, por la generación de empleos tanto temporales como permanentes.

#### b) Ubicación Física.

El proyecto se localizará en el estado de Tamaulipas, México. El cual colinda al norte con el estado de Nuevo León y Estados Unidos de América; al este con Estados Unidos de América y el Golfo de México; al sur con el Golfo de México y los estados de Veracruz y San Luis Potosí; al oeste con los estados de San Luis Potosí y Nuevo León. De manera específica, el proyecto se ubicará en el Municipio de Reynosa, Tamaulipas, en el predio propiedad del cliente, el cual se encuentra adjunto al Complejo Procesador de Gas Burgos, situado a 20 Km de la Ciudad Reynosa, sobre la Autopista 40, Reynosa-Monterrey.

**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**



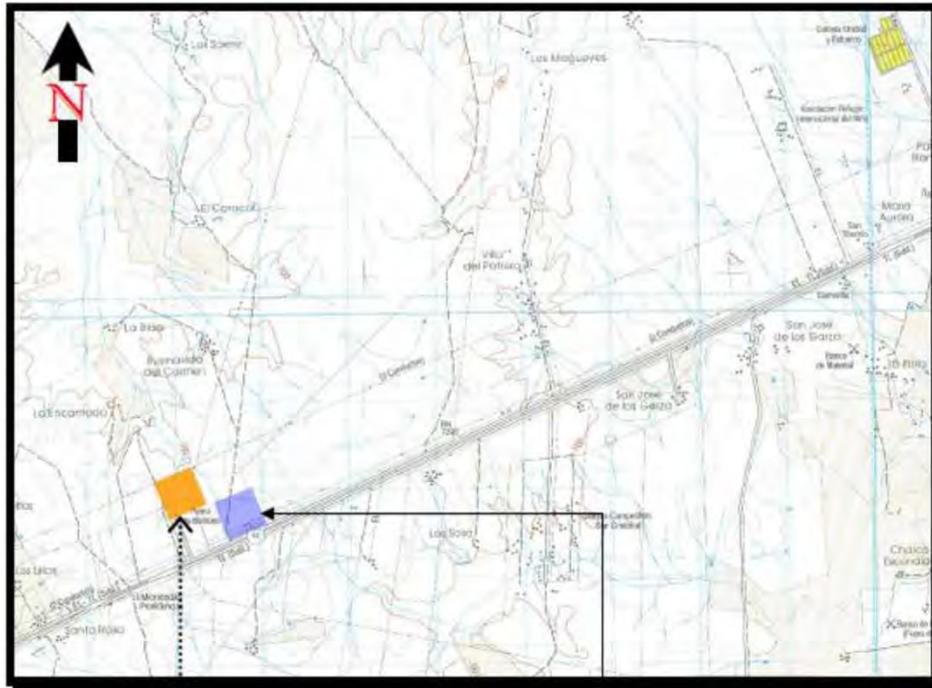
El proyecto se llevará a cabo en un predio adjunto al área en donde actualmente se encuentra el Complejo Procesador de Gas Burgos, como se puede observar en el mapa. Se localiza en el Km. 20 de la autopista Federal Monterrey – Reynosa, cercano a las Torres de Microondas Providencias, a 108 km del Golfo de México y a aproximadamente 80 msnm. Se considera dentro de la Zona Sísmica “A”, de acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles de C.F.E., Sección Sismo, edición 1993. El Complejo cuenta con todos los servicios requeridos para la construcción y operación de la Planta Criogénica que se pretende construir. El agua potable se obtiene de la ciudad de Reynosa, mediante ducto de 4 pulgadas de diámetro y es provista por la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (COMAPA). La electricidad es generada en el sitio por dos turbogeneradores de 4.6 MW Las telecomunicaciones son provistas por la Gerencia de Ingeniería en Telecomunicaciones del cliente y por Teléfonos de México.

Coordenadas geográficas del predio:

CUADRO DE CONSTRUCCION ITRF92						
LADO EST-PV	AZIMUT	RUMBOS	DISTANCIA (MTS.)	COORDENADAS UTM		LATITUD LONGITUD
				ESTE (X)	NORTE (Y)	
A-B	66°43'14.93"	N66°43'14.93"E	1,018.718	550,333.9884	2,878,018.5265	26°12.743741" N 98°29'49.087171" W
B-C	167°59'23.39"	S12°00'36.61"E	477.063	551,269.7728	2,878,421.1359	26°12'5.712753" N 98°29'15.363818" W
C-D	246°45'19.88"	S66°45'19.88"W	1,078.568	551,369.0425	2,877,954.5159	26°11'0.532087" N 98°29'11.858299" W
D-E	318°13'8.87"	N41°46'51.13"W	65.973	550,378.0230	2,877,528.8535	26°0'56.820840" N 98°29'47.570850" W
E-A	359°59'23.52"	N00°00'36.48"W	440.477	550,334.0663	2,877,578.0495	26°0'58.425516" N 98°29'49.145398" W
SUPERFICIE = 50-00-00.000 HAS.				PERIMETRO = 3,080.798 m.		



**MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO**



Localización PREVISTA DEL  
**PROYECTO**

Ubicación de  
**COMPLEJO  
PROCESADOR DE GAS  
REYNOSA-BURGOS**

**c) Dimensiones del Complejo.**

La superficie total del predio es de 500,000 m<sup>2</sup>. En las siguientes tablas se presenta el área que se estima, será afectada de manera directa por la realización del proyecto.

El principal efecto lo resentirá la capa de vegetación la cual deberá ser removida debido a que las características de obras permanentes así lo requieren. En la siguiente tabla se presentan los porcentajes relativos (respecto de la superficie total del proyecto) de vegetación y suelo de matorral espinoso que se deberán remover por cada una de las diferentes áreas del proyecto.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPD EN REYNOSA**

Áreas de Movimientos de suelo y vegetación

DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	ÁREAS					TOTALES  (% relativo al área total del predio)	
	UNIDAD	ÁREA PLANTA DE CRIOGÉNICA 5	ÁREA PLANTA DE CRIOGÉNICA 6	ÁREA ALMACENAMIENTO	ÁREA TERMINAL DE DISTRIBUCIÓN		ÁREA SERVICIOS E INTEGRACIÓN
<b>MOVIMIENTO DE SUELO Y VEGETACIÓN DESMONTES</b>							
Desmontes de regiones áridas o semáridas con maquiladora, se incluye todos los trabajos necesarios para ejecutar las operaciones de tala, raza, desenraice y limpieza del producto del desmonte del matorral espinoso.	HA	1.3645	1.3605	1.0609	2.1511	10.8345	16.7714 (33.54%)

Es importante señalar que si bien solamente el 33.54 % del total de la superficie del predio, es la que ocuparía de manera directa las instalaciones asociadas a la planta criogénica y sus servicios auxiliares, una superficie similar está destinada para la realización de ampliaciones a futuro, las cuales prevén duplicar la capacidad del procesamiento de gas, mediante la eventual construcción de las plantas criogénicas 6, 7 y 8 (33.5%).

Asimismo, debe tenerse en cuenta la necesidad de afectar una superficie adicional por concepto de bardas perimetrales, derechos de vía y vialidades de comunicación interior y hacia el exterior (19%). De igual forma es necesario considerar el desmonte de la superficie destinada a la construcción de oficinas, bodegas y talleres temporales del contratista (5%).

### III. Conclusiones.

Para este proyecto, la selección de la localización de la planta aportada por el cliente es adecuada y se ajusta perfectamente a las necesidades del proyecto. Primordialmente la cercanía con la materia prima y al destino de los productos hacen altamente factible el predio, también se aprecia el bajo costo de inversión relacionada al desarrollo de sitio y permisos.



## **ALCANCE PRELIMINAR DEL PROYECTO.**

### **I. Descripción Global del proyecto IPC.**

- a) Alcance de proceso.
- b) Servicios Auxiliares.
- c) Almacenamiento y Distribución.
- d) Seguridad y Contraincendio.
- e) Integración.
- f) Civil – Planificación.
- g) Estructuras.
- h) Telecomunicaciones.

### **II. Descripción del Alcance Preliminar Contratado.**

- a) Etapa Conceptual.
- b) Ingeniería Básica.
- c) Documentos para la Administración Integral.



## **I. Descripción del proyecto**

### **Introducción**

Debido al crecimiento en la oferta de Gas Natural Húmedo por el cliente en la región de Reynosa, Tamaulipas, durante el periodo 2006-2013, el cliente requiere incrementar su infraestructura de proceso en el CPG Burgos con el propósito de estar en condiciones de manejar la oferta durante el período mencionado.

Por tal motivo, se ha proyectado la construcción de las Planta Criogénica 5 que, junto con las Plantas Criogénicas 1 y 2 en operación y las Plantas 3 y 4 en construcción, podrán procesar la totalidad del gas natural proveniente de la Cuenca de Burgos.

El cliente y MIAP acordado el desarrollo de ingeniería conceptual y básica para el presente proyecto, considerando que las etapas siguientes serán realizadas al término de este contrato por el mismo u otro contratista, se requiere precisar el alcance global del proyecto IPC como parte de este entregable. El Proyecto consistirá de lo siguiente:

#### **a) PROCESO.**

Las Plantas Criogénica 5 se deberá diseñar para procesar gas natural húmedo con una capacidad de procesamiento de 200 MMPCD, empleando un proceso del tipo criogénico, contando además con una sección de fraccionamiento de líquidos, el cual deberá ser capaz de recuperar como mínimo el 98% del propano en base molar contenido en la corriente de alimentación, para obtener como productos Gas Residual Seco, Gas Licuado (LPG) y Nafta Ligera. La planta deberá contar con las siguientes secciones:

- Recibo y Acondicionamiento de Gas Húmedo.
- Deshidratación y Filtrado.
- Regeneración.
- Enfriamiento y Expansión.
- Desetanizado.
- Fraccionamiento de líquidos.
- Compresión de gas residual.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Adicionalmente la planta deberá de contar con los siguientes servicios:

- Sistema de Gas Combustible
- Gas de arranque
- Aceite Térmico
- Metanol
- Sistema de Control Distribuido
- Sistema de desfogues
- Sistema de drenaje aceitoso
- Agua de Servicios

**b) SERVICIOS AUXILIARES.**

Para soportar la operación segura y confiable de la planta se requieren como servicios auxiliares los siguientes:

- Turbogenerador eléctrico a gas combustible, tableros eléctricos y transformadores
- Sistema de aire de instrumentos, plantas y sellos
- Sistema de tratamiento de efluentes (sanitario, pluvial, aceitoso)
- Sistema de Agua de Servicios
- Acometida de CFE

**c) ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN.**

Para recibir y almacenar la producción de las Planta Criogénica 5, se deberá considerar la instalación de 2 esferas de almacenamiento para Gas LP con capacidad para 20,000 Bls. cada una, así como, 2 esferas de almacenamiento para Nafta Ligera con capacidad de 20,000 Bls. cada una, lo que nos permitirá contar con disponibilidad suficiente y segura para el almacenamiento de la producción esperada.

Así mismo, se prevé un ligero crecimiento en la distribución de Nafta Pesada, que deberá consistir en convertir la posición No. 3 de Nafta Ligera para que de manera compartida pueda despachar Nafta Pesada.

**d) SEGURIDAD Y CONTRAINCENDIO.**

Se deberá de considerar la instalación de un tanque para almacenamiento de agua contraincendio y su casa de bombas con la capacidad suficiente para poder atender un evento de contingencia de acuerdo a lo establecido en la normatividad internacional, integrando la red contraincendio nueva a la existente, así mismo, a fin de proteger y dar seguridad al personal y a las instalaciones, se requiere considerar un Sistema Instrumentado de Seguridad independiente para cada una de las plantas, así como un



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Sistema Contra incendio que actuará en conjunto con un sistema de detección de mezclas explosiva, humos y fuego.

**e) INTEGRACIÓN.**

Se deberán contemplar todas las actividades de integración de proceso y servicio requeridas para la operación de las nuevas instalaciones, incluidos los siguientes:

- Cabezal de recibo de gas húmedo dulce de LB del área del cliente hacia las plantas 5 y 6.
- Cabezal de gas residual del área de proceso de las plantas 5 y 6 hacia la Estación 19.
- Integración hacia almacenamiento
- Integración hacia la casa de bombas del LPG ducto y gasolinoducto
- Integración de red contra incendio
- Ductos eléctricos, de instrumentación y telecomunicaciones
- Aire de plantas e instrumentos
- Drenaje pluvial, aceitoso y sanitario

Así mismo, se deberá considerar la instalación de un sistema de desfuegos con un quemador (fosa o elevado).

**f) CIVIL – PLANIFICACIÓN.**

El proyecto deberá considerar todas las actividades de obra civil y planificación necesarias, entre las que se mencionan:

- Desmante, Despalme y Nivelación
- Terracerías
- Urbanización
- Cimentaciones, registros, ductos
- Racks de tuberías y mocheterías
- Red de drenajes (sanitario, pluvial y aceitoso)

**g) EDIFICACIONES.**

Así mismo, es necesario considerar todos los Edificios necesarios para el óptimo funcionamiento de las Instalaciones. En estos edificios se alojará al personal; Operativo, Administrativo y Técnico, así como a los Equipos y Servicios Auxiliares propios del proyecto:

- Cuarto de control
- Cuarto de monitoreo
- Subestaciones eléctricas
- Ampliación de Subestación de Acometida
- Cobertizos de bombas



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

- Cuartos de baterías
- Ampliación del Edificio Administrativo
- Ampliación de Talleres y Almacén

**h) TELECOMUNICACIONES.**

El alcance de la obra de Telecomunicaciones deberá establecer los requerimientos para proporcionar los servicios voz, datos y video a nivel local y con otros centros de trabajo de Petróleos Mexicanos, considerando para ello:

- Sistema de Intercomunicación y voiceo.
- CCTV.
- Servicio telefónico.

**II. Descripción del Alcance Preliminar Contratado.**

El cliente ha contratado los servicios de MIAP para desarrollar el análisis conceptual requerido para la evaluación del proyecto, construcción de la planta criogénica 5 en el CPG Burgos, en Reynosa, Tamaulipas con capacidad de 200 MMPCD, teniendo en consideración todos los antecedentes proporcionados por el cliente, referentes a las instalaciones de las plantas 1 y 2 construidas y las plantas 3 y 4 en construcción.

Posteriormente el cliente ha solicitado y contratado, el desarrollo de la ingeniería básica para la planta criogénica 5, con la premisa de una posible conversión al desarrollo de la ingeniería de detalle, desarrollada por MIAP, si así lo determinara el cliente.

**a) Etapa Conceptual.**

Para el análisis conceptual que el cliente ha solicitado y estipulado en el contrato, MIAP es responsable de desarrollar los entregables requeridos, tomando en cuenta en todo momento las necesidades y requerimientos del cliente, de acuerdo a la información, insumos e instalaciones existentes y propiedad del cliente.

Los documentos que conforman el alcance para la etapa conceptual y que MIAP tiene la responsabilidad de entregar son:

- I. Análisis del Mercado.  
Este entregable debe determinar y analizar todo el campo de acción y las oportunidades sobre la producción de Etano, a partir gas natural o gas endulzado. Así como todo el análisis posible de la materia prima y sus oportunidades. Teniendo en consideración al cliente como mismo proveedor de materia prima y único generador de los productos.
- II. Evaluación Selección de la Tecnología.  
La evaluación tecnológica tiene como objetivo describir, analizar y evaluar las mejores opciones tecnológicas disponibles para el proyecto IPC de la planta



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

recuperadora y fraccionadora de licuables 5, con capacidad de 200 MMPCD en la Reynosa, Tamaulipas. El documento debe contemplar la evaluación y selección tecnológica, considerando una breve descripción de las tecnologías, un análisis matricial con ponderaciones conciliadas y una selección ante la tecnología mejor puntuada.

Las tecnologías disponibles en la evaluación, han pasado un previo filtro establecido por el cliente, tomando como antecedentes las evaluaciones y ponderaciones aplicadas a las plantas criogénicas existentes y aún en funcionamiento.

III. Análisis de la Localización de la Planta.

El objetivo del entregable dentro de la etapa conceptual tiene como objetivo describir las características relevantes relacionadas con la selección de la localización de la planta. Para el presente proyecto no es requerido llevar a cabo algún tipo de evaluación entre distintos lugares potenciales, esto debido a que el cliente cuenta con el espacio requerido y más adecuado a sus necesidades para realizar la construcción de la planta criogénica 5.

El sitio que será sujeto de análisis son las instalaciones dentro del CPG Burgos, en Reynosa, Tamaulipas.

IV. Evaluación Preliminar de Riesgos.

MIAP debe hacer una visualización, determinación y análisis preliminar de los riesgos potenciales sobre el desarrollo del alcance global y el alcance contratado. Para determinar y proponer acciones correctivas de los riesgos potenciales en el alcance global del proyecto IPC, será necesario recurrir a información de referencia de los complejos predecesores, propiedad del cliente.

V. Estimado de Costo clase V.

El estimado de costo clase V, será evaluado a partir de la información disponible de los complejos criogénicos 1 y 2 actualmente funcionando, llevando a cabo la metodología más adecuada, el análisis correspondiente y aplicando los índices de escalación y porcentajes necesarios para un estimado con la precisión requerida.

b) Ingeniería Básica.

Los entregables de ingeniería que MIAP tiene la responsabilidad de entregar como parte del alcance contratado son los siguientes:

- I. Bases de Diseño\*.
- II. Plano de Localización General.
- III. Diagrama de Flujo de Proceso.
- IV. Descripción del Proceso.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

- V. Diagramas de Tubería e Instrumentación.
- VI. Filosofía básica de operación.
- VII. Hojas de Datos de equipos de proceso.
- VIII. Lista de equipo de proceso ISBL.

\* Las bases de diseño serán elaboradas por MIAP en conjunto con el cliente de acuerdo a las necesidades y requerimientos del cliente, basado en la ingeniería y funcionamiento de las plantas 1 y 2.

**c) Documentos para la Administración Integral.**

Dentro del alcance contratado, se encuentra la administración integral de las actividades contratadas y una serie de entregables que documenten la línea base para el alcance de la ingeniería básica y algunos documentos base que serán proyectados para las siguientes etapas del proyecto. Dichos entregables podrán ser actualizados por MIAP en caso de ser el contratista ganador para desempeñar las etapas siguientes del proyecto.

Los documentos que formarán parte de la línea base para la ingeniería básica serán:

- I. Alcance de la ingeniería básica.
- II. Estructura de Trabajo para la ingeniería básica.
- III. Plan de Ejecución.
- IV. Programas de Trabajo.
- V. Estimado de Costo clase III\*
- VI. Plan de Calidad.
- VII. Análisis de Riesgos del Proyecto\*

\*Estos documentos son requeridos por el cliente considerando como alcance todo el proyecto IPC, en el caso del estimado de costo clase III, este formará parte del caso de negocio post ingeniería básica que el cliente desarrollara de forma interna para la toma de decisiones respecto a la conversión del proyecto a las etapas siguientes. El análisis de riesgos del proyecto también formará parte de los documentos relevantes al momento de la toma de decisiones.

Los documentos restantes que conforman la línea base del proyecto de ingeniería, será elaborados de tal forma que puedan refinarse y actualizarse a cada etapa del proyecto.



# **ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS DEL PROYECTO.**

I.- OBJETO.

II.- ALCANCE.

III.- DEFINICIONES.

IV.- MATRIZ C-R-E.



PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

### OBJETIVO.

Documentar, establecer e implementar los resultados de aplicar el proceso de identificación y evaluación de riesgos preliminares del proyecto que consiste en el desarrollo de la etapa conceptual e ingeniería básica para la construcción de una planta criogénica con capacidad de 200 MMCFD, para determinar los controles en la gestión del proyecto, así como pronosticar algunos posibles riesgos de proyecto, fuera del alcance del contrato, pero que impactarían el desarrollo de etapas posteriores de ejecución.

### ALCANCE.

Este proyecto es de obligado cumplimiento para el proyecto: Desarrollo de la etapa conceptual y básica para la construcción de una planta Criogénica, módulo 5, en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, con una capacidad de 200 MMCFD, debiéndose aplicar las correctas medidas de mitigación y control, de tal modo que cada etapa presente y posterior referente a la ejecución del proyecto en cuestión, no se vea afectado en el desempeño de calidad, costo y tiempo esperados y precisados en el contrato.

Para la identificación de riesgos debe ser considerada cualquier obligación legal aplicable.

### DEFINICIONES.

**Actividad.** Conjunto de tareas para ser desarrolladas, asignadas a un responsable, que conforme al equipo de trabajo del proyecto.

**ARP.** Análisis de riesgos del proyecto.

**Análisis CRE.** Análisis que considera las causas, riesgos y efectos.

**Consecuencias.** Factor determinante de la evaluación de riesgos. Valora el efecto que alguna causa o riesgo pueden provocar.

**Incidente.** Evento que puede dar como resultado una desviación de lo esperado en la ejecución del proyecto.

**Probabilidad.** Factor determinante en la evaluación de riesgos. Valoración de la frecuencia con que puede ocurrir un riesgo.

**Riesgo.** Combinación de la frecuencia, probabilidad y de las consecuencias de un evento identificado como peligroso para la ejecución del proyecto.



**Riesgo Aceptable.** Riesgo que inicialmente es tolerable o que ha sido reducido a un nivel tolerable por la organización.

**Riesgo Importante.** Nivel de riesgo que exige ser asociado con acciones de mitigación o control antes de comenzar las actividades que se verán ligadas al riesgo.

#### EQUIPO ARP.

El equipo encargado de analizar, visualizar, documentar, mitigar y controlar los posibles riesgos asociados al proyecto estará conformado por los siguientes responsables.

Director del grupo ARP – JAOR

Coordinador del grupo ARP – DGAF

Analista del grupo ARP – NXSP

Programador de Riesgos – JHS

Ingeniero de Riesgos – LRAF

MATRIZ C-R-E.

A continuación se presenta la matriz propuesta con los riesgos identificados asociados a su causa y efecto. Así mismo se presenta la propuesta mitigatoria o de control.

No. de ID	Cuadrante	Nombre del Riesgo	Informa del Riesgo			Acción de control o mitigación	Responsable
			Causa	Riesgo	Efecto		
A-01	I	Falta de información para cubrir el alcance	Reserva y confidencialidad de la información por parte del cliente al no conocer al contratista encargado de la procura y construcción	Poca certeza al realizar la etapa conceptual y no contar con la información suficiente al realizar las evaluaciones y estudios pertinentes.	Alto grado de variación en las evaluaciones y estudios, el grado de error en estimado de costo y caso de negocio impacta directamente a las etapas siguientes.	Identificar la información mínima requerida por MIAP para desarrollar el alcance contratado y establecer con el cliente la forma y fechas de entrega de la información.	LRAF
A-02	II	Retraso en fechas de entrega de información	Falta de comunicación en fechas de entrega de información o retraso en el trabajo correspondiente al cliente	El cliente retrasa la información requerida o los comentarios necesarios en el alcance del proyecto	Retraso en el programa de ejecución y en la entrega de los documentos que conforman el alcance.	Declaraciones, multas y prórrogas obligatorias por parte del cliente plasmadas en contrato, en caso de retrasos imputables al cliente.	LRAF
A-03	III	Asignación excesiva de recursos	Mala selección y asignación de personal y recursos para la ejecución del alcance contratado	Asignar una cantidad excedente de personal, recursos y tiempo innecesarios a las actividades propias del alcance contratado	Aumento en los costos y presupuesto asignado al proyecto.	MIAP deberá seleccionar y asignar de forma minuciosa y responsable a cada encargado del alcance a desarrollar, así como los recursos necesarios y sólo los necesarios para cubrir las actividades en el tiempo requerido	LRAF
A-04	IV	Grado de expertise insuficiente	Mala selección y asignación del personal encargada y responsable de cumplir con la calidad del alcance contratado	El personal asignado para desarrollar las actividades propias del alcance contratado no cuenta con el nivel y grado de expertise que las actividades demandan.	Rechazo del cliente, penalizaciones y desviaciones económicas, retrabajos y mala relación cliente - contratista	MIAP deberá seleccionar y asignar de forma minuciosa y responsable a cada encargado del alcance a desarrollar, siempre auditando las capacidades y competencias de su personal.	LRAF





# **ESTIMADO DE COSTO CLASE V**

- I. Descripción Del Estimado.
- II. Información Disponible.
- III. Metodología Del Estimado.
- IV. Presentación Del Estimado De Costo Clase V.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

### I. Descripción del Estimado de Costo.

El presente entregable presenta el estimado de costo clase V elaborado por MIAP, con base en los requerimientos y necesidades del cliente. El estimado ha sido evaluado a partir de la información proporcionada por el cliente, proveniente de las plantas 3 y 4.

El presente estimado se desarrolla con una precisión de acuerdo a lo permitido en un estimado de costo clase V, con una desviación considerable de +50%/-30%.

La base del estimado serán los costos obtenidos por las plantas criogénicas 3 y 4 en el año 2003, ambas propiedad del cliente.

La información proporcionada, metodología y el Estimado de costo se detallan a continuación.

### II. Información Disponible.

El cliente proporcionó a MIAP la siguiente información para desarrollar el estimado.

- a) Costos de Ingeniería.
  - Ingeniería básica.
  - Ingeniería de detalle.
- b) Costos de Procura y construcción.
  - Equipos.
  - Refacciones.
  - Fletes y gastos de aduana.
  - Materiales.
  - Construcción.
  - Renta de maquinaria.
- c) Arranque y puesta en operación.
- d) Licencias y Permisos.
- e) Fecha de los costos.
- f) Paridad a la fecha presentada.

### III. Metodología del Estimado.

Dada la información proporcionada por el cliente, la metodología empleada para realizar el estimado, se basa en la actualización de precios mediante índices, ajustes de acuerdo a la paridad y escalación por capacidad donde sea requerido.

### IV. Presentación del Estimado de Costo clase V.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

**PLANTA:**

**CPG CRIOGENICA REYNOSA 5**

REVISIÓN 1

**ESTIMADO DE COSTO CLASE V (-30% + 50%)**

CIFRAS EN USD DE OCTUBRE 2006

<b>COSTO DE EQUIPO Y MATERIALES</b>	108	<b>\$78,315,900.00</b>
<b>REFACCIONES</b>		\$2,457,746.86
<b>FLETES, SEGUROS Y GASTOS DE ADUANA</b>		\$3,915,795.00
<b>COSTO DE INTEGRACION</b>		\$6,976,100.00
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>		\$14,453,874.89
<b>TOTAL DE PROCURA Y CONSTRUCCION</b>		<b>\$106,119,416.75</b>
<b>INGENIERÍA BÁSICA Y DEFINICIÓN DEL PROYECTO</b>		\$4,299,780.00
<b>INGENIERÍA DE DETALLE</b>		\$9,458,602.38
<b>LICENCIAS Y PERMISOS</b>		\$955,074.75
<b>PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA</b>		\$4,775,373.75
<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>		<b>\$125,608,247.64</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>	32.6%	\$40,935,727.91
<b>CONTINGENCIAS</b>	18.0%	\$22,642,921.49
<b>ESCALACION</b>	4.00%	\$5,024,374.91
<b>TOTAL DE INVERSION</b>		<b>\$194,211,271.94</b>
<b>TOTAL DE PROYECTO</b>		<b>194,211,272</b>

**NOTAS:**

Los equipos fueron estimados a partir de la información proporcionada por el cliente de las plantas 3 y 4

Los costos son en dólares americanos a Junio 2006

Paridad en 2003 considerada de 10

Paridad actual del estimado considerada de 11

Los índices empleado para la escalación fueron consultados de INEGI



# **CASO DE NEGOCIO.**

**I.- Hoja Resumen.**

**II.- Alternativas seleccionadas.**

**III.- Análisis del entorno.**

**IV.- Análisis Financiero Económico.**



## I.- Hoja Resumen.

### Descripción del proyecto.

Desarrollar la ingeniería, Procura, Construcción y Puesta en marcha, de una planta criogénica con capacidad para procesar 200 MMpcd de gas húmedo dulce del proyecto de Aceite Terciario del Golfo, aprovechando la infraestructura actual del CPG Reynosa, para la recuperación de gas natural seco, gas licuado y nafta ligera.

El proyecto tiene como expectativa construir las instalaciones necesarias para procesar 200 MMpcd de gas húmedo dulce ofertado por el cliente proveniente del Proyecto mencionado, mediante el proceso de recuperación de licuables y fraccionamiento de líquidos criogénicos, incluyendo la integración de servicios principales asociados a estos procesos, sistemas integrales regidos por seguridad, salud y protección ambiental, así como la infraestructura necesaria de apoyo. Las características del proceso se fundamentarán en los estudios de ingeniería conceptual, básica y de detalle que establecerán las actividades relevantes a realizar de procura y construcción.

### Justificación del proyecto.

Dentro de la cadena del petróleo, el cliente ocupa una posición estratégica en el país al tener la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

Actualmente esta subsidiaria procesa un volumen cercano a 4 mil millones de pies cúbicos diarios (MMpcd), con una producción de líquidos de 451 mil barriles diarios (Mbd) en los 9 Complejos Procesadores de Gas a cargo del Organismo.

Para conservar su posición competitiva en el ámbito internacional y cumplir con los compromisos contraídos con otras subsidiarias y particulares, el cliente realiza una planeación estratégica de nuevas instalaciones e infraestructura para llevar a cabo de manera segura, rentable y sustentable el procesamiento del gas ofertado por el sector de exploración y producción del cliente.

### Descripción de Implicados.

Debido a la etapa en que se encuentra el proyecto, el primer involucrado será el cliente y como contratista MIAP que será el encargado de presentar el análisis conceptual requerido y la ingeniería básica contratada. El caso de negocio presenta un panorama completo del proyecto para la toma de decisiones respecto a la conversión dirigida a la etapa de ingeniería de detalle y procura.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**Selección de la tecnología.**

La tecnología seleccionada fue la designada como DCP en la planta criogénica, módulo 5, dentro del complejo de Burgos, en ciudad Reynosa, Tamaulipas. Esta determinación es congruente con lo esperado, ya que los módulos existentes en Reynosa, Poza Rica y Cd. Pemex operan bajo la misma tecnología.

**Evaluación y selección del Sitio.**

Para este proyecto, la selección de la localización de la planta fue aportada por el cliente y en el estudio se concluyó que es adecuada y se ajusta perfectamente a las necesidades del proyecto. Primordialmente la cercanía con la materia prima y al destino de los productos hacen altamente factible el predio, también se aprecia el bajo costo de inversión relacionada al desarrollo de sitio y permisos.

**Definición de alcance de la Ingeniería Conceptual.**

Los documentos que conforman el alcance para la etapa conceptual y que MIAP tiene la responsabilidad de entregar son:

- I. Análisis del Mercado.
- II. Evaluación Selección de la Tecnología.
- III. Análisis de la Localización de la Planta.
- IV. Evaluación Preliminar de Riesgos.
- V. Estimado de Costo clase V.

**Estimado de Costo (Clase V).**

El detalle y desglose del estimado de costo clase V que será base fundamental para la toma de decisiones y variables económicas es presentado en el documento correspondiente al entregable. El monto final estimado corresponde a **\$194'211,272.00** (ciento noventa y cuatro millones doscientos once mil doscientos setenta y dos dólares americanos). Considerando Costo directo, costo indirecto, contingencias y escalación.



## II.- Alternativas seleccionadas.

Construir una planta criogénica de 200 MMpcd con su fraccionamiento integrado para producir gas natural, LPG y nafta ligera. La ubicación se seleccionó tomando en cuenta el aprovechamiento de la infraestructura instalada en el CPG Reeynosa y la ausencia de asentamientos humanos en el área asignada.

Tecnólogo: Linde

Tecnología: DCP

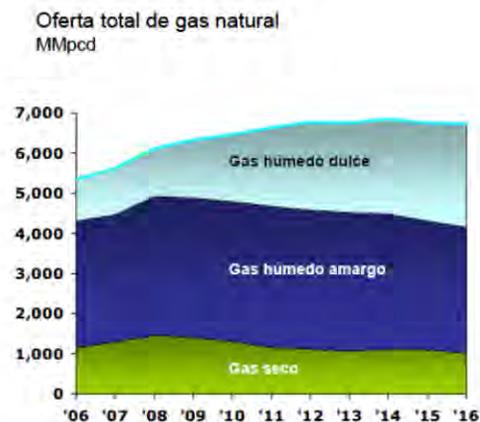
Localización: CPG Burgos, Reynosa Tamaulipas.

## III.- Análisis del entorno.

- *Análisis de la demanda actual.*

De acuerdo al escenario de 2010 - 2016, la oferta total de gas, se situará en 6,725 MMpcd al final del periodo, con un crecimiento promedio anual de 2.3%.

Por tipo de gas, se espera que la oferta de gas seco y gas húmedo amargo disminuyan marginalmente, y que la oferta de gas húmedo dulce crezca en 9.6% promedio anual, durante el periodo.



## Disponibilidad nacional de gas seco

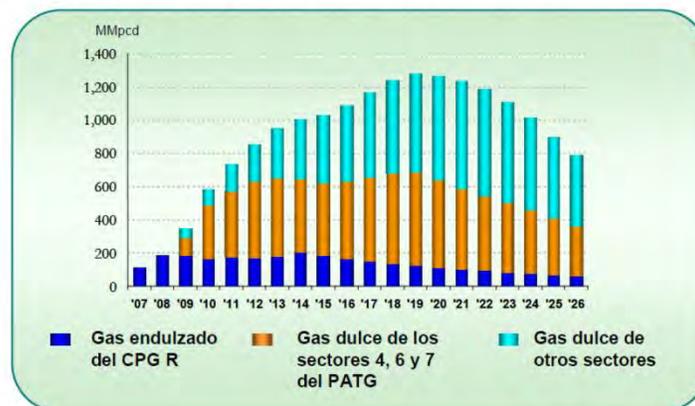
La oferta nacional de gas seco se incrementará en 1,327 MMpcd, equivalente a un crecimiento promedio anual de 2.5% en el periodo de análisis.

PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

Por su parte, la producción de gas seco de plantas del cliente crecerá a una tasa promedio anual de 3.5%.



Disponibilidad de gas húmedo dulce en el CPG Área Reynosa:



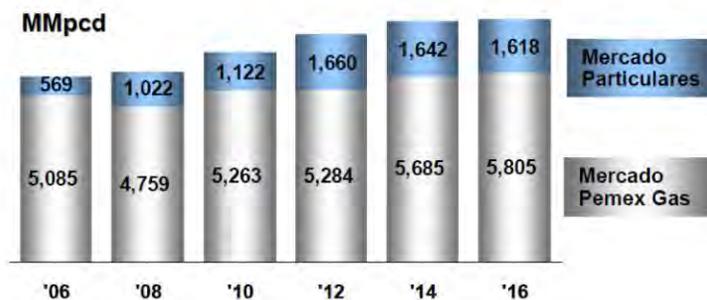
PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

**Demanda nacional de gas seco.**

Para 2016, la demanda de gas seco que atiende el cliente se incrementará en 720 mmpcd, con una TACC de 1.3%.

El mayor ritmo de crecimiento se presentará en el sector industrial y distribuidores con una TACC de 3.1%, seguido del sector eléctrico con 2.3%.

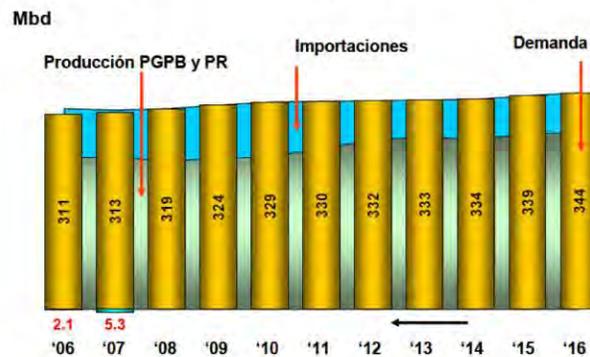
Se prevé un importante incremento en la demanda del gas natural, a nivel industrial y del sector eléctrico, y de los licuables, como puede verse en las gráficas que a continuación se muestran:



**Demanda nacional de gas licuado**

El balance de gas LP de del cliente indica que las importaciones alcanzarán un máximo de 86 Mbd en el 2016 y un mínimo de 59 Mbd en el 2019, y a partir de ese año, se incrementarán hasta alcanzar 63 Mbd al final del periodo.

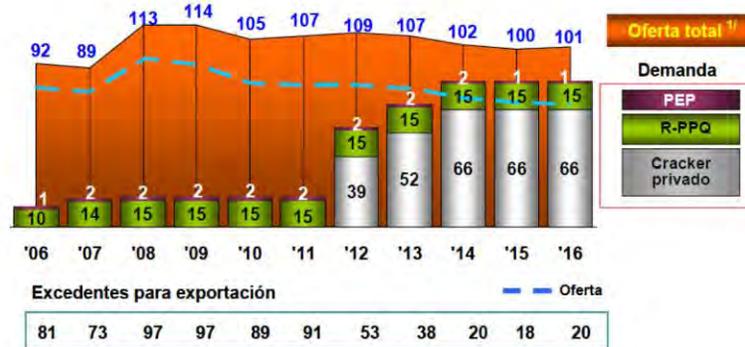
Las exportaciones a partir de 2008 se estima que serán nulas.



PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

**Demanda nacional de gasolina natural:**

En el futuro, se espera un incremento significativo de la demanda de gasolina natural en el Sureste, con la entrada en operación de un cracker privado de 1 MMTon de etileno, que usaría etano y gasolinas naturales como materia prima.



**Análisis FODA.**

*Fuerza.*

El cliente tiene gran infraestructura disponible y prácticamente el control total de la materia prima.

*Oportunidad.*

El cliente, de acuerdo con el escenario de producción deberá disponer de una capacidad de proceso de gas húmedo dulce de 490 MMpdc (proveniente de los sectores 4,5, 6 y 7).

Proceso con los Sectores 4, 6 y 7

MMpdc	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gas húmedo amargo	200	203	178	187	182	196	213	199	179	162	146	132	117
Gas húmedo endulzado	187	186	167	176	171	184	199	186	168	152	137	124	110
Gas húmedo dulce de PEP	0	104	323	392	459	467	447	435	462	502	544	564	530
Gas a Criogénicas	187	290	490	568	630	650	647	621	630	654	681	687	640

*Debilidad al no efectuarse el proyecto.*

No se contaría con la infraestructura requerida para procesar la oferta de gas húmedo amargo, incurriendo en la quema de hidrocarburos, con las pérdidas económicas e impactos ambientales correspondientes.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

*Amenaza al no desarrollar el proyecto.*

No se cubriría la demanda incremental esperada en el país de 3.9% y 1.2%1 de gas natural y gas licuado, respectivamente, con el consecuente incremento de las importaciones para evitar el desabasto.

*Capacidad instalada y su evolución.*

Este proyecto se integrará a las instalaciones existentes, y se prevé un crecimiento futuro de dos plantas adicionales, con similares características. El proyecto tendrá una capacidad de procesamiento de gas húmedo dulce de 200 MMpcd con 12 Mbd de fraccionamiento de licuables. Las metas de producción para la planta de 200 MMpcd con la realización del proyecto son:

- Gas natural seco 186.1 MMpcd
- Gas licuado 7.0 Mbd
- Nafta ligera 2.6 Mbd

*Generación de ingresos o ahorros derivados del proyecto.*

Los ingresos para el proyecto derivarán de la recuperación de productos al procesar gas húmedo dulce de los campos de PEP.

	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Producción</b>	<b>1,922,432,403</b>	<b>3,774,400,181</b>	<b>3,639,306,994</b>	<b>3,504,213,808</b>	<b>3,471,899,527</b>
Gas natural seco \$/AÑO	1,465,101,780	2,827,424,654	2,724,645,748	2,621,866,843	2,621,866,843
Gas licuado \$/AÑO	351,296,729	724,550,800	702,593,459	680,636,117	658,678,776
Nafta ligera \$/AÑO	106,033,894	222,424,726	212,067,787	201,710,848	191,353,909

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Producción</b>	<b>3,574,678,433</b>	<b>3,606,992,714</b>	<b>3,606,992,714</b>	<b>3,606,992,714</b>	<b>3,606,992,714</b>
Gas natural seco \$/AÑO	2,724,645,748	2,724,645,748	2,724,645,748	2,724,645,748	2,724,645,748
Gas licuado \$/AÑO	658,678,776	680,636,117	680,636,117	680,636,117	680,636,117
Nafta ligera \$/AÑO	191,353,909	201,710,848	201,710,848	201,710,848	201,710,848

	2020	2021	2022	2023
<b>Producción</b>	<b>3,606,992,714</b>	<b>3,606,992,714</b>	<b>3,606,992,714</b>	<b>3,606,992,714</b>
Gas natural seco \$/AÑO	2,724,645,748	2,724,645,748	2,724,645,748	2,724,645,748
Gas licuado \$/AÑO	680,636,117	680,636,117	680,636,117	680,636,117
Nafta ligera \$/AÑO	201,710,848	201,710,848	201,710,848	201,710,848



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**IV.- Análisis Financiero Económico.**

Inversión Total (Pesos): \$1,942,112,272

Calendario de inversiones por año de ejecución y operación.

Año	2008	2009	2010	Total
Pesos	66,565,713	1,340,281,774	535,264,785	1,942,112,272

**Distribución de las erogaciones a realizar por rubro de ejecución.**

	CONCEPTO	MONTO
		Pesos
<b>Area de proceso</b>		<b>774,000,000</b>
	Compresores gas residual	439,000,000
	Compresores gas regeneración	45,000,000
	Expansor / Compresor	42,000,000
	Deshidratadores	41,000,000
	Desetanizadora y Desbutanizadora	48,000,000
	Recuperadora de calor y homo de regeneración	42,000,000
	Enfriadores y condensadores	58,000,000
	Equipo dinámico	25,000,000
	Tanques y acumuladores	10,000,000
	Sistema de desfogue	24,000,000
<b>Servicios</b>		<b>336,000,000</b>
	Patín de medición	64,000,000
	Esferas LPG	48,000,000
	Sistema SCD, SIS, CI y Detección Mezclas Explosivas	35,000,000
	Quemador Fosa	21,000,000
	Válvulas de corte	18,000,000
	Sistema CCTV, sistema de intercomunicación y voceo, radiocomunicación	15,000,000
	Interconexiones y estructuras	22,000,000
	Tanques y acumuladores de servicios	25,000,000
	Equipo dinámico	19,000,000
	Tratamiento de agua y sistema contraincendio	16,000,000
	Fletes, aduana, seguros, maniobras, refaccionamiento	53,000,000
<b>Integración</b>		<b>213,000,000</b>
	Tubería servicios	46,000,000
	Cable eléctrico	43,000,000
	Tubería de integración de 2 plantas	40,000,000
	Conduit	40,000,000
	Integración y modificaciones eléctricas	18,000,000



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

	Interruptores, transformadores, gabinetes y tarjetas	18,000,000
	Centro de control de motores	8,000,000
<b>Obra civil</b>		<b>239,000,000</b>
	Planificación de 3 plantas	53,000,000
	Cuarto de control	40,000,000
	Ducto / Registro eléctrico	37,000,000
	Rack	33,000,000
	Subestaciones	33,000,000
	Diques y movimiento de tierras	28,000,000
	Bunker, edificios y casetas	15,000,000
	Línea de 24"	63,000,000
	Acondicionamiento de gas húmedo	27,000,000
<b>Ingeniería IPC, Permisos y Licencias</b>		<b>158,112,272</b>
<b>Administración del proyecto</b>		<b>54,000,000</b>
<b>Pruebas y puesta en marcha</b>		<b>78,000,000</b>
<b>Total</b>		<b>1,942,112,272</b>

**Indicadores de Rentabilidad.**

Indicadores económicos	Antes de impuestos	Después de impuestos
VPN (pesos)	\$ 2,548,739,485	\$ 1,450,598,308
TIR (%)	29.23%	22.39%

Se realizó un análisis de sensibilidad para conocer los límites a los cuales se puede someter el proyecto. Los valores límites (VPN =0) se presentan en las siguientes tablas y gráficas:

**Antes de impuestos**

Inversión

% Incremento	0%	40.00%	80.00%	120.00%	140.00%	150.82%
Inversión	1,942,112,272	2,718,957,180	3,495,802,089	4,272,646,997	4,661,069,452	4,871,146,622
VPN (Pesos)	2,548,739,485	1,872,757,214	1,196,774,943	520,792,672	182,801,536	0

**Después de impuestos**

Inversión

% Incremento	0%	20.00%	40.00%	60.00%	80.00%	85.84%
Inversión	1,942,112,272	2,330,534,726	2,718,957,180	3,107,379,634	3,495,802,089	3,609,152,901
VPN (Pesos)	1,450,598,308	1,112,607,173	774,616,038	436,624,902	98,633,767	0



PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

**Gasto de Operación esperados.**

		2010	2011	2012	2013	
<b>Costos variables</b>						
Energía Eléctrica	\$/AÑO	3,632,619	7,080,675	6,896,169	6,711,950	
Agua/Vapor	\$/AÑO	1,053,602	2,057,681	2,008,158	1,958,761	
Combustible	\$/AÑO	31,501,853	60,793,808	58,583,910	56,374,011	
Catalizadores/químico	\$/AÑO	28,030	56,060	56,060	38,424,675	
Otros (Materia Prima)	\$/AÑO	1,646,564,640	2,979,497,920	2,877,567,728	2,979,497,920	
<b>Total costos variable</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>1,682,780,743</b>	<b>3,049,486,143</b>	<b>2,945,112,024</b>	<b>3,082,967,317</b>	
<b>Costos fijos</b>						
Mano de obra	\$/AÑO	2,841,000	5,682,000	5,682,000	5,682,000	
Mantenimiento	\$/AÑO		58,263,368	58,263,368	58,263,368	
<b>Total costos fijos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>2,841,000</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>1,685,621,743</b>	<b>3,113,431,511</b>	<b>3,009,057,392</b>	<b>3,146,912,685</b>	
		2014	2015	2016	2017	2018
<b>Costos variables</b>						
Energía Eléctrica	\$/AÑO	6,711,950	6,896,169	6,896,169	6,896,169	6,896,169
Agua/Vapor	\$/AÑO	1,958,761	2,008,158	2,008,158	2,008,158	2,008,158
Combustible	\$/AÑO	56,374,011	58,583,910	58,583,910	58,583,910	58,583,910
Catalizadores/químico	\$/AÑO	56,060	56,060	56,060	38,424,675	56,060
Otros (Materia Prima)	\$/AÑO	2,877,567,728	2,775,637,536	2,673,707,344	2,673,707,344	2,673,707,344
<b>Total costos variable</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>2,942,668,509</b>	<b>2,843,181,832</b>	<b>2,741,251,640</b>	<b>2,779,620,256</b>	<b>2,741,251,640</b>
<b>Costos fijos</b>						
Mano de obra	\$/AÑO	5,682,000	5,682,000	5,682,000	5,682,000	5,682,000
Mantenimiento	\$/AÑO	58,263,368	58,263,368	58,263,368	58,263,368	58,263,368
<b>Total costos fijos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>3,006,613,878</b>	<b>2,907,127,200</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,843,565,624</b>	<b>2,805,197,008</b>
		2019	2020	2021	2022	2023
<b>Costos variables</b>						
Energía Eléctrica	\$/AÑO	6,896,169	6,896,169	6,896,169	6,896,169	6,896,169
Agua/Vapor	\$/AÑO	2,008,158	2,008,158	2,008,158	2,008,158	2,008,158
Combustible	\$/AÑO	58,583,910	58,583,910	58,583,910	58,583,910	58,583,910
Catalizadores/químico	\$/AÑO	56,060	56,060	38,424,675	56,060	56,060
Otros (Materia Prima)	\$/AÑO	2,673,707,344	2,673,707,344	2,673,707,344	2,673,707,344	2,673,707,344
<b>Total costos variable</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>2,741,251,640</b>	<b>2,741,251,640</b>	<b>2,779,620,256</b>	<b>2,741,251,640</b>	<b>2,741,251,640</b>
<b>Costos fijos</b>						
Mano de obra	\$/AÑO	5,682,000	5,682,000	5,682,000	5,682,000	5,682,000
Mantenimiento	\$/AÑO	58,263,368	58,263,368	58,263,368	58,263,368	58,263,368
<b>Total costos fijos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>	<b>63,945,368</b>
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,843,565,624</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,805,197,008</b>



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**Flujos de Costos Atribuibles al proyecto (Pesos).**

		2010	2011	2012
Total costos variables	\$/AÑO	1,682,780,743	3,049,486,143	2,945,112,024
Total costos fijos	\$/AÑO	2,841,000	63,945,368	63,945,368
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>1,685,621,743</b>	<b>3,113,431,511</b>	<b>3,009,057,392</b>
		2013	2014	2015
Total costos variables	\$/AÑO	3,082,967,317	2,942,668,509	2,843,181,832
Total costos fijos	\$/AÑO	63,945,368	63,945,368	63,945,368
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>3,146,912,685</b>	<b>3,006,613,878</b>	<b>2,907,127,200</b>
		2016	2017	2018
Total costos variables	\$/AÑO	2,741,251,640	2,779,620,256	2,741,251,640
Total costos fijos	\$/AÑO	63,945,368	63,945,368	63,945,368
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,843,565,624</b>	<b>2,805,197,008</b>
		2019	2020	2021
Total costos variables	\$/AÑO	2,741,251,640	2,741,251,640	2,779,620,256
Total costos fijos	\$/AÑO	63,945,368	63,945,368	63,945,368
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,843,565,624</b>
		2022	2023	
Total costos variables	\$/AÑO	2,741,251,640	2,741,251,640	
Total costos fijos	\$/AÑO	63,945,368	63,945,368	
<b>Total costos</b>	<b>\$/AÑO</b>	<b>2,805,197,008</b>	<b>2,805,197,008</b>	



### Resumen de Parámetros Relevantes.

Resumen de parámetros del proyecto	
Parámetro	Valor
Tasa de descuento	12%
Vida útil del proyecto	20 años
Inversión (pesos)	\$ 1,942,112,272
VPN antes impuestos (pesos)	\$ 2,548,739,485
TIR antes impuestos	29.23%
VPN después impuestos (pesos)	\$ 1,450,598,308
TIR después impuestos	22.39%

### Conclusiones.

La realización de este proyecto estratégico en la zona norte del país es de vital importancia para el procesamiento de la oferta de gas húmedo dulce y para el abastecimiento de licuables en la región y de gas natural para el altiplano del país. Al realizar la evaluación financiera, se concluye que el proyecto es rentable, considerando que los ingresos de este proyecto son elevados y el período de recuperación de la inversión es corto. El proyecto comprende la ampliación de la capacidad instalada indispensable para procesar el gas asociado del área de Chicontepec, que de acuerdo a los pronósticos se perfila como la principal zona productora de gas natural en el país.

# LÍNEA BASE PARA LA INGENIERÍA BÁSICA.

- CONTRATO.
- DEFINICIÓN DE ALCANCE DE LA INGENIERÍA BÁSICA.
- ESTRUCTURA DE TRABAJO WBS.
- PLAN DE EJECUCIÓN.
- PROGRAMA DE TRABAJO DE LA INGENIERÍA BÁSICA.
- ESTIMADO DE COSTO CLASE III.
- PLAN DE CALIDAD.
- ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA INGENIERÍA BÁSICA.



## **CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NÚMERO DG-PP-L-034/05P**

Contrato de obra pública para la construcción de la planta criogénica modular 5 en el CPG Burgos en Reynosa, Tamaulipas, que celebran por una parte el cliente en su Dirección Ingeniería y Desarrollo de Proyectos, a quien se le denominará cliente, representado por el ingeniero Juan Carlos Valladolid, Gerente del departamento de Ingeniería de Costos, y por otra parte la maestría de ingeniería y administración de proyectos, a quien se le denominará el contratista, representado por el ingeniero Luis Alvarado De La Fuente, en su carácter de apoderado, de conformidad con las declaraciones y cláusulas siguientes.

### **DECLARACIONES.**

#### **I.- EL CLIENTE declara que:**

**I.1.-** Es un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, y con capacidad legal para celebrar el presente contrato de conformidad con la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio de 1992.

**I.2.-** Cuenta con las autorizaciones necesarias para llevar a cabo la inversión correspondiente a los trabajos, objeto de este contrato, según consta en el oficio identificado como DCIDP-SPEC\_MIAP-619-2006, de fecha 12 de diciembre de 2006, emitido por la Subgerencia Presupuestal adscrita a la Gerencia de Evaluación y Control Presupuestal, con cargo al proyecto E-500-34-03.

**I.3.-** Los trabajos objeto del presente contrato se adjudicaron mediante el procedimiento de licitación pública internacional No. 19572031-001-06, con fundamento en los artículos 27 fracción I, 30 fracción II inciso a, de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

**I.4.-** Su domicilio para efectos del presente contrato es Avenida Río Nacional No. 419, Torre Maestra, 4º piso, colonia Avante, C.P. 11311, delegación Miguel Hidalgo, Distrito Federal y que su número de Registro Federal de Contribuyentes es DCIDP9102715MT8.

#### **II.- EL CONTRATISTA DECLARA QUE:**

**I.** Es una sociedad debidamente constituida y válidamente existente conforme a las leyes de los Estados Unidos Mexicanos y cuenta con capacidad legal para celebrar y cumplir el presente contrato, cumplir con la ejecución de los trabajos de este contrato y que cuenta con la experiencia necesaria para la eficiente ejecución de los mismos.

**II.** Tiene establecido su domicilio legal en Circuito Exterior S/N, Coyoacán, Cd. Universitaria, 04510 Ciudad de México, D.F. que señala como su domicilio para oír y recibir notificaciones y para todo lo relacionado con el presente contrato, y no se encuentra obligado a inscribirse en el Registro Federal de Contribuyentes.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MIMPCD EN REYNOSA**

**CLÁUSULAS.**

**PRIMERA.**

**Objeto del contrato.-** El objeto del presente contrato es la ingeniería básica para la construcción de la planta criogénica modular 5 en el CPG Burgos, en Reynosa, Tamaulipas, que **EL CLIENTE** requiere y el **Contratista** se obliga a realizar de conformidad con el presente contrato y sus anexos, cuyos trabajos consisten en el: **Desarrollo de la ingeniería básica**, con toda la serie de documentos entregables que se precisen para la planta criogénica modular 5, así como las instalaciones de almacenamiento de productos, servicios auxiliares e integración en el CPG Burgos en Reynosa Tamaulipas.

Los documentos entregables correspondientes a la ingeniería básica serán los enlistados en el anexo técnico adjunto al presente contrato.

El contratista iniciará sus trabajos para la zona OBL usando la información suministrada por EL CLIENTE. La información correspondiente al dimensionamiento de equipos y líneas será verificada por el ingeniero responsable y las modificaciones que procedan serán indicadas en el paquete de Ingeniería Básica que será entregado al CLIENTE. También será responsabilidad del contratista emitir las hojas de datos que serán usadas para la procuración de los equipos en etapas siguientes, fuera del alcance del presente.

**SEGUNDA.**

**Monto del Contrato.-** El monto del presente contrato es de \$859,956.00 USD (Ochocientos cincuenta y nueve mil novecientos cincuenta y seis dólares de los Estados Unidos de América) más \$3'439,824.00 USD (Tres millones cuatrocientos treinta y nueve mil ochocientos veinticuatro dólares de los Estados Unidos de América) más el impuesto agregado.

Las partes convienen que, de dicho monto total, es correspondiente a ser ejecutado a precio alzado y fijo por los conceptos de Definición del proyecto e ingeniería básica, no está sujeto a ajuste alguno e incluye el pago total que debe cubrirse al contratista por todos los trabajos a ser ejecutados bajo dicha modalidad, así como todos los gastos para la terminación de los mismos, contemplado dentro del mismo precio cualquier otra obligación estipulada o no, pero que sea necesaria para cumplir con la consecución de los trabajos a precio alzado.

**TERCERA.**

**Forma de pago.-** Las partes del presente contrato acuerdan que el monto total del mismo, será cubierto por EL CLIENTE al contratista de la siguiente manera:

El contratista presentará las facturas de todos y cada uno de los pagos derivados del presente contrato.

El monto a pagar por los trabajos objeto del presente contrato se calculará mediante la formulación de estimaciones que abarcarán periodos quincenales y serán presentadas por el contratista, acompañadas de la documentación que acredite la procedencia de su pago, dentro de los 6 (seis) días naturales siguientes a la fecha de corte, misma que será los días 15 (quince) y último de cada mes, si las estimaciones no son presentadas en el término antes señalado, la



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

estimación correspondiente se presentará en la siguiente fecha de corte, sin que ello dé lugar a la reclamación de gastos y/o costos financieros por parte del contratista.

EL CLIENTE tendrá como fechas críticas de pago, de acuerdo a lo presentado por el contratista, 4 (cuatro) fechas claves, considerado como anticipo a la firma del contrato (30% del monto estipulado), primer pago, a la conclusión del 20% del trabajo acordado en el anexo técnico (20% del monto estipulado), segundo pago, a la conclusión del 60% del trabajo acordado en el anexo técnico, (20% del monto estipulado), y pago final, una vez entregado todo el trabajo que el presente contrato estipula, (30% del monto estipulado).

**Pena convencional por atraso en la conclusión de los eventos críticos.**- Las partes acuerdan que en caso de que el contratista, por causas que le sean imputables, no concluya las partidas consideradas como eventos críticos establecidos en el anexo técnico del presente contrato, en las fechas señaladas para tal efecto en dicho anexo, el contratista admite que EL CLIENTE deduzca a la estimaciones por concepto de trabajos ejecutados, una cantidad equivalente al 0.5% (cero punto cinco por ciento) del monto correspondiente a la partida considerada como evento crítico no concluido, misma que se aplicará por cada día natural de atraso y hasta que el contratista concluya los trabajos de que se trate.

**CUARTA.**

**Plazo de ejecución.**- El contratista se obliga a ejecutar los trabajos objeto de este contrato en **151 (Ciento cincuenta y uno)**, días naturales a partir del **15 de enero de 2007** y a concluirlos a más tardar el día 15 de junio de 2007, de conformidad con el programa de ejecución que forma parte integrante de este contrato.

**DÉCIMA PRIMERA.**

**Vigencia.**- El presente contrato tendrá vigencia a partir de la fecha de su firma y hasta que se formalice el acto jurídico mediante el cual se extingan en su totalidad los derechos y obligaciones de las partes.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**ANEXO TÉCNICO (ANEXO 1).**

**I.- Datos Generales.**

1. Nombre del proyecto	<b>Planta criogénica modular Estación No. 19, Reynosa (Criogénica 5)</b>
2. Número de proyecto	<b>Proyecto E-500-54-03</b>
3. Partida presupuestal	E-500-54-01
4. Bases de Usuario	Proporcionadas por EL CLIENTE
5. Alcance actual	Indicado en bases de usuario

**II. Datos de Planeación.**

Estudio Justificativo del Proyecto	Proporcionado por EL CLIENTE
Análisis de Mercado y Caso de Negocio	Desarrollar por el contratista
Localización de la planta	Proporcionado por EL CLIENTE
Selección de la Tecnología	En conjunto EL CLIENTE y Contratista
Evaluación preliminar de Riesgos	Desarrollar por contratista
Estimado de Costo clase V	Desarrollar por contratista

**III. Entregables contratados para la línea base de ingeniería básica.**

Alcance de ingeniería básica	Desarrollar por el contratista
Estructura de Trabajo (WBS)	Desarrollar por el contratista
Plan de Ejecución	Desarrollar por el contratista
Programas de Trabajo	Desarrollar por el contratista
Estimado de costo clase III	Desarrollar por el contratista
Plan de calidad	Desarrollar por el contratista
Análisis de Riesgos del proyecto	Desarrollar por el contratista

**IV. Descripción entregables contratados para ingeniería básica.**

Bases de diseño	EL CLIENTE y Contratista
PLG	Desarrollar por el contratista
DFP	Desarrollar por el contratista
Descripción del proceso	Desarrollar por el contratista
DTI's	Desarrollar por el contratista
Filosofía básica de operación.	Desarrollar por el contratista
Hojas de Datos	Desarrollar por el contratista
Lista de Equipo	Desarrollar por el contratista



# **DECLARACIÓN DE ALCANCE DE INGENIERÍA BÁSICA.**

## **I.- INTRODUCCIÓN.**

- a) Objetivos de negocio.
- b) Objetivos del proyecto.
- c) Descripción de productos y servicios.
- d) Restricciones.

## **II.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

- a) Descripción de unidades de Proceso.
- b) Capacidades.
- c) Servicios auxiliares.
- d) Integración en áreas existentes.
- e) Obras fuera de sitio.
- f) Criterios de aceptación de bienes y servicios.
- g) Alcance definitivo para la ingeniería básica.



## **I.- INTRODUCCIÓN.**

a) **Objetivos del negocio.**

Como parte de la estrategia del cliente para aprovechar los insumos de gas obtenidos del CPG Burgos, en Reynosa, Se han iniciado las etapas de ingeniería para el proyecto de construcción de la planta Criogénica No. 5.

Actualmente esta subsidiaria procesa un volumen cercano a 4 mil millones de pies cúbicos diarios (MMpcd), con una producción de líquidos de 451 mil barriles diarios (Mbd) en los 9 Complejos Procesadores de Gas a cargo del Organismo.

El objetivo para esta etapa será la entrega del Libro de ingeniería Básica, elaborado por la disciplina de proceso, mientras que los entregables de las demás disciplinas serán elaborados por el cliente.

b) **Objetivos del Proyecto.**

MIAP tiene como objetivo del proyecto, la elaboración y conjunción de los entregables que comprenden la ingeniería básica del proyecto, teniendo como resultado final El Libro de ingeniería básica del Proyecto, cumpliendo con la calidad y especificaciones contratadas.

c) **Descripción de Productos y Servicios.**

MIAP llevará a cabo los trabajos necesarios para conformar los entregables de ingeniería básica que se describen en el apartado de alcance definitivo contenido en el presente documento.

Las actividades consisten en el análisis de la tecnología, los equipos de proceso, la distribución de la planta y las referencias de plantas existentes, para elaborar la ingeniería básica de la planta Criogénica 5.

El producto final de los trabajos realizados será el conjunto de entregables de ingeniería básica que conformarán El Libro de Proyecto para la ingeniería básica.

d) **Restricciones.**

Para el desarrollo del alcance contratado no se presentan restricciones no consideradas en el contrato.



## II.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

### a) Descripción de unidades de Proceso.

Las instalaciones que serán consideradas para la ingeniería básica para las Planta Criogénica 5.

- Recibo y Acondicionamiento de Gas Húmedo.- Esta sección deberá estar provista de medidores de flujo y con los separadores necesarios para remover los líquidos (hidrocarburo y agua) que pudieran estar presentes en el Gas Húmedo o llegar por arrastre con este, así como también, se deberá considerar la instalación de filtros coalescentes en paralelo con la capacidad de manejar el 100% del gas de carga, con el fin de eliminar las trazas de líquido y partículas suspendidas.
- Deshidratación y Filtrado.- Una vez acondicionado el gas húmedo se deberá considerar que este será sometido a un proceso de adsorción de humedad para abatir su punto de rocío y evitar la formación de hidratos en la sección criogénica de la planta, a través de deshidratadores cargados con malla molecular y alúmina activada, operando en ciclos de secado y regeneración. Además deberá considerar el diseño de elementos filtrantes en paralelo que sean capaces de retener los finos de polvos de los camas adsorbentes, con la capacidad de manejar el 100% del flujo cada uno.
- Regeneración.- Esta sección tendrá como función, permitir la operación continua de los deshidratadores restaurando la actividad de la malla molecular y de la alúmina activada a través de su regeneración por calentamiento para remover el agua adsorbida, empleando en este proceso un calentador a fuego directo.
- Enfriamiento y Expansión.- En esta sección se integrarán las corrientes frías del proceso para intercambiar calor y sub-enfriar el gas de alimentación, utilizando cambiadores de placas de aluminio. Adicionalmente, se deberá aprovechar el nivel de presión del gas húmedo para someterlo a un proceso de expansión con la finalidad de incrementar la recuperación de líquidos aprovechando el trabajo generado para comprimir parcialmente el Gas residual, disminuyendo el consumo de potencia en los compresores de Gas Residual.
- Desetanizado.- En esta sección se deberá asegurar la recuperación mínima de propano del 98% en base molar presente en el gas de alimentación y capaz de obtener como productos por el domo gas residual y por el fondo un producto líquido con un contenido máximo de 2% vol de metano más etano antes de ser enviado a la sección de fraccionamiento de líquidos.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

- Fraccionamiento de líquidos.- En esta sección se procesarán los líquidos obtenidos de la sección criogénica para obtener como productos Gas licuado (LPG) y Nafta Ligera.
  - Compresión de gas residual.- Se deberá considerar un esquema de dos compresores accionados por turbinas a gas para cada una de las dos plantas, cada uno manejando el 50% del gas residual de cada planta con un quinto compresor como relevo común para ambas plantas, el cual deberá ser idéntico a los cuatro de operación normal, para entregar el gas seco a la red de distribución de gas natural.
- b) Capacidades.  
La capacidad de procesamiento será de 200 MMPCD, empleando un proceso del tipo criogénico.
- c) Servicios auxiliares.  
Los servicios auxiliares requeridos por la planta criogénica 5 y que serán considerados para la ingeniería básica son:
- Sistema de Gas Combustible
  - Gas de arranque
  - Aceite Térmico
  - Metanol
  - Sistema de Control Distribuido
  - Sistema de desfuegos
  - Sistema de drenaje aceitoso
  - Agua de Servicios
- d) Integración en áreas existentes.  
La integración de la planta Criogénica 5 queda excluido del alcance contratado, por tanto no es responsabilidad de MIAP entrega ingeniería de integración. Será responsabilidad de MIAP considerar en la ingeniería básica realizada, las adaptaciones posteriores para la integración.
- e) Obras fuera de sitio.  
No son consideradas dentro del alcance contratado, ningún trabajo de ingeniería fuera de sitio, todos los documentos entregables se consideran dentro de límite de batería.
- f) Criterios de aceptación de bienes y servicios.  
Los criterios de aceptación de bienes y servicios han quedado estipulados en el contrato del proyecto y el plan de calidad establecido y seguirán las normas y estándares del cliente.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

- g) Alcance definitivo para la ingeniería básica.  
El alcance definitivo correspondiente a la ingeniería básica y que forma parte de lo contratado y firmado en el contrato es la entrega del Libro de Ingeniería Básica del proyecto que se conforma de lo siguiente.
- I. 1 Documento de Bases de Diseño.
  - II. 1 Plano de Localización General.
  - III. 2 Diagramas de Flujo de Proceso.
  - IV. 1 Documento de Descripción del Proceso.
  - V. 106 Diagramas de Tubería e Instrumentación.
  - VI. 1 Documento de Filosofía básica de operación.
  - VII. 106 Hojas de Datos de equipos de proceso.
  - VIII. 1 Lista de equipo de proceso ISBL.



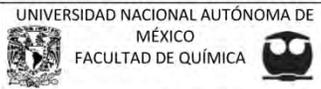
# **DESGLOSE DE ESTRUCTURA DE TRABAJO WBS**

- I.- WBS de la Etapa Conceptual y la Línea Base.
- II.- WBS de la Ingeniería Básica.
- III.- Propuesta de WBS para la Ingeniería de Detalle.

*I.- WBS para la etapa Conceptual y La línea Base.*

Desglose de Trabajo (WBS) PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA (PC)															
Sistema de Codificación de Actividades de Etapa conceptual															
Etapa	Área	Disciplina	Paquete de trabajo							Actividad					
			Gerencia del Proyecto	Dirección del Proyecto	Ingeniería	Ingeniería de Costos									
1	Etapa Conceptual y Línea base	General (01)	Gerencia del Proyecto	Contrato	Riesgos	Estudio de Mercado	Estimado de Costos					AP	Aprobaciones	RE	Reportes
2			Dirección del Proyecto	Alcance	Plan de Ejecución	Localización	Caso de Negocio					DE	Documentos de Evaluación	TC	Tablas Técnicas comparativas
3			Ingeniería	Localización	Programas de Trabajo	Tecnología						DS	Documentos de Selección	IL	Índices y Listas
4			Ingeniería de Costos	Tecnología	Plan de Calidad	Riesgos						EV	Estimado clase V	ES	Estudios
5				Caso de Negocio		WBS						EIII	Estimado Clase III	XX	Otros
6															

- 1.- Por conveniencia de actividades y responsables, se han conjuntado las actividades conceptuales con la definición de la línea base.
- 2.- Algunos documentos serán conjuntados en un solo entregable, primordialmente las evaluaciones realizadas por ingeniería y las selecciones ejecutadas por la gerencia.

	<b>Desglose de Estructura de Trabajo WBS</b>	Maestría en ingeniería y Administración de Proyectos
		<b>Rev. 1</b>
		Mayo 2016
<b>PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA</b>		

*II.- WBS para la Ingeniería Básica.*

Desglose de Trabajo (WBS) PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA (PC)														
Sistema de Codificación de Actividades de Ingeniería Básica														
Etapa	Área	Disciplina	Paquete de trabajo								Actividad			
			Arquitectura* (A)	Ing. Civil* (C)	Ing. Eléctrica* (E)	Control, Instr. Y Telecom* (SCI)	Ing. Proceso (P)	Ing. Mecánica* (M)	Ing. De Tubería* (IT)	Seguridad* (S)	Actividades			
1	General (01)	Arquitectura	Arreglo General	Topografía y Niveles	Bases de Diseño	Bases de Diseño	Bases de Diseño	Equipo Estático	Tuberías	Sistema de Contra incendio	BD	Bases de diseño	IS	isométricos
2	Ing. Básica	Ing. Civil	Diseño Arquitectónico	Localización de Equipos	Clasificación de Áreas	Arquitectura de Control	Balance de materia y energía	Equipo Especial y Transferencia de calor	Flexibilidad y Soportería	Seguridad Ambiental	CD	Criterios de diseño	TC	Tablas Técnicas comparativas
3		Ing. Eléctrica	Acabados		Lista de Cargas	DCS	Diagramas de Flujo de Proceso	Reformador			ES	Especificaciones	RE	Reportes
4		Control, Inst. y Telecom	Instalaciones Hidráulico - sanitarias		Lineas Principales	SIS	Descripción del Proceso	Equipo Dinámico			PL	Planos	ES	Estudios
5		Ing. Proceso			Equipos Principales	FGS	Plano de localización General	PSA			IL	Índices y Listas	M3	Modelo 3D
6		Ing. Mecánica				Instrumentación y Válvulas	Hojas de Datos				DG	Diagramas	TI	Típicos de instalación
7		Ing. De Tubería				Hojas de Datos	Lista de Equipos				RQ	RFQ'S	XX	Otros
8		Seguridad				Instrumentación y Válvulas	Diagrama de Tubería e instrumentación				DIG	Diagramas	TI	Típicos de instalación
9							Filosofía básica de operación				CA	Cálculos	HD	Hojas de Datos
10							Diagrama de Servicios Auxiliares				RP	RFP'S	BME	Balance de Materis y Energía

1.- (\*) Estas actividades serán realizadas por el cliente.

2.- De acuerdo al alcance contratado, las actividades de ingeniería básica responsabilidad de MIAP, están conjuntadas en esta estructura de trabajo.



III.- WBS para la Ingeniería de Detalle (propuesta).

Desglose de Trabajo (WBS) PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA [PC]														
Sistema de Codificación de Actividades de Ingeniería de Detalle														
Etapa	Área	Disciplina	Paquete de trabajo									Actividad		
			Arquitectura (A)	Ing. Civil (C)	Ing. Eléctrica (E)	Control, Instr. Y Telecom (SCI)	Ing. Proceso (P)	Ing. Mecánica (M)	Ing. De Tubería (T)	Seguridad (S)	Actividades			
1	General [01]	Arquitectura	Anteproyecto	Planificación	Alta Tensión	Arquitectura de Control	Lista de equipos	Recipientes a Presión	Tuberías	Detección de Gas y Fuego	BD	Bases de diseño	RE	Reportes
2		Ing. Civil	Diseño Arquitectónico	Topografía del Sitio	Baja Tensión	Sistema de Control Distribuido (DCS)	DTI de proceso	Equipos Paquete	Materiales de Tuberías		CD	Criterios de diseño	ES	Estudios
3	Ing. De Detalle	Ing. Eléctrica	Diseño de Acabados	Desarrollo del sitio	UPS	Sistema Instrumentado de Seguridad SIS	DTI de Servicios Auxiliares	Calentadores a Fuego Directo y chimenea	Análisis de Esfuerzos		ES	Especificaciones	M3	Modelo 3D
4		Control, Instr. Y Telecom	Muebles y Acabados	Geotecnia	Canalizaciones Eléctricas (Aéreas y Subterráneas)	Sistema de Gas y Fuego FGS	Diagramas de "interlocks"	Bombas	Sistemas Enterrados		PL	Planos	TI	Típicos de instalación
5		Ing. Proceso	Instalaciones hidráulico-sanitarias	Cimentaciones	Subestación	Cuarto de Control Satélite	Lista de líneas	Sopladores	Protección Catódica		IL	Índices y Listas	XX	Otros
6		Ing. Mecánica		Estructuras Metálicas	Sistemas de Tierras y Pararrayos	Instrumentación	Químicos y catalizadores	Intercambiadores de Calor			DG	Diagramas		
7		Ing. De Tubería		Instalaciones subterráneas y Backs	Iluminación	Válvulas de Control	Manual de operación	Compresores			RQ	RFQ'S		
8		Seguridad		Instalaciones Hidráulico-Sanitarias		Válvulas de Relievo	Filosofía de Operación	HVAC			RP	RFP'S		
9						Lazos de Control					CA	Cálculos		
10						Canalización de Señales de Instrumentos (aéreas y subterráneas)					IS	isométricos		
11						CCTV					TC	Tablas Técnicas comparativas		

- 1.- La Ingeniería de Detalle se encuentra fuera del alcance contratado, la propuesta mostrada se anexa como base para la siguiente etapa, considerando el alcance cubierto por MIAP en la ingeniería Básica.
- 2.- Ninguna las actividades de ingeniería de Detalle mostradas son responsabilidad de MIAP,



## **PLAN DE EJECUCIÓN PARA LA INGENIERÍA BÁSICA.**

### **I.- Resumen Ejecutivo**

### **II.- Desarrollo de la Ingeniería Básica.**

a) Ingeniería de proceso.

### **III.- Documentos.**

### **IV.- Software.**

### **V.- Seguridad.**

a) Funciones y Responsabilidades.

b) *Políticas y Procedimientos*

c) *Reglamento de Seguridad y Difusión*

### **VI.- Control de Proyectos**



## RESUMEN EJECUTIVO.

Una vez que se asigne el proyecto, MIAP S.A. de C. V. (contratista), implementará la organización requerida y establecerá acciones inmediatas, dirigidas a iniciar los trabajos de una manera ordenada y de acuerdo a lo indicado en la propuesta presentada.

El Director del proyecto llevará a cabo las acciones necesarias para integrar la organización del proyecto y de inmediato se implementarán las acciones para informar al personal involucrado en el proyecto de los requerimientos y objetivos del mismo.

La asignación inmediata del Gerente de Proyecto permitirá el inicio de las actividades correspondientes a la identificación generada para la propuesta, identificar los lineamientos sobre los cuales fue establecida e iniciar las actividades en detalle.

MIAP S.A. de C. V. (contratista) está consciente de la importancia que representa contar con un sistema de control de documentos durante el desarrollo del proyecto. Con base a lo anterior se establecerá de inmediato un riguroso control en la administración de los documentos generados en el mismo, con el fin de asegurar que esta actividad sea llevada a cabo bajo los procedimientos de control. MIAP S.A. de C. V. implementará el sistema que permita crear, clasificar, revisar, actualizar, almacenar y administrar los documentos solicitados en el contrato y en sus anexos, tanto en forma física como electrónica, en concordancia con el desarrollo del proyecto, y trabajando con un sistema de control de documentos automatizado que facilite la administración de la información.

MIAP S.A. de C. V. será responsable de que la información del sistema de control de documentos sea verídica, libre de errores y coincida con lo que físicamente diseñe, adquiera, instale, pruebe y/o arranque durante el desarrollo de las obras. La documentación de ingeniería que se genere durante el Proyecto, será integrada a los Libros de Proyecto.

El sistema de control de documentos estará disponible desde el inicio del contrato y hasta el cierre administrativo del mismo. Por lo anterior, el sistema de Control de Documentos tendrá una participación muy relevante en sitio, durante las etapas posteriores de construcción, pruebas, puesta en servicio, planos As Built y entrega de información final

MIAP S.A. de C. V. implementará un sistema de control de cambios con objeto de registrar cualquier cambio al diseño original o cambios generados por necesidades de construcción debido a causas justificadas. Este sistema de control de cambios permitirá establecer el registro de los cambios los cuales serán aplicados en el desarrollo de los documentos y cuya edición sea alcance del Proyecto.

El Jefe de Control de Documentos es el responsable de integrar el plan de Calidad para la entrega a al cliente, el cual, es registro de calidad, documentación de diseño, o algún otro documento especificado en el contrato, o bien mediante el procedimiento establecido por el sistema de Control de Calidad para la entrega final.

El programa de ejecución del proyecto detallado está basado en lo indicado en la información presentada en la sección correspondiente al control del proyecto, a través de las redes de actividades, el WBS y los programas de trabajo.

Basados en el programa general presentado se desarrollará el programa en detalle de ejecución para el proyecto. Este programa considerará las fechas clave del proyecto, incluyendo en ellas las fechas de suministro de información de los diferentes proveedores.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Una vez iniciado el proyecto MIAP S.A. de C. V. presentará el organigrama en detalle mostrando los responsables de cada una de las actividades involucradas en el mismo, así como sus responsabilidades. En el organigrama se identificarán la relación y líneas de comunicación que existirán entre el Gerente de Proyecto de MIAP S.A. de C. V. y DIDP, así como las relaciones entre las diferentes especialidades. Una de las actividades más importantes que se llevarán a cabo de inmediato en el proyecto será la realización de una junta de alineación, la cual debe contar con la participación de todos los integrantes del proyecto. El objetivo de esta reunión será el de establecer una base de entendimiento común entre los todos los elementos del equipo de trabajo en lo que se refiere a:

- Objetivos del Proyecto
- Programa de ejecución
- Fechas clave
- Organización
- Líneas de comunicación
- Roles y responsabilidades
- Definición de alcances
- Información disponible
- Acciones y compromisos inmediatos

**DESARROLLO DE LA INGENIERIA BÁSICA.**

MIAP S.A. de C. V. empleará herramientas y software de diseño especializado para cada una de las disciplinas, evitando así los retrabajos durante la ejecución.

Con el propósito de integrar un equipo de trabajo con un objetivo común para el desarrollo del proyecto, se propone al inicio del mismo, una junta de alineación con la participación del personal clave del proyecto, mediante la cual se alinea al personal en los aspectos importantes del proyecto, como son, entre otros, el programa de ejecución, fechas clave, organización, objetivos, y cualquier otro punto que se considere relevante para la buena ejecución del proyecto.

Las actividades de la ingeniería básica se realizarán de acuerdo con los alcances indicados por el cliente en los documentos proporcionados.

***Ingeniería de proceso.***

La ejecución del proyecto por parte de la disciplina de Proceso se dará conforme a los procedimientos e instrucciones de trabajo de MIAP S.A. de C. V. incluidas en el Plan de Calidad de las Actividades de la disciplina.

El equipo de Proceso de MIAP quién es responsable del desarrollo de la Ingeniería Básica de la planta de proceso, mantendrá una estrecha relación con el cliente. Esta relación incluye la revisión de los documentos generados por MIAP, que tienen que ser considerados para llevar a cabo la integración de la Planta Recuperadora y Fraccionadora de licuables (Criogénica) 5.

Esta integración consiste en considerar para los entregables de ingeniería básica que la construcción contempla suministrar el gas húmedo dulce de carga a la planta y conducir los productos del proceso a las áreas de almacenamiento, así como suministrar los servicios auxiliares: aire de instrumentos, aire de planta, fuerza y señales discretas y analógicas de monitoreo y control.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Las actividades que realizará la disciplina de Proceso durante el Proyecto son las siguientes:

- Emisión de los diagramas de flujo de proceso.
- Emisión de los diagramas de tubería e instrumentación.
- Emisión de hojas de datos de equipos durante la etapa de Ingeniería Básica información que servirá como base para su actualización durante la Ingeniería de Detalle y originar las órdenes de compra con información complementaria por otras disciplinas.
- Emisión de la lista de equipo.
- Chequeo cruzado con otras disciplinas.
- Emisión de narrativas de control y revisión de los diagramas lógicos de control.

De manera general, los entregables de Proceso son:

- Bases de diseño
- Plano de localización general.
- Diagramas de Flujo de Proceso y de Balance de Materia y Energía
- Descripción del proceso.
- Diagramas de Tuberías e Instrumentación.
- Listas de equipo.
- Hojas de Datos de equipos de proceso.
- Filosofía básica de operación.

**Documentos.**

MIAP S.A. de C. V. emitirá los documentos en la forma estándar utilizada en la empresa y en los formatos indicados en los procedimientos correspondientes, de acuerdo a lo siguiente:

Las memorias de cálculo serán realizadas utilizando el Sistema Métrico o Internacional, en idioma español, donde se requiera anexar reportes de resultados de cálculos efectuados con software especializado, el formato será el del software correspondiente.

Todos los dibujos y documentos serán emitidos en los formatos estándares del cliente reservando espacio para el logotipo del Propietario, de acuerdo con lo siguiente:

- Planos y Diagramas: 61 x 91 cm
- Diagramas 43 X 28 cm
- Isométricos: 43 X 28 cm
- Especificaciones: 22 X 28 cm
- Hojas de Datos: 22 X 28 cm
- Otros: 22 X 28 cm

Para la nomenclatura e identificación de áreas y equipos, MIAP S.A. de C. V. usará las normas de Petróleos Mexicanos, aceptadas por el cliente de conformidad con lo indicado en la Bases de diseño.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**Software.**

El software a utilizar en el desarrollo de los documentos del proyecto es el siguiente:

- Dibujos: Microstation
- Hojas de cálculo: Excel 5.0
- Procesador de Texto: Word for Windows, R 6.0
- Cálculos: Software estándar especializado, de cada disciplina.
- Aspen Capital Cost Estimator.

**Ingeniería Básica.**

Los trabajos correspondientes a la Ingeniería Básica serán desarrollados tomando como base la información proporcionada por el cliente de acuerdo a lo solicitado en las bases de diseño proporcionadas.

Durante esta etapa, las actividades serán coordinadas por el Ingeniero de Proyecto y los supervisores, de acuerdo con las Especificaciones particulares y Normas de Referencia aplicables al Proyecto.

Así mismo, si el cliente lo solicitara, MIAP podría desarrollar las actividades de apoyo a procuración, como son la emisión de las solicitudes cotización de los equipos y materiales, las tablas comparativas técnicas, juntas de aclaraciones técnicas con proveedores y el seguimiento a la emisión de la información de los proveedores.

**SEGURIDAD.**

**Funciones y Responsabilidades.**

El Gerente del Proyecto es el responsable de la seguridad, desde el inicio hasta la terminación del mismo. Para este proyecto se aplicará el Manual de Seguridad de MIAP y el Reglamento de Higiene y Seguridad del cliente.

**Políticas y Procedimientos.**

MIAP Consecuente con sus estrategias en relación con la Seguridad Industrial y para el cabal cumplimiento con lo establecido en la Ley Federal de Trabajo, la Ley del Seguro Social y sus Reglamentos, establece las Políticas de observancia obligatoria en el Proyecto.

En la junta de alineación se establecerá:

- Políticas de la empresa.
- Temas para la Capacitación del Personal de Seguridad, Salud y Protección Ambiental.
- Temas para la Capacitación del personal del Proyecto en materia de Riesgos y su Prevención.
- Temas de Primeros Auxilios.
- Procedimientos que norman las actividades de los Departamentos de Seguridad, Salud y Protección Ambiental del Proyecto.

Adoctrinamientos del Personal.

Al inicio de las actividades de cada trabajador asignado al Proyecto, se le dará por parte del Especialista de SSPA del Proyecto un adoctrinamiento y copia del Reglamento de Seguridad. Este reglamento tiene por objeto establecer las medidas necesarias para prevenir y evitar los riesgos de trabajo, y lograr en condiciones que aseguren la vida y seguridad de los trabajadores.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

***Reglamento de Seguridad y Difusión.***

El Especialista de SSPA de MIAP Asignado al Proyecto, a partir del Reglamento Genérico de Seguridad e Higiene de MIAP.

Una vez aprobado este Reglamento, el Especialista de SSPA del Proyecto con base en un programa, adoctrinará a todo el personal del Proyecto del contenido y su aplicación.

Para llevar a cabo el Plan de Ejecución de la ingeniería básica, se debe tener un total apego con el alcance de la Construcción de Planta Criogénica de 200 MMPCD en el CPG Reynosa, que considera las siguientes Plantas y los Servicios de Integración:

**Planta Recuperadora y Fraccionadora de Licuables (ISBL):**

- Enfriadores (Soloaires).
- Recipientes fabricados Taller y Deshidratadores.
- Compresores de Gas Residual.
- Recuperador de Calor y Horno de Regeneración.
- Columna Desbutanizadora y la Desetanizadora.
- Internos en Columnas y Deshidratadores.
- Equipos Modulares, Enfriadores de aire y Compresor-expansor.

**Servicios Auxiliares, Manejo de Productos y Almacenamiento (OSBL)**

- Tanques Esféricos.
- Bombas de Proceso.
- Compresores de Aire de Planta e Instrumentos.

**CONTROL DE PROYECTOS.**

Con el fin de soportar las funciones de administración de las diferentes áreas del proyecto se integrará un equipo especializado en los procesos de control de avances, costo, riesgos, programación y cambios bajo la función de Control de Proyectos.

Acorde con la organización de ingeniería, el equipo de Control de Proyectos se integrará, con el equipo que desarrollará las ingeniería básica en nuestra oficina matriz, ubicada en la Ciudad de México, como con el equipo que llevará cabo las inspecciones en sitio requeridas, en nuestras oficinas en el sitio de Reynosa. En ambos casos se establecerá una estrecha coordinación con el personal asignado por el cliente para el seguimiento del desarrollo de los trabajos.

El equipo de Control de Proyectos asignado a este proyecto será el responsable de actualizar los Documentos de Control del Proyecto integrados para fines de la Propuesta, de acuerdo con lo estipulado Inicialmente con el fin de generar el nivel de desglose para el seguimiento y control del Proyecto de manera continua de acuerdo con la normatividad aplicable a los contratos de naturaleza mixta.

Planificación es la identificación de los objetivos del proyecto y de las actividades necesarias para su desarrollo desde el inicio hasta la terminación del mismo. El Líder de Control de Proyectos asignado realizará la planificación de Control de Proyectos y asignará especialistas de estimados, control de costos y programación para asegurar que todos los elementos y principios son incorporados.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

El Líder de Control de Proyectos asistirá al Gerente del Proyecto en establecer la definición del alcance, la codificación del WBS, el plan de ejecución, interfaces y requerimientos de información necesarios para administrar el proyecto.

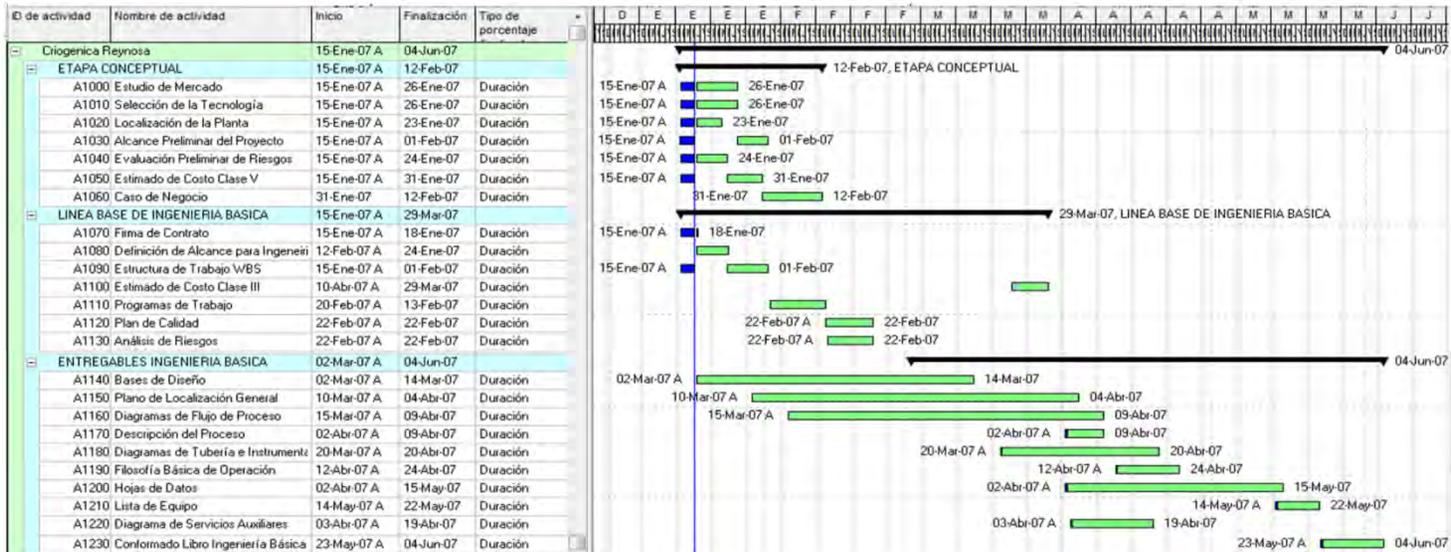
El proyecto será continuamente revisado contra la base de control establecida para el alcance de trabajos y servicios, presupuesto, programa y plan de ejecución aprobados.

MIAP S.A. de C.V. aplicará el método de ruta crítica para desarrollar y mantener un programa detallado para la ejecución de la ingeniería básica, basado en los objetivos del proyecto y el alcance de las instalaciones y de los servicios y de acuerdo a lo requerido en las bases de diseño.

Durante la etapa de preparación de la oferta hemos identificado alcances cuya ejecución requiere la coordinación de las partes. En otros casos MIAP S.A. de C.V. emitirá el reporte de avance al cliente de acuerdo a lo indicado en el contrato.



PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA



█ Remaining Level of Effort    █ Actual Work  
█ Actual Level of Effort    █ Remaining...



# **ESTIMADO DE COSTO CLASE III**

- I. Descripción Del Estimado.
- II. Información Disponible.
- III. Metodología Del Estimado.
- IV. Presentación Del Estimado De Costo Clase III.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

### I. Descripción del Estimado de Costo.

El presente entregable presenta el estimado de costo clase III elaborado por MIAP, con base en los requerimientos y necesidades del cliente. El estimado de costo ha sido desarrollado a partir de la ingeniería básica que forma parte del alcance contratado.

El presente estimado se desarrolla con una precisión de acuerdo a lo permitido en un estimado de costo clase III, con una desviación considerable de +25%/-15%.

### II. Información Disponible.

Con la ingeniería básica desarrollada por MIAP y la información que el sistema proporciona se conforma lo siguiente:

- a) Costo Directo de los equipos.
- b) Maquinaria.
- c) Integración y Obra Civil.
- d) Ingeniería Básica (Costo del Contrato).
- e) Ingeniería de detalle.
- f) Arranque y puesta en operación.
- g) Licencias y Permisos.

### III. Metodología del Estimado.

Dada la información obtenida a partir de la ingeniería básica, la metodología empleada para realizar el estimado fue a partir del sistema Aspen Capital Cost Estimator, considerando la ingeniería básica, obteniendo el costo directo y ocupando las estimaciones que el sistema proporciona a partir de la información base. Algunos conceptos del estimado serán estimados con porcentajes acordes al orden del estimado.

### IV. Presentación del Estimado de Costo clase III.

**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

 <b>Aspen ICARUS</b> Project Cost Summary by Contractor MAIN							
Project Title: CRIOGÉNICA REYNOSA		Scenario Name: MÓDULO 5 CPG BURGOS					
Project Name: CRIOGÉNICA 5		Job No: Rev 0		Prep. By: LRAF			
Proj. Location: REYNOSA, TAMAULIPAS		Est. Class: Clase III		Currency: DOLLARS USD			
Estimate Date: 17/05/2006 16:37							
Account	MH	Wage Rate	Labor Cost	Matl Cost	Total Cost	Percentages	
(2) Equipment	47,642	23.82	1,134,637	63,597,863	64,732,500	77.2% of TDC	
(3) Piping	100,928	23.27	2,348,744	6,845,735	9,194,479	11.0% of TDC	
(4) Civil	9,855	19.93	196,387	241,953	438,340	0.5% of TDC	
(5) Steel	9,353	21.74	203,316	976,192	1,179,508	1.4% of TDC	
(6) Instruments	36,465	23.89	871,000	4,184,912	5,055,912	6.0% of TDC	
(7) Electrical	27,344	22.71	620,959	965,229	1,586,188	1.9% of TDC	
(8) Insulation	41,275	17.74	732,008	774,727	1,506,735	1.8% of TDC	
(9) Paint	7,644	17.64	134,809	37,654	172,463	0.2% of TDC	
<b>Total Direct Field Costs</b>	<b>280,506</b>		<b>6,241,860</b>	<b>77,624,265</b>	<b>83,866,125</b>	100.0% of TDC	
	(TDMH)		(TDL)	(TDM)	(TDC)		
MAQUINARIA					1,677,322		
FLETES, GASTOS DE ADUANA, SEGUROS, MANIOBRAS Y REFACCIONAMIENTO					4,193,306	5.0%	
Costo de Integración					7,813,232		
Total Obra Civil					16,633,341		
INGENIERIA BÁSICA Y DEFINICIÓN					4,299,780		
INGENIERIA DE DETALLE					10,390,683		
LICENCIAS Y PERMISOS					1,125,060	1.0%	
PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA					5,415,635	5.0%	
<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>					<b>135,414,484</b>		
<b>SOBRECOSTO</b>					<b>44,145,122</b>	32.6%	
CONTINGENCIAS					12,012,538	6.7%	
<b>TOTAL DE IPC</b>					<b>191,572,144</b>		
ESCALACION					7,662,886	4.0%	
<b>TOTAL DE PROYECTO</b>					<b>199,235,029</b>		
<b>Notas:</b>							
1) El estimado de costos se encuentra en dólares americanos a mayo de 2006							
2) Los equipos fueron estimados empleando el sistema Aspen Capital Cost Estimator							
3) Estimado de costos elaborado con información de ingeniería básica desarrollada por MIAP							
4) Cantidad de Tanques y Capacidades proporcionadas por el área solicitante							

PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPD EN REYNOSA

 <b>Aspen ICARUS</b> <b>Project Cost Summary by Contractor</b> <b>MAIN</b>			
<b>Project Title:</b> CRIOGÉNICA REYNOSA			
<b>Project Name:</b> CRIOGÉNICA 5			
<b>Scenario Name:</b> MÓDULO 5 CPG BURGOS			
CÁLCULO DE CONTINGENCIAS POR MONTECARLO			
	Costo Mano de Obra	Costo de Materiales	Costo Total
2 Equipo			\$ 77,225,582
3 Tubería	\$ 7,098,779	\$ 8,240,663	
4 Civil	\$ 593,554	\$ 291,255	
5 Acero	\$ 614,498	\$ 1,175,106	
6 Instrumentos	\$ 2,632,485	\$ 5,037,655	
7 Eléctrico	\$ 1,876,768	\$ 1,161,910	
8 Aislamiento	\$ 2,212,401	\$ 932,590	
9 Pintura	\$ 407,444	\$ 45,326	
Costos Totales de Campo Directos	\$ 15,435,930	\$ 16,884,506	\$ 109,546,018
FLETES, GASTOS DE ADUANA, SEGUROS, MANIOBRAS Y REFACCIONAMIENTO (NO INCLUYE REFACCIONAMIENTO EQUIPO MAYOR)			\$ 4,242,228
MAQUINARIA			\$ 1,696,891
INGENIERIA			\$ 14,861,851
PERMISOS			\$ 1,138,186
PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA			\$ 5,644,897
DESMANTELAMIENTOS			
<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>			<b>\$ 137,130,071</b>
		Percentil 90	\$144,474,747
Costo Directo Total	Valor del Percentil 90	Contingencia del Costo Directo	% Contingencia
\$ 135,414,484.10	\$ 144,474,747.40	\$ 9,060,263.29	6.69%
<b>Notas:</b>			
1) El estimado de costos se encuentra en dólares americanos a mayo de 2006			
2) Las contingencias fueron estimadas con Crystal Ball			
3) Estimaciones elaboradas con información de ingeniería básica desarrollada por MIAP			
4) Base de históricos proporcionada por el cliente			
5) El Porcentaje de contingencia debe aplicar también al sobrecosto			



### HOJA DE REVISIÓN

Revisado por:			Control de copia
JOSÉ ORTIZ RAMÍREZ	FIRMA	FECHA	
NOMBRE			
Aprobado por:			Copia emitida a:
LETICIA LOZANO RIOS	FIRMA	FECHA	
NOMBRE			
Elaborado por:			Fecha de aplicación:
LUIS R. ALVARADO DE LA FUENTE			

Revisión No.					
Aprobado por:					
Fecha:					
DESCRIPCIÓN:					



## PLAN DE CALIDAD. CONTENIDO

1. ALCANCE DEL SISTEMA DE CALIDAD DEL PROYECTO.
2. DOCUMENTO BASE DEL PLAN DE CALIDAD.
3. OBJETIVOS DE CALIDAD ESPECIFICOS.
4. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES.
5. REQUISITOS DE CALIDAD APLICABLES AL PROYECTO.
6. AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD.
7. CONTROL DE REVISIONES Y DISTRIBUCIÓN DEL PLAN DE CALIDAD.

## ANEXOS.

**ANEXO 1** REQUISITOS DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE DEL PROYECTO.

**ANEXO 2** PLANES DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO.



### 1.0 ALCANCE DEL SISTEMA DE CALIDAD DEL PROYECTO.

Este sistema se basa en el Sistema de Calidad de la empresa y pone de manifiesto el compromiso de MIAP para cumplir con los requerimientos del Cliente y el compromiso de mejorar continuamente la ejecución del proyecto.

### 2.0 DOCUMENTOS BASE DEL PLAN DE CALIDAD.

- Manual del Sistema de Calidad MIAP, de acuerdo con los estándares internacionales ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004, en su última revisión.
- Contrato con el Cliente.
- Planes de Actividades (de las disciplinas que apliquen).
- Normas, Reglamentos y Leyes aplicables.

### 3.0 OBJETIVOS ESPECIFICOS DE CALIDAD.

- a) Cumplir con los requisitos de costo, plazo de ejecución, seguridad, calidad y protección ambiental, acordados con el cliente en el contrato, a través de la implantación y seguimiento del plan de calidad en el proyecto.
- b) Promover la utilidad del proyecto, por medio de la administración eficaz de los riesgos y oportunidades durante su ejecución.
- c) Asegurar la confiabilidad y consistencia del proyecto con la implantación temprana del sistema de calidad.
- d) Cumplir con el compromiso de mantener y mejorar continuamente la efectividad del sistema de calidad del proyecto.

### 4.0 ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES.

#### 4.1 ORGANIZACIÓN.

El organigrama general del Proyecto se compone del director del proyecto y el equipo de trabajo encargado de elaborar la ingeniería básica del proyecto.

#### 4.2 RESPONSABILIDADES.

4.2.1 Las responsabilidades generales de la organización se indican en el Manual del Sistema de Calidad.

Las responsabilidades específicas son:

##### 4.2.1.1 Gerente de Proyecto:

- a) Dirigir la revisión del contrato y establecer una clara definición del alcance y de los objetivos del proyecto y asegurar que el personal clave conozca el contrato.
- b) Planear y dirigir el proyecto para que se ejecute de acuerdo con los requisitos establecidos en el contrato por parte del Cliente.
- c) Elaborar y dar seguimiento al plan de negocios del proyecto e identificar los riesgos del contrato y desarrollar una estrategia para mitigarlos.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD, Cd. REYNOSA**

- d) Mantener relaciones efectivas con el cliente, autoridades locales y partes interesadas manteniendo evidencias de comunicación relacionadas con quejas, cambios y solicitudes.
- e) Aplicar el Sistema de Seguridad, Salud y Protección al Ambiente en el Proyecto, a fin de garantizar un Ambiente de trabajo saludable y seguro.
- f) Difundir la política de calidad y asegurar el entendimiento de la misma por el personal del proyecto.

4.2.1.2 Ingeniero de Proyecto:

- a) Asegurar que los trabajos de Ingeniería se desarrollen dentro del tiempo de ejecución establecido, fomentando la revisión del programa de diseño del proyecto y en caso de requerirse emitir y dar seguimiento a medidas correctivas.
- b) Controlar el cumplimiento de la calidad de los trabajos de Ingeniería en el proyecto, a través de la aplicación de los procedimientos genéricos o específicos correspondientes al diseño en cada disciplina.
- c) Implantar el sistema de control de los documentos técnicos del proyecto en la etapa de Ingeniería.
- d) Documentar las mejoras realizadas al diseño inicial del proyecto.

4.2.1.3 Supervisor de Control de la Calidad:

- a) Implantar y mantener el Sistema de Control de Calidad aplicable a la ejecución de documentos para ingeniería básica.
- b) Verificar que las actividades de diseño de entregables, cumplen con los requerimientos contractuales.
- c) Ser la interface con el Cliente en los asuntos de Control de Calidad relacionados con la ingeniería.
- d) Control de los Reportes de No Conformidad generados durante la ejecución del Proyecto.
- e) Implantar y mantener el Sistema de Control de Documentos.

4.2.1.4 Personal del Proyecto:

- a) Verificar que las tareas que realizan en el Proyecto estén de acuerdo con los requerimientos contractuales.
- b) Aplicar los procedimientos correspondientes a su área indicados en los Planes de Actividades

**5.0 REQUISITOS DE CALIDAD APLICABLES AL PROYECTO.**

**5.1 Calidad.**

5.1.1 En el Anexo 1 se indican los requisitos en materia de Calidad a cumplir por el proyecto.

5.1.2 En los programas de trabajo se incluyen los las Actividades del Proyecto. Estos son documentos en donde se establecen las actividades por realizar de acuerdo con el alcance, los procedimientos y las listas de verificación que se aplicarán para la ejecución y revisión del trabajo, además del nivel de personal autorizado para la elaboración, revisión y aprobación de las actividades.



### 5.2 Seguridad y Salud

Para el cumplimiento de los requisitos en materia de Seguridad, Salud y Protección al Ambiente laboral se aplicarán los controles y el monitoreo necesarios establecidos.

### 6.0 AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD.

Las auditorías son el mecanismo para la evaluación y adecuación de los procesos, sistemas, planes y controles de administración y para identificar áreas que requieran mejora. Las auditorías también verifican el cumplimiento de las políticas, estándares internos, externos y procedimientos; así como de las regulaciones gubernamentales aplicables. La ejecución de las

Auditorías de Calidad será responsabilidad de la Gerencia de Calidad y Recursos Humanos. Las auditorías son realizadas por auditores competentes y entrenados, quienes son independientes de la parte a ser auditada.

### 7.0 CONTROL DE REVISIONES Y DISTRIBUCIÓN DEL PLAN DE CALIDAD.

El Plan de Calidad del Proyecto es un documento controlado, por lo que su distribución se hará a través del sistema de control de documentos que aplique en el proyecto, y podrá ser distribuido en forma física o electrónica.

El Plan de Calidad del Proyecto deberá revisarse de acuerdo al resultado de auditorías internas, revisiones del Cliente o cambios internos en el proyecto para garantizar su efectividad durante la ejecución del Proyecto.



**REQUISITOS DE CALIDAD DEL PROYECTO.**

**ANEXO 1**

**REV. A**

**Estructura Documental del Sistema de Calidad y Medio Ambiente del Proyecto.**

La estructura de documentación clave en el sistema es la siguiente:

1

- a) Manual del Sistema de Calidad en su última revisión.
- b) Requisitos del Cliente (No. de contrato:).
- c) Manual de Procedimientos del Proyecto.
- d) Plan de Calidad en su última revisión.
- e) Normas, Reglamentos y leyes aplicables de la localidad donde se construya el Proyecto.

Registros

**Control de Documentos y Datos**

El término "documento" se refiere a la información generada o recibida en el Proyecto, ya sea impresa o en formato electrónico.

En Proyecto deberán aplicar procedimientos, para asegurar que los documentos:

2

- a) Sean revisados y aprobados por personal autorizado antes de su distribución y uso.
- b) Tengan una identificación única.
- c) Se mantengan controlados a través de una bitácora en su última revisión.
- d) Establezcan métodos para retirar documentos obsoletos.
- e) Sean distribuidos a través de una lista de distribución.
- f) Se archiven en forma física o electrónica en el Proyecto.
- g) Registren los cambios y modificaciones realizadas a los mismos.

**Implantación del Sistema.**

3

- a) El personal técnico administrativo asignado al Proyecto deberá estar adocotrinado en el Plan de Calidad del Proyecto y en los procedimientos operativos antes de la ejecución de los trabajos.
- b) El personal clave del proyecto deberá conocer las metas de Calidad establecidas por MIAP y que son monitoreadas a través de índices de Calidad.

**Comunicación Interna.**

El Gerente de Proyecto debe contar con un sistema de difusión o comunicación interna hacia el personal del proyecto sobre:

4

- Requisitos del contrato.
- Cambios de alcance.
- Estado de avance del proyecto.

Ya sea mediante medios impresos como posters, boletines, minutas o por la Intranet de MIAP por ejemplo: distribución boletines de trabajo y del Reglamento Ambiental del Proyecto.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD, Cd. REYNOSA**

5	<p><b>Competencia, Concientización y Capacitación.</b></p> <p>El personal clave del proyecto incluyendo Supervisores y Jefes debe contar con certificación de competencias. MIAP será responsable de capacitar y acreditar al personal involucrado en el proyecto.</p>
6	<p><b>Revisión del Contrato, Definición del Alcance del Proyecto, Servicios y Recursos.</b></p> <p>El Gerente de Proyecto deberá:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Tener acceso a la información o registros de la propuesta.</li> <li>b) Tener acceso al contrato y que su personal clave también cuente con acceso.</li> <li>c) Realizar una o más juntas de arranque con el equipo del Proyecto.</li> <li>d) Efectuar una o varias juntas de alineación con el Cliente y staff del Proyecto.</li> <li>e) Elaborar e implantar un Plan de Ejecución del Proyecto.</li> <li>f) Establecer un Plan de Mejora Continua.</li> <li>g) Elaborar el resumen del contrato y difundirlo al personal del Proyecto.</li> <li>h) Elaborar y difundir el resumen del contrato.</li> <li>i) Antes del inicio de actividades del Proyecto, verificar que por lo menos se cumpla un 80% de los requisitos establecidos para un arranque exitoso del Proyecto.</li> <li>j) Contar con un organigrama actualizado del Proyecto.</li> <li>k) Contar con un Plan de asignación de recursos humanos, computadoras y espacios de oficina.</li> </ul>
7	<p><b>Planeación y control del Proyecto.</b></p> <p>El proyecto deberá:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Contar con Programa de ejecución del Proyecto.</li> <li>b) Definir el presupuesto base del Proyecto.</li> <li>c) Registrar las modificaciones al programa basándose en los reportes de avance o juntas internas del proyecto.</li> <li>d) Establecer la frecuencia de los reportes del proyecto.</li> <li>e) Aplicar procedimientos de planeación y control que permitan identificar oportunamente las desviaciones de programas y costo y tomar las acciones correctivas que permitan mantener el proyecto bajo control</li> </ul>
8	<p><b>Cierre de Proyecto.</b></p> <p>En el Manual de Procedimientos se describirá la estrategia de cierre del Proyecto, referido a la entrega de documentos, de acuerdo al alcance del proyecto se incluirán los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Aceptación de los trabajos.</li> <li>b) Conservación de registros de Información técnica y destrucción de documentos.</li> <li>c) Garantías post entrega del proyecto.</li> <li>d) Reporte de costo total del proyecto.</li> <li>e) Cierre fiscal.</li> <li>f) Reporte de terminación de proyecto.</li> <li>g) Programa final del proyecto.</li> </ul>



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD, Cd. REYNOSA**

9	<p><b>Auditorías Internas y monitoreo de Calidad.</b></p> <p>En el Proyecto se aplicarán auditorías internas de acuerdo con procedimientos documentados y bajo un programa aprobado, para verificar que el Proyecto cumpla con los requisitos del sistema de Calidad establecido por MIAP y las necesidades del Cliente.</p> <p>En el Proyecto se realizará el monitoreo de acuerdo con procedimientos documentados y bajo un programa aprobado, para verificar que el Proyecto cumpla con los requisitos establecidos en el contrato.</p>
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

REV. A ANEXO 2	<b>PLAN DE ACTIVIDADES DE GERENCIA DE PROYECTO</b>			
ACTIVIDADES		PERSONAL AUTORIZADO PARA		
No.	Descripción	Elaborar	Revisar	Aprobar
1	REVISIÓN DEL CONTRATO DEL PROYECTO	LRAF	JAOR	LLR
2	REVISIÓN Y APROBACIÓN DE PLAN DE CALIDAD	LRAF	JAOR	LLR
3	ELABORACIÓN DEL PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	LRAF	JAOR	LLR
4	ELABORACIÓN DE WBS			
5	ELABORACIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO	LRAF	JAOR	LLR
6	LECCIONES APRENDIDAS	LRAF	JAOR	LLR
7	CIERRE DEL PROYECTO	LRAF	JAOR	LLR

REV. A ANEXO 2	<b>PLAN DE ACTIVIDADES DE INGENIERÍA</b>			
ACTIVIDADES		PERSONAL AUTORIZADO PARA		
No.	Descripción	Elaborar	Revisar	Aprobar
1	DESARROLLO CONCEPTUAL	LRAF	JAOR	LLR
2	BASES DE DISEÑO	LRAF	JAOR	LLR
3	PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL	LRAF	JAOR	LLR
4	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	LRAF	JAOR	LLR
5	BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA	LRAF	JAOR	LLR
6	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	LRAF	JAOR	LLR
7	DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN	LRAF	JAOR	LLR
8	FILOSOFÍA BÁSICA DE OPERACIÓN	LRAF	JAOR	LLR
9	HOJAS DE DATOS	LRAF	JAOR	LLR
10	LISTA DE EQUIPO	LRAF	JAOR	LLR



# **ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO PARA LA ETAPA DE INGENIERÍA BÁSICA.**

I.- OBJETO.

II.- ALCANCE.

III.- RESUMEN ANÁLISIS DE RIESGOS

IV.- ANÁLISIS DE RIESGOS



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**OBJETIVO.**

Documentar, establecer e implementar los resultados de aplicar el proceso de identificación y evaluación de riesgos preliminares del proyecto que consiste en el desarrollo de la etapa conceptual e ingeniería básica para la construcción de una planta criogénica con capacidad de 200 MMCFD, para determinar los controles en la gestión del proyecto, así como pronosticar algunos posibles riesgos de proyecto, fuera del alcance del contrato, pero que impactarían el desarrollo de etapas posteriores de ejecución.

**ALCANCE.**

Este proyecto es de obligado cumplimiento para el proyecto: Desarrollo de la etapa conceptual y básica para la construcción de una planta Criogénica, módulo 5, en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, con una capacidad de 200 MMCFD, debiéndose aplicar las correctas medidas de mitigación y control, de tal modo que cada etapa presente y posterior referente a la ejecución del proyecto en cuestión, no se vea afectado en el desempeño de calidad, costo y tiempo esperados y precisados en el contrato.

Para la identificación de riesgos debe ser considerada cualquier obligación legal aplicable.

**RESUMEN ANÁLISIS DE RIESGOS.**

**Proyecto:** PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

Cantidad de Riesgos identificados	39
Estimado de Costo [MM M.N.]	\$3,178
Estimado de Tiempo [Días]	1131
Periodo del Proyecto	del 26/11/15 al 31/12/18
PDRl	218

Variable	Cuadro Comparativo de Resultados (Impacto máximo esperado con 90% de certidumbre)			
	Sin acciones de mitigación	Con acciones de mitigación	Con mitigación + PDRl del Proyecto	Con mitigación + PDRl de 200
Costo (%)	35.15%	5.39%	8.66%	7.04%
Costo (\$) MM M.N.	\$1,117.11	\$171.14	\$275.06	\$223.82
Tiempo (%)	58.75%	9.94%	12.71%	11.55%
Tiempo (Días)	664	112	144	131
Alcance (%)	14.55%	3.25%		
Calidad (%)	9.88%	2.28%		

Nota 1: Incluyendo acciones de mitigación.

ANÁLISIS DE RIESGOS.

Tiempo	Análisis de Monte Carlo para la dimensión de:		Distribución ->		Triangular		Métrica		Likert		Número total de riesgos	39	COMENTARIO SOBRE EL RIESGO / COSTO MITIGACIÓN	Probabilidad	Impacto en costo MM US\$			Impacto en tiempo días			
	5000		5000		5000		5000		5000						d	MÍNIMO	Probable	MÁXIMO	MÍNIMO	Probable	MÁXIMO
	No Iteraciones	Riesgo	COSTO	TIEMPO	ALCANCE	CALIDAD	PROBABILIDAD	COSTO	TIEMPO	ALCANCE											
2.33	Emisión de Paquetes de Licitación sin haber concluido el desarrollo de la ingeniería	SI	Muy Alta	Bajo	Bajo	No impacta	No impacta	100.00%	2.50%	2.50%			90.49%	100.00%	\$ -	\$ 119.4	\$ 24.8	\$ 169.1	-35	21	57
7.13	Recursos adicionales en Moneda Nacional por modificaciones en el tipo de cambio o inflación.	SI	Alta	Muy bajo	No impacta	No impacta	No impacta	75.00%	1.00%				75.25%	75.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	0	0	0	
3.42	Impacto por mecánica de suelos	SI	Baja	Bajo	Bajo	Bajo	No impacta	25.00%	2.50%	2.50%	7.50%		34.05%	25.00%	\$ 23.8	\$ 79.4	\$ 95.3	8	28	34	
1.38	Impactos por cambios en los criterios de diseño derivado de la revisión de la aplicación de las NBT	SI	Baja	Moderado	Bajo	No impacta	No impacta	25.00%		3.75%	7.50%		33.23%	25.00%	\$ -	\$ -	\$ -	13	42	51	
2.40	No contar con cotizaciones de equipos críticos antes de la conversión	SI	Baja	Muy bajo	Bajo	No impacta	Bajo	25.00%	1.00%		7.50%		31.04%	25.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	8	28	34	
2.46	Retraso en la procura por calentamiento del mercado mexicano	SI	Baja	No impacta	Bajo	No impacta	Muy bajo	25.00%		2.50%		3.00%	29.07%	25.00%	\$ -	\$ -	\$ -	8	28	34	
3.41	Falta de área para instalaciones temporales del proyecto (Oficinas, zona de monitores y almacenes)	SI	Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	Muy bajo	25.00%	1.00%	1.00%		3.00%	28.70%	25.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
2.39	Escasez de recursos materiales derivado de proyectos simultáneos	SI	Baja	Muy bajo	Bajo	No impacta	No impacta	25.00%	1.00%	2.50%			27.61%	25.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	8	28	34	
4.44	Escasez de recursos maquinaria de construcción y humanos derivado de proyectos simultáneos	SI	Baja	Muy bajo	Bajo	No impacta	No impacta	25.00%	1.00%	2.50%			27.61%	25.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	8	28	34	
2.45	Impacto al cierre del contrato por gestión de entrega de refacciones y LIMS de proyectos al área de operación.	SI	Baja	No impacta	Bajo	No impacta	No impacta	25.00%		2.50%			26.88%	25.00%	\$ -	\$ -	\$ -	8	28	34	
7.15	Suspensión de proceso.	SI	Muy Baja	No impacta	No impacta	Muy alto	No impacta	5.00%			22.50%		26.38%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	0	0	0	
2.42	El cliente no pague oportunamente las estimaciones derivadas de las órdenes de compra (fallos de pago)	SI	Baja		Muy bajo	No impacta	No impacta	25.00%		1.00%			25.75%	25.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
3.40	Capacidad insuficiente de acceso del proyecto (personal, materiales, maquinaria de construcción) a la refinería	SI	Baja	No impacta	Muy bajo	No impacta	No impacta	25.00%		1.00%			25.75%	25.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
10.06	Reclamos del contratista.	SI	Baja	Muy bajo	No impacta	No impacta	No impacta	25.00%	1.00%				25.75%	25.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	0	0	0	
1.40	Temas abiertos entre producción y proyectos	SI	Muy Baja	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	5.00%	2.50%	1.00%	7.50%	7.50%	21.54%	3.00%	\$ 23.8	\$ 79.4	\$ 95.3	3	11	14	
7.16	Riesgo de no contar con el financiamiento.	SI	Muy Baja	Bajo	Bajo	Bajo	No impacta	5.00%	2.50%	2.50%	7.50%		18.46%	3.00%	\$ 23.8	\$ 79.4	\$ 95.3	8	28	34	
5.09	Identificación de vicios ocultos.	SI	Muy Baja	No impacta	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	5.00%		1.00%	3.00%		11.51%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
2.41	Logística para llegada a sitio de equipos y materiales con obstáculos físicos no considerados	SI	Muy Baja	Muy bajo	Bajo	No impacta	Muy bajo	5.00%	1.00%	2.50%		3.00%	11.05%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	8	28	34	
1.33	Impacto al proyecto por rotación de integrantes clave del equipo de proyecto retrasa toma de decisiones	SI	Muy Baja	Bajo	Bajo	No impacta	No impacta	5.00%	2.50%	2.50%			9.69%	5.00%	\$ 23.8	\$ 79.4	\$ 95.3	8	28	34	
1.23	Deficiencia en la selección de sitio	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%	3.00%		9.68%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
2.38	Suspectos de informaciones del fabricante en equipos existentes a modificar para el proyecto que no se cumplen.	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%	3.00%		9.68%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
3.07	Hallazgos arqueológicos durante las excavaciones.	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%	3.00%		9.68%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
2.18	Inspección deficiente durante la fabricación.	SI	Muy Baja	No impacta	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	5.00%		1.00%		3.00%	8.77%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
4.46	Impacto por falta de definición de control de proyecto en el contrato	SI	Muy Baja	Muy bajo	Bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	2.50%			8.30%	3.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	8	28	34	
4.28	Contratista de Administración del Proyecto deficiente	SI	Muy Baja	No impacta	No impacta	No impacta	Muy bajo	5.00%				3.00%	7.85%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	0	0	0	
2.44	Incumplimiento del fabricante en la entrega de equipos y materiales	SI	Muy Baja	No impacta	Bajo	No impacta	No impacta	5.00%		2.50%			7.38%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	8	28	34	
9.08	Bloqueo de la población al proyecto	SI	Muy Baja	Bajo	No impacta	No impacta	No impacta	5.00%	2.50%				7.38%	5.00%	\$ 23.8	\$ 79.4	\$ 95.3	0	0	0	
1.39	Impacto por documentos As-Built no actualizados	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%			6.89%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
2.41	Entrega de los dibujos de fabricante para emitir los aprobados para construcción no se hace de acuerdo al programa establecido	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%			6.89%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
3.24	Desviación del programa contractual de actividades	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%			6.89%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
3.37	Interferencia por actividades de operación o mantenimiento en revamps	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%			6.89%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
4.16	Burocracia administrativa.	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%			6.89%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
4.45	Incongruencia entre análisis y contrato	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%			6.89%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
5.12	Retenciones para la aceptación de la obra.	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%	1.00%	1.00%			6.89%	5.00%	\$ 9.5	\$ 31.8	\$ 38.1	3	11	14	
3.23	Incumplimiento de subcontratistas.	SI	Muy Baja	Muy bajo	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%					5.95%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
8.02	Huracán.	SI	Muy Baja	No impacta	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%		1.00%			5.95%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
8.03	Inundación.	SI	Muy Baja	No impacta	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%		1.00%			5.95%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
8.04	Sismo.	SI	Muy Baja	No impacta	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%		1.00%			5.95%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	
8.06	Vientos.	SI	Muy Baja	No impacta	Muy bajo	No impacta	No impacta	5.00%		1.00%			5.95%	5.00%	\$ -	\$ -	\$ -	3	11	14	

## **ALCANCE DE INGENIERÍA BÁSICA.**

- BASES DE DISEÑO.
- PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL.
- DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.
- BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.
- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.
- DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN.
- DIAGRAMA DE NOTAS GENERALES, LEYENDAS Y SIMBOLOGÍA.
- FILOSOFÍA BÁSICA DE OPERACIÓN.
- HOJAS DE DATOS.
- LISTA DE EQUIPO.
- REQUERIMIENTO DE SERVICIOS AUXILIARES.



# **BASES DE DISEÑO DE PROCESO**

## **A. GENERALIDADES**

## **B. INTRODUCCIÓN**

## **C. OBJETIVO**

## **D. ANTECEDENTES**

## **E. UBICACIÓN**

### **1.- BASES DE DISEÑO DE PROCESO**

#### **1.1 PLANTA CRIOGÉNICA 5**

- Capacidad
- Flexibilidad
- Tipo de Planta
- Descripción del Proceso
- Información de diseño que deben incluir Hojas de Datos y Dibujos
- Almacenamiento y Distribución de Producto

#### **1.2 SERVICIOS AUXILIARES**

#### **1.3 CRITERIOS DE DISEÑO DE EQUIPOS**



## **A. GENERALIDADES**

Durante los últimos años, la demanda de petroquímicos ha superado ampliamente a la oferta de estos productos en México. Esta brecha se ha cubierto con las importaciones de productos manufacturados, y aquellas importaciones correspondientes al polietileno representan ya un 69% del consumo interno en el país.

En vista de lo anterior se ha decidido llevar a cabo proyectos para incrementar la producción de etileno que corriente abajo será transformado en polietileno y otros productos petroquímicos, la iniciativa participa activamente en el desarrollo de los mismos.

Por su parte, el cliente cubrirá la demanda de materia prima para etileno mediante el suministro de etano en cantidad y calidad suficiente, el etano será obtenido del gas que viene de la cuenca de Burgos y procesado en el complejo procesador de gas de Burgos.

## **B. INTRODUCCIÓN**

Para cubrir la demanda de etano, el cliente desarrollará el proyecto "ingeniería básica y de Detalle, procura, construcción y puesta en operación de la planta criogénica 5, en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas".

## **C. OBJETIVO**

En el presente documento, se describen las Bases de Diseño de Proceso, para la ejecución del Proyecto para la ingeniería Básica.

## **D. ANTECEDENTES.**

Dentro de la cadena del petróleo, el cliente ocupa una posición estratégica en el país al tener la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

Actualmente esta subsidiaria procesa un volumen cercano a 4 mil millones de pies cúbicos diarios (MMpcd), con una producción de líquidos de 451 mil barriles diarios (Mbd) en los 9 Complejos Procesadores de Gas a cargo del Organismo.

Para conservar su posición competitiva en el ámbito internacional y cumplir con los compromisos contraídos con otras subsidiarias y particulares, el cliente realiza una planeación estratégica de nuevas instalaciones e infraestructura para llevar a cabo de manera segura, rentable y sustentable el procesamiento del gas ofertado por el sector de exploración y producción del cliente.

PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA

Con base en la certidumbre de oferta de gas presentada por este sector, el cliente decide invertir para llevar a cabo varios proyectos que contemplarán la explotación de gas por etapas (grupo de sectores), para robustecer la infraestructura de procesamiento del gas asociado en la zona, debido a que la Región Norte está proyectada a ser la principal proveedora de gas natural del país, con la mayor tasa de crecimiento anual en el período 2008-2016, proveniente del proyecto. Por lo que el cliente ha diseñado un plan de incremento de capacidad para procesar el gas húmedo disponible, durante el periodo 2010- 2012, se requerirá una capacidad adicional de 200 MMpcd, por cada año. Posteriormente, de confirmarse el crecimiento de la producción, para el año 2016 se requeriría un incremento de capacidad de 200 MMpcd.

**E. UBICACIÓN**

El proyecto se localizará en el estado de Tamaulipas, México. El cual colinda al norte con el estado de Nuevo León y Estados Unidos de América; al este con Estados Unidos de América y el Golfo de México; al sur con el Golfo de México y los estados de Veracruz y San Luis Potosí; al oeste con los estados de San Luis Potosí y Nuevo León. De manera específica, el proyecto se ubicará en el Municipio de Reynosa, Tamaulipas, en el predio propiedad del cliente, el cual se encuentra adjunto al Complejo Procesador de Gas Burgos, situado a 20 Km de la Ciudad Reynosa, sobre la Autopista 40, Reynosa-Monterrey.

Coordenadas geográficas del predio:

CUADRO DE CONSTRUCCION ITRF92						
LADO EST-PR	AZIMUT	RUMBOS	DISTANCIA (Mts.)	COORDENADAS UTM		LATITUD
				ESTE (X)	NORTE (Y)	
A-B	66°43'14.93"	N66°43'14.93"E	1,018.718	550,333.9884	2,878,018.5265	26°12.743741" N 98°29'49.087171" W
B-C	167°59'23.39"	S12°00'36.61"E	477.063	551,269.7728	2,878,421.1359	26°12.5712753" N 98°29'15.363818" W
C-D	246°45'19.88"	S66°45'19.88"W	1,078.568	551,369.0425	2,877,954.5159	26°11'0.532087" N 98°29'11.858299" W
D-E	318°13'8.87"	N41°46'51.13"W	65.973	550,378.0230	2,877,528.8555	26°0'56.820840" N 98°29'47.570850" W
E-A	359°59'23.52"	N00°00'36.48"W	440.477	550,334.0663	2,877,578.0495	26°0'58.425516" N 98°29'49.145398" W
SUPERFICIE = 50-00-00.000 HAS.			PERIMETRO = 3,080.798 m			

**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Las condiciones climáticas prevalecientes son.

Distribución de temperatura de bulbo seco anual	Máxima extrema: 41.0 °C Mínima extrema: 1.8 °C Máxima anual promedio: 31.8 °C
<b>Nevadas</b>	<b>Ninguna</b>
<b>Precipitación Pluvial</b>	Horaria máxima: 95 mm Máximo en 24 hrs.: 360 mm Promedio anual: 2481.3 mm
<b>Presión barométrica</b>	Presión Normal Anual: 760 mm de Hg (basada en la elevación de la planta SNM.)
<b>Humedad</b>	Humedad Relativa Promedio Máxima: 88 % Humedad Relativa Promedio: 68 %
Vientos dominantes	Dirección de vientos reinantes: E – O Media: 27 km/h Máxima: 120 km/h Dirección de vientos dominantes: NE – SO Velocidad media: 27.0 Km/hr Velocidad de viento de diseño para estructuras: Conforme a lo establecido en el manual de diseño de obras civiles de CFE vigente
Zona sísmica	La zona sísmica se basará en lo establecido por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el sitio se clasifica como Zona sísmica B, suelo tipo III.

**1.- BASES DE DISEÑO DE PROCESO.**

**1.1 PLANTA CRIOGÉNICA 5**

**Capacidad.**

La capacidad y producciones serán de la forma siguiente.

Capacidad Normal:	<b>200 MMPCD @ 1 kg/cm<sup>2</sup>abs y 20°C</b>
Capacidad de Diseño de la modificación :	200 MMPCD @ 1 kg/cm <sup>2</sup> abs y 20°C
Capacidad Mínima:	150 MMPCD con la operación de dos compresores de gas residual y un compresor de refrigeración
Capacidad futura :	Ninguna prevista.



### Flexibilidad.

La Planta Criogénica 5 tendrá la flexibilidad de operación siguiente.

- Podrá operar con dos y tres compresores de gas residual GB-2102A/B/C, con carga de gas húmedo dulce reducida cuando opere con dos compresores de gas residual.
- Podrá operar con un solo compresor de refrigeración GB-2121 A/B, con carga de gas húmedo dulce reducida.
- Podrá operar sin expensor-compresor, pero utilizando la válvula Joule Thompson PV-102 existente, evidentemente la recuperación de líquidos bajará apreciablemente pues el enfriamiento disminuye al expandirse el gas de forma casi isoentálpica.
- Podrá operar dentro de un rango de concentraciones de gas inerte nitrógeno del 4.77 al 17.5 % mol de  $N_2$  presentes en la alimentación de gas húmedo dulce.
- La planta no podrá regenerar sus materiales desecantes (malla molecular y alúmina) y por tanto operar a las temperaturas criogénicas, si el gas de regeneración que es circulado desde los compresores de gas residual, localizados en la Planta de Rechazo de Nitrógeno, NRU, tuvieran que parar. Se depende de la operación de estos compresores, aún si la planta NRU estuviera parada. Es decir se requiere que la circulación de gas seco de regeneración se mantenga de manera continua y en la cantidad suficiente en dirección hacia los deshidratadores de la Planta Criogénica 5.
- La planta no podrá operar con el sistema de compresores (circuladores) de regeneración considerados en su diseño original GB-2111 A/B, debido a que se introduciría agua producto de la regeneración hacia el domo del absorbedor criogénico causando hidratos de agua-gas que causarían caídas de presión anómalas e inclusive taponamientos severos, pudiendo exceder la presión de diseño de los equipos.
- Para propósitos de la modificación de la Planta Criogénica 5, se considera que sus compresores de gas residual estarán alineados hacia la Planta de Rechazo de Nitrógeno, NRU, y ésta, a su vez, proporcionará el gas combustible y el gas de regeneración, como se describió anteriormente. Estas conexiones ya son existentes pues forman parte del proyecto de integración de la NRU.



### Tipo de Planta.

#### Planta Criogénica No. 5 Proceso Fluor® Cryogas<sup>SM</sup>

La Planta Criogénica No. 5 es un tipo de planta conocido genéricamente como turboexpansor donde el gas de carga, previamente endulzado hasta residuales de 4 ppm(w) de H<sub>2</sub>S máximo, y CO<sub>2</sub>( ver abajo \*) y hasta 17.4 % (mol) N<sub>2</sub> se recibe en sus límites de batería. El tipo de proceso es a base de pre enfriamiento seguido de turbo expansión, para la recuperación de etano se implementa una recirculación proveniente de la corriente de gas residual de alta presión, la cual se enfría y expande para obtener una corriente en dos fases, la fase líquida sirve de reflujo para la absorción del etano, de ahí su nombre Proceso Fluor RGR.

\*Los valores mínimos –promedio y máximos obtenidos en la planta en los años 2006-2012 son :

CO <sub>2</sub>	% Mol	0	0.09162	0.41
-----------------	-------	---	---------	------

### Descripción del Proceso.

Las secciones principales que integran la Planta Criogénica No. 5 son:

- Acondicionamiento del gas, previamente endulzado en las Plantas endulzadoras de Gas y Recuperadoras de Azufre del CPG, PEGRAS, acondicionamiento de su temperatura consistente en un enfriamiento sencillo, indirecto con agua de enfriamiento, y separación del agua condensada, el intercambio se lleva a cabo en los cambiadores de coraza y tubo EA-2101A/B y C (el intercambiador "C" será nuevo igual a los existentes A/B). Las tuberías de entrada a la planta y hasta los EA-2101A/B y C nuevas serán relevadas de esfuerzos para protegerlas de la corrosión por posible arrastre de aminas desde los absorbedores de endulzamiento.
- Deshidratación con mallas moleculares y alúmina activada en cuatro celdas, DA-2111A/B/C/D, tres celdas en adsorción de agua, mientras una se encuentra en regeneración. Todo el sistema de regeneración es existente y no sufren modificaciones ninguno de sus ciclos (despresurización, calentamiento, enfriamiento y presurización).
- Paso por guardas de mercurio, FA-2181 A/B y doble filtración de sólidos finos, los equipos son existentes y no sufren modificaciones.
- Pre enfriamiento del gas de carga en "chillers" de enfriamiento, EA-2151 y EA-2152 y en cambiadores de aluminio, EA-2153 y EA-2154, estos intercambiadores de calor serán nuevos.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

- Expansión del gas pre enfriado con generación de trabajo (proceso casi isoentrópico), en el expansor GC-2101 existente, y que no sufre modificaciones.
- Separación de fases líquidas de gases y vapores en el separador frío, FA-2102, existente sin modificaciones.
- Absorción del etano, propano y más pesados en la torre DA-2101, existente con modificaciones en sus internos.
- Estabilización de los líquidos obtenidos C2+ en la torre DA-2102, existente con modificaciones en sus internos.
- El gas residual frío se calentará en el intercambiador de calor caja fría EA-2153 nueva y una vez calentado hasta una temperatura de 15-25 °C se enviará hacia el recipiente de succión del expansor FA-2104, el cual no sufrirá modificaciones.
- Compresión del gas residual obtenido, primero en el compresor booster GB-2101 y a continuación, en los compresores de alta presión, GB-2102A/B/C. Operación de compresión seguida de enfriamiento en los enfriadores EA-2109A/B/C, todos estos equipos son existentes.
- Bombeo del líquido C2+ obtenido, hacia fraccionadoras localizadas en otros complejos de PGPB del sureste del país, mediante las bombas multietapa GA-2104A/B existentes.
- Sección de refrigeración con propano, integrada por procesos de compresión de refrigerante, condensación del mismo con agua de enfriamiento, expansión isoentálpica, evaporación y separación de fases. El sistema de refrigeración en sus componentes principales, compresores de refrigerante y condensadores de refrigerante no sufre modificaciones. Se evaluará la hidráulica detallada de las válvulas de control de la expansión del refrigerante. Los evaporadores de refrigerante ahora serán los "chillers" nuevos EA-2151 y EA-2152 nuevos.
- Las unidades de recuperación de calor y los generadores de vapor, a partir de la entalpía de los gases exhaustos de las turbinas de gas existentes no tendrán modificaciones, tampoco su sistema de fuego suplementario para incrementar la generación de vapor de media presión.
- Sección de regeneración de mallas moleculares integrado por compresores de recirculación, calentador a fuego directo y tren de válvulas de cambio. El sistema de regeneración no sufre cambios y el gas de regeneración se considera como se encuentra actualmente en operación, proviniendo de la Planta de Rechazo de nitrógeno NRU.
- Se dejará la preparación ( toma) para la instalación de un compresor de regeneración futuro.



### **Información de diseño que deben incluir las hojas de datos y dibujos**

Las Hojas de Datos y dibujos que se editen para la ejecución del Proyecto, deben contener la información técnica necesaria para el diseño y la fabricación de los equipos nuevos, de acuerdo con las nuevas condiciones de operación de la Planta Criogénica 2. Las Hojas de datos se llenan durante la Ingeniería Básica; durante la ejecución de la Ingeniería básica extendida se agregan datos de diseño mecánico, información adicional de la especialidad de Proceso y demás disciplinas de Ingeniería involucradas, necesaria para la procura y fabricación del equipo, durante la Ingeniería de detalle, se complementa con información del fabricante.

### **Almacenamiento y Distribución de Producto**

NO APLICA. No hay instalaciones de almacenamiento y distribución de productos, ya que la Planta Criogénica recibe y entrega producto de manera continua.



## 1.2 Servicios Auxiliares

La Planta Criogénica 5 operará con los siguientes servicios auxiliares:

SERVICIO	PRESIÓN DE OPERACIÓN kg/cm <sup>2</sup> g	TEMPERATURA DE OPERACIÓN °C	PRESIÓN DE DISEÑO kg/cm <sup>2</sup> g	TEMPERATURA DE DISEÑO °C	FLUJO	Observaciones
Generación de Vapor de Media Presión	45.7	399	52.7	426.7	179,441 kg/h (menos 25 ton/h en EA-2105)	Exportando hacia OBL 154.4 ton/h)
Vapor de Baja Presión	4.2	161.8	6	185	25000 kg/h	Consumo interno en Rehervidor EA-2105
Condensado	1.9	132	6	185	25 000 kg/h	A desareador en Servicios Auxiliares
Gas Combustible Baja Presión	4.7	6	7	65	11,437 Nm <sup>3</sup> /h	A Fuegos suplementarios PA-2141A/B/C/D/E y Calentador de Regeneración BA-2111
Gas Combustible Alta Presión	22.5	26.9	32.5	76	12,017 Nm <sup>3</sup> /h	A turbinas de gas en turbocompresores GB-2102 AT/BT/CT y GB-2121AT/BT
Agua de Enfriamiento Suministro	4.2	32.2	10.5	60	9893.56 m <sup>3</sup> /h	
Agua de Enfriamiento Retorno	2.8	40	10.5	73.9	9893.56 m <sup>3</sup> /h	
Aire de Instrumentos	7	37.8	10.5	65	400 Nm <sup>3</sup> /h	
Aire de Planta	7	37.8	8.8	65	803 Nm <sup>3</sup> /h	
Nitrógeno	0.3	25	10.5	65	2.67 Nm <sup>3</sup> /h	
Agua de Servicios	5	32	9.1	60	variable	
Agua de Alimentación a Caldera	63	121	73.3	150	189 860 kg/h	
Metanol Media Presión	32.7	25.7	37	65	1.14 m <sup>3</sup> /h	Consumo intermitente según requerimientos, normalmente no se debe consumir.
Metanol Alta Presión	67	25.7	77.4	65	1.14 m <sup>3</sup> /h	



### 1.3 Criterios de Diseño de Equipos

#### Presión y Temperatura de Diseño general

##### **PRESIÓN Y TEMPERATURA DE DISEÑO GENERAL**

- Prácticas y Estándares Aplicables
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code
  - Section I, Boilers/Steam Generation
  - Section VIII, Divisions 1 and 2, Pressure Vessels
- ASME Code B31.3, Petroleum Refinery PipinG
- Práctica de Fluor 085 225 2801, Selección de la Temperatura de Diseño Mínima del Metal

#### **Bombas**

##### **Temperatura y Presión de Diseño**

Ver especificación de Pemex NRF para bombas centrífugas y para recipientes a presión.

Si el fluido de proceso es altamente erosivo y corrosivo o con una temperatura mayor a 93.3°C o superior, la bomba no se recomienda que sea del tipo vertical en l línea.

La curva de la bomba permitirá al menos el 10 % de incremento en cabeza referido al punto de diseño mediante la instalación de un nuevo impulsor.

El diámetro del impulsor o los impulsores provistos no deberá ser más grande del 95 % de impulsor máximo que pueda ser instalado en la bo mba.

#### **Recipientes y Columnas.**

##### **General**

##### **Diámetro Mínimo para Recipientes**

Treinta y seis (36) pulgadas es el diámetro interno mínimo para recipientes que requieran acceso para remover platos u otro tipo de internos. Sin embargo, se puede utilizar un diámetro interno de 30 pulgadas si se cumplen las siguientes condiciones:



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

- Es necesario por razones de proceso.
- El número de platos es menor a nueve.
- La remoción de los platos es poco frecuente.
- Los platos pueden removerse a través de una entrada hombre en el cuerpo debajo de los platos.
- El cliente lo ha aprobado específicamente.

Cuando se requiera que los recipientes tengan recubrimiento interno con un recubrimiento no metálico, utilizar un diámetro interno de 34 pulgadas.

#### Acumuladores Elevados

Verificar el espacio del área vapor para la máxima velocidad permisible utilizando la ecuación antes descrita.

En la mayoría de los casos, los acumuladores elevados no deben ser menores a 36 pulgadas de diámetro interno o 72 pulgadas tangente-tangente. Se puede especificar un recipiente de menor tamaño en circunstancias especiales.

#### Tambores de Vapor

El diseño de tambores de vapor deben dar una pureza máxima de vapor de 0.5 ppm de contenido de sólidos para un contenido del tambor máximo de 2,000ppm. El diseño normalmente es por proveedor de acuerdo con los requerimientos.

Steam drums located below generating coils shall be sized to contain the normal water inventory of the system below the level of the internal steam scrubber.

#### COLUMNAS DE PLATOS

Deben especificarse el número, tipo y arreglo general de los platos. Debe prepararse una hoja de datos de proceso para cada columna de platos.

El diámetro interno mínimo de toda columna debe ser de 30 pulgadas. Los diámetros internos de las columnas y las longitudes tangente-tangente deben especificarse en incrementos de 6 pulgadas.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Deben especificarse la altura y el diámetro de la columna, el número y tipo de los platos, el espaciamento de los platos, la distancia entre el plato superior y la línea de tangencia superior y la distancia entre el plato inferior y la línea de tangencia inferior.

El espaciamento entre platos mínimo debe ser de 24 pulgadas. Será mayor cuando se requiera para acceder a los internos de la columna, separación de vapor, interferencia de boquillas y otras razones. Es deseable utilizar una separación de 30 o 36 pulgadas en platos con cargas muy altas, para evitar el incrementar el diámetro de la columna.

# PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL.



# DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Y BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.







# DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

## 1.0 GENERAL

## 2.0 DESCRIPCIÓN DE PROCESO DEL MODO RECIRCULACIÓN DE GAS RESIDUAL.

### 2.1 Introducción

## 3.0 DESCRIPCIÓN DE PROCESO.

### 3.1 Acondicionamiento del Gas.

#### 3.1.1 Sección de alimentación y acondicionamiento.

#### 3.1.2 Sección de deshidratación y filtración.

### 3.2 Sección de pre enfriamiento de Corriente Principal y Expansión.

### 3.3 Sección de Compresión de Gas Residual.

### 3.4 Pre enfriamiento de Corrientes Secundarias, Expansión isoentálpica y Separación de Líquidos.

### 3.5 Estabilización de Líquidos.

### 3.6 Válvula JT.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**1.0 GENERAL**

La Planta Criogénica No. 5 tendrá el modo de operación de recuperación de etano (C2) para incrementar la recuperación de etano. Lo anterior implica adicionar unos equipos nuevos con respecto a las plantas existentes para poder cumplir con las condiciones de operación requeridas en el nuevo modo de operación deseado de recuperación de etano, de tal forma que el gas residual de la planta prácticamente sea un gas con metano e inertes.

**2.0 DESCRIPCIÓN DE PROCESO DEL MODO RECIRCULACIÓN DE GAS RESIDUAL**

**2.1 Introducción**

La información siguiente describe la Planta Recuperadora de Licuables No. 5 instalada para El cliente en el Complejo Ciudad Reynosa, México. La descripción corresponde a la construcción para recuperar etano y compuestos más pesados, con el diseño para procesar 200 MMPCSD de gas dulce y obtener los líquidos NGL C2+.

El modo de operación de la planta será entonces el de recuperación de etano y más pesados denominado C2+ siendo ya el único modo considerado, puesto que el cliente no tiene previsiones de que opere en el modo de recuperación de propano en los próximos años debido a la necesidad de obtener el etano proveniente del gas natural para la producción de etileno y posteriormente polietileno de alta y baja densidad.

El proceso de recuperación de NGL de la Planta Recuperadora de Licuables No. 5 es llamado intercambio directo de calor con recirculación de gas residual preenfriado, RGR por sus iniciales. La esencia de este proceso está orientada para obtener una alta recuperación del compuesto deseado, en este caso etano, y consiste en poner en contacto una corriente de reflujo subenfriada rica en metano, proveniente del intercambiador de calor del reciclo de gas residual, EA-2153, con el vapor de salida del expansor GC-2101 en la sección superior del absorbedor DA-2101. Es decir, el metano contenido en el reflujo líquido dentro de la torre absorbidora DA-2101 se auto-vaporiza hacia la fase gaseosa que asciende hacia el domo de la torre, proporcionando una refrigeración interna simultánea, este fenómeno de auto-evaporación de metano-condensación de etano provoca a su vez la condensación de más etano hacia la fase líquida aumentando su recuperación en los líquidos obtenidos en el fondo.

También se puede decir que el proceso corresponde a los denominados de turbo-expansión debido a que la expansión del gas se lleva a cabo casi de forma isoentrópica moviendo un compresor booster que aprovecha la energía liberada al expandirse el gas, a diferencia de procesos más simples que expanden isoentálpicamente utilizando una válvula de servicio severo conocida como Joule Thompson, como en el caso de que la planta opere por su válvula PV-102. Como dato importante en la parte de servicios la Planta Criogénica No.5 contará con la generación de vapor de media mediante recuperadores de calor instalados en los ductos de salida de los gases exhaustos de sus turbinas de gas y estará provista con dos estaciones acondicionadoras de vapor para obtener vapor de baja utilizado en su rehervidor.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**3.0 DESCRIPCIÓN DE PROCESO**

La información de proceso que sigue está presentada en las secciones siguientes:

- Acondicionamiento del Gas Dulce
- Sección de Pre-enfriamiento de Corriente Principal de Gas y Expansión
- Sección de Compresión de Gas Residual
- Sección Pre-enfriamiento de Corrientes Secundarias, Expansión isoentálpica y Separación de líquidos
- Estabilización de líquidos

**3.1 Acondicionamiento del Gas Dulce**

El gas amargo, obtenido en la cuenca, se comprime y es recibido en el CPG de Burgos donde básicamente son separados los líquidos ya condensados y/o arrastrados así como los sólidos presentes en las tuberías de conducción en su trayecto al complejo. De aquí se transfiere hacia las plantas endulzadoras de gas, donde es endulzado mediante contactores de amina, la presión del gas a la entrada de las endulzadoras está en el rango de 70 kg/cm<sup>2</sup>g a una temperatura cercana a 38 °C. En los contactores de amina prácticamente todo el ácido sulfhídrico es absorbido por la amina y parcialmente el CO<sub>2</sub>, el gas amargo tratado con amina es conocido como gas endulzado húmedo. Las plantas endulzadoras de gas y recuperadoras de azufre son conocidas como PEGRAS (por sus iniciales) y no forman parte de esta descripción de proceso pues no serán incluidas en el presente contrato.

**3.1.1 Sección de alimentación y acondicionamiento.**

El gas proveniente de las plantas PEGRAS viene ya endulzado con una temperatura cercana a los 52.0°C y presión de 67.0 kg/cm<sup>2</sup>g, esta temperatura ligeramente más caliente que la temperatura de entrega del gas amargo, es el resultado del contacto con la solución de amina, absorción ligeramente exotérmica debido a la absorción de los ácidos presentes en el gas, H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>, con la amina básica que causa un ligero aumento de temperatura en el gas que se pretende endulzar. Al entrar a la Planta Criogénica No. 5 el gas se enfría levemente de 52°C a 40°C, acondicionando su temperatura, en los Enfriadores de Gas de Alimentación EA-2101A/B/C que son cambiadores de coraza y tubo, el enfriamiento se logra transfiriendo parte de su energía térmica hacia una corriente de agua de enfriamiento.

El condensado obtenido en el acondicionamiento de temperatura es separado en los Separadores de Gas de Alimentación, FA-2101A/B. Cada uno tiene dos pasos internos de separación. En el primero la corriente de gas se hace pasar por un conjunto de elementos tipo cartucho coalescente que incrementa el diámetro de las gotas de líquido condensado arrastrado y hacer más eficiente la separación de los líquidos en el segundo paso. En el segundo paso el gas fluye a través de una serie de placas paralelas dobladas en forma de "V" (chevrones) provocando que el gas cambie de dirección y debido al momentum mayor de la fase líquida el condensado coalesce en gotas más grandes todavía separándose. El condensado separado en las dos etapas se colecta en una bota horizontal inferior bipartida y es enviado al límite de baterías mediante control de nivel LV-001/007 para su posterior tratamiento y desecho.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Para quitar los elementos coalescedores, el filtro está provisto con una tapa de apertura rápida que permite cambiarlos en un tiempo de duración corto. El gas que sale del FA-2101A/B, ya sin trazas de fase líquida, es enviado a la sección de deshidratación donde la humedad de agua en fase vapor es prácticamente removida.

**3.1.2 Sección de deshidratación y filtración.**

Una vez acondicionado el gas dulce en su temperatura se somete a un proceso de remoción de humedad para disminuir su punto de rocío y evitar la formación de hidratos de agua-gas al enfriarse corriente abajo en la zona criogénica. Las instalaciones de deshidratación consisten de cuatro camas de adsorción, DA-2111 A/B/C/D, las cuales remueven el agua contenida en el gas por medio de materiales desecantes, normalmente son una cama superior de alúmina activada seguida de una cama inferior de malla molecular. Las camas operan siguiendo un ciclo de adsorción-regeneración definido.

Los deshidratadores operarán de manera normal en el modo 3-1, es decir tres deshidratadores estarán en secado y uno en regeneración. Tres deshidratadores estarán en línea removiendo el vapor de agua contenido en el gas dulce saturado de agua, mientras que el cuarto se estará regenerando con gas residual seco llamado gas de regeneración. Cada uno de los tres deshidratadores en modo de adsorción secará 100 MMPCSD de gas. Las ventajas de operar con tres camas en paralelo incluyen una caída de presión menor a través de las camas y una mayor vida útil de la malla molecular, debido a ciclos de regeneración menos frecuentes.

**3.2 Sección de pre enfriamiento de Corriente Principal y Expansión.**

El gas de alimentación seco que sale de los deshidratadores se divide en dos corrientes, una con el 29% del flujo y la otra con el flujo balance 71 % aproximadamente para 17.4% N<sub>2</sub>, esta división se controlará por medio de un controlador de relación de flujos, para ello se tomará medición del flujo másico total y de uno de sus ramales, el control de relación de flujo se llevará mediante el lazo de control FFIR-420.

Siguiendo la descripción que nos ocupa para la corriente de mayor flujo de gas deshidratado 71%, esta corriente será enfriada mediante los dos enfriadores de gas deshidratado llamados HP Chiller, EA-2151 y LP Chiller, EA-2152, ambos intercambiadores utilizan el propano del sistema de refrigeración existente para llevar a cabo el enfriamiento indirecto del gas deshidratado de carga. Los dos intercambiadores de calor son del tipo kettle de acuerdo al código TEMA R, donde el gas de proceso fluye por los tubos y el refrigerante se vaporiza en la coraza para suministrar la carga térmica asignada.

El control de nivel del EA-2151 para el refrigerante estará en cascada con un control de temperatura localizado a la salida del cambiador en la corriente de proceso enfriado.

El control de nivel del EA-2152 para el refrigerante estará en cascada con un control de temperatura localizado en la corriente de proceso que viene proveniente de la Caja Fría intercambiador de calor EA-2154 y que sirve de carga a la torre Desmetanizadora DA-2102.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Una vez que la corriente de gas deshidratado ha pasado por los chillers de enfriamiento se transfiere hacia la Caja de Intercambio térmico de aluminio EA-2154, donde es enfriada utilizando la corriente proveniente de los fondos del Absorbedor DA-2101 mediante las bombas de transferencia GA-2101A/B/C, líquido que en los fondos del Absorbedor se encuentra a  $-58.1$  a  $-53.7^{\circ}\text{C}$ . A la salida del EA-2154 la corriente de gas deshidratado se enfría hasta  $-38.0^{\circ}\text{C}$ , y se considera que la corriente de gas deshidratado ha sido pre enfriado y se encuentra a temperatura adecuada para la separación de los líquidos condensados en el separador frío Expander Suction Drum FA-2102.

Los líquidos contienen en su mayoría los compuestos más pesados como C4+, aunque desde luego hay etano y metano disueltos presentes. La temperatura de  $-38^{\circ}\text{C}$  en el separador FA-2102 es controlada mediante el controlador de temperatura TIC- 078 localizado en la línea de entrada del FA-2102, en caso de estar muy fría por debajo de  $-38.0^{\circ}\text{C}$  abre el desvío de la corriente de fondos del absorbedor para bypasear la Caja Fría EA-2154 y viceversa.

Una vez separados los líquidos condensados en el separador frío FA-2102 el gas se transfiere hacia la succión del Expansor GC-2101, donde se expande a una contra presión de  $24.2\text{ kg/cm}^2\text{g}$  para entrar a la torre Absobedora DA-2101 arriba de su plato 11 con una temperatura de  $-74.7 / -75.3^{\circ}\text{C}$  producto del efecto de expansión.

La corriente de gas expandida que sale del expansor se transfiere hacia la torre de absorción y sube por diferencial de presiones hacia los domos del absorbedor, a su paso poniéndose en contacto con un reflujo que es muy rico en metano. La esencia de este proceso para obtener una alta recuperación del compuesto deseado etano consiste en poner el gas en contacto una corriente de reflujo subenfriada rica en metano. El gas expandido sube hacia los domos de la torre de absorción Absorbedor DA-2101 para salir a una temperatura de  $-96.3 / -101.9^{\circ}\text{C}$ , este gas se conoce ya como gas residual frío.

**3.3 Sección de Compresión de Gas Residual.**

El gas residual proveniente del booster GB-2101 se comprime antes de ser mandado a límite de baterías para su venta o a la Planta de Rechazo de Nitrógeno, NRU.

En la entrada del compresor GB-2101 se tiene un elemento primario de medición de flujo tipo venturi, el cual, junto con el transmisor de presión diferencial localizado entre succión y descarga de la máquina, actúa para proteger al compresor de operar muy cerca de la línea de flujo mínimo (Surge Line) del compresor. La descarga del compresor GB-2101 tiene una temperatura de  $38.6 / 36.8^{\circ}\text{C}$  y una presión de  $25.9 / 27.6\text{ kg/cm}^2\text{g}$  y es enviada al cabezal de succión de los compresores principales de gas residual. Antes de entrar a los compresores, pero cerca de la succión del primero de uno de ellos, se incluye un disparo de tubería hacia la válvula controladora de presión PV-227. Esta válvula está dimensionada para manejar el flujo de un compresor, y su función es relevar el excedente de presión transitorio que se presentará en el instante en que una de las máquinas salga de servicio por algún disparo de emergencia.

La descarga del compresor GB-2101, sirve como alimentación a los tres compresores de gas residual, GB-2102 A/B/C, los cuales comprimen el gas a una presión de aproximadamente  $67.2\text{ kg/cm}^2\text{g}$  máxima. Los compresores son del tipo centrífugo y operan en paralelo.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

Cada compresor esta accionado por una turbina de gas, la cual incluye un sistema de recuperación de calor (HRSG) para producir vapor de media presión.

Los tres compresores de gas residual tienen una capacidad combinada equivalente al 120% de capacidad de la planta (40% cada uno). Su temperatura máxima de descarga es aproximadamente de 130.6 / 125.3°C. Cada compresor está provisto de controles antisurge y sistema de reparto de carga.

El gas residual comprimido es enfriado por medio de agua de enfriamiento en los Enfriadores de Gas Residual, EA-2109A/B/C localizados en la descarga de los compresores, a una temperatura de aproximadamente 32-40°C. Los EA-2109A/B/C fueron diseñados para una carga máxima de enfriamiento cuando dos compresores operan a su máxima capacidad. En este caso la temperatura de salida del agua de enfriamiento será de aproximadamente 44°C.

**3.4 Pre enfriamiento de Corrientes Secundarias, Expansión isoentálpica y Separación de Líquidos.**

La corriente secundaria que constituye el 29 % del flujo total de la corriente principal de gas deshidratado alimentado, es enviada a su enfriamiento mediante la Caja Fría intercambiador de calor de aluminio EA-2153 a una temperatura de 39.7 °C y 64.4 kg/cm<sup>2</sup>g de presión, en esta caja se enfría a contracorriente hasta una temperatura de -83.2 / -86.3 °C mediante la corriente de gas residual frío que viene de los domos del absorbedor DA-2101. Una vez enfriada se expande isoentálpicamente hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>g mediante la válvula FFV-441A obteniendo una corriente en dos fases a -96.3 /-106.1°C, en estas condiciones es enviada hacia el separador de fases interno localizado en la parte interna superior de la torre DA-2101 donde las fases son separadas, enviando la fase líquida como reflujo a la parte inferior de la torre.

La corriente de gas residual de reciclo también es enviada a enfriamiento a la Caja Fría intercambiador de calor de aluminio EA-2153 a una temperatura de 32°C y 66.7 kg/cm<sup>2</sup>g de presión, en esta caja se enfría a contracorriente hasta una temperatura de -84 / -87°C mediante la corriente de gas residual frío que viene de los domos del absorbedor DA-2101. Una vez enfriada se expande isoentálpicamente hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>g mediante la válvula FFV-440<sup>a</sup> obteniendo una corriente en dos fases a -104.1 / -111 °C, en estas condiciones es enviada hacia el separador interno localizado en la parte interna superior de la torre DA-2101 donde las fases son separadas enviando la fase líquida como reflujo a la parte inferior de la torre.

Las dos corrientes anteriores ya expandidas serán unidas antes de entrar a la torre absorbidora DA-2101 al separador de fases localizado en la parte superior de la misma. Estas dos corrientes en dos fases serán enviadas unidas y la fase resultante líquida constituirá el reflujo de la torre de absorción DA-2101. Esta fase líquida es rica en metano y constituye la clave para obtener la recuperación de etano y propano deseada.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

**3.5 Estabilización de líquidos.**

Los líquidos obtenidos en el fondo de la torre absorbidora se alimentan en la parte superior de la torre Desmetanizadora DA-2102, en donde se dispone de un plato chimenea y los internos correspondientes para separar las fases, los líquidos viajarán hacia los platos inferiores de la torre, los cuales son de cuatro pasos y con válvulas. El propósito del intercambio es evaporar el metano que va disuelto en los líquidos de tal forma que en el fondo se obtengan los líquidos con un contenido mínimo del 90 % de etano contenido en el gas dulce de alimentación y los compuestos más pesados. Este líquido es conocido como C2+ y deberá tener un contenido máximo de metano disuelto de 0.008 % (vol). Para proporcionar la energía necesaria y lograr esta separación se dispone del rehervidor de fondos EA-2105, el cual es un intercambiador de calor del tipo kettle y el fluido caliente es vapor de agua de baja presión que se condensa por el interior de los tubos.

**3.6 Válvula JT (A-408)**

La válvula reductora de presión Joule Thompson PV-102 operara normalmente cerrada y únicamente abrirá automáticamente en caso de que el Expansor-Compresor salga de operación por alguna falla, a través de los controladores PIC-102B y PIC-102A que controlan la apertura y velocidad de la válvula Joule Thompson y el Expansor respectivamente.

Adicionalmente en el arranque de la planta se operará la válvula Joule Thompson en automático con el Expansor fuera de operación.

# DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN







# **FILOSOFÍA BÁSICA DE OPERACIÓN.**

**1.0 INTRODUCCION.**

**2.0 SISTEMA DE ALIMENTACION.**

**3.0 DESHIDRATACION.**

**4.0 CONTROL Y DISEÑO TOTAL.**

**5.0 ENFRIADORES DE PROPANO.**

**6.0 COMPRESOR /EXPANSOR.**

**7.0 DESMETANIZADOR.**

**8.0 COMPRESOR DE GAS RESIDUAL.**

**9.0 ARRANQUE.**



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

### 1.0 INTRODUCCION

La Planta Criogénica 5 existente localizada en el CPG Burgos, Reynosa, está diseñada para la recuperación de gas natural licuado criogénico (NGL). El diseño original de las Plantas Criogénicas ha sido establecido para la recuperación de Propano con un bajo contenido de nitrógeno en el gas de alimentación. Actualmente el contenido de nitrógeno en el gas de alimentación de las Plantas está entre el 5 y el 6% y se espera que siga incrementando a futuro. Entre más alto sea el contenido de Nitrógeno se requiere que el compresor-expansor opere a mayor velocidad. Para esta planta se estima que el gas de alimentación de proceso a futuro alcance un contenido de nitrógeno máximo de 17.5%.

### 2.0 SISTEMA DE ALIMENTACION

El gas dulce de alimentación a la Planta Criogénica 5 es enfriado de 52 °C a 40 °C en los enfriadores de gas EA-2101A/B/C (DTI: A-403A) usando agua de enfriamiento. Cada intercambiador está diseñado a 50% de la capacidad total de la Planta (200 MMPCD). El condensado producto del enfriamiento es separado en los separadores de gas de alimentación FA-2101A/B. Cada separador está diseñado con dos etapas de separación, en la primera etapa la corriente de gas pasa a través de un juego de elementos del tipo cartucho coalescedor que promueve la separación de los líquidos. En la segunda etapa el flujo de gas pasa a través de una serie de placas paralelas diseñadas en forma de "V" (chevrons) causando que el gas cambie de trayectoria súbitamente promoviendo la condensación. El condensado es recolectado en un recipiente horizontal y es removido por la acción del control de Nivel sobre las válvulas existentes LV-001/007 (LIC-001, LIC007) para su posterior tratamiento y disposición.

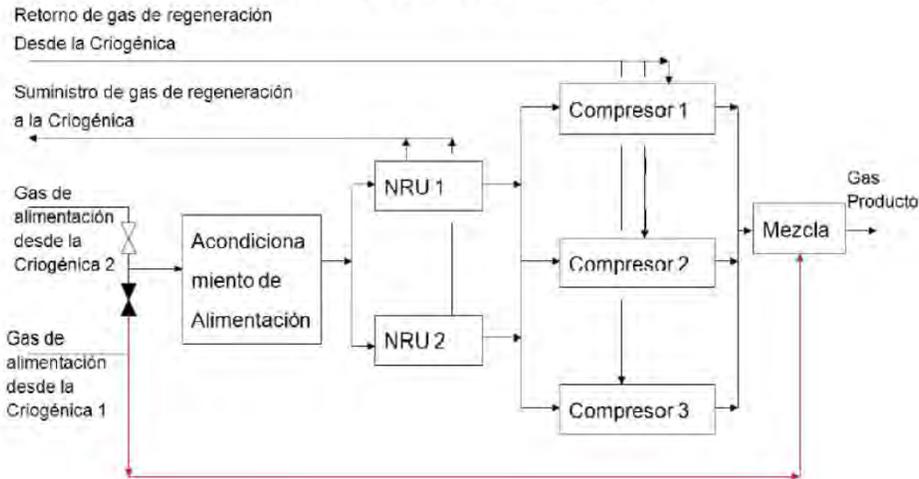
### 3.0 DESHIDRATACION

La operación usa el gas proveniente de la NRU como la fuente para el gas de regeneración de la malla molecular. El gas de regeneración húmedo es retornado a los compresores de la NRU como se muestra en figura 1. Por lo que se observa que el sistema de regeneración es independiente completamente de la Planta Criogénica 5, eliminando con esto lo concerniente al agua contaminante.

Los deshidratadores operarán con tres deshidratadores alineados en la etapa de secado y uno que estará en la etapa de regeneración con gas residual seco procedente de la NRU. Cada uno de los tres deshidratadores tiene la capacidad para secar 100 MMPCSD de gas. La dirección de flujos por adsorción, despresurización y represurización se lleva a cabo en dirección de flujo del proceso hacia abajo, mientras que el calentamiento y enfriamiento son realizados en contracorriente del proceso hacia arriba. El control y lógica de las etapas de regeneración usan un controlador lógico programable existente para su operación. No hay cambios en la lógica de control.

Para la operación de la recuperación de etano, el absorbedor operará a una temperatura menor a los 100 °C en comparación de los -60°C del modo de recuperación original de propano. Por lo consiguiente, la humedad de salida de la malla molecular debe cumplir al menos con -125 °C para evitar la formación de hidratos en los intercambiadores cajas frías y en las columnas.

Figura 1  
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.



#### 4.0 DISEÑO Y CONTROL TOTAL

El proceso de recuperación de etano (RGR) está diseñado para utilizar todo el refrigerante provisto por los compresores de propano existentes. El proceso de recuperación de etano opera sobre una relación entre el flujo principal, sobre una porción de reflujo del gas de alimentación y sobre una porción del gas residual.

La temperatura del proceso es ajustada para asegurar que la temperatura de operación no disminuya por debajo de la temperatura de diseño del acero al carbón (-45°C). El sistema está diseñado con la capacidad de prevenir la desviación por debajo de ésta temperatura y están programados disparos por etapas para protección del equipo.

Más del 70% del total del gas de alimentación pasa a través del expansor. No hay control de flujo a la entrada a la Planta por lo que el rendimiento de la Planta es controlado para mantener la presión en la parte superior del absorbedor PT-102 a 24 Kg/cm<sup>2</sup> usando un controlador de rango dividido (PIC-102) con la válvula de álabe guiada (IGV) de entrada del expansor GC-2101. Durante el arranque o paro de la planta operará la válvula Joule-Thompson PV-102.

#### 5.0 ENFRIADORES DE PROPANO

La corriente de flujo de gas de alimentación deshidratado remanente es enviada a los enfriadores de propano EA-2151 y EA-2152, y posteriormente al intercambiador de caja fría de gas enfriado / fondos del absorbedor EA-2154. La mayor carga térmica de enfriamiento del proceso está dada por la unidad refrigerante con los enfriadores EA-2151 y EA-2152. El sobreenfriamiento en la corriente de alimentación es controlado en estos equipos a través de la variación de los niveles de propano refrigerante en los mismos enfriadores (controladores LIC-420, LIC-421 respectivamente).



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPCD EN REYNOSA**

El objetivo del control del enfriamiento es mantener la temperatura de alimentación al desmetanizadora DA-2102 en el valor óptimo de  $-38^{\circ}\text{C}$ .

Durante la operación normal el EA-2151 enfría el gas de alimentación hasta cerca de  $-3^{\circ}\text{C}$ . El controlador de temperatura TIC-421 a la salida del enfriador ajusta el control de nivel LIC-420 (control en cascada), el cual asegura que el flujo del compresor esta balanceado.

El EA-2152 enfría el gas deshidratado proveniente del EA-2151 a  $-25^{\circ}\text{C}$ . El controlador de temperatura TIC-422 en la salida del enfriador ajusta el nivel del enfriador usando el controlador de nivel LIC-421 (control en cascada). Cuando la temperatura de la alimentación a la desmetanizadora es inferior que  $-38^{\circ}\text{C}$ , el TIC-431 (DTI: A-495) es usado para bajar el nivel en el enfriador a través del controlador de nivel LIC-421 en función "overwrite" el cual incrementa efectivamente la temperatura en la corriente de gas deshidratado que se alimenta al EA-2154.

El diseño del proceso actual asume que el compresor de propano refrigerante puede ser operado en recirculación lo cual es necesario en el arranque y paro de la planta. Sin embargo, la operación de la planta indica que el compresor de propano podría dispararse cuando se encuentre en operación, debido a la acumulación de líquido en su tanque de succión FA-2124.

#### **6.0 EXPANSOR- COMPRESOR**

La corriente a dos fases proveniente del EA-2154 es separada en el tanque de succión del expansor FA-2102. El líquido es enviado al absorbedor ajustando el control del flujo en cascada con el controlador de nivel (FIC-077, LIC-077), similar al proceso previo. El vapor separado es enviado al expansor. No hay cambio en la lógica de control (DTI: A-407B).

La potencia del expansor es usada para comprimir el gas residual de 23 Kg/cm<sup>2</sup> hasta cerca de 25.9 Kg/cm<sup>2</sup> (Caso 4.7% N<sub>2</sub>) y hasta 27.6 Kg/cm<sup>2</sup> (Caso 17.5% de N<sub>2</sub>).

La operación del compresor–expansor (GC-2101 y GB-2101) usa la válvula IGV PX-102 (HIC-102) para controlar la presión que viene del absorbedor, PIC-102A/B. Durante el arranque o Paro la válvula JT PV-102 deberá estar abierta para mantener la presión del absorbedor bajo control. El compresor GB-2101 está equipado con una válvula antisurge FV-097 cuando un flujo bajo es detectado en la succión del compresor a través del FI-097. En el sistema existente no hay cambios.

#### **7.0 DESMETANIZADOR (DTI: A-410).**

La alimentación parcialmente vaporizada a  $-36.6^{\circ}\text{C}$  (4.7% N<sub>2</sub>) y  $-35^{\circ}\text{C}$  (17.5% N<sub>2</sub>) es enviada a la parte superior del DA-2102 el cual operará como una desmetanizadora produciendo etano líquido con un contenido de metano menor a 0.08 % por volumen. La salida de vapor al reboiler EA-2105 usa la válvula de control FV-130 que es reajustada por la temperatura del plato inferior de la desmetanizadora TIC-130.

Como una medida de protección nueva para prevenir la caída de temperatura en la alimentación a la columna por debajo de  $-38^{\circ}\text{C}$ , una baja temperatura de alimentación a través del TIC-410 deberá reajustar en overwrite al TIC-130 el cual incrementará el flujo de vapor (FIC-130). Con una mayor flujo de entrada de vapor se incrementará la temperatura en la columna desmetanizadora.



**PLANTA RECUPERADORA Y FRACCIONADORA DE LICUABLES DE 200 MMPD EN REYNOSA**

La DA-2102 se modifica para manejar la alimentación a dos fases y máxima capacidad de carga de líquido en los platos. Los primeros seis platos del domo de la torre son desmantelados para colocar un separador a dos fases y un arreglo de tubos para distribución de líquidos. Algunos platos de la desmetanizadora son remplazados por platos a dos fases con canal tipo baffle para manejar mayor carga de líquidos.

El reboiler EA-2107 del lado superior queda fuera de operación (no es requerido) para la recuperación de etano. Este reboiler puede ser removido si es necesario.

El reboiler de lado inferior EA-2106 es operado con el estrangulamiento manual de la válvula de mariposa localizada a la entrada del intercambiador. El reboiler del lado inferior provee cerca de 4 a 5 °C de subenfriamiento a las bombas GA-2104 A/B/C. El tanque de almacenamiento de NGL FA-2106 opera a 25°C y 23.8 Kg/cm<sup>2</sup> g.

El vapor en la parte superior de la desmetanizadora tiene una temperatura cercana a los -38.5°C y es enviada a la sección inferior del absorbedor junto con la descarga del fondo del separador frío FA-2102.

### **8.0 COMPRESOR DE GAS RESIDUAL**

El cabezal de salida del enfriador de gas residual EA-2109 A/B/C actualmente está contaminado con aceite. Por esta razón es instalado filtro coalescedor de aceite lubricante FD-2103A/B instalado en la línea de gas residual para captar el aceite contenido en la corriente antes de ser enviada al intercambiador RGR EA-2153. En el filtro coalescedor se tiene indicadores de nivel de líquido LI-450A/B y LI-451A/B para cada unidad respectivamente, los cuales cuentan con una alarma por alto nivel.

Cuando se detecta alto nivel, el operador debe abrir la válvula de dren manualmente para vaciar el aceite a un contenedor.

Adicionalmente se cuenta con una alarma por alta temperatura con cierre de la válvula EVB-450 en la línea de gas de reciclo para proteger por fatiga la caja fría EA-2153 en caso de presentarse una alta temperatura por falla de agua de enfriamiento en los postenfriadores de los turbocompresores de gas residual. La máxima temperatura permisible en el EA-2153 es de 65°C.

### **9 ARRANQUE**

Durante la fase de arranque antes de que el compresor de gas residual entre en operación, una porción del 29% de gas de alimentación es enviado al intercambiador de gas residual de reciclo RGR. Esto es necesario tal que el flujo debe ser mantenido en el núcleo de reciclo de gas residual para evitar los esfuerzos térmicos en uniones soldadas de aluminio del intercambiador. Durante esta operación el nivel de recuperación de etano disminuirá. Una vez que el compresor de gas residual sea puesto en operación el flujo de gas residual puede ser iniciado.

Esta ruta alternativa puede también ser usada cuando la Planta NRU esta fuera y el gas de regeneración húmedo debe ser enviado a la succión del compresor de gas residual como en la operación de recuperación de propano original. En este caso gas residual de reciclo de debe ser bloqueado por la introducción de gas húmedo de regeneración.

# HOJAS DE DATOS DE EQUIPO DE PROCESO.

**SHELL AND TUBE  
HEAT EXCHANGER  
SPECIFICATION SHEET**

Contract: \_\_\_\_\_  
 Item No.: **EA-2101C**  
 Unit: **Recup. de Licuables No. 5**  
 P.O. No.: \_\_\_\_\_  
 Inquiry No.: \_\_\_\_\_  
 Engineer: \_\_\_\_\_  
 Process: **0**  
 Mech: \_\_\_\_\_  
 Sheet No.: \_\_\_\_\_ of \_\_\_\_\_

Item No.: **EA-2101C**

1 Client: <b>CLIENTE</b>	Vendor: _____	Plant: <b>Criogénica No. 5</b>	Site: _____
2 Service: <b>FEED GAS COOLER</b>	TEMA Type/Size: <b>NJN</b>	Orientation: <b>Horizontal</b>	
3 Design Duty: <b>2.67 x 1.2 Gcal/hr</b>	Clean: <b>665.85 Kcal/h-m<sup>2</sup>-°C</b>	Mtd. (Eff): <b>7.9 °C</b>	
4 Transfer Rate Service: <b>379.31 Kcal/h-m<sup>2</sup>-°C</b>	Surface/Shell (Gross): _____ m <sup>2</sup>	Shell/Unit: <b>2</b>	
5 Total Surface (Eff): _____ m <sup>2</sup>			

PERFORMANCE OF ONE UNIT					
	SHELL SIDE		TUBE SIDE		
	WET FEED GAS INLET		COOLING WATER		
Total Flow	kg/h		kg/h		
	INLET	OUTLET	INLET	OUTLET	
8 Fluid					
9 Total Flow	656,290		686600		
10 Liquid Flow	17800	18,427			
11 Molecular Wt.	18.02	18.02			
12 Density	990.50	995.6	1,002	996.7	
13 Thermal Conductivity	0.5500	0.538	0.5340	0.5426	
14 Specific Heat	1.0010	0.999	1.0309	1.031	
15 Viscosity	0.5397	0.671	0.7608	0.6539	
16 Surface Tension					
17 Vapor Flow	3849	3786			
18 Molecular Wt.	22.10	22.10			
19 Density	60.8300	64.4800			
20 Thermal Conductivity	0.0324	0.0309			
21 Specific Heat	0.4903	0.4820			
22 Viscosity	0.0135	0.0133			
23 Latent Heat					
24 Steam Flow					
25 Water Flow					
26 Operating Temperature	52.10	40.00	32.2	39.8	
27 Operating Pressure (Atm=14.7 PSIA)	64.73		4.530		
28 Pressure Drop	Allow: 0.7	Calc: 0.189	Allow: 0.7	Calc: 0.713	
29 Velocity	3.37		1.3		
30 Fouling Resistance	0.0002		0.0006		
31 Dew Point					
32 Bubble Point					
33 Critical Pressure					
34 Critical Temperature					

41 **REMARKS:**

42

43 1.- Deflector primero (inlet) y último (outlet) serán del tipo INNER/CENTER. Doble superposición

44 segmentaria será de 10 filas de tubos

45 2.- Proporcionar un apoyo completo en la boquilla de salida de la coraza.

46 3.- Tubo a holgura de diametro en deflector deberá ser de 0.4 mm

47

48

49

50

REVISION LOG					
REV.	ISSUE STATUS	DATE	BY	CHK'D	APP'D
52 0	APROBADO PARA DISEÑO			JGPS	
53					
54					
55					
56					





# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD DE QUÍMICA

**Recibido por:**

Especialista Técnico

Coordinación de Ingeniería

Director de proyecto

0A		EMITIDO PARA COMENTARIOS
<b>REV.</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>

	<b>LISTA DE EQUIPO</b>	<b>LE-A-100</b>
		PÁGINA 1 DE 8

<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>	
----------------	--	---------------	--	---------------	--



Número de Equipo	Nombre del Equipo	DTI's	Tipo	Especificación	Fabricante	Comentario
GA-2101 A&B&C	Bomba de Fondos del Absorbedor	A-409	Centrífuga horizontal	Capacidad: 377 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión:5.0 kg/cm <sup>2</sup> (99.1 m), Sellos según API-53, Motor 93.3 kW @ 1780 RPM 480 volts	Worthington	
GA-2102 A, B & C	Bomba de Reflujo del Desetanzador	A-411	Centrífuga horizontal	Capacidad: 352.8 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión:4.9 kg/cm <sup>2</sup> (117.8 m), Sellos según API-53, Motor 74.6 kW @ 1780 RPM 480 volts	Worthington	
GA-2103	Bomba de Transferencia de Metanol	A-421	Centrífuga horizontal	Capacidad: 11.4 m <sup>3</sup> /h Diferencial de Presión:1.0 kg/cm <sup>2</sup> (12.7 m), Sellos según API-53, Motor 1.1 kW @ 1770 RPM 480 volts	Worthington	
GA-2104 A & B	Bomba de Producto C2+	A-412	Centrífuga horizontal multietapa	Capacidad: 533.5 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión:33.9 kg/cm <sup>2</sup> (733.4 m), Sellos según API-52, Motor 932.5 kW @ 1780 RPM 4160 volts	Ingersoll-Dresser Rand	
GA-100 A & B	Bomba de Producto C2+	A-500	Centrífuga horizontal multietapa	Capacidad: 203 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión:34.4 kg/cm <sup>2</sup> (777.1 m), Sellos según API-52, Motor 335.6 kW @ 1780 RPM 4160 volts	Flowserve	
GA-2105 A & B	Bomba de Metanol	A-421	Dosifica-dora de pistón (de dos Cabezas)	Capacidad: 1.14 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión:85.9 kg/cm <sup>2</sup> (1109 m) Motor: 5.6 kW @ RPM 460 volts		
GA-2121	Bomba de Drenado de Refrigerante	A-427	Centrífuga Vertical enlatada	Capacidad: 12 m <sup>3</sup> /h Diferencial de Presión: 17.6 kg/cm <sup>2</sup> (295.7 m), Sellos según API-53, Motor: 11.2 kW @ 3550 RPM 480 volts	Goulds de Mexico	
GA-2131 A, B, C & D	Bomba de Circulación de Agua de Enfriamiento	A-430A	Centrífuga vertical tipo turbina	Capacidad: 4088 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión:5.5 kg/cm <sup>2</sup> (56.3 m) Motor: 820.6 kW @ 880 RPM 4160 volts	Byron Jackson	
GA-2132 A & B	Bomba de Repuesto de Agua de Enfriamiento	A-433	Centrífuga horizontal	Capacidad: 300.0 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión: 4.06 kg/cm <sup>2</sup> (36.0 m) Motor: 45 kW @ 1750 RPM 480 volts	Ingersoll-Rand	



Número de Equipo	Nombre del Equipo	DTI's	Tipo	Especificación	Fabricante	Comentario
GA-2141 A & B	Bomba de Retorno de Condensados	A-449	Centrífuga horizontal	Capacidad: 55.5 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión: 3.29kg/cm <sup>2</sup> (35.1 m), Sello según API-23 Motor: 11.2 kW @ 3560 RPM 480 volts	Sulzer	
GA-2147 A & B	Bomba de Drenaje Aceitoso	A-456	Vertical de Fosa, en Cantilever sin roda-mientos	Capacidad: 11.4 m <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión: 36.8 m Motor: 5.6 kW @ 1800 RPM 480 volts	Sulzer	
GA-2150	Bomba para Drenaje del Tanque FA-2171	A-446	Vertical enlatada	Capacidad: 5.1 m <sup>3</sup> /h Diferencial de Presión: 76.1 m Motor: 1.5 kW @ 3,500 RPM 480 volts	Ingersoll-Dresser	
GC-2101/ GB-2101	Expansor / Compresor	A-408	Centrífugo	Capacidad (Exp./Comp): 439,943 / 630,849 Nm <sup>3</sup> /h Diferencial de Presión : exp 32.7 / comp 5.2 kg/cm <sup>2</sup> 4600 kW @10550 rpm	Atlas Copco Rotoflow	
GB-2102 A, B & C	Compresor de Gas Residual	A-416 A-417 A-418	Centrífugo	Capacidad: 201,000 Nm <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión: 50.9 kg/cm <sup>2</sup> Turbina de Gas: 8000 kW @ 7900 rpm	Nuovo Pignone y Turbina N P PGT-10	
GB-2111 A & B	Compresor de Regeneración	A-413	Centrífugo	Capacidad: 48,000 Nm <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión :3.6 kg/cm <sup>2</sup> Motor: 250 kW @ 13000 rpm	Sundstrand	
GB-2121 A & B	Compresor de Refrigeración de (propano)	A-422 A-423	Centrífugo	Capacidad: 96,300 Nm <sup>3</sup> /h c/u Diferencial de Presión :13.8 kg/cm <sup>2</sup> Turbina de Gas: 8000 kW @ 7784 rpm	Nuovo Pignone y Turbina N P PGT-10	
GB-2161 A & B	Compresor de Aire de Instrumentos	A-444	Reciprocante no lubricado	Capacidad: 803 Nm <sup>3</sup> /h c/u. Diferencial de Presión : 8.8 kg/cm <sup>2</sup> Motor: 112 kW	Ingersoll-Rand	
DA-2101	Absorbedor	A-409	ASME	Dimensiones: 4.3 m ID x 23.6 m T/T Diseño: 31.6 kg/cm <sup>2</sup> g @ 65°C/-125°C Material: SS 304L 26 platos	Industria del Hierro	
DA-2102	Desmetanizadora	A-410	ASME	Dimensiones: 4.6 m ID x 49.8 m T/T Diseño: 31.6 kcm <sup>2</sup> g @ 121.1°C/-45.0°C Material: LTCS 54 platos	Consortio Industrial	
DA-2111 A, B, C & D	Deshidratador	A-404 A-405	ASME	Dimensiones: 3.5 m ID x 9.0 m T/T c/u. Diseño: 77.4 kg/cm <sup>2</sup> @65°C 71.0 kg/cm <sup>2</sup> @ 345°C Material: CS	Existentes, rehabilitados del CPG Cactus	



FA-100	Tanque de Balance de Producto C2+	A-500	ASME	Dimensiones: 3.35m ID x 11.73 m T/T Diseño: 44.2 kg/cm <sup>2</sup> g @ 76°C Material: CS		
FA-2101 A & B	Separador de Gas de Alimentación	A-403B	ASME	Dimensiones: 1.4m ID x 4.4 m T/T c/u. Diseño: 77.4 kg/cm <sup>2</sup> @65°C Material: CS	Perry Equipment CO (PECO)	
FA-2102	Recipiente de Succion del Expansor	A-407B	ASME	Dimensiones: 4.1 m ID x 11.0 m T/T Diseño:77.4 kg/cm <sup>2</sup> @65/-45°C Material: LTCS	Industria del Hierro	
FA-2103	Acumulador de Reflujo de Desetanzador	A-411	ASME	Dimensiones: 3.2 m ID x 9.1 m T/T Diseño:31.6 kg/cm <sup>2</sup> @65/-45°C Material: LTCS	Consortio Industrial	
FA-2104	Tanque de Succión del Expansor/ Compresor	A-408	ASME	Dimensiones: 3.8 m ID x 5.2 m T/T Diseño:31.6 kg/cm <sup>2</sup> @65/-45°C Material: LTCS	Industria del Hierro	
FA-2106	Recipiente de NGL Producto	A-412	ASME	Dimensiones: 3.8 m ID x 14.6 m T/T Diseño:32.3/-1.0 kg/cm <sup>2</sup> @68°C Material: CS	Industria del Hierro	
FA-2107	Tanque de Almacenamiento de Metanol	A-421	ASME	Dimensiones: 2.4 m ID x 7.3 m T/T Diseño:3.5/-1.0 kg/cm <sup>2</sup> @65°C Material: LTCS	Mekano	
FA-2111	Separador de gas de Regeneración	A-415	ASME	Dimensiones: 1.2 m ID x 7.3 m T/T Diseño: 71.0 kg/cm <sup>2</sup> @65°C 32.5 kg/cm <sup>2</sup> @ 280°C Material: CS	Consortio Industrial	
FA-2121	Acumulador de Refrigerante Propano	A-424	ASME	Dimensiones: 4.0 m ID x 12.2 m T/T Diseño: 17.6 kg/cm <sup>2</sup> @ 121/-45°C Material: LTCS	Consortio Industrial	
FA-2122	Recipiente Economizador de Refrigeración	A-425	ASME	Dimensiones: 3.7 m ID x 7.2 m T/T Diseño: 17.6 kg/cm <sup>2</sup> @ 121/-45°C Material: LTCS	Consortio Industrial	
FA-2123	Recipiente Interetapa de Refrigeración	A-426	ASME	Dimensiones: 3.1 m ID x 6.4 m T/T Diseño: 17.6 kg/cm <sup>2</sup> @ 121/-45°C Material: LTCS	Consortio Industrial	
FA-2124	Recipiente Succión de Refrigeración	A-427	ASME	Dimensiones: 3.2 m ID x 5.5 m T/T Diseño: 17.6 kg/cm <sup>2</sup> @ 121/-45°C Material: LTCS	Consortio Industrial	



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## PROGRAMA DE MESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

### FACULTAD DE QUÍMICA

Revisado por:

Especialista Técnico

Coordinación de Ingeniería

Director de Proyecto

0		APROBADO PARA DISEÑO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN
	RESUMEN DE REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS AUXILIARES	ET-A-003
		PAGINA 1 DE 2
ELABORÓ:		REVISÓ:
		APROBÓ:



**SERVICIOS AUXILIARES**

SERVICIO	PRESIÓN DE OPERACIÓN kg/cm <sup>2</sup> g	TEMPERATURA DE OPERACIÓN °C	PRESIÓN DE DISEÑO kg/cm <sup>2</sup> g	TEMPERATURA DE DISEÑO °C	FLUJO	Observaciones
Generación de Vapor de Media Presión	32.7	399	52.7	426.7	179,441 kg/h (menos 25 ton/h en EA-2105)	
Vapor de Baja Presión	4.2	161.8	6	185	25000 kg/h	Consumo interno en Rehervidor EA-2105
Condensado	1.9	132	6	185	25 000 kg/h	A desareador en Servicios Auxiliares
Gas Combustible Baja Presión	45.7	6	7	65	11,437 Nm <sup>3</sup> /h	A Fuegos suplementarios Calentador de Regeneración
Gas Combustible Alta Presión	22.5	26.9	32.5	76	12,017 Nm <sup>3</sup> /h	A turbinas de gas en turbocompresores
Agua de Enfriamiento Suministro	4.2	32.2	10.5	60	9893.56 m <sup>3</sup> /h	
Agua de Enfriamiento Retorno	2.8	45.7	10.5	73.9	9893.56 m <sup>3</sup> /h	
Aire de Instrumentos	7	37.8	10.5	65	400 Nm <sup>3</sup> /h	
Aire de Planta	7	37.8	8.8	65	803 Nm <sup>3</sup> /h	
Nitrógeno	0.3	25	10.5	65	2.67 Nm <sup>3</sup> /h	
Agua de Servicios	5	32	9.1	60	variable	
Agua de Alimentación a Caldera	65	121	73.3	150	189 860 kg/h	
Metanol Media Presión	63	25.7	37	65	1.14 m <sup>3</sup> /h	
Metanol Alta Presión	67	25.7	77.4	65	1.14 m <sup>3</sup> /h	

## CONCLUSIONES.

Durante muchos años las grandes empresas constructoras y firmas de ingeniería se han preocupado por generar nuevas y más efectivas prácticas y metodologías para desarrollar una ingeniería y administración de proyectos exitosa. En México muchas empresas nacionales y extranjeras basan su gestión de proyectos en metodologías y prácticas internacionalmente aprobadas y reconocidas como lo son las estipuladas por el Project Management Institute en el PMBOK®, las mejores prácticas dictadas por la IPA o las metodologías del CII (Construction Industry Institute®).

Dado que cada proyecto es único e irrepetible, y cada empresa gestiona sus proyectos de diversas formas, tomar metodologías y prácticas internacionalmente reconocidas siempre será un excelente punto de partida e incluso un excelente punto final ya que estas homogenizan la manera de concebir la ingeniería y administración de proyectos. Sin embargo la versatilidad y transformación constante en los retos que se presentan en proyectos industriales dirige a las empresas, universidades, y grandes compañías a forjar propias metodologías y prácticas que contemplen las necesidades particulares de su empresa y su personal. Tal es el caso de una de las empresas más grandes del país como lo es Petróleos Mexicanos, que como se mencionó identificó la importancia por desarrollar sus propias prácticas y metodologías, congruentes con lo demandado por los proyectos industriales que ejecutan.

A pesar del valioso intento de Petróleos Mexicanos por desarrollar su metodología, presenta barreras y restricciones propias de la institución, que al igual que el PMBOK, evitan que pueda ser aplicada de forma general a cualquier proyecto. Es así como la metodología desarrollada en este trabajo ha cumplido con el objetivo de desarrollar un enfoque más global, que permita a los interesados en la administración e ingeniería de proyectos aplicar un compendio de mejores prácticas recopiladas, que faciliten ejecutar la fase conceptual y la ingeniería básica de proceso para un proyecto IPC.

La metodología desarrollada, ha cubierto los puntos clave de una etapa conceptual y los requerimientos para gestionar la ingeniería básica a partir de los elementos de la línea base que conlleva. Todo esto basado y sustentado en procesos y mejores prácticas tanto internacionales como nacionales.

Después de recopilar y analizar diversas prácticas dentro de la ingeniería y administración de proyectos, conformar y proponer esta metodología para la selección, desarrollo y planeación de proyectos nos ha dado como resultado integrar cada etapa y cada paso que las mejores prácticas han establecido y recomiendan, así como los elementos fundamentales que conforman a cada una de las etapas conceptual y de ingeniería básica. Presentar y describir los entregables de cada etapa, de acuerdo con lo establecido por instituciones reconocidas como el PMI, IPA y Petróleos Mexicanos. Con esto se pretende guiar a todos los interesados en la gestión de proyectos a involucrar mejores prácticas en sus desarrollos y potencializar los factores de éxito, logrando alta calidad, en el tiempo establecido y dentro del presupuesto asignado. Todo con el objetivo de mejorar y fortalecer la ejecución de proyectos desde sus etapas de planeación e ingeniería.

Se ha logrado plasmar la importancia de identificar correctamente cada fase de un proyecto con la intención de comprender la relevancia y el grado de influencia que cada una de las etapas que el proyecto representa. Se ha propuesto mayor injerencia en etapas iniciales como la conceptual o ingeniería, de modo que se logre tener un mejor y más claro control del alcance y magnitud de los proyectos y así tomar decisiones más certeras y responsables con respecto a la conversión a etapas económicamente más críticas como la procura.

Cada capítulo ha sido enfático en la importancia de gestionar y controlar todos los aspectos del proyecto, con la finalidad de cumplir con los estándares de calidad acordados entre cliente y contratista. La relevancia de apegarse a los programas y cumplir con el tiempo definido, y todo esto procurando definir correctamente el alcance, aspecto más débil que hoy en día presenta la ejecución de proyectos.

La definición correcta del alcance de un proyecto, sin importar la etapa en que se encuentre, es la clave para alcanzar las metas estipuladas en un proyecto industrial y es así como la presente metodología ha buscado implantar como un objetivo primario, definir, difundir, aplicar, controlar y dar seguimiento a la correcta definición del alcance en cada etapa de un proyecto IPC.

La metodología desarrollada y propuesta se ha visto ampliamente enriquecida con la presencia de un conjunto de entregables que han ejemplificado la manera correcta de dirigir los procesos y mejores prácticas propuestas y que a su vez brindan un valioso compendio de documentos que fueron desarrollados de forma real y profesional entre cliente y contratista.

## **ÁREA DE OPORTUNIDAD.**

Al desarrollarse una mayor conciencia de la necesidad y conveniencia de ejecutar la administración e ingeniería de proyectos con mejores prácticas, así como su difusión y evaluación, la calidad de la ingeniería en México ira aumentando. Podríamos decir que los mejores tiempos de la ingeniería de proyectos están por venir y lo peor que podría suceder para cualquier compañía sería desaprovechar la oportunidad.

Buscar incluir en las metodologías nacionales experiencias y lecciones aprendidas de más empresas, contratistas, firmas de ingeniería y universidades formaría un base mucho más sólida para la gestión de proyectos, se obtendría la unificación de mecanismos, procesos, estrategias y mejores prácticas.

La metodología que se ha propuesto se ha acotado hasta la fase de ingeniería básica de proceso, sin embargo, definir una metodología o prácticas para desarrollar la etapa de ingeniería de detalle aportaría un enfoque más completo y global de las etapas soporte de un proyecto, ya que son el conjunto de estas tres los pilares que sostendrán las etapas más gruesas del proyecto como lo son la procura, la construcción, las pruebas y puesta en marcha.

Adicionalmente aún se tiene mucho campo de acción con respecto a las demás disciplinas involucradas en un proyecto IPC, que al ser un sistema multidisciplinario, aportar mejores prácticas a partir del enfoque de otras disciplinas que se desarrollan en la ingeniería mexicana, la riqueza para gestionar proyectos aumentaría exponencialmente.

Individualmente cada paso dentro de la metodología desarrollada aún podría pulirse a partir de equipos creativos y lecciones aprendidas de tal forma que se limen o eliminen aquellos pasos de las metodologías actuales que aún no logran captar la necesidad real o satisfacer las prioridades que la realidad demanda.

Un campo importante que se presenta con fuerza en estos tiempos para la realización de proyectos industriales, son las formas de financiar los proyectos, México se encuentra en un cambio drástico, las dependencias públicas deberán buscar capital en terceros para la ejecución de proyectos.

Dentro del alcance y enfoque de esta metodología se ha considerado la relación típica entre cliente y contratista al realizar un proyecto industrial, la situación actual del entorno nacional sugiere considerar a futuro la forma en que se tendrá que trabajar con nuevas relaciones contractuales que involucren terceros al momento de financiar los proyectos, estas nuevas modalidades se han ido descifrando poco a poco en el país apareciendo relaciones como los contratos por administración, donde el sector privado se encarga de operar, mantener y administrar la infraestructura pública<sup>[46]</sup>, también se presentan por arrendamientos, acuerdos COT (Construir, operar y Transferir), modalidades DCOF (Diseñar, construir, operar y financiar), o bien concesiones<sup>[46]</sup>.

Todas estas modalidades impactarán en la forma de gestionar los proyectos, tendrán un impacto en el costo, en el tiempo y seguramente en la calidad de los mismos, nuevas oportunidades aparecerán, pero a su vez nuevas prácticas serán necesarias para trabajar de manera alineada entre cliente, contratista y patrocinador.

## BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Branan Carl (2002). Rules of Thumb for Chemical Engineers. Tercera edición. USA, Editorial British Library Cataloguing-in-Publication Data.
- 2) Project Management Institute (2008). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, Cuarta Edición. USA. PMBOK, PMI Publications.
- 3) Petróleos Mexicanos (2015). Sistema Institucional para Desarrollo de Proyectos. Quinta Edición. México. Dirección Corporativa de Coordinación, Planeación y Desempeño.
- 4) Albarrán Núñez José Francisco. La ingeniería de Proyectos en México. Estudio: Estado del Arte y Prospectiva de la Ingeniería en México y el Mundo. México. Academia de Ingeniería de México.
- 5) Capasso Graziano Giuseppe (2007), Evaluación de la Metodología Aplicada por la Unidad de Planificación y Control de una Empresa Consultora de Ingeniería para el Control de Proyectos IPC. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- 6) Córdova Orjuela Soledad (2002), Guía del estudio de Mercado para la Evaluación de Proyectos, Tesis de Maestría inédita. Universidad de Chile, Santiago.
- 7) Anaya Durand Alejandro (2013), Manual de Temas Selectos de Ingeniería de Proyectos. Primera Edición. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- 8) Villagrán López Erik Raúl (2007), Aspectos a considerar en la evaluación de proyectos de inversión. Trabajo Monográfico Inédito. Universidad Autónoma de Hidalgo. México.
- 9) Project Management Institute (2008). Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos, capítulo 11. Cuarta Edición. USA.
- 10) Gil M. Diana Patricia (2015). Elaboración de una Guía Metodológica para la Alineación, Formulación y evaluación de proyectos de inversión privada. Tesis de Mestría inédita. Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
- 11) F. Badir & Sununta Siengthai (2014). Indicators of Best Practices in Technology Product Development Projects: Prioritizing critical success factors. Volumen 7. 24 pags. International Journal of Managing Projects in Business, USA.
- 12) Payam Hanafizadeh & Morteza Moosakhani & Javad Bakhshi (2009). Selecting the best strategic practices for business process redesign, Volumen 15. 21 pags. International Journal of Managing Projects in Business, USA.

- 13) Hallgrim Hjelmbrække & Ola Lædre & Jardar Lohne (2014). The need for a project governance body. Volumen 7. 19 pags. International Journal of Managing Projects in Business, USA.
- 14) Asbjørn Rolstadås & Iris Tommelein Per Morten (2014). Understanding project success through analysis of project management approach, Volumen 7. 25 pags. International Journal of Managing Projects in Business, USA.
- 15) Arvizu García Jesús Fernando. Administración de Riesgos en Proyectos de Construcción, Trabajo Monográfico inédito. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Madrid. España.
- 16) Parra Varas Marinka (2005). Examinando los procesos de la Dirección de proyectos, Trabajo para obtención de Grado inédito. Universidad de Antofagasta, Chile 2005.
- 17) Harrington, H. J. (1991). El proceso de mejoramiento. Como las empresas punteras norteamericanas mejoran la calidad. Quality Press, Wisconsin. U.S.A.
- 18) Harrington, H. J. (1993). Mejoramiento de los procesos de la empresa. McGraw-Hill de Management, Santa Fe de Bogotá.
- 19) Sánchez-Arias Luis Felipe (noviembre 2009). El cuerpo de conocimientos del Project Management Institute-PMBOK® Guide, y las especificidades de la gestión de proyectos: Una revisión crítica, INNOVAR Journal, Volumen 20. 100 Pags. Facultad de Ciencias de la Administración, Universidad del Valle.
- 20) Kerzner Harold (2010). Project Management Best Practices. Segunda Edición. New York, USA. Editorial John Wiley & Sons, Inc.
- 21) Kerzner Harold (2013), Project Management Case Studies. Cuarta Edición. New York, USA. Editorial John Wiley & Sons, Inc.
- 22) Nicholas M. John (2012). Project Management for Engineering, Business and Technology. Cuarta Edición. USA. Editorial Routledge.
- 23) Westland Jason (2006), The Project Management Life Cycle. Primera Edición. USA. Editorial British Library Cataloguing-in-Publication Data.
- 24) Martin Paula & Tate Karen (2001). Getting Started in Project Management. Primera Edición. USA. Editorial John Wiley & Sons, Inc.
- 25) Bausbacher Ed & Hunt Roger (1993). Process Plant Layout and Piping Design. USA. Editorial Prentice Hall.
- 26) González Cruz María del Carmen et al (2009). Análisis del Método de la Cadena Crítica vs Método del Camino Crítico: Viabilidad Y Conceptos. Artículo presentado en el XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Universidad Politécnica de Valencia. España.

## REFERENCIAS.

- 27)Petróleos Mexicanos (octubre 2008). Lineamientos Para Elaborar Planos y Documentos. GNT-SSIME-G002-2008, Dirección Corporativa de ingeniería y Desarrollo de Proyectos. Revisión 0. 49 pags.
- 28)Construction Industry institute (septiembre 2011), CII Best Practices Guide: Improving Project Performance. Versión 3.1. USA.
- 29)IPA. Mejores Prácticas de gestión de Proyecto, IPA institute, Advancing Project Knowledge, USA.
- 30)Lozano Ríos Leticia (2014). Línea Base del Proyecto de Ingeniería. Presentación: Planeación y Control de Sistemas Industriales. México. Universidad nacional Autónoma de México.
- 31)Lozano Ríos Leticia (2014). WBS, Estructura de Trabajo. Presentación: Planeación y Control de Sistemas Industriales. México. Universidad nacional Autónoma de México.
- 32)Lozano Ríos Leticia (2014). Ruta Crítica. Presentación: Planeación y Control de Sistemas Industriales. México. Universidad nacional Autónoma de México.
- 33)Lozano Ríos Leticia (2015). La Administración del Contrato. Presentación: Gerencia de Proyectos. México. Universidad nacional Autónoma de México.
- 34)Lozano Ríos Leticia (2014). Material Presentado durante el curso: Planeación y Control de Sistemas Industriales. México. Universidad nacional Autónoma de México.
- 35)Petróleos Mexicanos (2010). Descripción del Contenido de Entregables de Ingeniería Básica Y Básica Extendida. Anexo 8.2. Revisión 3. 345 págs.
- 36)Visión Integral del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Material de la presentación del Proyecto, 2015.
- 37)Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta (febrero 2009). Tomo XXIX. Pág. 1838. México. Tribunales Colegiados de Circuito. Novena Época.
- 38)Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentales y Vocabularios. Norma ISO 9000:2001. Traducción Oficial al español avalada por el Translation Management Group.
- 39)Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentales y Vocabularios. Norma ISO 9000:2015. Traducción Oficial al español avalada por el Translation Management Group.

- 40) Scasso De Heredia Rafael. Trabajo de actualización para la Gerencia de Riesgos en Proyectos de Construcción, E.T.S. Ingenieros Industriales de Madrid, Heredia Consultores. España.
- 41) Office of Management, Budget and Evaluation. U.S. Department of Energy, Work Breakdown Structure. Revisión E.
- 42) Pereira Castaño Andrés, Manual de Ingeniería de Costos para Proyectos de Inversión, ECOPETROL, Dirección corporativa de proyectos, 2010, Colombia.
- 43) García Arvizu Jesús Fernando, Administración de Riesgos en proyectos de Construcción, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Madrid, España.
- 44) Project Definition Rating Index, Construction Industry Institute, Austin, Universidad de Texas, 1996, USA.
- 45) Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, Las Asociaciones Público Privadas como Alternativa de Financiamiento para las entidades Federativas, Cámara de Diputados, Junio 2016, Ciudad de México.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.

- 46) Líder del Proyecto.com (2016).  
Identificación de Stakeholders [online], Consultado 07 de septiembre de 2015 de:  
[http://www.liderdeproyecto.com/articulos/identificar\\_stakeholders\\_por\\_que\\_molestar\\_en\\_esto.html](http://www.liderdeproyecto.com/articulos/identificar_stakeholders_por_que_molestar_en_esto.html),
- 47) Proyectos-ittla.blogspot.mx (2011).  
Formulación y Evaluación de Proyectos [online], Consultado 19-24 de septiembre de 2015 de:  
<http://proyectos-ittla.blogspot.mx/2011/06/37-estrategia-de-distribucion.html>
- 48) Inegi.org.mx  
Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Consultado septiembre, octubre 2015 de:  
[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- 49) Energía a Debate.  
Los Contratos a Libro Abierto Consultado [online]. Descargado noviembre 2015 de  
<http://energiaadebate.com/los-contratos-a-libro-abierto/>
- 50) ReaserchGate (2013),  
Sánchez Gómez Rubén. Modelo Conceptual para El Monitoreo Y Control de Proyectos de Ingeniería, Procura Y Construcción (IPC). [Online]. Descargado enero 2016 de:  
<http://www.researchgate.net/publication/257624400>